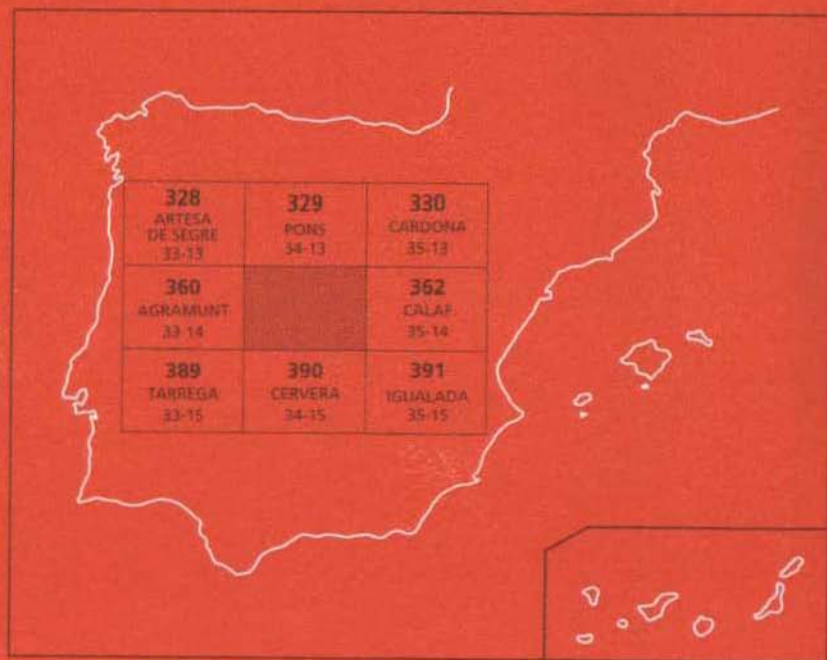




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



GUISONA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

GUISSONA

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Guissona (361) han sido realizados, durante 1990 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Cartografía Geológica: Baldo Colldeforns (Terciario), J.M. Costa i Mercadal (Terciario), J.I. Ramírez Merino (Cuaternario) de la CGS

Memoria*: Baldo Colldeforns, J.M. Costa i Mercadal, J.I. Ramírez Merino, A. del Olmo (CGS) y A. Salazar Rincón (CGS)

Geomorfología: J. I. Ramírez Merino

Tectónica y Neotectónica: Mariano Alvaro (CGS)

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

Sedimentología laboratorio: A. del Olmo Sanz

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo (CGS)

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

Informes complementarios:

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

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

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

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

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

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: 2.115 - 1998

ISBN: 84-7840-320-5

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Diseño Gráfico AM 2000, S. L.

Impresión: Master's Gráfico S. A.

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION	5
1. ESTRATIGRAFIA	7
1.1. Terciario	8
1.1.1. Secuencia de Sanaüja	8
1.1.1.1. Yesos masivos, anhidritas, margas y lutitas (1). (Yesos de Sanaüja) (Priaboniense-Estampiense basal)	8
1.1.1.2. Margas, areniscas, margocalizas y calizas (2). (Estampiense inferior)	10
1.1.1.3. Areniscas, lutitas rojas y margas (3). (Estampiense inferior)....	10
1.1.1.4. Calizas micríticas y margas (4). (Estampiense inferior)	12
1.1.1.5. Margas, lutitas, areniscas y calizas (5). (Estampiense inferior)	12
1.1.2. Secuencia de Ivorra	12
1.1.2.1. Areniscas y arcillas (6). Estampiense inferior	14
1.1.2.2. Lutitas, areniscas y limos carbonatados (7). Estampiense inferior	15
1.1.2.3. Calizas y margas (8). Estampiense inferior	16
1.1.3. Secuencia de Sant Ramón	16
1.1.3.1. Areniscas y arcillas (9). Estampiense	18
1.1.3.2. Lutitas y areniscas (10). Estampiense	19
1.1.3.3. Calizas y margas (11). Estampiense	19
1.1.3.4. Yesos, margas y calizas (12). Estampiense	20
1.1.4. Secuencia de Tàrrega	20
1.1.4.1. Areniscas y arcillas (13). Estampiense	21
1.1.4.2. Arcillas, areniscas, margas y margocalizas (14). Estampiense ..	21
1.1.4.3. Calizas y margas (15). Estampiense	23
1.2. Cuaternario	23
1.2.1. Cantos y gravas cementadas (16). Glacis pleistoceno	23
1.2.2. Cantos angulosos en matriz arcillo-margosa (19). Depósitos ligados a superficiales estructurales. Pleistoceno-Holoceno	23

1.2.3. Cantos y gravas, eventualmente con cementos calcáreo (17, 18, 20 y 21). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno	24
1.2.4. Gravas en matriz limo-arcillosa (22). Aluviales y fondos de valle Holoceno	24
1.2.5. Cantos en matriz limo-arcillosa (23). Coluviones. Holoceno	25
1.2.6. Cantos en matriz limo-arenosa (24). Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno	25
1.2.7. Lutitas con materia orgánica (25). Zonas endorreicas. Holoceno	25
2. TECTONICA	25
2.1. Marco tectónico regional	25
2.2. Descripción de la estructura	26
2.3. Evolución tectónica	27
2.4. Neotectónica	28
3. GEOMORFOLOGIA	28
3.1. Descripción fisiográfica	28
3.2. Análisis geomorfológico	29
3.2.1. Estudio morfoestructural	29
3.2.2. Estudio del modelado	30
3.2.2.1. Laderas	30
3.2.2.2. Formas fluviales	31
3.2.2.3. Formas lacustres	31
3.2.2.4. Formas poligénicas	32
3.2.2.5. Formas antrópicas	32
3.3. Formaciones superficiales	32
3.4. Evolución dinámica	33
3.5. Morfología actual y subactual y tendencias futuras	34
4. HISTORIA GEOLOGICA	35
5. GEOLOGIA ECONOMICA	36
5.1. Recursos minerales	36
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos	36
5.1.2. Minerales energéticos	36
5.1.3. Rocas industriales	37
5.2. Hidrogeología	41
5.2.1. Climatología	43
5.2.2. Hidrología	44
5.2.3. Características hidrogeológicas	45
5.2.3.1. Acuíferos aluviales	45
5.2.3.2. Acuífero carbonatado	46
5.2.3.3. Acuífero evaporítico	47
5.2.3.4. Otros materiales de interés hidrogeológico	47
5.2.3.5. Hidroquímica	47
5.3. Características geotécnicas generales	49
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)..	49
7. BIBLIOGRAFIA	51

0. INTRODUCCION

El territorio comprendido en la hoja 1:50.000 de Guissona (361), íntegramente en Cataluña, pertenece a las comarcas naturales de la Segarra, Urgell y Anoia y, administrativamente a las provincias de Lleida y Barcelona.

El relieve es poco acentuado y las cotas topográficas más elevadas se sitúan en el cuadrante sureste, alcanzándose los 777 m en el vértice geodésico de Montgrés. Las zonas topográficamente más deprimidas se hallan en el sector occidental de la hoja, en las inmediaciones del cauce del río Sió.

Los dos cursos de agua más importantes son el río Llobregós, que transcurre por el sector noreste y el río Sió, que fluye por la mitad meridional. En el cuadrante sur-oriental, el territorio está drenado por una red de barrancos, de los cuales el más importante es el de Veciana.

El clima de la región es moderado, con temperaturas medias anuales entre 13 y 14°C y precipitaciones medias entre 400 y 500 mm anuales, correspondiendo a un clima continental semiárido algo suavizado por la influencia mediterránea.

La economía de la zona es principalmente agrícola, basada en los cultivos de cereales de secano. Existen explotaciones ganaderas de porcino. En los últimos años, en la zona, ha tenido lugar un fuerte desarrollo de la industria agropecuaria. Algunas industrias del sector secundario se localizan en las poblaciones principales.

Por lo que respecta a la actividad minera, existen varias canteras en el área situada entre Ivorra y Calaf, donde se explotan unos niveles de caliza pertenecientes al complejo lacustre de Sanaüja (RIBA, 1975). En el área de La Guardia, colindante con la hoja de Calaf, y en la de Sant Ramon hay algunas explotaciones de lignitos.

Dentro de la hoja, quedan, total o parcialmente, comprendidos 32 términos municipales. Las poblaciones más importantes son: Cervera (6023 h), Guissona (2085 h), Torà (1335 h) y Sant Ramon (700 h).

Los materiales aflorantes son de edad terciaria (Eoceno superior-Oligoceno inferior) y cuaternaria. Los más antiguos, corresponden a la Fm. yesos de Barbastro (RIBA, 1975) que aflora en el núcleo del anticlinal de Sanaüja, en la parte noreste de la hoja. Estos se superponen a la Fm. salina de Cardona, la cual ha sido detectada en sondeos, en la vecina hoja de Pons. La Fm. yesos de Barbastro tiene una edad Priabonense superior a Estampiense inferior establecida en base al contenido en micromamíferos y carófitas de sus equivalentes laterales en facies siliciclásticas y carbonáticas. Por encima de estos yesos y en ambos flancos del núcleo del anticlinal de Sanaüja se encuentra una unidad formada por una alternancia de lutitas, calizas y areniscas de origen lacustre definida por RIBA (1975) como Complejo lacustre de Sanaüja. Su edad es Estampiense inferior en base a su posición estratigráfica con relación al nivel con micromamíferos de Santpedor.

En la franja septentrional del territorio, en ambos flancos del anticlinal de Sanaüja, por encima del Complejo lacustre de Sanaüja, se desarrollan materiales, de origen aluvial, pertenecientes a la Fm. molasa de Solsona y a la Fm. molasa de Artés. Hacia el sector meridional de la hoja, entre estos materiales terrígenos, se van indentando diversos niveles margo-carbonáticos de origen lacustre-palustre, que corresponden a la Fm. calizas de Tàrraga.

Los depósitos cuaternarios, consisten principalmente en depósitos de terrazas de los ríos Llobregós y Sió, en depósitos de glaciés y en depósitos de fondo de valle.

La distribución de facies condiciona en gran parte el modelado de la región. Los materiales terrígenos del sector septentrional propician una morfología en cuestras y escarpes mientras que la presencia de carbonatos en el sector meridional, condiciona una morfología en cuestras y superficies estructurales. En el cuadrante noreste, la litología blanda de los materiales de la Fm. yesos de Barbastro, permite el fuerte encajamiento del valle del Llobregós y una notable incisión lineal.

El principal accidente tectónico que afecta a los materiales que constituyen el territorio es el anticlinal de Sanaüja, cuyo eje posee una dirección SE-NO. En el extremo noreste de la hoja se bifurca en dos, dando lugar a los anticlinales de Binós y de Súria. Entre ambos se desarrolla el sinclinal de Saló (RIBA, 1967 *in* IGME, 1975). Al sur de este área y en el extremo noreste de la hoja, tiene lugar el cierre del sinclinal de Callús (RIBA, 1967 *in* IGME, 1975). Cabe también mencionar la fosa tectónica de Ferràn, la cual está limitada por dos fallas de orientación NO-SE, que se desarrollan aproximadamente desde Portell hasta La Guardia y que afectan a la Fm. calizas de Tàrraga. En la zona de Grà, tiene lugar el cierre del anticlinal de Barbastro-Balaguer.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969) para el sector central de la Cuenca, el de RIBA (1963) para el sector oriental, los de la J.E.N. (1977a, b) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975a, b; 1976, 1985, 1986, 1987) y ENADIMSA (1984) en las cuencas ligníferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981a, b) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelabora-

ciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos. Las hojas MAGNA de Pons, Cardona, Puigreig y Calaf (IGME, 1975) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de la parte oriental de la Cuenca del Ebro.

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, 1989), AZANZA *et al.* (1988), AGUSTI *et al.* (1987, 1988), ALVAREZ-SIERRA *et al.* (1990), CUENCA *et al.* (1989) y CUENCA (1991 a y b). Para la biozonación con carófitas los de FEIST *et al.* (1991, 1994), CHOI (1989) y ANADON *et al.* (1992).

Para la elaboración de este mapa, se ha dispuesto de una cartografía previa a escala 1: 25.000, cedida por el Servei Geològic de Catalunya y realizada por Baldo Colldeforns.

Para el estudio geológico de la hoja de Guissona, se han levantado un total de 4 columnas estratigráficas que han respaldado el estudio cartográfico. Se han realizado además los habituales estudios de sedimentología, de tectónica y de geomorfología.

1. ESTRATIGRAFIA

El estudio estratigráfico y sedimentológico unido al conocimiento de la geometría de los cuerpos sedimentarios, obtenido de la cartografía regional, ha permitido identificar el carácter secuencial de la sucesión. Esta secuencialidad viene definida por la alternancia de facies aluviales terrígenas y facies lacustres carbonáticas, en una cuenca sedimentaria en la que se desarrollan tres grupos principales de facies; aluviales, carbonáticas lacustres someras y evaporíticas. Los materiales aflorantes en la hoja pertenecen a cuatro unidades secuenciales sucesivas. La primera secuencia está constituida por las facies margo-evaporíticas conocidas como Yesos de Sanaüja (Fm. yesos de Barbastro de RIBA, 1975, en sentido amplio), las cuales presentan una asociación de facies de margen de lago salino y de lago salino y las facies terrígenas y carbonáticas definidas por RIBA (1975) como Complejo lacustre de Sanaüja.

Las otras tres unidades secuenciales están compuestas exclusivamente (dentro de la hoja y en cuanto a facies aflorantes) por facies aluviales distales y facies lacustres carbonáticas (Fig. 1). Las facies aluviales tienen procedencia norte y corresponden a la Fm. molasa de Solsona (RIBA, 1975), aunque, especialmente en las dos secuencias intermedias, son importantes los aportes procedentes del este y sureste y que, por lo tanto, deben ser incluidos en la Fm. molasa de Artés (RIBA, 1975).

Estas unidades secuenciales se han denominado, de base a techo, como: Secuencia de Sanaüja, Secuencia de Ivorra, Secuencia de Sant Ramon, y Secuencia de Tàrraga.

Los depósitos cuaternarios que ocupan una mayor extensión, dentro de la hoja, son las terrazas y los depósitos aluviales de los ríos Llobregós y Sió.

1.1. TERCIARIO

1.1.1. Secuencia de Sanaüja

Los materiales de esta secuencia afloran en el núcleo del anticlinal de Sanaüja, en la parte nororiental de la hoja. En estos materiales se han identificado cinco unidades cartográficas. La base de la secuencia esta formada por yesos (Yesos de Sanaüja, de la Fm. yesos de Barbastro) (1) que son cambio lateral de los depósitos de abanico aluvial procedentes del norte y del este. La migración de facies se realiza hacia el sur y hacia el oeste de tal forma que el tránsito desde las facies evaporíticas a las facies lacustres y aluviales del techo es mas moderna en esta dirección. Las facies del techo de los yesos tienen facies predominantemente lacustres y de transición entre las de lago salino y las aluviales. Fueron denominadas por RIBA (1975) como Complejo lacustre de Sanaüja (2, 3, 4 y 5). En la zona de Sanaüja (Hoja de Pons) y en la zona de Massoteres, su base está constituida por un tramo terrígeno rojizo, correspondiente a facies de abanico terminal. En el resto de la zona su tramo basal es predominantemente margoso con intercalaciones de capas areniscosas turbidíticas (2) y de margocalizas, depositadas en un ambiente lacustre. En su parte media presenta algunas intercalaciones detríticas de color rojizo, las cuales también corresponden a facies de abanico terminal o facies deltaico-lacustres (3). En la parte oriental del flanco sur del anticlinal de Sanaüja, contiene intercalaciones de niveles de caliza de origen lacustre-palustre (4). La parte superior de la unidad consiste, en todo el área donde aflora, en unos niveles terrígenos, que también corresponden a facies deltaico-lacustres. El espesor del Complejo lacustre de Sanaüja es muy variable; en el flanco sur del anticlinal de Sanaüja su potencia es de 450 m (sección de Massoteres) (Fig. 2).

1.1.1.1. *Yesos masivos, anhidritas, margas y lutitas (1). (Yesos de Sanaüja) (Priaboniense-Estampiense basal)*

Consiste en yesos principalmente laminados y nodulares que alternan con niveles delgados de limos yesíferos y de margas azules. Localmente, se pueden observar niveles de yeso de facies selenítica (SAEZ, 1987). En sondeos es frecuente la presencia de sal gema de origen continental (bajo contenido en boro). Entre estos materiales se intercala un tramo detrítico de colores gris y rojo, de unos 30 m de espesor, que consisten basicamente en areniscas, margas, calizas querosas y paleosuelos lacustres que fue individualizado cartográficamente en la vecina hoja de Pons (IGME, 1975). Este nivel contiene fauna de carófitas y ostracodos que caracterizan la parte mas alta del Eoceno. El espesor aflorante de la unidad es de unos 600 m y en el sondeo de Guisona-1 se cortaron 800 m de yesos. Hay que tener en cuenta que la parte inferior se encuentra deformada y engrosada por halocinesis.

Esta unidad se dispone sobre las facies evaporíticas de origen marino de la Fm. salina de Cardona que no afloran en la hoja. La parte superior de la unidad evaporítica pasa lateralmente, en dirección norte, a las facies detríticas suprayacentes de color rojo de la Fm. Vilanova de la Aguda (IGME, 1975) como es visible en el anticlinal de Vilanova de la Aguda (hoja de Pons). Desde el punto de vista litoestratigráfico pertenece a la Fm. yesos de Barbastro (RIBA, 1975). Se trata de facies de margen de lago salino y de lago salino relacionadas lateralmente con materiales terrígenos de origen aluvial y facies lacustres carbonáticas esporádicas.

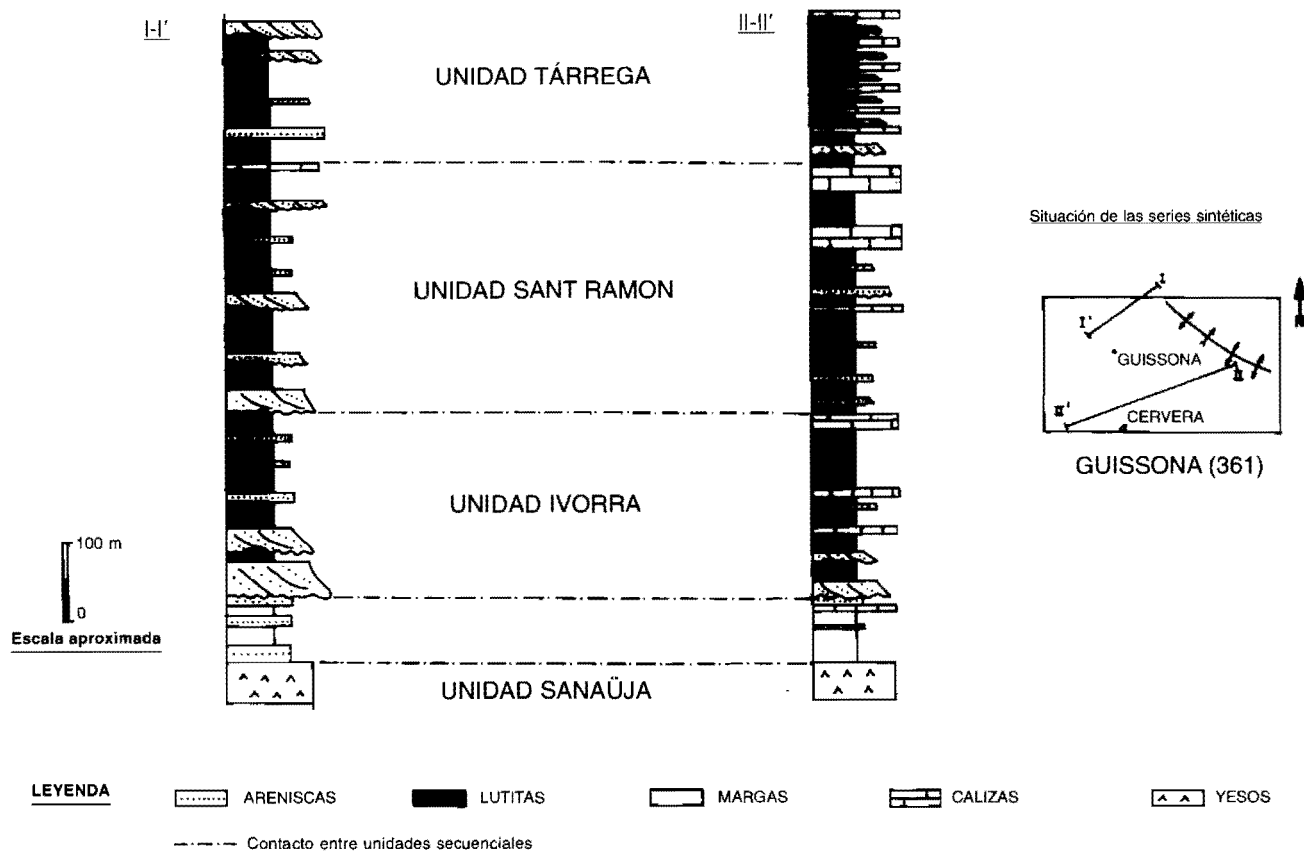


Fig. 1. Columnas sintéticas de las Unidades secuenciales y de sus facies, en la hoja de Guissona.

Siguiendo los criterios definidos en la hoja de Pons (IGME, 1975) le atribuimos una edad Priaboniense superior a Estampiense basal.

1.1.1.2. *Margas, areniscas, margocalizas y calizas (2). (Estampiense inferior)*

Esta unidad cartográfica comprende las facies con capas turbidíticas someras tan características del Complejo lacustre de Sanaüja. Consisten en margas con intercalaciones de arenisca y, ocasionalmente, de capas calcáreas. Las areniscas se presentan en niveles planoparalelos granoclasificados positivamente (turbiditas), con un espesor que oscila entre los 5 y los 40 cm. Internamente están organizadas en secuencias de BOUMA de tipo Ta-e, Tb-e y Tc-e y su granulometría varía entre la arena fina-media y el limo. alguna de estas capas presenta laminación convoluta por escape de fluidos. También puede observarse deformaciones debidas a la carga diferencial del sedimento. Localmente, en estos tramos se observan estructuras características de ambientes someros tales como grietas de desecación, huellas de lluvia y ripples simétricos así como pisadas de aves. Generalmente las capas presentan una intensa bioturbación; también presentan numerosas marcas de base predominando los flute cast. La medición de alguno de ellos ha dado una procedencia media del noreste. En la zona de Massoteres se encuentran algunas estructuras de tipo slump.

Aflora en el sector nororiental de la hoja, en los dos flancos del anticlinal de Sanaüja. En el flanco norte, entre los materiales que constituyen esta unidad, se intercalan materiales que constituyen la unidad cartográfica (3). En la sección de Massoteres su espesor es de 320 m.

En los alrededores de Torà y de Castellfollit de Riubregós, en la parte suroriental del anticlinal de Sanaüja, las facies de esta unidad presentan características diferentes a las expuestas en el párrafo anterior. Consisten en una alternancia de margas y margocalizas, con intercalaciones de calizas micríticas de espesor centimétrico y decimétrico (Capas de Torà de IGME, 1975).

Petrográficamente las areniscas corresponden a litareanitas y limolitas con un alto porcentaje en fragmentos de caliza. Minoritariamente corresponden a litarcosas. Los niveles de caliza corresponden a micritas limo-arcillosas sin restos orgánicos.

1.1.1.3. *Areniscas, lutitas rojas y margas (3). (Estampiense inferior)*

Esta unidad aflora en los dos flancos del anticlinal de Sanaüja. En el flanco norte hay tres tramos correspondientes a esta unidad. Los dos primeros se intercalan entre los materiales margo-arenosos, que corresponden a la unidad cartográfica anteriormente descrita. El tercero y último representa el techo de la Secuencia de Sanaüja. En el flanco sur en la cartografía únicamente se ha distinguido el tramo superior. Los otros dos tramos de esta litofacies no han sido diferenciados en la cartografía debido a su poco espesor. En la serie de Torà la potencia del tramo superior es de 90 m y en la serie de Massoteres es de 60 m.

Los tramos de esta unidad cartográfica están formados por una alternancia de arcillas rojizas, con intercalaciones de margas grisáceas, y de areniscas de grano fino a medio-grueso.

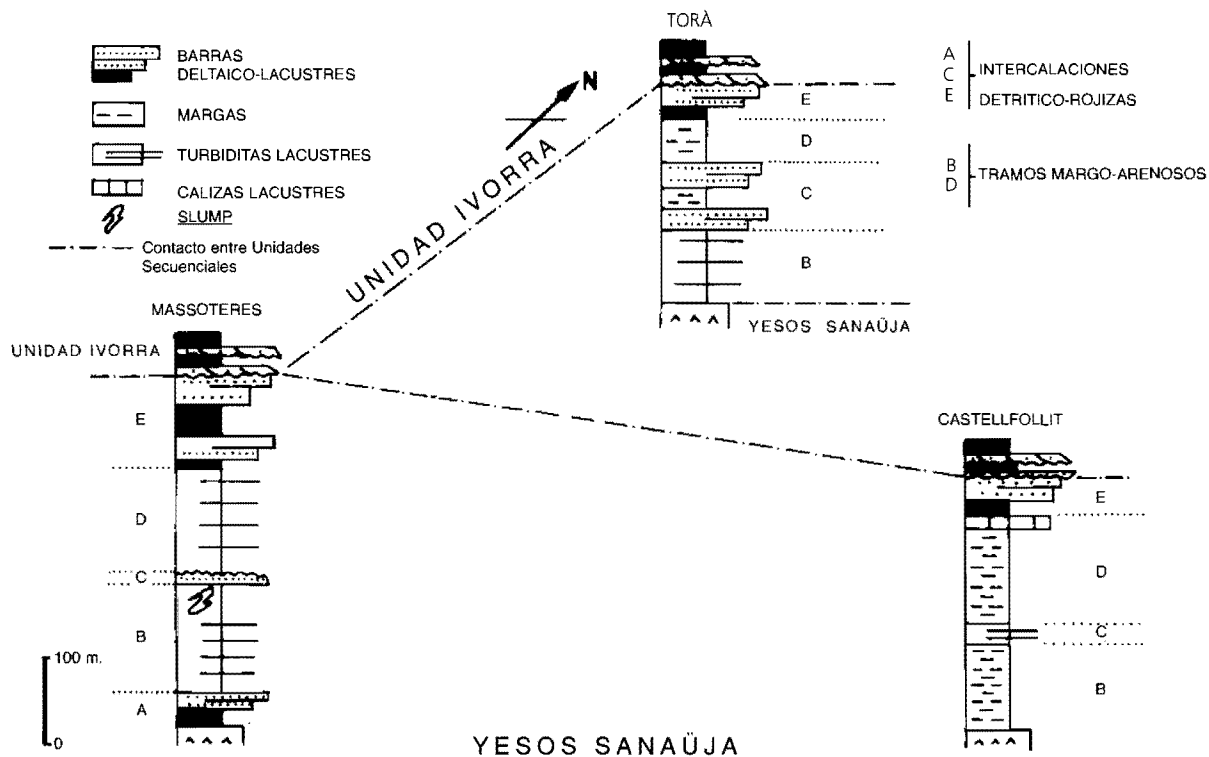


Fig. 2. Distribución de facies del Complejo lacustre de Sanaüja en la hoja de Guissona.

Las areniscas están organizadas en ciclos grano y estratocrecientes. Las areniscas son normalmente masivas y presentan superficies de reactivación. Localmente presentan estratificación cruzada de tipo planar. Las arcillas rojizas se sitúan en la base de estos ciclos, cuya potencia oscila entre 1 m y 6 m. Debido a estas características han sido interpretados como depósitos de barras deltaico-lacustres, similares a las barras de desembocadura de canales distributarios deltaicos.

Al microscopio algunas de estas capas corresponden a calcilitas y a limolitas arenosas con un 40% de fragmentos de calizas. Contienen restos de ostrácodos, de charófitas y de algas cianofíceas. Entre estos se encuentran: *Rhabdochara stockmansi* GRAMB y *Lychnotamnus* cf. *longus* CHOI (determinaciones J. RAMIREZ DEL POZO).

1.1.1.4. *Calizas micríticas y margas (4). (Estampiense inferior)*

Aflora en el flanco sur del anticlinal de Sanaüja, desde Palauet de Torà aproximadamente, hasta El Solé, al sureste de Castellfollit de Riubregós.

Consiste en una alternancia de margas, de margocalizas y de calizas micríticas. Se organizan en ciclos de facies de espesor métrico y decamétrico. La base de los ciclos se halla constituida por margas con intercalaciones de margocalizas y en el techo, predominan las capas calcáreas. Estas últimas son micríticas y poseen un elevado contenido en materia orgánica. Se interpretan como facies lacustre-palustres.

1.1.1.5. *Margas, lutitas, areniscas y calizas (5). (Estampiense inferior)*

En el extremo nororiental de la hoja, concretamente en los flancos de los sinclinales de Saló y de Callús, la diferenciación de las distintas litofacies del Complejo lacustre de Sanaüja en unidades cartográficas no ha sido posible, debido a la fuerte tectonización, por lo que se introduce una nueva unidad cartográfica que las comprende.

1.1.2. **Secuencia de Ivorra**

Esta unidad aflora en el cuadrante nororiental de la hoja, en los dos flancos del anticlinal de Sanaüja y en el núcleo del sinclinal de Saló. También aflora a lo largo del extremo centro-oriental y sur-oriental de la hoja, en la zona que linda con la de Calaf (362).

En el flanco norte del anticlinal de Sanaüja, en el núcleo del sinclinal de Saló y en la parte occidental del flanco sur del mismo anticlinal (desde el barranco de Massoteres hacia el noroeste), está formada por facies terrigenas de abanico aluvial, las cuales en la base de la unidad, están formadas por un porcentaje mayor de facies arenosas canaliformes que en el techo de la misma, en donde el porcentaje de arenisca es menor. Hacia el sureste de Massoteres, en la misma dirección del anticlinal de Sanaüja, aparecen intercalaciones de niveles de calizas de origen lacustre-palustre. De esta forma, aproximadamente desde Ivorra

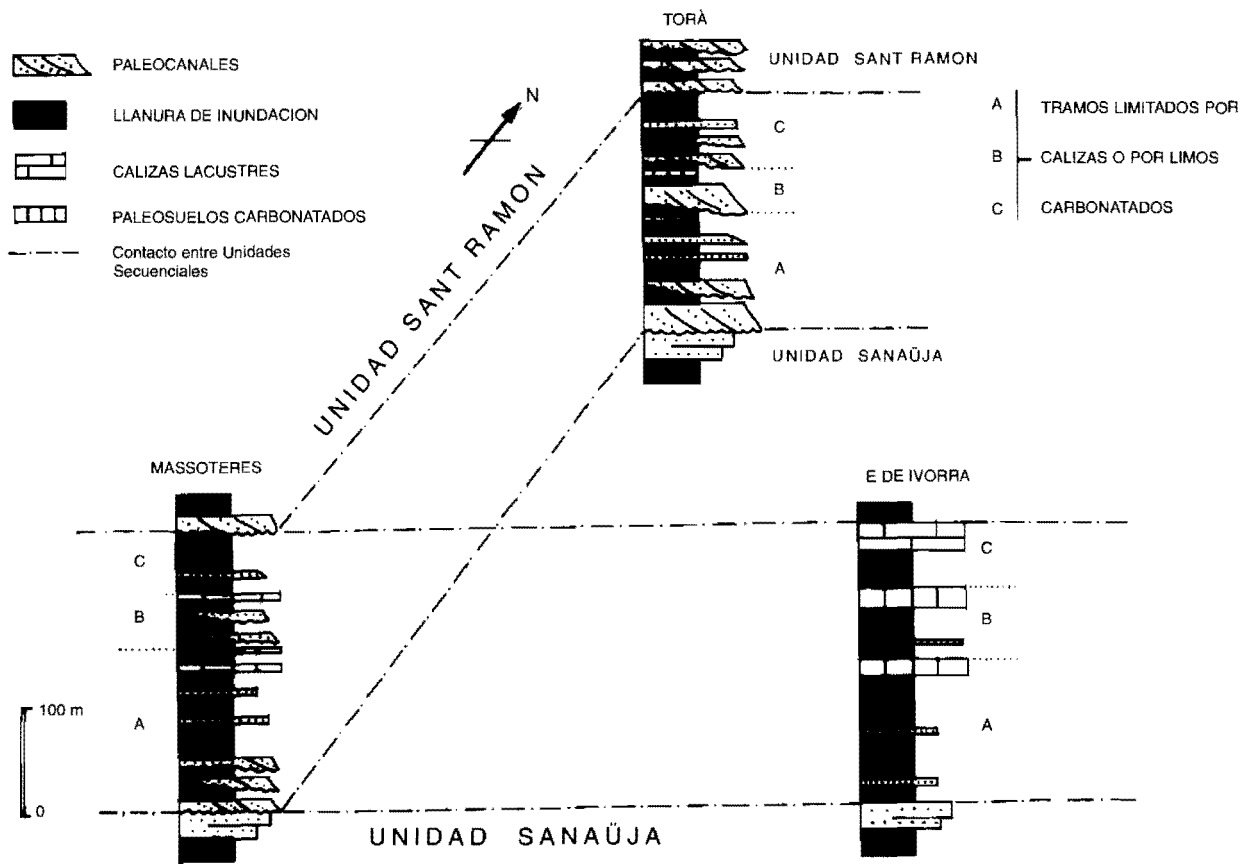


Fig. 3. Distribución de facies de la Unidad Ivorra, dentro de la hoja de Guissona.

hasta Castellfolit de Riubregós, se encuentran un total de tres intercalaciones carbonatadas en la parte media-superior de la unidad (Fig. 3). Hacia el sureste de Castellfolit de Riubregós toda la unidad pasa a estar formada por calizas, exceptuando su base. En la zona colindante con Calaf, la base de la unidad está formada nuevamente por niveles canalizados de abanico aluvial.

En el flanco norte del anticlinal de Sanaüja, las facies aluviales presentan un gran porcentaje de paleocanales de arenisca de grano medio y grueso. Por el contrario en el sector suroeste del flanco sur, estas facies tienen un carácter mas distal con un menor porcentaje de areniscas. Hacia la parte oriental del flanco sur estos materiales pasan a facies lacustres.

El espesor de la unidad es de 300 m en el flanco norte del anticlinal de Sanaüja (corte de Torà y de 270 m en el flanco sur (corte de Massoteres).

El límite inferior de la secuencia viene marcado por el contacto basal de las facies de abanico aluvial sobre las facies deltaico-lacustres del techo de la Secuencia de Sanaüja. Aunque este límite localmente pueda parecer transicional, como por ejemplo en Massoteres, regionalmente se trata de un contacto brusco y neto.

En la hoja de Cervera (390) en la parte inferior de esta secuencia, constituida por facies aluviales distales, se intercalan facies evaporíticas mientras que su parte superior está formada por facies carbonatadas de origen lacustre-palustre. Las facies aluviales pasan, hacia el oeste, a la parte inferior de las facies evaporíticas que afloran en el núcleo del anticlinal de Barbastro-Balaguer (hoja de Agramunt, 360).

Los materiales que configuran esta unidad constituyen, desde el punto de vista de la terminología clásica de la parte oriental de la Cuenca del Ebro, la parte inferior de las Fms. molasa de Artés y molasa de Solsona y la parte inferior de la Fm. calizas de Tàrraga.

En la cartografía se han distinguido tres unidades que corresponden a las tres litofacies existentes: depósitos areniscosos de relleno de paleocanales (6), lutitas de flood plain, con intercalaciones de paleocanales (7) y depósitos margocalizos lacustres (8).

1.1.2.1. Areniscas y arcillas (6). *Estampiense inferior*

Aflora en los dos flancos del anticlinal de Sanaüja, donde los materiales que la constituyen, se intercalan entre los que forman la unidad cartográfica (7).

Consiste en depósitos areniscosos que representan las facies canalizadas de los materiales de origen aluvial de la Secuencia de Ivorra. Como se ha dicho anteriormente, estas areniscas presentan ciertas diferencias en ambos flancos del anticlinal de Sanaüja.

En el flanco norte los bancos de arenisca tienen un espesor de hasta 8 m y poca continuidad lateral. Todos ellos se organizan en ciclos positivos, de base erosiva. Normalmente son

de aspecto masivo, con estratificación cruzada en surco y/o planar. Ocasionalmente, poseen superficies de acreción lateral, que individualizan cosets de láminas con estratificaciones cruzadas en surco y planares. En el techo de los ciclos es frecuente el desarrollo de ripples de corriente. Estos ciclos están separados por niveles pelíticos, cuya potencia aumenta hacia el techo de la serie.

En el flanco sur los bancos de arenisca poseen un espesor máximo de unos 2 m. Se organizan en ciclos positivos de base erosiva, los cuales internamente contienen superficies de acreción lateral. Los niveles arcillosos que los separan son más potentes que en el flanco norte.

Petrográficamente, las areniscas corresponden a litarenitas con un elevado contenido en granos de caliza, de cuarzo y de feldespato. La matriz es calcítica.

En el flanco norte del anticlinal de Sanaüja se interpretan como el relleno de paleocanales de ríos anastomosados y meandriformes de baja sinuosidad, mientras que en el flanco sur corresponden a facies de barras de meandro.

1.1.2.2. *Lutitas, areniscas y limos carbonatados (7). Estampiense inferior*

Esta unidad cartográfica aflora en los dos flancos del anticlinal de Sanaüja. Entre los materiales que la configuran, se intercalan los materiales que constituyen la unidad cartográfica (6) y, en el flanco sur, también los materiales que forman la unidad cartográfica (8).

Consisten en lutitas rojizas en las que se intercalan capas de arenisca y de limos carbonatados. Las lutitas normalmente están bioturbadas y, ocasionalmente, presentan marmorizaciones. Las areniscas, o bien son canaliformes y, en este caso, presentan las mismas características que las descritas en el apartado anterior, o bien son tabulares. Estas últimas poseen granoselección positiva y su espesor oscila entre 5 cm y 30 cm, aproximadamente. En los dos flancos del anticlinal de Sanaüja, dentro de estas pelitas se intercalan diversos niveles de limos carbonatados edafizados. En el sector occidental del flanco sur del anticlinal de Sanaüja, en estas facies se desarrollan pequeños niveles de lignito, de escasa continuidad lateral.

Al microscopio, las areniscas corresponden a litarenitas con predominancia de fragmentos de calizas y de feldespatos. Los limos carbonatados, corresponden a limolitas arenosas con fragmentos de oncolitos algales, caráceas, cianofíceas y ostrácodos. Alguna de las muestras presenta recristalizaciones de doloesporita.

En cuanto al contenido fósil, cabe destacar *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L y N GRAMB) y *Lychnothamus longus* CHOI (determinación de J. RAMIREZ DEL POZO).

En conjunto corresponden a facies de abanico aluvial distal. Los paleocanales de arenisca, en su mayoría corresponden a depósitos de barras de meandro, mientras que las lutitas, las areniscas tabulares y los niveles de lignito, representan facies de llanura de inundación.

1.1.2.3. Calizas y margas (8). Estampiense inferior

Esta unidad aflora en el flanco sur del anticlinal de Sanaüja, al sureste de Massoteres.

En la zona de Ivorra se trata de tres intercalaciones de niveles margo-carbonatados, que se indentan en las facies aluviales descritas en el apartado anterior, concretamente en la parte media-superior de la serie. En vertical, el paso de estas facies terrígenas, hacia los niveles margo-carbonatados, que constituyen la presente unidad cartográfica, es transicional. Hacia el extremo centro-oriental y sur-oriental de la hoja, se presenta como un único nivel margo-carbonatado, que constituye la parte superior de la Secuencia de Ivorra.

Consiste en una alternancia de capas calcáreas y de capas margosas, de coloración gris-azulada. Entre las margas, ocasionalmente, se intercalan capas de margo-caliza de espesor centimétrico. Las calizas, llegan a alcanzar los 3 m de potencia y corresponden a mudstones con restos de caráceas y de ostrácodos. En el sector oriental del flanco sur del anticlinal de Sanaüja, en estas facies se han encontrado indicios de lignitos. Según la descripción efectuada, estos depositos se interpretan como depositados en un ambiente lacustre-palustre.

Al microscopio, las calizas se pueden clasificar como biomicritas con restos de caráceas, ostrácodos y algas cianofíceas, entre los que cabe destacar a *Eocytheropteron* sp. (determinación de J. RAMÍREZ DEL POZO).

1.1.3. Secuencia de Sant Ramon

Esta unidad aflora a ambos flancos del anticlinal de Sanaüja, y en el cuadrante suroccidental de la hoja.

La distribución de las facies que la integran, es similar a la de la Secuencia de Ivorra. En el flanco norte y en la parte occidental del flanco sur del anticlinal de Sanaüja está constituida por facies terrígenas de abanico aluvial. En la parte inferior de la serie predominan los niveles canalizados, mientras que en la parte superior predominan los sedimentos lutíticos, con intercalaciones de limos carbonatados, de llanura de inundación. En el flanco norte este tipo de facies son más proximales que en el flanco sur. Al igual que en la Secuencia de Ivorra, hacia el sureste se indentan diversos niveles carbonáticos, de origen lacustre-palustre, entre las facies fluviales, en la parte media-superior de la unidad. Existen tres intercalaciones principales de niveles carbonatados; el segundo corresponde a las calizas de Bicfred y el tercero a las de Sant Ramon (Fig. 4). Esta distribución de facies se debe probablemente, al igual que para la secuencia anterior, al funcionamiento sinsedimentario del anticlinal de Sanaüja. En la parte meridional de la hoja, al este de Cervera, afloran de forma muy reducida yesos (Yesos de Talavera), los cuales tienen un mayor desarrollo en la hoja de Cervera (390).

En el flanco norte del anticlinal de Sanaüja, la potencia de la unidad es del orden de 200 m (serie de Torà). En la parte occidental del flanco sur (serie de Massoteres) su espesor es de 260 m.

La base de la secuencia se localiza en el contacto entre las facies predominantemente canalizadas, que caracterizan la parte inferior de la unidad, y las facies, bien lutíticas (en el flanco

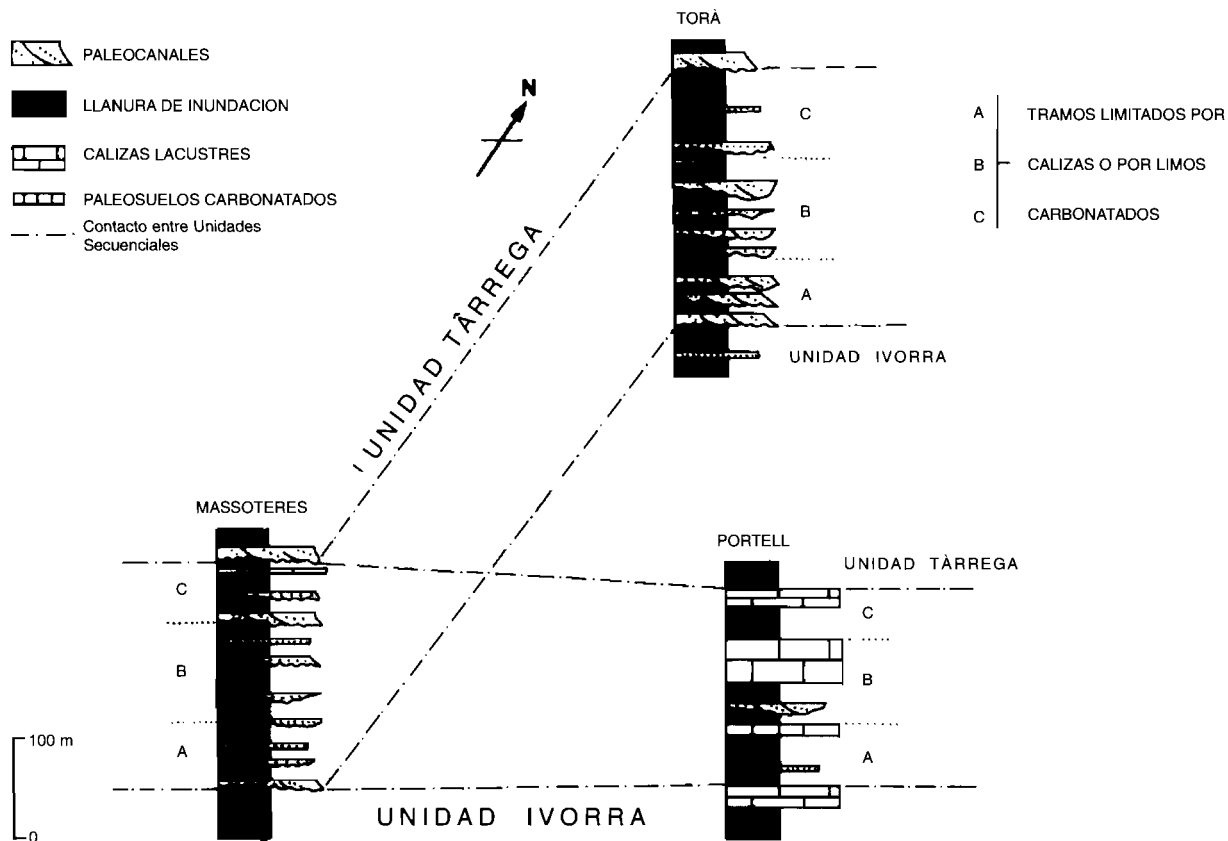


Fig. 4. Distribución de facies de la Unidad Sant Ramón, dentro de la hoja de Guissona.

co norte del anticlinal y en la parte occidental del flanco sur), bien carbonatadas (en la parte oriental del flanco sur del anticlinal), que caracterizan la parte superior de la secuencia infra-yacente.

En la hoja de Cervera (390) la parte inferior de esta secuencia está constituida por facies aluviales proximales y medias (Conglomerados de Raurich), en la parte suroriental de la hoja y por facies aluviales distales en el resto. La parte superior de esta unidad, en la hoja de Cervera, está formada por facies carbonáticas que pasan lateralmente a facies evaporíticas (yesos de Talavera). En la hoja de Agramunt (360) parte de los yesos, que en este sector constituyen el núcleo del anticlinal de Balaguer, pertenecen a esta unidad secuencial.

La edad de los materiales que configuran esta secuencia es Estampiense, según pone de manifiesto su contenido en mamíferos (yacimientos de Calaf y de Tàrrega) (AGUSTI *et al.* 1987). La mayor parte de la unidad queda comprendida dentro de la biozona de *Theridomys calafensis*, mientras que su parte superior abarca parte de la biozona de *Theridomys major*.

Desde el punto de vista de la nomenclatura clásica de litofacies de la parte oriental de la Cuenca del Ebro, las facies terrígenas de esta secuencia pertenecen a las Fms. molasa de Artés y molasa de Solsona, mientras que las facies de margocalizas forman parte de la Fm. calizas de Tàrrega.

Se han diferenciado cartográficamente cuatro litologías en esta secuencia: Las areniscas canalizadas (9), los tramos lutíticos con intercalaciones de areniscas (10), las calizas y margas (11) y los yesos de Talavera (12).

1.1.3.1. Areniscas y arcillas (9). Estampiense

Afloran en el extremo nororiental de la hoja, al norte del anticlinal de Sanaüja, y en el sector occidental del flanco sur de este anticlinal.

Se trata de areniscas en facies canalizadas de origen aluvial que se intercalan entre los materiales predominantemente lutíticos que configuran la unidad cartográfica (10).

Los bancos de arenisca, se organizan en secuencias positivas. El tamaño de la arena oscila entre arena de grano grueso a medio y arena de grano fino. Ocasionalmente existen niveles microconglomeráticos; estos niveles poseen la base erosiva y tienen escasa continuidad lateral. En el flanco norte del anticlinal de Sanaüja el espesor de los paleocanales oscila entre 0,5 y 4 m, mientras que en el flanco sur alcanzan los 2 m como máximo. Algunos de los paleocanales poseen cantos blandos cerca de la base y la mayoría de ellos tienen superficies de acreción lateral. Las estructuras sedimentarias que se observan, son las estratificaciones cruzadas en surco y planares. En el techo de cada secuencia hay ripples de corriente. Estos paleocanales de arenisca se encuentran separados entre sí por arcillas rojas.

Petrográficamente corresponden a litoarcosas con fragmentos de feldespatos, de caliza y de cuarzo.

Se interpretan como el relleno de paleocanales de ríos meandriformes aunque en el flanco norte, donde los distintos cuerpos amalgamados están separados por niveles lutíticos relativamente poco potentes, se interpretan como el relleno de ríos anastomosados.

1.1.3.2. *Lutitas y areniscas (10). Estampiense*

El área de afloramiento que esta unidad incluye, además de la descrita para la unidad anterior, el cuadrante suroriental de la hoja donde se interdigitan con las facies de margas y calizas de la unidad siguiente (11).

Se trata de lutitas con coloración rojiza que presentan intercalaciones de areniscas canaliformes y tabulares. Las capas arenosas canaliformes tienen idénticas características que las descritas en el apartado anterior (9). Las areniscas tabulares, son planoparalelas, presentan una granulometría que oscila entre arena media-fina y limo, están granoclasificadas positivamente, y presentan laminación paralela y ripples. En el sector suroriental del hoja, concretamente en la zona de La Guardia, dentro de estos sedimentos han sido hallados indicios de lignitos.

Al microscopio, las areniscas se presentan como litarenitas feldespáticas con matriz calcítica.

Tanto las lutitas, como las areniscas tabulares, representan las facies de desbordamiento de los paleocanales descritos en el apartado anterior.

1.1.3.3. *Calizas y margas (11). Estampiense*

Aflora en la parte central y suroriental de la hoja, donde estas facies se indentan y solapan con los que forman la unidad anteriormente descrita.

Consiste básicamente en tres horizontes margocalizos, el último de los cuales constituye el techo de la Secuencia, en el cuadrante suroriental de la hoja. En el área de Portell tienen un espesor de 5 m, 40 m y 10 m respectivamente.

Cada uno de estos tramos está formado por una alternancia de margas arcillosas y calizas micríticas. Los niveles margo-arcillosos suelen estar edafizados y, en su parte superior, se intercalan niveles decimétricos de margocalizas. Los niveles calcáreos están constituidos por capas cuyo espesor oscila entre 10 cm y 5 m. Estos materiales se organizan en ciclos de facies, la base de los cuales está constituida por los tramos margo-arcillosos y el techo, por los materiales calcáreos. En la parte suroriental del área de estudio, en este tipo de facies se han encontrado indicios de lignitos. Se interpretan como facies lacustre-palustres carbonatadas.

Petrográficamente corresponden a biomicritas con oogonios, restos de caráceas, restos de ostrácodos, de algas cianofíceas y de gasterópodos.

En cuanto a su contenido paleontológico, cabe mencionar *Rabdochara stockmansi* GRAMB y *Lychnothamnus* cf. *longus* CHOI (determinaciones de J. RAMIREZ DEL POZO).

1.1.3.4. Yesos, margas y calizas (12). Estampiense

Aflora exclusivamente en el extremo meridional de la hoja, al sureste de Cervera, donde constituyen el techo de la Secuencia de Sant Ramon, ya que son cambio lateral del último de los niveles margocalizos de la unidad cartográfica anterior (11).

Consiste en una alternancia de yeso secundario de variedad alabastrina y de margas. Localmente se presentan niveles decimétricos de calizas micríticas, con moldes de cristales de yeso. Se interpretan como facies depositadas en un ambiente de margen de lago salino.

1.1.4. Secuencia de Tàrrega

Las facies de esta unidad secuencial afloran extensamente en la mitad occidental de la hoja y, puntualmente, en el cuadrante suroriental.

En el noroeste de la hoja, concretamente en los altos topográficos del sector de Palou de Sanaüja, Florejacs y La Morana, está formada por facies aluviales distales. Hacia el sur y sureste entre estas facies hay un total de 6 niveles margocalcareos intercalados de origen lacustre-palustre. En el área de dominio de la sedimentación aluvial la serie consiste en una alternancia de lutitas, areniscas y niveles edafizados los cuales, localmente, llegan a alcanzar una potencia considerable. Cada uno de estos niveles sea probablemente el equivalente lateral de cada uno de los niveles margocalcareos que se encuentran en el área de dominio de sedimentación lacustre-palustre (Fig. 5).

En el sector noreste de la hoja únicamente aflora la parte inferior y media de la unidad con un total de 50 m de espesor (serie de Florejacs). En el sureste de la hoja la unidad está completa y su espesor se ha estimado en 120 m.

El contacto basal con los materiales de la secuencia infrayacente (Sant Ramon), en el sector septentrional de la hoja, consiste en el cambio brusco entre las facies predominantemente lutíticas del techo de la secuencia de Sant Ramon y las predominantemente canalizadas de la base de la secuencia de Tàrrega. En el sector meridional este contacto se sitúa en la base de los materiales siliciclásticos, que descansan sobre las calizas de Sant Ramon, del techo de la unidad del mismo nombre.

Los materiales que constituyen la Secuencia de Tàrrega pertenecen al Oligoceno inferior más alto, ya que se encuentran dentro de la biozona de *Theridomys major*, según los contenidos en micromamíferos del yacimiento de El Talladell, situado en la parte alta de esta unidad (AGUSTI *et al.*, 1987; ANADON *et al.*, 1989).

En la terminología clásica de la parte oriental de la Cuenca del Ebro los materiales de esta secuencia pertenecen a la parte superior de las Fms. molasa de Artés y molasa de Solsona y la parte superior de la Fm. calizas de Tàrrega.

Dentro de esta secuencia se han cartografiado tres litofacies: los paleocanales de arenisca (13), las lutitas con intercalaciones areniscosas (14) y las facies de margocalizas y calizas (15).

1.1.4.1. *Areniscas y arcillas (13). Estampiense*

Aflora al noroeste de la hoja y, de forma puntual, en el suroeste. Las facies cartografiadas en esta unidad se hallan intercaladas entre las de la unidad cartográfica (14).

Al norte de Palou de Sanaüja, las areniscas que forman la parte inferior de la Unidad Tàrrega, corresponden a bancos con un espesor situado entre 0,5 m y 2 m. Su granulometría oscila entre arena media y arena fina. Poseen base erosiva y son cuerpos tabulares de considerable extensión lateral. Están granoclasificados y localmente contienen cantos blandos cerca de la base. En este sector se encuentran intensamente bioturbados, lo que no permite observar las estructuras sedimentarias primarias. No obstante, en alguno de ellos se ha observado estratificación cruzada de tipo planar. La mayoría de los cuerpos presentan estructuras de reactivación. Están separados por niveles potentes de arcillas rojizas bioturbadas. La destrucción de las estructuras sedimentarias primarias impide realizar un riguroso estudio de facies. Debido al importante contenido en pelita dentro del tramo donde se hallan estos paleocanales debe tratarse de depósitos fluviales meandriformes de baja sinuosidad o depósitos de ríos rectilíneos.

En el área de Florejacs y Les Pallargues, los niveles areniscosos de la mitad superior de la serie consisten en bancos de arenisca cuyo espesor oscila entre 1 m y 2 m. Poseen base erosiva y poca continuidad lateral. Internamente presentan acreción lateral y superficies de reactivación marcadas por niveles de cantos blandos. Estas superficies, individualizan cosets de láminas con estratificación cruzada planar, ripples de corriente y climbing ripples, todo ello acompañado de un cambio granulométrico, que varía entre la arena gruesa hasta la arena fina. Pueden interpretarse como el relleno de paleocanales de ríos meandriformes de alta sinuosidad. La secuencia de estructuras descrita es típica de las barras de meandro. Las superficies de reactivación individualizan a diversas scroll-bars. La existencia de cantos blandos puede indicar un régimen de flujo más o menos efímero.

Petrográficamente corresponde a litoarcosas con matriz y cemento calcítico.

1.1.4.2. *Arcillas, areniscas, margas y margocalizas (14). Estampiense*

Afloran en el sector noroccidental de la hoja donde tienen intercalaciones de paleocanales (13) y en el sector suroccidental donde se interdigitan con facies carbonáticas (unidad 15).

Consisten en lutitas rojizas bioturbadas en las que se intercalan capas areniscosas canaliformes, con las mismas características descritas en el apartado anterior, y capas de arenisca tabulares. Estas últimas son de grano fino y muy fino, y consisten en capas planoparalelas con laminación paralela y ripples. En el sector de Palou de Sanaüja, dentro de estas lutitas, hay varias intercalaciones de margas y de margocalizas.

Las areniscas se pueden clasificar como litoarcosas con matriz y cemento calcítico.

En conjunto, representan facies de abanico aluvial distal, en donde los paleocanales representan depósitos de barras de meandro y las areniscas tabulares y las arcillas representan las facies de desbordamiento.

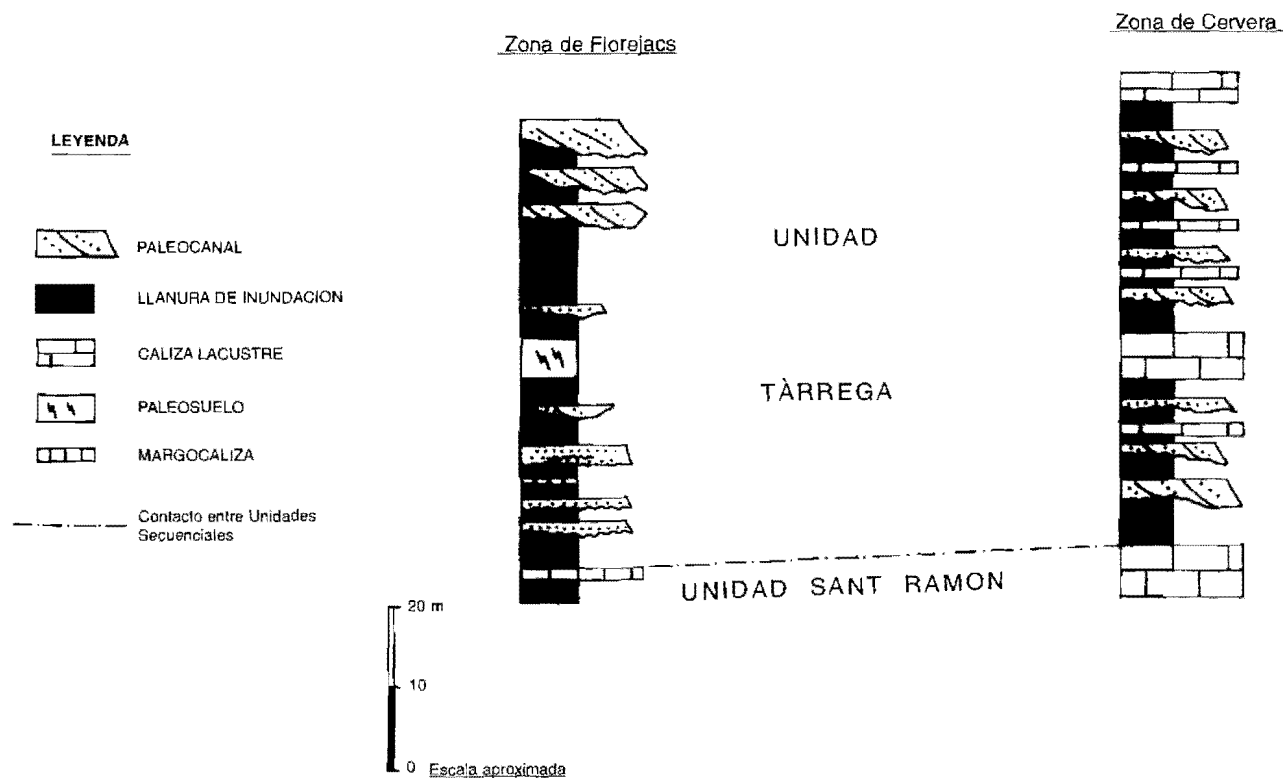


Fig. 5. Distribución de facies de la Unidad Tàrrega, dentro de la hoja de Guissona.

1.1.4.3. Calizas y margas (15). Estampiense

Afloran extensamente en el cuadrante suroccidental de la hoja intercaladas entre los materiales que constituyen la unidad (14).

Consiste en 6 niveles margocalizos, el último de los cuales constituye el techo de la Unidad Tàrraga. Cada uno de éstos, en la parte sur-occidental forma superficies estructurales de considerable extensión.

Cada nivel está formado por una alternancia de capas calcáreas y de margas. Presentan una potencia comprendida entre 5 m y 10 m. Las calizas son micríticas y poseen abundantes restos organógenos. Entre las margas se intercalan capas centimétricas y decimétricas de margocalizas. Se organizan en ciclos de facies, la base de los cuales está formado por los tramos margosos y el techo por los carbonáticos.

Petrográficamente, las calizas se pueden clasificar como biomicritas con restos de caráceas, de ostracódos y de gasterópodos.

Se interpretan como depositados en un ambiente lacustre-palustre.

1.2. CUATERNARIO

1.2.1. Cantos y gravas cementadas (16). Glacis pleistoceno

Se han cartografiado como depósitos de glacis unos pequeños afloramientos situados en las laderas de la margen izquierda del río Llobregós y de su afluente el torrente de Sellés.

Se trata de un conjunto de unos 8 m de espesor máximo de gravas y cantos, principalmente calcáreos, subangulosos a subredondeados, muy heterométricos, con tamaños medios de 6 cm y máximos de hasta 40 cm, emplastados en una matriz limo-arenosa de tonos pardos y que localmente presenta enconstramientos carbonatados.

Presentan una pobre organización interna, con algunas cicatrices erosivas correspondientes a superficies de reactivación.

Dada la pendiente morfológica que presentan y su enlace con las terrazas más altas del río Llobregós se interpretan como glacis, atribuyéndoles una edad pleistocena.

1.2.2. Cantos angulosos en matriz arcillo-margosa (19). Depósitos ligados a superficies estructurales. Pleistoceno-Holoceno

Corresponden a depósitos de pequeño espesor (0,5 - 3 m) que tapizan las superficies estructurales de naturaleza calcárea.

Litológicamente se trata de limos y arcillas pardo-grisáceas que engloban cantos subangulosos y angulosos de calizas y eventualmente areniscas y tamaños heterogéneos de hasta 20 cm. de diámetro. Presentan por lo general formas tabloides.

Los depósitos se presentan muy desorganizados y profundamente removilizados por la acción antrópica. Localmente pueden incluir carbonataciones nodulares que nunca llegan a desarrollar costras calcáreas.

Se les atribuye una edad pleistocena, sin descartar la existencia de procesos edáficos que afecten a estos depósitos durante el Holoceno.

1.2.3. Cantos y gravas, eventualmente con cementos calcáreo (17, 18, 20 y 21). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno

Corresponden a los cuatro niveles de terraza del río Llobregós, a los que se han asimilado los dos niveles existentes en el río Sió a la altura de Ossó de Sió-Montroig.

La terraza mas antigua (17) enlaza con los glacis descritos anteriormente situandose a unos 40-45 m sobre el cauce activo. Litológicamente está formada por 5 m de limos arenosos con hiladas de gravas calcáreas, sobre los que se disponen 1,5 m de conglomerados de cantos calcáreos redondeados bien cementados por carbonato cálcico.

La siguiente terraza (18) se localiza asimismo en la margen izquierda del río Llobregós, a una altura de unos 30-32 m sobre el cauce. Litológicamente está formada por 9 m de limos y arcillas pardas que engloban nidos e hiladas de cantos calcáreos subredondeados, de unos 4 cm de tamaño medio, con algunos cantos de yesos angulosos debidos a aporte lateral por erosión de las márgenes. Por encima se sitúan 4 m de conglomerados calcáreos subredondeados, con matriz areno-limosa de color pardo que presentan cicatrices de reactivación.

La terraza mas desarrollada (20) se encuentra a 8-12 m sobre el cauce del río. Un corte de la misma a la altura de la Ermita de San Pelegrín presenta 2 m de conglomerados calcáreos con matriz limo-arenosa, bien cementados por carbonato cálcico. Los cantos tienen un tamaño máximo de 12 cm y medio de 5 cm. Por encima se sitúan 8 m de arenas limosas con pequeñas hiladas de gravas calcáreas sin cementar.

La terraza mas baja (21), a 4 m por encima del cauce actual, está formada por 4 m de arenas de grano medio algo limosas, colores pardos y ocre, con gravas calcáreas de tamaño medio 1 cm dispuestas en hiladas o pequeños nidos correspondientes a canales.

1.2.4. Gravas en matriz limo-arcillosa (22). Aluviales y fondos de valle. Holoceno

Dentro de esta unidad se han englobado tanto los depósitos de lecho activo del río Llobregós y afluentes como los rellenos de valles de fondo plano con aportes mixtos de laderas y aluviales.

Se trata de limos arenosos de colores ocre y pardos con inclusiones de gravas y cantos (30% como media) de calizas y alguna arenisca o yeso, subangulosos a subredondeados, con escasa organización interna. El material no presenta cementaciones.

1.2.5. **Cantos en matriz limo-arcillosa (23). Coluviones. Holoceno**

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

Están formados por cantos angulosos y subangulosos de calizas y eventualmente areniscas o yesos englobados por una matriz limo-arcillosa de colores grises y pardos. Ocasionalmente los niveles inferiores de la formación superficial pueden estar algo cementados por carbonato cálcico. El espesor medio de estos depósitos es de unos 3-4 m.

1.2.6. **Cantos en matriz limo-arenosa (24). Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno**

Se han cartografiado en esta unidad unos recubrimientos situados al sur de Ossó de Sió formados por limos arenosos pardos con gravas calcáreas redondeadas en superficie (centil 5 cm) y cantos subangulosos en el interior (centil 12 cm).

1.2.7. **Lutitas con materia orgánica (25). Zonas endorreicas. Holoceno**

Corresponden a depósitos lutíticos de colores grises por el contenido en materia orgánica situados en pequeñas áreas deprimidas sometidas a encharcamientos esporádicos.

Se localizan preferentemente en el borde occidental de la hoja, al sur del valle del río Sió.

2. **TECTONICA**

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Guissona (361) está situada en la parte oriental de la Cuenca del Ebro, dentro de la Depresión Central Catalana.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a la fosa de antepaís de la Cordillera Pirenaica. En superficie sus límites están marcados por esta cadena, la Cordillera Ibérica y los Catalánides, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está parcialmente recubierta 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 del Ebro.

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

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

El relleno sedimentario puede dividirse en secuencias deposicionales controladas por la evolución tectónica de las cordilleras circundantes (PUIGDEFABREGAS *et al.* 1986). Esta evolución ha sido compleja, migrando la deformación en el espacio y en el tiempo, siendo más joven, o perdurando durante más tiempo en la parte occidental de la cadena.

La hoja de Guissona está situada en la parte centro-occidental de la Depresión Central Catalana; este sector está constituido esencialmente por depósitos marinos eocenos reconocidos en subsuelo, evaporitas del Eoceno superior (Fm. salina de Cardona y Fm. yesos de Barbastro en parte) y molasas sinorogénicas oligocenas procedentes del Pirineo y de la Cadena Costera Catalana. Estos materiales aparecen deformados en la parte septentrional mediante sistemas de pliegues NE-SO y NO-SE, que se amortiguan hacia el sur, donde la estructura es muy suave o prácticamente subhorizontal hasta el borde de la Cadena Costera Catalana. Estas estructuras se han generado por la transmisión de los desplazamientos de las láminas cabalgantes pirenaicas en la Cuenca del Ebro.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Guissona se pueden diferenciar dos dominios estructurales: el sector NE de la hoja corresponde a una zona con estructuras de plegamiento energías constituidas por anticlinales NO-SE y ENE-OSO con núcleo de materiales evaporíticos, mientras que en el resto de la hoja solamente hay pliegues muy leves o los materiales presentan disposición subhorizontal.

El elemento estructural más notable del norte de la hoja es la terminación del anticlinal de Sanaüja. Es éste un pliegue de dirección NO-SE en cuyo núcleo aparecen los yesos de la Fm. yesos de Barbastro, flanqueados por las facies del Complejo lacustre de Sanaüja y las molasas de Solsona y Artés. El pliegue tiene una clara vergencia hacia el suroeste, y en los flancos se amortigua rápidamente mediante discordancias progresivas en las molasas oligocenas. Su estructura interna es muy compleja y difícil de establecer, debido a la carencia de niveles-guía. La observación de las estructuras menores parece indicar que hay al menos tres generaciones de pliegues en los materiales yesíferos, aunque debe guardarse cautela sobre sus implicaciones debido al comportamiento tectónico de estos materiales y a la dificultad de sistematizar las observaciones. Se observan pliegues y cizallamientos de vergencia hacia el sur en ambos flancos, así como cabalgamientos secundarios con materiales detríticos rojos englobados en los yesos (sur de Castellfullit de Riubregós, p.ej.). También hay pliegues menores simétricos en ambos flancos, así como pliegues anárquicos, frecuentemente de eje muy vertical y de probable origen diapírico, más frecuentes en el núcleo de la estructura. De manera tentativa estas estructuras se podrían interpretar de la siguiente manera. Los pliegues y cizallamientos con vergencia sur serían los más antiguos, generados durante una etapa de cizallamiento y desplazamiento de toda la serie evaporítica hacia el sur.

El bloqueo posterior del desplazamiento, o la introducción de láminas cabalgantes inferiores, produjo la formación del antiformal y su apretamiento con desarrollo de pliegues de arrastre en los niveles más competentes de ambos flancos. Posteriormente la acumulación de evaporitas es removilizada por diapirismo, con numerosos pliegues fluidales de orientación anárquica.

En el borde oriental de la hoja el anticlinal de Sanaüja entronca con los anticlinales de Pinós y de Suria, en las localidades de Torà y de Castellfullit de Riubregós, respectivamente. Ambos pliegues tienen dirección E-O a ENE-OSO, y presentan unas características similares al de Sanahüja. Están separados por un sinclinal, el sinclinal de Saló, cuyo núcleo está ocupado por molasas oligocenas y termina por su extremidad occidental de manera brusca contra el anticlinal de Sanaüja mediante un contacto mecánico.

Al alejarse de los anticlinales con núcleo evaporítico la estructura es muy sencilla en el resto de la hoja. Las discordancias progresivas de los flancos disminuyen rápidamente el buzamiento de las capas, hasta alcanzar valores de 10-15° o menores que se mantienen en toda la parte meridional.

No obstante, la cartografía muestra la existencia de algunos pliegues muy laxos de orientación E-O a ONO-ESE que afectan a las molasas oligocenas: son los sinclinales de Florejacs y de Castell de Santa María, situados al noroeste y al sureste de la hoja respectivamente, y el anticlinal de Concabella, situado al sur de Guissona.

Las fallas con expresión cartográfica son casi inexistentes en la mayor parte de la hoja. Cabe destacar únicamente las fallas de Portell y Ferrán, que se describen en el apartado de Neotectónica y el sistema de fallas que se extienden entre Torà y San Martín, en la hoja de Calaf (362). Es este un conjunto de fallas de dirección NO-SE a N-S que pueden ocupar una franja de hasta 3 km de anchura entre las localidades mencionadas. En el norte afectan a los anticlinales de Sanaüja y Suria, limitando la extremidad occidental del sinclinal de Saló. Su continuidad en los materiales yesíferos es difícil de establecer, pero parece continuarse hasta el borde oriental de la hoja a lo largo del Torrent Bo. Muestran componente normal con el bloque oriental hundido. Algunos de ellos tienen un carácter claramente sinsedimentario (growth-faults), con rejugos posteriores. (IGME, 1975).

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 emplazamiento de las láminas cabalgantes pirenaicas durante el Paleógeno provocó el hundimiento de la zona ocupada por la Depresión Central Catalana, que va siendo rellenada por depósitos fluviales y lacustres. Durante el Oligoceno inferior la deformación se transmitió a la cuenca, generándose los anticlinales con núcleo evaporítico y las discordancias progresivas en los flancos de los pliegues (anticlinales de Barbastro-Balaguer, Oliana, Sanaüja, Pinós, Suria, etc.). La sedimentación molásica estuvo condicionada durante el Oligoceno por el diastrófismo de las cadenas circundantes, Pirineos y Costera Catalana, y la deformación de los materiales de la Cuenca.

Los datos de subsuelo (RIBA *et al.* 1983, Memorias de las hojas de Calaf y de Pons, etc.) indican que las formaciones evaporíticas de los núcleos de los anticlinales y las molasas suprayacentes son los únicos materiales afectados por los pliegues, mientras que los materiales del

Eoceno marino (Fm. margas de Igualada) permanecen subhorizontales. Esta geometría implica la existencia de un despegue de los niveles situados sobre las margas de Igualada. Aunque las estructuras de la Depresión Central Catalana se han considerado generadas fundamentalmente por un mecanismo diapírico, su geometría y el esclarecimiento de estructuras más internas, como anticlinales de Barbastro-Balaguer y de Oliana (MARTINEZ Y POCOVÍ, 1988; VERGES Y MUÑOZ, 1990), indican que han sido originadas, probablemente, por la prolongación hacia el sur dentro de los materiales terciarios de la cuenca de antepaís de los cabalgamientos surpirenaicos, correspondiendo a pliegues terminales, cabalgamientos ciegos o más probablemente a apilamientos antiformales. Esta última geometría es la más coherente con el notable engrosamiento que presenta la formación evaporítica y con las estructuras menores descritas en el apartado anterior. Posteriormente al apilamiento, estos pliegues experimentarían reapretamiento y diapirización del núcleo, tanto por inestabilidad gravitatoria como por reactivación durante la etapa extensional neógena. La inexistencia de depósitos miocenos y pliocenos no permite evaluar los efectos que tuvo esta etapa en este sector de la Cuenca del Ebro.

2.4. NEOTECTONICA

En la zona de Ferrán hay dos pequeñas fosas tectónicas limitadas por fallas normales de dirección NO-SE que fueron evidenciadas por CALVET (1977). Las fosas son estrechas y alargadas, conformadas por fallas que afectan a la Fm. calizas de Tàrraga y que generalmente están cubiertos por depósitos brechoides de ladera. El fondo del valle está ocupado por depósitos aluviales y coluviales. Las características morfológicas de las fosas indican que su formación tuvo lugar durante el Cuaternario, sin que puedan hacerse mayores precisiones, ya que dejan colgados valles en los bloques elevados e interrumpen el drenaje general hacia el suroeste. Aunque el plano de falla no aflora, entre los km 16 y 17 de la carretera nacional 141 de Cervera a Calaf se pueden observar depósitos coluviales verticalizados.

Este mismo autor supone una neotectónica yesífera reciente en la zona de Castellfullit a partir de criterios geomorfológicos. Fenómenos de esta índole son conocidos en todas las regiones donde afloran los materiales evaporíticos eocenos (región de Balaguer, Cardona, etc.) y deben corresponder a reajustes de material en los núcleos evaporíticos de los anticlinales, debidos a procesos de disolución, cambios de volumen, etc.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Guissona se encuentra situada en la parte oriental de la Depresión del Ebro, dentro de la subunidad fisiográfica denominada Depresión Central Catalana, y relativamente cercana al borde montañoso septentrional o Sierras Marginales.

El clima de la región es moderado, con precipitaciones medias anuales del orden de 500 mm y temperaturas medias entre 13 y 14°C, correspondiendo a un clima continental semiárido algo suavizado por la cercana influencia del mar Mediterráneo.

El relieve de la hoja es poco acusado en general, situándose las cotas más elevadas en la zona suroccidental de la misma. En la terminación oriental de la fosa de Ferrán se alcanzan alturas de 800 m junto a la aldea de La Guardia Pilosa, siendo el vértice geodésico más elevado el Montgrés (777 m).

La morfología está dominada por el control litológico y estructural, dando lugar a extensas cuestras y relieves tabulares con buzamientos hacia el norte en la esquina noroccidental y hacia el oeste y suroeste en la mayor parte de la hoja.

El punto orográficamente más bajo de la hoja se sitúa en las inmediaciones de Conill, en el sector suroeste, donde es de 350 m.

La red hidrográfica es, prácticamente en su totalidad, tributaria del río Ebro a través de su afluente Segre. Los cursos principales, perennes, son el río Llobregós, de curso SE-NO y situado en la esquina noroccidental de la hoja, y el río Sió, que fluye por la mitad meridional con tramos de dirección E-O y SE-NO alternativos. Sólomente la esquina suroccidental está drenada por una red de barrancos, de los cuales el más importante es el de Veciana, que a través de los ríos Noia y Llobregat desaguan directamente en el mar Mediterráneo. Corresponden hidrográficamente a la cuenca del Pirineo oriental.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

Como primer condicionante del modelado hay que considerar la propia arquitectura geológica del sustrato, causa primaria de la posterior distribución fisiográfica de un territorio. El segundo condicionante del modelado es el factor climático, el cual incide directamente en el paisaje al controlar los procesos morfogenéticos ejercidos sobre el mismo.

La hoja de Guissona, desde estos puntos de vista, presenta como característica principal un fino modelado estructural debido por una parte, a la gran variabilidad litológica existente, con frecuentes alternancias de materiales de resistencia contrastada que permiten la creación de morfologías en cuestras y relieves subtabulares, y por otra, la fuerte labor de meteorización y denudación desarrollada durante el Cuaternario, consecuencia de la importancia en la morfogénesis de los procesos de tipo arroyada (CALVET, 1977).

Se puede subdividir la hoja de Guissona en distintos sectores desde el punto de vista geomorfológico:

- El cuadrante noroccidental, sobre materiales fundamentalmente detríticos, donde se desarrollan pequeñas cuestras eventualmente con morfologías de tipo chevron en sus dorsos y líneas de capa dura correspondientes a los niveles más potentes de paleocanales en areniscas dentro de relieves alomados correspondientes a los detríticos finos más lábiles.

- La mitad meridional, donde las alternancias entre materiales calcáreos y margo-arcillosos originan una morfología en cuestras que se suavizan hacia el oeste dando lugar a superficies

estructurales con un sinuoso trazado de sus escarpes debido al encajamiento de la red fluvial. Localmente se preservan cerros cónicos a modo de testigos de etapas denudativas anteriores.

– El cuadrante nororiental, donde la litología blanda de los materiales yesíferos permite el fuerte encajamiento del valle del Llobregós y una notable incisión lineal, mientras que en la esquina noreste la litología detrítica de la Fm. molasa de Solsona da lugar a un fuerte escarpe en graderío y al desarrollo de abundantes líneas de capa dura.

Por último, hay que resaltar la importancia que en el modelado actual de la hoja tienen los procesos neotectónicos. El ejemplo más sintomático de ello es la fosa de Ferrán, fosa tectónica con unos 9 km de longitud que en realidad está constituida por dos fosas, dispuestas en relevo, y originadas por una falla de tijera. Completan la estructura otra dos fallas situadas una a cada lado de la anterior, de la que son subparelelas.

Ambas fosas, Ferrán y el Portell, modifican claramente la organización de la red de drenaje. La fosa de Ferrán colecta por su lado derecho 4 valles, dejando colgados varios más por su lado izquierdo. No es aventurado suponer una continuidad pasada en los valles situados a uno y otro lado de la fosa (CALVET, 1977).

3.2.2. Estudio del modelado

Como ya se ha apuntado anteriormente, hay que admitir como responsable del modelado actualmente observable en la región un sistema morfogenético o conjunto de sistemas morfogenéticos sucesivos cuya característica principal es una cierta tendencia a la aridez climática (CALVET, 1980).

Este proceo zonal condiciona los sistemas morfogenéticos existentes en la hoja de Guissona y que se describirán a continuación.

3.2.2.1. Laderas

Las laderas desarrolladas al pie de los escarpes estructurales ocupan una extensión relativamente grande en el conjunto de la hoja. Son elementos fundamentales en la composición del relieve, al proveer de aportes de agua y sedimento a la red de drenaje.

Se trata de laderas del tipo cantil-talud, desarrollándose en este último una marcada regularización que se manifieste por una cobertera de material detrítico de espesor variable, la cual enlaza mediante un segmento cóncavo con los fondos planos de las vales.

Se han distinguido en la cartografía como coluviones los depósitos más potentes y extensos, obviándose las vertientes regularizadas para una mejor comprensión del mapa. Se caracterizan por situarse preferentemente en las laderas con orientación noreste, lo cual puede explicarse por la persistencia de microclimas más húmedos en éstas que en las expuestas hacia el S y SE, permitiendo una mayor meteorización y acumulación de depósitos superficiales.

3.2.2.2. *Formas fluviales*

Los procesos fluviales desarrollados en la hoja de Guissona tienen una importancia manifiesta en el modelado, estando claramente ligados a una dinámica zonal propia de climas de carácter semiárido.

Por tanto, los procesos de erosión activa son bastante generalizados, dando origen a una incisión lineal particularmente intensa en los términos litológicamente más blandos (lutitas, margas, yesos) al igual que en la esquina sureste de la hoja, o área drenada por afluentes de cursos fluviales con desagüe directo hacia el Mediterráneo.

También son frecuentes en todo el ámbito de la hoja los procesos de erosión subsuperficial o piping. Se asocian principalmente a los depósitos limoarenosos de los fondos de las vales, habiéndose cartografiado tanto las surgencias -habitualmente de tipo nicho- como los lugares de pérdida de drenaje superficial por infiltración, y señalado en algunos casos las zonas preferentes de flujo subsuperficial.

Como formas acumulativas fluviales más importantes están los depósitos de terraza ligados tanto al río Llobregós como el río Sió en las proximidades de Osso de Sió.

El río Llobregós presenta un cauce meandriforme encajado en cuatro sucesivos niveles de terraza, cuyas cotas relativas sobre el lecho actual son las siguientes: 2-4 m, 8-12 m, 32 m y 40-45 m. De éstas, únicamente se han representado dos en la cartografía.

La terraza inferior funciona como llanura de inundación actual en épocas de crecida. Se ha distinguido cartográficamente cuando su extensión superficial lo ha permitido, mientras que en algún caso se ha englobado con el fondo aluvial subactual. También se ha señalado en el mapa geomorfológico un antiguo meandro abandonado a nivel de dicha terraza T_1 .

La terraza T_2 es la que presenta mayor extensión superficial, principalmente en los alrededores de Torà. Generalmente es sobre ella donde enlazan los fondos de vale, que por tanto quedan colgados respecto al nivel actual de incisión del río Llobregós.

Los niveles T_3 y T_4 tienen escasa representación en el ámbito de la hoja, situándose en las cercanías de Taltaüll y Castellfolit de Riubregós.

Por sus cotas relativas sobre el río Sió se han asimilado a la sucesión de terrazas del Llobregós los dos niveles presentes en dicho río en las cercanías de Ossó de Sió, a cotas de 25 y 40 m respectivamente.

3.2.2.3. *Formas lacustres*

Se han cartografiado como tales pequeñas áreas endorreicas situadas en leves depresiones topográficas asociadas a zonas de drenaje poco claro, las cuales llegan a encharcarse de forma estacional. Aunque antropizadas por lo general, se puede reconocer en el material arcilloso que las forma un cierto enriquecimiento en materia orgánica que les presta una tonalidad más oscura que las de los materiales que las rodean.

3.2.2.4. *Formas poligénicas*

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

De entre estas formas cabe destacar por su abundancia en la zona de estudio, las vales. Se trata de valles de fondo plano que disectan fuertemente los materiales sobre los que se implantan. La red de vales presenta un marcado carácter detrítico.

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

También se han cartografiado como glaciis unos pequeños depósitos situados en la margen izquierda del río Llobregós y del torrente de Sellés. Enlazan con el nivel de terraza T₄, del cual se distinguen por su morfología, con pendientes apreciables (5-8°) hacia el valle.

Los depósitos asignados como aluvial-coluvial entre Ossó de Sió y La Figuerosa corresponden a una zona de drenaje incierto. De sus características litológicas puede deducirse un presumible origen mixto.

Por último, se atribuye un origen poligénico a determinadas aristas o interfluvios y relieves aislados, en los cuales, además de una génesis por arroyada ligada a la dinámica fluvial han podido existir procesos de vertiente (deslizamientos, reptaciones, creeping...) por lo que se ha optado por incluirlos en este epígrafe.

3.2.2.5. *Formas antrópicas*

En el mapa geomorfológico se ha señalado una gran explotación de lignito, actualmente abandonada, en las inmediaciones de La Guardia Pilosa, además de la enorme escombrera generada por la misma. Esta tapona completamente el valle en un recorrido superior a 1 km.

Otro tipo de actividades antrópicas generalizadas en la región tales como aterrazamientos con fines agrícolas, balsas artificiales para riego, etc., se han obviado en la cartografía.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En capítulos anteriores se ha realizado una descripción detallada de las características litológicas y sedimentológicas de las formaciones superficiales, así como del contexto geomorfológico en que se sitúan. Por ello, en este epígrafe vamos a resaltar brevemente algunos aspectos geomorfológicos de las mismas, tal vez no suficientemente explícitos.

Se han cartografiado algunos depósitos asociados a superficies estructurales pese a su escaso espesor, generalmente inferior a los 3 m, dado que constituyen zonas de gran interés agrícola. Estos depósitos están ligados al desarrollo de suelos pardo-rojizos posteriormente retrabajados por la sección antrópica. Localmente se ha observado la existencia de carbonataciones de forma nodulares, sin que lleguen a constituir auténticas costras calcáreas.

También es frecuente en el ámbito de la hoja un proceso de regularización de vertientes que tapiza las mismas de una cobertera de derrubios poco potente e irregularmente distribuida. El máximo desarrollo y espesor se alcanza en las vertientes orientadas hacia el noreste, en las que generalmente se concentran los coluviones cartografiados, mientras que en las orientadas hacia el sur tienen mayor importancia los procesos de incisión y arroyada que impiden acumulaciones grandes de derrubios.

Las zonas endorreicas y los depósitos aluvial-coluvial tienen asimismo espesores escasos, y pequeña entidad cartográfica. Su análisis es dificultoso ante la inexistencia de cortes que permitan las observaciones litológicas de detalle.

Otras formaciones superficiales, como los depósitos aluviales y de fondo de vales y las terrazas inferiores, al situarse en las zonas topográficamente más deprimidas están cercanamente conectadas a niveles freáticos locales, lo cual les hacen ser zonas óptimas para las labores de aprovechamiento agrícola. Por ello se presentan fuertemente antropizadas.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

En la hoja de Guissona, la inexistencia de registro sedimentario correspondiente al Mioceno y Plioceno hace difícil el establecimiento de la historia geomorfológica precuaternaria. Por consideraciones regionales se puede indicar que el paso de la cuenca del Ebro de un régimen endorreico a otro exorreico constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región. Este cambio provocó el inicio del vaciado erosivo de la Depresión, y debió producirse hacia el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.* 1983). Este momento posiblemente estuvo acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

Tras el comienzo de la jerarquización de la red fluvial en el sector de la hoja de Guissona se produce una intensa labor erosiva y un continuo encajamiento de la misma en los materiales paleógenos, configurándose el típico modelado estructural en cuevas y mesas, con relieves en graderío donde las alternancias de capas duras y blandas son más frecuentes.

Simultáneamente, durante el Neógeno se produce la compartimentación en fosas del borde catalánide, lo cual determina la aparición de una red de drenaje litoral que poco a poco progresa hacia el interior de la Depresión Central Catalana, desarrollándose una serie de capturas que modifican el sistema de drenaje precedente, cuyas arterias principales estarían orientadas de ENE a OSO (CALVET, 1977). Reflejo de la misma en la hoja de Guissona lo constituye el borde sureste, con drenaje afluente hacia el río Llobregat.

Los procesos de arroyada son los principales agentes de este modelado denudativo, y hay que suponerles de gran intensidad durante el Neógeno.

Durante la época cuaternaria se desarrollan, al menos, cuatro períodos de morfogénesis activa (CALVET, 1977), asimismo controlados primordialmente por la arroyada, asimilables a los pluviales norteafricanos y por tanto correlativos a las glaciaciones cuaternarias. Por tanto, se produce una alternancia de etapas de encajamiento y acumulación que permiten, en el sector que nos ocupa, el sucesivo desarrollo de los sistemas de terrazas de los ríos Llobregós y Sió.

Las etapas acumulativas deben considerarse correspondientes a momento climáticos más húmedos y fríos que los de las etapas de incisión, más cercanas al clima actual de la región.

Por último, un aspecto de la morfogénesis reciente difícil de evaluar en sus efectos globales pero de indudable importancia en toda la Depresión Central Catalana lo constituye la evidente actividad neotectónica, de la cual el ejemplo más claro en la hoja de Guissona lo constituyen las fosas de Ferrán y Portell.

3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

La morfogénesis actual en la Depresión Central Catalana está dominada por la tendencia a la semiaridez del clima de la región.

Por tanto, un proceso generador de morfología notable en la actualidad es la incisión lineal, particularmente activo en el cauce del Llobregós.

Otro proceso de funcionalidad actual es el desarrollo de fenómenos de arroyada difusa y/o concentrada, principalmente en zonas de litologías blandas y en laderas cultivadas con cierta pendiente, en las que la pérdida de suelo por la acción denudadora de las tormentas puede llegar a ser importante.

Los procesos de piping tienen un gran desarrollo en la actualidad. Generalmente se localizan en los depósitos de fondo de vale, significando un proceso de relleno no activo en la época actual o bien un estado de equilibrio acumulación-evacuación bastante inestable, del que pequeñas variaciones del entorno pueden modificar de forma rápida la dinámica de las vales.

Otros procesos funcionales lo constituyen los deslizamientos rotacionales y movimiento en masa de tipo reptación o creeping, posibles en laderas de fuertes pendientes sobre litologías lábiles o con desarrollo de coluviones poco consolidados y relativamente espesos. También hay que tener en cuenta los posibles desprendimientos de cornisas asociados a los escarpes de los relieves estructurales.

Dada la previsible constancia climática en la región en su futuro inmediato, hay que considerar la acción antrópica como el factor principal de cambios potenciales en las condiciones morfodinámicas actuales.

Actuaciones sobre la cobertera vegetal -tanto en el sentido de una mayor deforestación como en el de posibles repoblaciones en zonas amplias- así como en el régimen hídrico liga-

do al aprovechamiento agrícola de la región, puesta en explotación de mayores superficies de regadíos mediante un mayor uso de los acuíferos subterráneos, pueden modificar de forma veloz la situación actual.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Guissona está situada en el sector oriental de la Cuenca del Ebro cuya evolución está relacionada con la del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), y también, con la de la Cordillera Ibérica y la de Los Catalánides.

A grandes rasgos, podemos considerar que hasta el Eoceno superior la sedimentación en la cuenca era marina y a partir del Eoceno superior, con el cierre de la conexión marina y la sedimentación de la Fm. salina de Cardona, pasó bruscamente a una cuenca continental endorreica hasta el Mioceno medio. A partir del Mioceno superior y, especialmente durante el Plioceno y Cuaternario la cuenca es capturada y drenada por el río Ebro. Los productos de esta erosión son vertidos al Mediterráneo donde se ha generado un margen continental progradante de esta edad. En estas condiciones de sedimentación continental se desarrollaron extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas desde los márgenes de la cuenca hacia sus sectores más centrales. En las zonas de orla de abanico y en sus partes más distales se sedimentaron importantes depósitos lacustres y evaporíticos.

La sedimentación de estos abanicos, se produce de forma coetánea con la deformación de los orógenos que circundan la cuenca. Este hecho queda reflejado en las discordancias progresivas y angulares, desarrolladas en los materiales conglomeráticos, de abanico aluvial proximal, de la Fm. conglomerados de Berga (RIBA, 1976), adosados al Pirineo. También se refleja en las discordancias progresivas y angulares, que tienen lugar en los materiales aluviales de Sant Miquel de Montclar, de La Llena y del Montsant (ANADON *et al.*, 1986), en el margen de la Cadena Costera Catalana. La progresión de la deformación durante el Oligoceno y el Mioceno inferior queda reflejada por la progresiva migración, a través del tiempo, de los depocentros lacustres hacia el sur y el oeste.

Los sedimentos que afloran en la hoja de Guissona, pertenecen al Eoceno superior (Priabonense) y al Oligoceno inferior (Estampiense). Estos sedimentos forman parte de las cuatro secuencias deposicionales que se han descrito en el capítulo de Estratigrafía: Sanaüja, Ivorra, Sant Ramon y Tàrraga. La unidad infrayacente está formada por facies evaporíticas, de margen de lago salino y por facies lacustres terrígenas. Las tres unidades superiores están constituidas, de forma general, por sedimentos aluviales distales en la base, y por sedimentos lacustre-palustres en el techo. Esta ordenación refleja la existencia de una reactivación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca, en la base de cada una de las unidades diferenciadas. Los materiales aluviales presentes en la hoja, poseen dos áreas de aporte diferentes: Pirineo y Cordillera Costero-Catalana.

Los materiales terciarios más modernos que afloran en la hoja pertenecen a la secuencia de Tàrraga, del Estampiense superior. Debido a la mayor incisión de la erosión existente en la parte oriental de la Cuenca del Ebro y a la migración de los depocentros hacia la parte occidental, no hay registro sedimentario posterior a esta edad en la hoja.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

Se han inventariado 81 puntos de interés. Tal número de estaciones se debe a tres causas: el interés en la hoja la mitad occidental de la cuenca lignitífera de Calaf, con sus muchas pequeñas labores, afloramientos y sondeos de investigación. La existencia de una formación calcilutítica (Capas de Torà, del Complejo lacustre de Sanaüja) especialmente idónea para la fabricación de cal hidráulica (cemento rápido o romano). Por último, la existencia de núcleos de población importantes en el Segarra suroccidental que han supuesto una fuerte demanda en rocas industriales para la construcción.

Actualmente no existe una sola explotación activa de gran tamaño. Y aún las intermitentes o de pequeño tamaño no superan el 10% de las inventariadas.

5.1.1. **Minerales metálicos y no metálicos**

No existen indicios ni explotaciones de minerales metálicos en la hoja. Entre los no metálicos sólo figuran minerales evaporíticos; concretamente cuatro indicios determinados por sondeos, uno de ellos para petróleo (Guissona 1) y dos más en campañas de ERT para prospección de sales potásicas. De ellos sólo el más oriental, en el término de Molsosa determinó sales potásicas subordinadas a las sódicas; el de Fontanet (Torà) dió sales sódicas, lo mismo que el de Palau de Sanaüja, aunque en este caso subordinadas a la anhidrita. El cuarto sondeo en las afueras de Torà localizó anhidrita y sales sódicas subordinadas.

Hay tres indicios de yesos en la hoja; dos son afloramientos mencionados en el Mapa de Rocas Industriales y el tercero corresponde a una pequeña cantera para alimentar un horno anejo de yeso.

5.1.2. **Minerales energéticos**

La cuenca lignitífera de Calaf está netamente dividida en dos; la oriental en un nivel topográfico inferior y la occidental ya plenamente integrada en el llano de la Segarra. Ambas están separadas por una falla N-S en las cercanías de Calaf. La parte occidental, incluida casi en su totalidad en la hoja de Guissona, es de naturaleza lacustre carbonatada (menos detrítica que la oriental) y presenta la serie casi completa de "Lignitos de Calaf" (12 paquetes). Ello determina múltiples afloramientos en un relieve de cuesta estructural según las cárcavas y barrancos que la festonean; además y desde un punto de vista teórico, debe contener el grueso de las reservas posibles. Hay 17 sondeos de investigación de lignitos inventariados en la hoja, todos ellos intersectando paquetes lignitíferos.

La potencialidad de estos lignitos, en realidad carbones subbituminosos (según ASTM), está subordinada a la circunstancia del carbón en general, su mercado potencial (que en este caso ha sido sustituido por el fuel en las cerámicas de Calaf) y su explotabilidad, que en esta cuenca es baja por la reducida potencia y discontinuidad de los niveles. Sin embargo, en la zona estos lignitos han sido objeto de no menos de tres investigaciones globales (la más comple-

ta por el IGME en 1975) a causa de contener una relativamente importante proporción de uranio, en forma de quelatos, ligada a la interfase oxired de los hastiales y zonas carbonosas que además de diagenetizadas se presentan enriquecidas por supergénesis (similar a procesos "roll"). Esta proporción llega hasta el 0,78‰ U_3O_8 con una distribución horizontal y vertical compleja, que en una distribución tonelaje/ley estableció unas reservas potenciales de unas 12.000 t de U_3O_8 en ley >0,3‰.

El problema reside en que la recuperación del U_3O_8 de los quelatos es complicada y cara, además de subordinada a la utilización térmica de los lignitos. La baja en la demanda de U_3O_8 de los propios lignitos de Calaf y un buen conjunto de problemas ambientales, sociológicos y de otro tipo han reducido la importancia del yacimiento a algo latente pero de dudosa viabilidad futura. Las pocas explotaciones activas son meramente artesanales y para su transporte a la central de Cerch (Bergueda) agotado ya el importante mercado local que propició su auge con la autarquía de postguerra.

El lignito definido como "negro, duro y brillante" (clasificación alemana) se presenta en delgados niveles centimétricos agrupados en paquetes (en general de potencia métrica) dentro de los tramos detríticos finos de las secuencias molásicas oligocenas de centro de cuenca. Estas secuencias de abajo a arriba y de este a oeste van evolucionando a facies lacustres carbonáticas. Así los lignitos en sus 12 paquetes se ven presentando con un cierto relevo de este a oeste, siendo los inferiores más discontinuos (aunque con las mayores potencias puntuales) y los superiores, mejor representados en esta hoja, más continuos y constantes. La naturaleza del soporte terrígeno es más arcillosa y rojiza en los inferiores y más calcomargosa y gris en los superiores (y de este a oeste).

5.1.3. Rocas industriales

Se han señalado 33 indicios de esta naturaleza; de ellos 9 corresponden a explotaciones ya virtualmente abandonadas en las capas de Torà; estas labores proporcionaban material para su cocción (con los lignitos de la zona) en general en hornos verticales y vía seca, obteniendo con ello un mortero denominado técnicamente cal hidráulica y más comúnmente cemento romano o rápido, de uso muy corriente en obras del medio rural. En décadas pasadas esta industria tuvo una relativa importancia en la comarca.

Las Capas de Torà son una facies de capas decimétricas de naturaleza calcarenítica fina y calcilutítica grises claras y de edad Priaboniense superior-Estampiense inferior que descansen y pasan lateralmente a la Fm. yesos de Barbastro. Afloran en ambos flancos del anticlinal de Sanaüja que se encuentran muy inclinados, lo que beneficia su explotabilidad. En general se presentan muy fracturadas por lo que su uso como piedra sillar es malo.

Los bancos decimétricos de caliza lacustres de la Fm. Tàrraga han dado lugar a múltiples explotaciones (están inventariados 12 indicios, entre labores y afloramientos), en general modestas, para la obtención de la piedra sillar que caracteriza la construcción en la Plana de la Segarra, así como esporádicas estaciones de machaqueo para suministro de áridos.

MINERALES NO METALICOS

Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
2	354.550/4630.800	Evaporitas	Torrefló (L)	Anhidrita y sal gema	Evaporítico	Indicio determinado por el sondeo petrolífero "Guisona 1"
5	369.000/4631.330	Evaporitas	Torá (L)	Sal gema y anhidrita	Evaporítico	Indicio determinado por el sondeo de ERT
6	367.620/4629.700	Yesos y margas yesíferas	Torá (L)	Anhidrita y sal gema	Evaporítico	Determinado por sondeo en el Plan Nacional de investigación de yesos
12	366.450/4626.100	Lutitas, margas y calizas	Iborra (L)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Roca nº 3) diagenetizado
14	372.525/4626.200	Margas, yesos y sales	Molsosa (L)	Sales sódicas (y potásicas)	Evaporítico	Determinado por sondeo de ERT
15	366.850/4625.400	Lutitas, margas y calizas	Iborra (L)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete nº 5) diagénitizado
17	368.900/4624.775	Lutitas, margas y calizas	Castellfolit de Riubregós (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Roca y diagenetizado Toma nº 6)
18	369.150/4624.850	Lutitas, margas y calizas	Castellfolit de Riubregós (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete nº 5) Diagenetizado
19	370.870/4624.500	Lutitas, margas y calizas	Castellfolit de Riubregós (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Ars, nº 2) diagenetizado
21	373.426/45624.550	Lutitas, margas y calizas	Calonge de Segarra (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete nº 1) diagenetizado
25	365..800/4623.850	Margas y calizas	Iborra (L)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Determinado por el Sondeo nº 116 diagenetizado del IGME (1975)
26	370.200/4623.900	Lutitas, margas y calizas	Castellfolit de Riubregós (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Roca nº 3) diagenetizado

MINERALES NO METALICOS

Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
27	369.900/4623.750	Lutitas, margas y calizas	Castellfollit de Riubregós (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete nº 5) diagenetizado
28	369.750/4623.650	Lutitas, margas y calizas	Castellfollit de Riubregós (B)	Lignitos (Uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Roca y diagenetizado Toma nº 6)
32	371.975/4623.200	Lutitas, margas y calizas	Calonge de Segarra (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete nº 7) diagenetizado
35	373.560/4623.050	Lutitas, margas y calizas	Calonge de Segarra (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Cerámica diagénetizado nº 10)
36	370.775/4622.375	Lutitas, margas y calizas	Calonge de Segarra (B)	Lignitos (Uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Valentina diagenetizado nº 9)
43	372.375/4620.760	Lutitas, margas y calizas	Pujalt (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Cerámica diagénético nº 10)
46	372.875/4620.000	Lutitas, margas y calizas	Calonge de Segarra (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante paquete Matilde, y diagénético nº 11)
47	372.980/4619.680	Lutitas, margas y calizas	Calonge de Segarra (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante paquete Matilde, y diagénético nº 11)
58	373.200/4618.660	Lutitas, margas y calizas	Pujalt (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Valentina, y diagenetizado nº 9)
62	372.50/4617.975	Lutitas, margas y calizas	Pujalt (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante (Paquete Cerámica y diagénético nº 10; entrada de socabones. Pozos
63	373.000/4617.350	Lutitas, margas y calizas	Prats de Rey (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Labores mineras entre las capas de y diagénético los paquetes nº 9 y 11. "Mina Segur"
64	372.975/4617.100	Lutitas, margas y calizas	Veciana (B)	Lignitos (uraníferos)	Sedimentario	Labores mineras entre las capas de y diagénético los paquetes nº 9 y 11. "Mina Segur"

MINERALES NO METALICOS

Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
74	371.725/4615.520	Lutitas, margas y calizas	Veciana (B)	Lignitos (Uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante paquete Matilde, y diagenético nº 11
75	372.010/4615.630	Lutitas, margas y calizas	Veciana (B)	Lignitos (Uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante paquete Matilde, y diagenético nº 11
76	372.725/4615.615	Lutitas, margas y calizas	Veciana (B)	Lignitos (Uraníferos)	Sedimentario	Capa aflorante paquete Matilde, y diagenético nº 11
77	373.250/4616.025	Lutitas, margas y calizas	Veciana (B)	Lignitos (Uraníferos)	Sedimentario	Labor sobre la capa Valentina, nº 9 y diagenético Pozo

ROCAS INDUSTRIALES

Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
4	368.100/4631.550	Molasas	Torá (L)	Arenisca	Sedimentaria	Cantera intermitente de 300 x 10 m. para la extracción de piedra de sillería y construcción en general
10	366.750/4626.725	Calculutitas	Iborra (L)	Caliza	Sedimentaria	Cantera "Tossal Gross 1974" Semiactiva para cemento romano
13	368.230/462.140	Calculutitas	Castellfollit de Riubregos (B)	Caliza	Sedimentaria	Cantera semiactiva "Pilaret 647" usada para fabricar cemento romano
24	353.600/4623.300	Lutitas y limos	Plans d'El Sió (L)	Arcilla	Sedimentaria	Cantera semiactiva que suministra a pequeños tejares locales
31	351.575/4622.850	Terrazas plio cuaternarias	Plans d'El Sió (L)	Gravas	Sedimentaria	Gravera intermitente que proporciona áridos naturales
70	356.640/4615.750	Lutitas y limolitas	Cervera (B)	Arcilla	Sedimentaria	Explotación que suministra arcilla para fábrica de ladrillos próxima
71	358.050/4615.92'	Lutitas y limolitas	Cervera (B)	Arcilla	Sedimentaria	Explotación que suministra arcilla para fábrica de ladrillos próxima

Las calizas de la Fm. Tàrrrega se presentan en niveles decimétricos y submétricos alternando con margas. De color gris oscuro a rosadas y fétidas son frecuentemente carbonosas, configurando con su disposición subhorizontal un relieve de mesas no muy escarpadas que facilitan su explotación. Su fracturación no permite la obtención de bloques industriales por lo que su uso principal han sido canteras pequeñas para áridos de machaqueo y piedra de construcción (sillería); esporádicamente fabricación de cal o cemento rápido.

También para piedra sillar se ha inventariado un indicio de arenisca, en niveles de la Fm. molasas de Solsona del noreste de la hoja, y otro en las molasas de Urgell (zona de Sió, oeste de la hoja).

La Fm. molásica de Solsona se presenta como una alternancia de lentes areniscos acanallados entre limos ocre-rojizos y potencias supramétricas. Son una abundante reserva pero de lajosidad baja por lo que su uso se restringe mucho al de sillería rústica. Las molasas de Urgell tienen una continuidad mayor y son más homogéneas, responden a secuencias más distales y su disposición en flancos anticlinales adosados al de los yesos de Agramunt (Fm. yesos de Barbastro) facilita la explotabilidad, al igual que un posible corte mecanizado en bloques regulares y homogéneos.

La demanda de áridos naturales se ha cubierto en la comarca con los glacis cuaternarios (o terrazas altas) que peneplanizan la parte suroccidental de la hoja y los llanos de Urgell de la contigua (360). Se ha inventariado una cantera relativamente grande y con actividad intermitente.

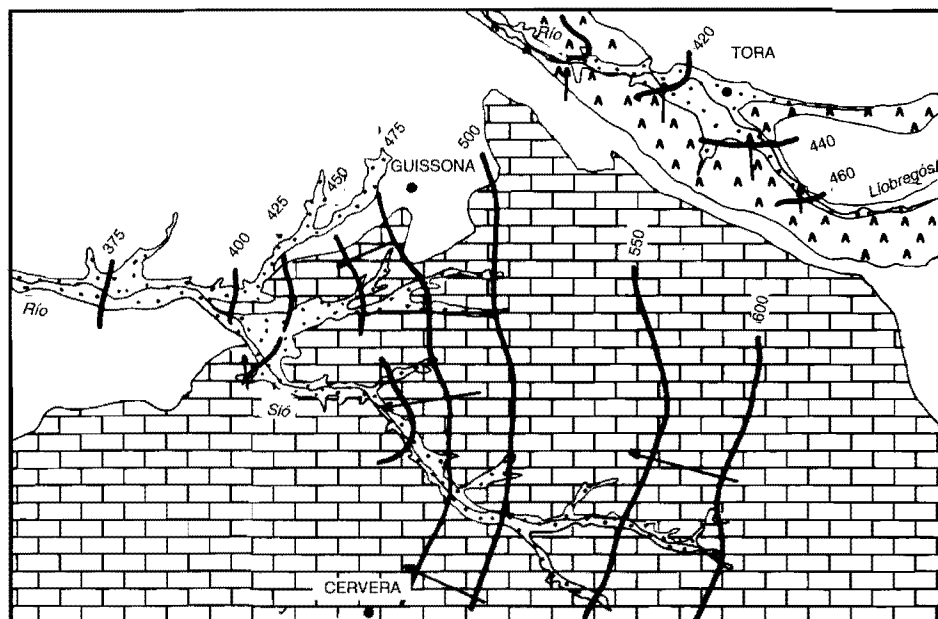
Las gravas de los glacis cuaternarios de la Segarra y de los llanos de Urgell son fundamentalmente gravas aplanadas y arenas, ambas de naturaleza calcárea, dispuestas en capas poco potentes aunque extensos y con una distribución granulométrica muy lineal, lo que facilita su aprovechamiento completo.

El resto de los indicios reseñados corresponden a arcillas comunes utilizadas o utilizables para cerámica estructural. De las tres cerámicas que tenían actividad en los 70 ahora no queda más que una cercana a Cervera y sostenida por la importante demanda de esta población. Las arcillas de la hoja difícilmente pueden competir en calidad y disponibilidad con las de la cercana Calaf y su importante industria cerámica.

Las arcillas, fundamentalmente margosas e intercaladas entre margocalizas y calizas, no presentan buena explotabilidad, salvo puntos concretos, ni potencias grandes. Su alta proporción en Calcio limita su uso a cerámica estructural, salvo las mejores calidades y más ricas en caolinita (Calaf, fuera de la hoja) que son usadas también para gres de solamento.

5.2. HIDROGEOLOGIA

En el ámbito de esta hoja, comprendida en la comarca de la Segarra, no hay definido actualmente ningún sistema acuífero aunque se pueden distinguir algunas unidades con interés hidrogeológico local. Estas pueden agruparse en 3 conjuntos principales atendiendo al tipo de materiales que las conforman: aluviales de los ríos Sió y Llobregós, acuífero carbonatado de Bicfred, acuífero evaporítico del anticlinal del Llobregós (Fig. 6).



LEYENDA

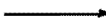
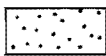
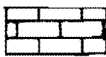
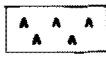
- 
 Líneas isopiezométricas (2-1981)
 Acuífero calcáreo (Vicfred-Guissona y aluvial del Sió)
 Acuífero evaporítico y aluvial del Llobregós
- 
 Dirección y sentido de flujo subterráneo
- 
 Acuíferos aluviales del río Sió y Llobregós
- 
 Acuífero calcáreo (Vicfred-Guissona)
- 
 Acuífero evaporítico (anticlinal del Llobregós)

Fig. 6. Esquema piezométrico y de flujo subterráneo.

OCTANTE	NATURALEZA (*)				CAUDAL MEDIO (m³/h)			PROF. MEDIA (m)		Nº TOTAL PUNTOS
	M	P	S	O	M	P	S	P	S	
1	3	9	18	6	3	4	0,7	7	57	36
2	6	3	41	–	3	8	6	5,5	61	50
3	4	4	20	–	3	6	14	15	55	28
4	5	4	8	–	1,6	3	5	15	42	17
5	–	6	3	1	–	3	–	11	67	10
6	2	7	17	1	3	6	1	6	75	27
7	1	5	19	–	–	12	21	10	66	25
8	–	3	6	–	–	0,1	1,8	11	138	9
Total hoja	21	41	132	8	3	5	7,1	10	70	202

(*) Naturaleza M – Manantial
P – Pozo

S – Sondeo
O – Otros: balsas, galerías, ...

Cuadro resumen del inventario de puntos de agua

La recarga de estas unidades se realiza principalmente por la infiltración de la lluvia excepto en el caso de los cuaternarios que reciben aportes de los materiales adyacentes. La descarga tiene lugar hacia los ríos que actúan como ejes de drenaje.

Estos acuíferos son aprovechados a través de múltiples captaciones (ver cuadro resumen del inventario). El principal uso de estos acuíferos es para abastecimiento de núcleos urbanos y minoritariamente en granjas y pequeños regadíos. El carácter químico de las aguas subterráneas varía de bicarbonatado-sulfatado cálcico-magnésico en el acuífero calcáreo y aluvial del Sió, a clorurado y/o sulfatado sódico en el caso del acuífero evaporítico y aluvial de Llobregós.

La inexistencia de formaciones acuíferas relevantes ha condicionado la falta de estudios exhaustivos. En la última década, el ITGE (1983) ha efectuado diversos estudios de ámbito local para abastecimiento urbano, así como la Generalitat de Catalunya (1981) y SGOP (1983), que han realizado otros de un carácter más general.

5.2.1. Climatología

Dentro de la hoja se ubican 9 estaciones del Instituto Nacional de Meteorología, de entre las cuales dos toman, además de precipitación, datos de temperatura.

Según la información suministrada por la estación nº 9647 y que posee las series más completas (1940-1985) se obtienen unos valores de precipitación media anual de 505 mm, con

una distribución regular de las precipitaciones, que suelen producirse concentradas en fenómenos de tipo tormentoso. Los máximos se dan en la primavera y los mínimos a finales del invierno.

Estación meteorológica nº 9647 (Lérida)
Precipitaciones medias mensuales completadas en mm (1940-1985)

Estación 9647	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	46,9	34,8	38,1	29,0	27,8	38,4	48,1	65,1	53,6	25,9	44,3	34,1	05,6
D. Típica	39,2	27,9	33,5	28,8	30,5	29,9	37,3	39,5	40,5	28,9	31,9	31,4	122,8

El registro de temperaturas es mucho menor (1983-1987), y según los datos de la estación nº 97120 se ponen de manifiesto una amplia variación técnica anual. La media de temperatura anual es de 14,3°C, con mínimas de 3,8°C en enero y máximas de 25,5°C en julio.

Estación meteorológica nº 97120 Florejachs (Lérida)
Temperaturas medias mensuales históricas en °C (1983-1987)

Estación 97120	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	16,1	10,6	5,3	3,8	6,6	8,7	12,8	15,8	21,6	25,5	24,8	22,3	14,3
D. Típica	1,0	1,4	0,8	1,9	1,6	1,7	1,5	2,9	1,3	1,0	1,5	1,7	0,9

Con todas estas características se puede concluir que la hoja de Guissona se halla incluida en un tipo de clima mediterráneo continental templado, con invierno avena fresco, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo húmedo, según la clasificación de J. PAPADAKIS.

5.2.2. Hidrología

En la esquina sureste de la hoja se encuentra la divisoria hidrográfica de las cuencas del Ebro y Pirineo Oriental, más concretamente la que separa al Segre del Llobregat.

Los dos cursos de agua principales son los ríos Sió y Llobregós. Siguen una dirección aproximada SE-NO según las directrices estructurales que marca el anticlinal de Sanaüja.

Tienen un régimen semiperenne debido a la distribución irregular de las lluvias y al escaso carácter regulador de los acuíferos. Sólo en el río Llobregós se dejan sentir efectos de drenaje diferido.

Se carece de estaciones de aforo y control de calidad aunque por lo señalado anteriormente sus caudales son bastante variables en función de la pluviometría. Habitualmente circula un caudal escaso, sin embargo en el caso de precipitaciones elevadas se producen avenidas.

La calidad depende mucho de los aportes hídricos procedentes de los materiales adyacentes.

5.2.3. Características hidrogeológicas

Dentro del ámbito de la hoja están representadas tres tipologías de acuíferos bien definidas. Así, por un lado, se diferencian los acuíferos constituidos por los aluviales de los ríos principales, por otro el acuífero constituido por las calizas lacustres de Sant Ramon y Tàrraga y por último el correspondiente a la Fm. yesos de Barbastro del anticlinal de Sanaüja.

5.2.3.1. Acuíferos aluviales

El perfil tipo de ambos aluviales (río Sió y río Llobregós) estaría constituido por limos y arcillas arenosas en la parte superior y bajo ellos arenas y gravas.

Para el aluvial del río Sió se tiene una anchura media de 200-300 m, con un espesor máximo en la zona de Les Oliges de 17 m.

Los depósitos asociados al río Llobregós son los más importantes de la Segarra. Se consideran exclusivamente las dos terrazas bajas. La superior con un espesor de 15 m y la inferior de más de 20 m. La anchura suele ser inferior a 500 m.

Las transmisividades son del orden de 300 m²/día para el aluvial del Sió y 500 m²/día para el Llobregós. Valores altos de permeabilidad no son descartables, pero en todo caso restringidos a zonas muy localizadas.

La recarga de estos acuíferos se produce esencialmente según 3 vías: infiltración directa de la precipitación, influencia del río y descarga de los horizontes permeables encajantes que forman el sustrato.

La atracción mediante pasos abiertos es la principal descarga del acuífero (0,4 hm³/año para el río Sió). Hay que tener en cuenta que la mala calidad de las aguas del aluvial del río Llobregós restringe mucho su explotación.

La capacidad útil de cada aluvial es del orden de 1 hm³ y en el caso de estiajes prolongados es posible que llegue a agotarse el embalse subterráneo.

Los datos de inventario disponibles señalan el predominio de pozos excavados sobre otro tipo de captaciones, siendo más abundantes en el aluvial del río Sió. Tienen poca profundidad y en bastantes casos disponen de galerías. El caudal máximo registrado es de 5 l/s.

Las surgencias no son frecuentes y estarían en relación con drenajes de los materiales adyacentes.

La utilización mayoritaria de estas aguas es el abastecimiento a núcleos urbanos como p.ej. Hostafrancs, Castellfollit de Riubregós, etc.

5.2.3.2. *Acuífero carbonatado*

Se extiende sobre unos 250 km² dentro de la Comarca de La Segarra. Se puede considerar como un acuífero multicapa, al estar compuesto por una secuencia rítmica de bancos calcáreos y argilitas dispuestos subhorizontalmente. El espesor total es de 300-400 m, con variable proporción de niveles carbonatados por sectores.

Dada la anisotropía existente, la distribución de permeabilidad no es uniforme y globalmente puede considerarse poco elevada. Es más alta en zonas descomprimidas y baja al aumentar la presión litostática y al colmatarse las fisuras.

La recarga se produce casi exclusivamente por infiltración de la precipitación, sobre todo en la zona de las cuestas de Ivorra. Su mayor buzamiento favorece que las aguas alcancen cierta profundidad mientras que las capas subhorizontales alterantes sufren drenaje lateral.

La descarga natural es a través de manantiales o subterráneamente a los aluviones de los ríos que en determinados sectores actúan como zanjas de drenaje.

El flujo subterráneo se dirige hacia el O-NO con gradientes del 8% en cabecera que aumentan al 16% en zonas de descarga. Se puede establecer una red de flujo virtual en la que se observa que los valles fluviales actúan como zonas de drenaje preferente. Donde las condiciones topográficas son favorables los sondeos son surgentes.

La capacidad de almacenamiento es de unos 155,5 hm³.

La explotación es del orden de 1,4 hm³/año.

Las captaciones y surgencias relacionadas con este acuífero son abundantes, aunque, en general, los caudales no son elevados. Los sondeos son la obra más frecuente y la anisotropía antes señalada se comprueba en la amplia variabilidad de caudales registrados. En la zona de Guissona es donde se encuentra la principal concentración siendo éstos además surgentes. Los manantiales presentan caudales pequeños y están relacionados con drenajes laterales de la plataformas carbonatadas (los de caudal más variable y escaso) o bien constituyen salidas de circulación de tipo regional.

La mayoría de los puntos inventariados se utilizan para abastecimiento, en general, de núcleos urbanos (Guissona, Ivorra, San Ramón).

5.2.3.3. *Acuífero evaporítico*

Se denomina acuífero atendiendo a su capacidad para almacenar y transmitir agua sin tener en cuenta las restringidas posibilidades de uso debido a su elevada salinidad.

La recarga se produce exclusivamente por infiltración directa de la lluvia y la descarga tiene lugar a través del río Llobregós.

El almacenamiento debe ser grande, del orden de 15 hm^3 , si consideramos toda su extensión en la Comarca de La Segarra.

Los datos de inventarios son prácticamente inexistentes. Deben existir una serie de drenajes subterráneos que afectan al aluvial del río Llobregós.

La mala calidad de sus aguas las inutiliza en cualquier uso.

5.2.3.4. *Otros materiales de interés hidrogeológico*

Aparte de los ya descritos hay otros materiales que pueden tener un interés muy localizado como son:

- Materiales cuaternarios conectados a la red fluvial principal. Están asociados a barrancos, glaciés y superficies estructurales. Son de naturaleza bastante arcillosa y tienen poca extensión y espesor.
- Facies canalizadas de las molasas de Artés y Solsona. Los paleocanales pueden favorecer la existencia de pequeñas surgencias asociadas y permiten la obtención de pequeños caudales en los sondeos que afectan a esta formación.

5.2.3.5. *Hidroquímica*

Se pueden establecer dos grupos principales que englobarían por un lado el acuífero carbonatado y su aluvial asociado (río Sió) y el acuífero evaporítico con el cuaternario del río Llobregós.

En el primero de ellos hay que señalar que las aguas sufren una variación química según el tiempo de tránsito y la profundidad de circulación. Así, evolucionan de bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas a sulfatadas y cloruradas cálcico-magnésicas según nos alejamos del área de recarga (ver Fig. 7). En la zona del río Sió las aguas pueden clasificarse como potables aunque con una concentración iónica bastante elevada.

Las aguas relacionadas con el acuífero evaporítico serán cloruradas y/o sulfatadas sódicas claramente influidas por el medio que atraviesan. Estas aguas “contaminan” el aluvial del río Llobregós afectando también a las aguas superficiales.

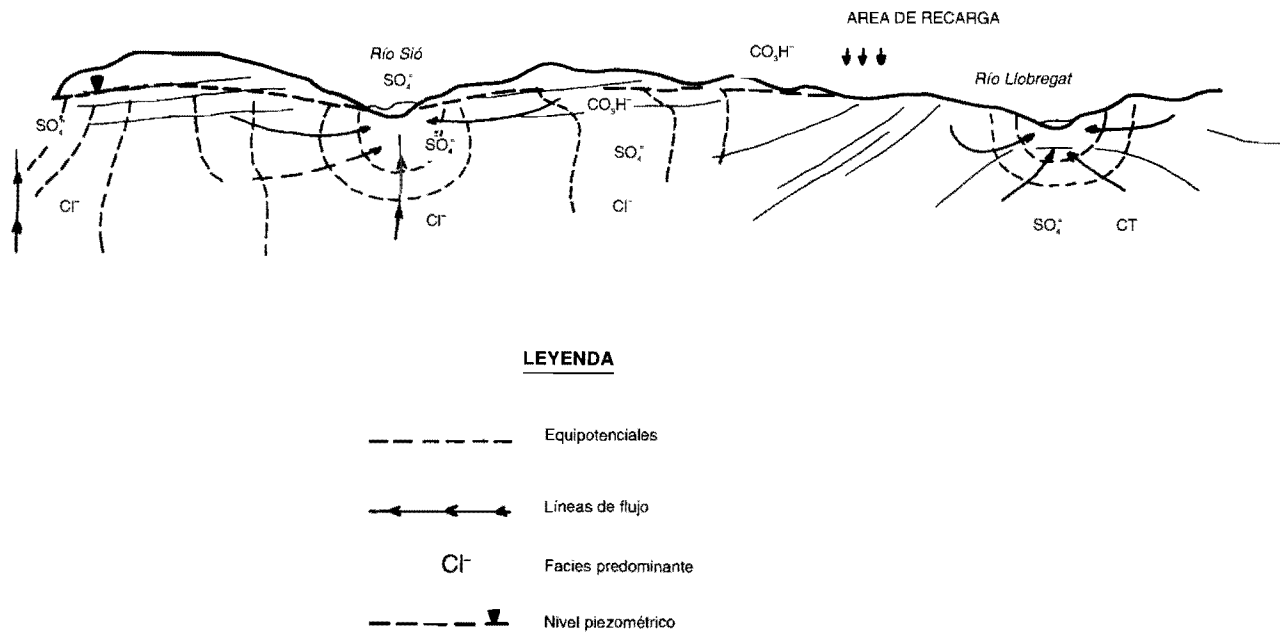


Fig. 7. Esquema de funcionamiento y evolución del quimismo (modificado SGOP, 1983)

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la Hoja de Guissona pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, tres áreas de comportamiento geotécnico diferente. El AREA I comprende los depósitos terciarios plegados, y con buzamientos superiores a los 30°, que ocupan la esquina noreste de la hoja. El AREA II comprende los depósitos terciarios que cubren la mayor parte de la hoja con buzamientos inferiores a los 20°, sólo localmente presenta inclinaciones próximas a los 30°. El AREA III comprende los depósitos cuaternarios, formados por gravas, arenas, limos y arcillas generalmente. Estos a su vez, se ha subdividido en zonas que engloban distintas unidades cartográficas de mapa geológico.

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

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

La Hoja de Guissona se sitúa en el sector oriental de la Cuenca del Ebro. En la hoja se encuentran las estructuras pirenaicas mas meridionales (anticlinal de Balaguer). Los materiales aflorantes pertenecen al Paleógeno (Eoceno-Oligoceno), con un modelado en mesas y cuevas, así como y un amplio desarrollo de los procesos erosivos en general. Todo ello condiciona los P.I.G. seleccionados.

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

De esta selección se han obtenido un total de nueve P.I.G., la mayoría de ellos de contenido estratigráfico y sedimentológico, aunque hay dos de tipo tectónico y uno geomorfológico. La utilización que se propone para todos ellos es científica y didáctica y su importancia se considera regional, si bien el P.I.G. de las fosas de Ferrán se le atribuye una importancia nacional.

De estos nueve puntos se han seleccionado tres usando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER *et al.*, 1984). Dos tienen un contenido estratigráfico y sedimentológico y dos tienen un contenido tectónico. Estos cuatro puntos son:

P.I.G. N.º 1

Las excepcionales condiciones del Complejo lacustre de Sanaüja permiten una clara observación de la evolución lateral y vertical de las facies presentes. Entre estas hay unas capas turbidíticas donde se han preservado excelentes ejemplos de estructuras postdeposicionales del tipo ball and pillow.

P.I.G. N.º 2

El anticlinal de Sanaüja es una estructura pirenaica relacionable con el anticlinal de Balaguer tanto por las facies presentes (yesos de Barbastro en su núcleo) como por el tipo de estructura. Se trata de las estructuras pirenaicas situadas más al sur.

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1) y (2)	Yesos con intercalaciones de margas y calizas	Estructura anticlinal de dirección NO-SE	No ripables. Impermeables. Taludes subverticales estables. Riesgo de agresividad a los hormigones.
	I ₂	(2), (5) y (7)	Margas con niveles de areniscas	Serie monoclinal con buzamientos de 45°	Materiales ripables y poco permeables. Plasticidad generalmente baja. Cierta inestabilidad en taludes verticales.
	I ₃	(3) y (6)	Bancos de areniscas con limos intercalados	Disposición monoclinal con buzamientos entre 30 y 50°	Permeabilidad en profundidad baja. Drenaje superficial medio. Taludes subverticales, con ligero riesgo de caída de bloques.
	I ₄	(4) y (8)	Calizas y margocalizas con intercalaciones margosas	Disposición monoclinal con buzamientos de 30°	Ripables localmente. Taludes inestables según orientación de las capas. Permeabilidad media, tanto en profundidad como en superficie.
II	II ₁	(9), (10), (13) y (14)	Arcillas rojizas con intercalaciones de areniscas	Depósitos subhorizontales con suaves buzamientos	Ripabilidad elevada. Permeabilidad muy baja con riesgo de encharcamiento. Taludes naturales bajos.
	II ₂	(11) y (15)	Calizas con intercalaciones de margas	Disposición subhorizontal	Materiales ripables, excepto los bancos potentes de calizas. Permeabilidad y plasticidad baja. Inestabilidad en taludes verticales. Niveles de caliza canterables para sub-bases.
III	III ₁	(16) y (19)	Cantos y gravas con matriz limo-arcillosa	Estructura tipo glacis	Taludes inestables. Ripabilidad alta. Permeabilidad media.
	III ₂	(17), (18), (20) y (21)	Cantos y gravas	Morfología de terrazas	Formación ripable y permeable. Taludes verticales estables. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos
	III ₃	(23) y (24)	Cantos con matriz limo-arcillosa	Morfología de coluvión	Materiales ripables, poco permeables y localmente erosionables. Taludes estables. Útiles como material de préstamo
	III ₄	(22)	Gravas con matriz limo-arcillosa	Lecho activo y llanura de inundación	Materiales ripables. Drenaje superficial aceptable. Aptos para la obtención de gravas y préstamos.
	III ₅	(25)	Lutitas con materia orgánica	Lagunar reciente	Zona inundable.

Cuadro resumen de las características geotécnicas de los materiales de la Hoja de Guissona.

La Fosa de Ferrán es la mayor estructura neotectónica del sector oriental de la Cuenca del Ebro. Tiene unos 10 km de longitud y 500 m de anchura. Procesos halocinéticos en los yesos de Barbastro situados debajo de la fosa pueden haber producido esta estructura.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S.; CABRERA, L.; COLOMBO, F. Y SÁEZ, A. (1987).- "Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins)". *Münchner Geowiss, Abh.*, (A), 10, 35-42, 2 figs.
- AGUSTÍ, J.; CABRERA, L. ANADÓN, P. Y ARBIOL, S. (1988).- "A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype". *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- 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.; CABRERA, L.; CHOI, S. J.; COLOMBO, F.; FEIST, M. Y SÁEZ, A. (1992).- Biozonación del Paleógeno continental de la zona oriental de la Cuenca del Ebro mediante carófitas: implicaciones en la biozonación general de carófitas de Europa occidental, *Acta Geologica Hispanica*, 27, nº 1-2, p. 69-94.
- ANADÓN, P.; CABRERA, L. L.; COLLDEFORNS, B. Y SÁEZ, A. (1989).- Los Sistemas Lacustres del Eoceno Superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *Acta geológica Hispánica*. v. 24, nº 314. pp. 205-230.
- ANADÓN, P.; CABRERA, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M. Y RIBA, O. (1986).- "Syntectonic intradefor-mational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain)" In: Ph. Allen and P. Homewood (eds.). *Foreland basins. Spec. Publ. I.A.S.*, 8: 33-45.
- ANADÓN, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, L. Y HARTENBERGER, J. L. (1987).- "Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie". *Paleontología i Evolució* T.21, pp. 117-131.
- 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.

- CALVET, J. (1977).- Contribución al conocimiento geomorfológico de la Depresión Central Catalana. *Tesis Doctoral. Univ. Barcelona*, 331 pp (inédita).
- CALVET, J. (1980).- Relaciones entre la evolución geomorfológica cuaternaria de la Depresión Central Catalana (Segarra y Plà D'Urgell) y del Valle del Segre. (Inédito).
- CHOI, S. (1984).- Les charophytes du bassin potassique catalan (nord-est de l'Espagne) a la limite Eocene-Oligocene. *These Univ. Sci. et Tech. de Montpellier*, 111 p., 16 pl.
- CLAVER, I.; ANGUILO, M.; ARAMBURU, M. P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CEÑAL, M. A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBANO, R.; FRANCÉS, E.; GLARIA, G.; GONZÁLEZ, S.; LACOMA, E.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, C.; OTERO, S.; RAMO, A. Y SAIZ DE OMEÑALA, M. G. (1984).- Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*. nº 3, MOPU. Madrid, 572 p.
- CUENCA, G.; 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).
- FEIST, M.; ANADÓN, P.; CABRERA, L.; CHOI, S. J.; COLOMBO, F. Y SÁEZ, A. (1991).- La succession des charophytes dans le tertiaire continental du Bassin de l'Ebre. Comparaison avec la Biochronologie des Vertébrés. *I Congreso del Grupo Español del Terciario*, p. 120-122.
- FEIST, M.; ANADÓN, P.; CABRERA, L.; CHOI, S. J.; COLOMBO, F. Y SÁEZ, A. (1994).- Upper Eocene - Lowermost Miocene charophyte succession in the Ebro Basin (Spain). Contribution to the charophyte biozonation in Western Europe. *Newsl. Stratigr.* 30 (1), p. 1-32.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (1981). Marc per el Pla d'aigües de Catalunya (inédito).
- IGME (1975 a).- Estudio geológico y minero del área lignífera de Calaf (inédito).

- IGME (1975 b).- Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranínifera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1975 c).- Hoja y Memoria explicativa nº 329 (Pons) del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) E. 1:50.000, IGME, 47 pp.
- IGME (1975 d).- Hoja y Memoria explicativa nº 330 (Cardona) del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) E. 1:50.000, IGME, 58 pp.
- IGME (1975 e).- Hoja y Memoria explicativa nº 331 (Puigreig) del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) E. 1:50.000, IGME,
- IGME (1975 f).- Hoja y Memoria explicativa nº 362 (Calaf) del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) E. 1:50.000, IGME, 59 pp.
- IGME (1976).- Área lignitífera y uranínifera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981 a).- Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981 b).- Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1983).- Proyecto de investigación hidrogeológica para el abastecimiento de poblaciones de la provincia de Lérida. Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua a Plans de Sió y Osso de Sió (inédito).
- IGME (1985).- Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986).- Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987).- Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977 a).- Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníniferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977 b).- Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníniferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81).- Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).

- MARTÍNEZ B. Y POCOVÍ A. (1989).- El amortiguamiento frontal de la estructura de la cobertera surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer. *Acta Geologica Hispanica*, 23, 2, p. 81-94.
- PUIGDEFABREGAS, C.; MUÑOZ, J. A. Y MARZO, M. (1986).- Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins". *Sper. Publs. Int. Ass. Sediment.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969).- Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. Granada. *Institución "Fernando El Católico" (CSIC)*, Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 p.
- RIBA, O. (1955).- El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEP-SA (inédito).
- RIBA, O. (1961).- Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1967).- Resultado de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana. *Acta Geológica Hispánica*, nº 1 pp. 1-6.
- RIBA, O.; REGUANT, S.; COLOMBO, F.; BUSQUET, P.; VILAPLANA, M.; ANADÓN, P.; MARZO, M.; RAMÍREZ, A.; PUEYO, J. J. Y WILLIAMS, R. (1975).- "Le Bassin Tertiaire Catalan Espagnol et les gisements de potasse". *IX Comp. Int. Séd. Excursión Guidebook*, 84 pp.
- RIBA, O. (1976).- Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M.* (2ª Serie). Section 1, nº 4. pp. 383-401, 12 figs.
- RIBA, O. (1983).- La Cuenca del Ebro. Evolución geológica postalpina y neotectónica. Libro Jubilar J.Mª Ríos. *Geología de España*, T. 2, tema IV.1.3, p. 921. I.G.M.E.
- RIBA, O.; REGUANT, S. Y VILLENA, J. (1983).- Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. Libro Jubilar J.Mª Ríos. *Geología de España*, T.2, I.G.M.E., pp. 131-159.
- SAEZ, A. (1987).- Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Eoceno-Oligoceno del NE de la Cuenca del Ebro. *Tesis doctoral*. Univ. Barcelona 2 tomos. (inédita).
- SGOP (1983).- Estudio de los recursos hídricos totales de La Segarra (inédito).
- VERGÉS, J. Y MUÑOZ, J. A. (1990).- Thrust sequences in the Southern Central Pyrenees. *Bull. Soc. géol. France*, 8, VI, 2, p. 265-271.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976).- "Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain". *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.

