



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

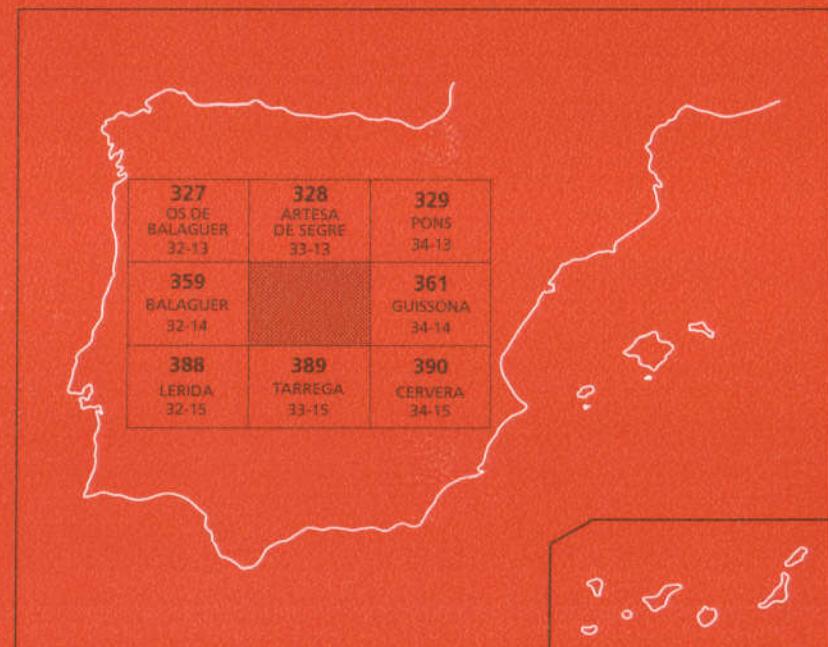
360

33-14

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



AGRAMUNT



Ministerio de Medio Ambiente

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

AGRAMUNT

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Agramunt (360) han sido realizados, durante 1989 y 1990 por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico: C. Gil, F. Jerez, J.M. Esnaola (ENADIMSA) y B. Colldeforns (Univ. Barcelona)

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

Memoria*:

Estratigrafía: F. Jerez, C. Gil y J.M. Esnaola (ENADIMSA)

Geomorfología: J.M. Esnaola (ENADIMSA)

Tectónica: C. Gil (ENADIMSA)

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

Hidrogeología: E. Crespo y G. Martín (ENADIMSA)

Geología Económica: J.M. Esnaola (ENADIMSA)

Geotecnia: C. Gil (ENADIMSA)

Han colaborado en aspectos parciales:

Estratigrafía: C. Gil (ENADIMSA)

Sedimentología: L. Granados (ENADIMSA)

Micropaleontología: L. Granados (ENADIMSA)

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

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

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

* Modificada y puesta al día por A. Robador.

© INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 2.116 - 1998

ISBN: 84-7840-319-1

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Diseño Gráfico AM2000, S. L.

Impresión: Master's Gráfico, S. A.

ÍNDICE

	Páginas
0. INTRODUCCION	7
1. ESTRATIGRAFIA	9
1.1. Terciario	9
1.1.1. Yesos (1). Priaboniense superior-Estampiense	9
1.1.2. Limos y areniscas (2). Priaboniense superior-Estampiense	11
1.1.3. Margas, arcillas y yesos (3). Priaboniense superior-Estampiense	11
1.1.4. Areniscas, limos y arcillas (4). Priaboniense superior-Estampiense	12
1.1.5. Calizas (5). Estampiense	12
1.1.6. Areniscas, limos y arcillas (6). Estampiense	13
1.1.7. Arcillas, limos y margas (7). Estampiense	13
1.1.8. Areniscas, limos y arcillas (8). Estampiense	14
1.1.9. Calizas (9) Estampiense	14
1.1.10. Areniscas, limos y arcillas (10). Estampiense	15
1.1.11. Calizas (11). Oligoceno inferior. Estampiense.....	16
1.1.12. Margas (12). Estampiense	17
1.1.13. Areniscas (paleocanales) (13). Estampiense.....	17
1.1.14. Areniscas, arcillas y conglomerados (14). Estampiense.....	18
1.1.15. Areniscas (paleocanales) (15). Estampiense.....	18
1.2. Cuaternario.....	19
1.2.1. Pleistoceno.....	19
1.2.1.1. Depósitos de glacis (16). Pleistoceno inferior.....	19
1.2.1.2. Depósitos de Terraza (17 a 20). Pleistoceno medio y superior.	19
1.2.2. Holoceno	19
1.2.2.1. Cantos calizos angulosos en matriz limosa. Glacis (21).Pleisto-	
ceno superior-Holoceno	19
1.2.2.2. Arenas, limos y cantos. Cuaternario indiferenciado, depósitos	
aluviales y coluviales (22)	20

	<i>Páginas</i>
1.2.2.3. Cantos, gravas y limos. Depósitos de llanura de inundación de los ríos Segre y Sió (23)	20
1.2.2.4. Gravas en matriz limo-arcillosa. Depósitos de fondo de valle y parte inferior de los cursos fluviales de los ríos Segre y Sió (24)	20
2. TECTONICA.....	20
2.1. Marco tectónico regional	20
2.2. Descripción de la estructura	21
2.3. Neotectónica.....	23
3. GEOMORFOLOGIA.....	24
3.1. Descripción fisiográfica.....	24
3.2. Análisis geomorfológico	25
3.2.1. Estudio morfoestructural	25
3.2.1.1. Enmarque dentro de los grandes conjuntos regionales.....	25
3.2.1.2. Unidades morfoestructurales de la hoja	25
3.2.1.2.1. Depresión de Mafet	26
3.2.1.2.2. Sierra de Guineus-Almerara	26
3.2.1.2.3. Llanura tabular meridional	26
3.2.1.2.4. Valle del río Segre	26
3.2.2. Estudio del modelado	27
3.2.2.1. Formas fluviales.....	27
3.2.2.2. Formas poligénicas.....	27
3.3. Formaciones superficiales	28
3.3.1. Terrazas.....	28
3.3.2. Glacis.....	29
3.3.3. "Vales"	29
3.4. Evolución dinámica	29
3.5. Morfología actual y subactual y tendencias futuras	30
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	30
5. GEOLOGIA ECONOMICA	31
5.1. Recursos minerales	31
5.2. Hidrogeología	32
5.2.1. Climatología	32
5.2.2. Hidrología	32
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	33
5.2.3.1. Acuíferos cuaternarios.....	33
5.2.3.2. Acuíferos terciarios.....	33

	<i>Páginas</i>
5.3. Características geotectónicas generales.....	34
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) .	39
7. BIBLIOGRAFIA	41

0. INTRODUCCION

La Hoja de Agramunt se sitúa en el borde nor-oriental de la Cuenca del Ebro. Está comprendida entre los paralelos $41^{\circ}40'04''$ y $41^{\circ}50'04''$ N y los meridianos $0^{\circ}48'49''$ E y $1^{\circ}08'49''$ E referidos al meridiano de Greenwich, próxima a los materiales alóctonos de las Sierras Exteriores Pirenaicas, dentro de la provincia de Lleida y al noreste de su capital.

Topográficamente aparecen contrastes entre la mitad SO y la NE de la hoja. Al sur se extiende la llanura del "Pla de Urgell", que hacia el norte está limitada por una estructura ONO-ESE, donde comienza una moderada dificultad orográfica con las Sierras de Almenara (459 m), mayor altitud del área, y Guineus (337 m). Esta alineación orográfica divide parte de las cuencas hidrográficas de los ríos Sió al norte y Corb al sur. Ambos ríos son tributarios del río Segre, que discurre por el ángulo noroccidental de la hoja.

El clima es semiárido, con escasas precipitaciones, la temperatura media anual está en torno a los 13° C y se registra una fuerte oscilación térmica. Las nieblas son frecuentes en invierno y en verano se alcanza una acusada insolación.

Las actividades económicas son básicamente agrícolas, sobre todo con cultivos de regadío en el Pla de Urgell, gracias a las numerosas acequias que parten del canal de Urgell y también de cereal en las áreas de secano. La ganadería está representada principalmente por el sector porcino. La industria se centra en la población de Balaguer, destacando la planta papelera.

La densidad de población es moderada a alta, distribuyéndose en numerosos núcleos próximos entre sí, sobre todo en el Pla de Urgell y en el corredor del río Sió. Existen varias poblaciones importantes excluyendo Balaguer, tales como Agramunt, Bellvís, Bellcaire y Linyola, por citar algunas.

Geológicamente, la hoja de Agramunt se encuentra situada en el margen septentrional del sector oriental de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca se configura como una cuenca de antiguo, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (Puigdefàbregas et al., 1986) con un carácter endorreico desde el Priaboniense superior hasta el Plioceno inferior. Así la cuen-

ca actuó como centro de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: del Pirineo, al norte, la Sierra Ibérica, situada hacia el sur y suroeste, y los Catalánides en el margen oriental. Dentro de la zona estudiada se halla representada tan solo un área de aporte por lo que todos los materiales presentes en la hoja son de procedencia pirenaica.

Desde el punto de vista geológico, los materiales que afloran en la hoja pertenecen al Paleógeno continental (Eoceno superior -Oligoceno) y al Cuaternario. Destaca dentro de la hoja la estructura anticlinal con núcleo yesífero (anticlinal de Bellmunt) que representa la prolongación oriental del gran anticlinal de Barbastro-Balaguer, que justamente antes de penetrar en esta hoja se bifurca en dos ramas, la ya citada meridional, que penetra en la hoja y se dirige hacia la Sierra de Bellmunt y otra septentrional, que se extiende por las hojas de Artesa de Segre (328), Pons (329) y Guissona (361).

En el marco de esta hoja no existe ninguna explotación minera, aunque sí se extraen en diversas canteras yesos, arcillas y calizas del Paleógeno, así como gravas y otros materiales pertenecientes a depósitos cuaternarios.

El método de trabajo cartográfico ha consistido esencialmente en la cartografía de facies litológicas, el levantamiento de columnas estratigráficas con recogida de muestras para el estudio sedimentológico y separación de microfósiles, especialmente de caráceas y ostrácodos, y en caso favorable el estudio de micromamíferos (localización de yacimientos de vertebrados terrestres).

Se ha hecho un especial hincapié en el seguimiento fotogeológico, con su comprobación paralela en campo, de los distintos niveles de capa, especialmente cuando por su particular naturaleza (bancos calcáreos, fundamentalmente) tienen una gran continuidad lateral y destacan sobre el terreno. Incluso cuando dichos niveles cambian lateralmente de facies, fenómeno muy frecuente dentro de la hoja dado el carácter continental de los terrenos, se ha realizado un esfuerzo particularmente importante en el seguimiento y cartografía de la traza de sus líneas de capa, con el máximo detalle que permite la cartografía 1:50.000 (y aún a riesgo de caer en el detalle propio de una cartografía a mayor escala -v. gr. 1:25.000) por considerar que es precisamente ésta metodología de trabajo la más indicada (aparte de los eventuales apoyos paleontológicos) para establecer una base firme sobre la que poder apoyar unas relaciones claras, vertical y lateralmente, entre las unidades litoestratigráficas diferenciadas no sólo dentro de la propia hoja sino también en las hojas contiguas y construir un esquema lito- y cronoestratigráfico coherente con las edades paleontológicas en este sector de la Cuenca del Ebro.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975d, e; 1985) en las cuencas lignítiferas de Calaf y Mequinensa, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en

otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

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

1. ESTRATIGRAFIA

La hoja de Agramunt comprende terrenos pertenecientes al Terciario y Cuaternario. El Terciario incluye depósitos del Eoceno superior (Priaboniense) y del Oligoceno inferior (Estampiense). El Cuaternario está representado por las distintas terrazas y otros depósitos aluviales ligados a los diferentes ríos (Segre, Sió y Corb) que discurren por la hoja, así como por otros sedimentos de origen diverso (coluvial, aluvial, etc.).

1.1. TERCIARIO

En la cartografía geológica se han diferenciado dentro de la hoja 15 asociaciones de facies que abarcan un intervalo estratigráfico comprendido entre el Priaboniense superior y la parte media del Oligoceno.

Es de destacar la gran diacronía de las unidades estratigráficas más antiguas presentes en la hoja, que presentan una compleja organización estratigráfica dominada por los frecuentes cambios laterales de facies. Las unidades detríticas inferiores (nº 3 a 9) pasan lateralmente entre sí y, hacia el oeste, cambian lateralmente de facies en conjunto a la unidad 1, compuesta por yesos que corresponde a la "Formación Yesos de Barbastro" (QUIRANTES, 1969), cuyo techo, consecuentemente es progresivamente más moderno hacia el oeste.

Para el análisis de la serie sedimentaria se han levantado seis columnas estratigráficas con toma de muestras para estudios petrográficos y micropaleontológicos. Las columnas 1 a 5 están situadas en el flanco meridional del anticlinal de Bellmunt y son, ordenadas de oeste a este, las de La Rápita, Bellmunt, Castellserá, Almenara A y Almenara B. La columna 6 (La Sentiu-Flix) está situada al norte del citado anticlinal.

1.1.1. Yesos (1). Priaboniense superior-Estampiense

Esta unidad está compuesta por yesos masivos correspondientes a la "Formación Yesos de Barbastro" (QUIRANTES, 1969). Esta formación se extiende ampliamente a lo largo del margen septentrional de la Cuenca del Ebro desde este área hasta las proximidades de la locali-

dad de Barbastro, aflorando en el núcleo de una estructura anticlinal conocida como "Anticlinal de Barbastro Balaguer".

En la hoja esta unidad constituye el núcleo del Anticlinal de Bellmunt, en donde aflora desde el valle del Río Segre en el extremo oriental hasta las proximidades del vértice Almenara donde se sumerge bajo las unidades suprayacentes en el cierre periclinal de esta estructura.

La unidad está compuesta mayoritariamente por yesos, que tienen aspecto sacaroideo y frecuentemente presentan textura selenítica debido a recristalizaciones. Su color es variable aunque predominan los tonos blancos, grises y ocres. La disposición masiva laminada de estas sales es mayoritaria, aunque pueden aparecer bancos masivos de hasta 2 m. Entre las láminas de yeso se intercalan niveles de arcillas, limos y margas de colores gris verdosos, rojos y ocres.

La distorsión de las evaporitas debidas al plegamiento y su plasticidad dificulta su estudio estratigráfico, así como el reconocimiento de capas guía de extensión lateral relevante. Se ha reconocido un espesor de 330 m en la serie de La Rápita y de 95 m en La Sentiu. Estos espesores se consideran mí nimos ya que no aflora la base de la unidad.

Con frecuencia se encuentran intercalaciones de litarenitas calcáreas y micritas arenosas intercaladas con yeso. En alguno de estos niveles se han encontrado algunos restos de flora, entre los que se ha podido clasificar *Lychnothamnus cf. longus* y *Stephanochara cf. lychnothamnoidea*. El rango bioestratigráfico de estas especies, cuya determinación debe tomarse con reservas, está situado entre el Priaboniense superior y el Oligoceno inferior.

La edad de esta formación debe precisarse de acuerdo a datos bioestratigráficos y correlaciones estratigráficas a nivel regional. Su base, al este de la hoja, en las localidades donde aflora, tiene un carácter bastante isócrono, situándose sobre las unidades evaporíticas priabonienses de origen marino: Fm. Cardona, atribuida al Priaboniense medio-superior (IGME, 1975 a, b). La presencia de esporomorfos en las series de Calaf y Sanaüja, clasificados como: *Schizaeaceae cf. ligodium*, *Pinus* tipo *haploxiton* y *Pinus* tipo *diploxiton*, así como caráceas, que corresponden a: *Nodosochara jorbae* y *Chara* sp. 2 en la serie de Vilanova de l'Aguda, sugieren una edad Priaboniense superior-Estampiense inferior basal (SAEZ, 1987). Su límite superior, como se pone de manifiesto sólo con observar la cartografía es marcadamente dia-crónico, correspondiendo a un cambio de facies de las unidades detríticas del área oriental. En los afloramientos más occidentales de la hoja, sobre los yesos de Barbastro se dispone una unidad calcárea (11) que se corresponde hacia el oeste con las Calizas de Peraltilla, en las que, al oeste de Barbastro, ALVAREZ-SIERRA et al. (1987) describen una fauna de micromamíferos similar a la del yacimiento de Montalbán, de edad Estampiense medio. Esta misma unidad calcárea hacia el este de la hoja, se corresponde cartográficamente con los niveles superiores de las calizas de Tàrrega (El Talladell), datadas también como Estampiense medio, biozona de micromamíferos de *Theridomys major*, en las vecinas hojas de Tàrrega y Cervera (TRUYOLS y CRUSAFONT, 1961; CRUSAFONT y TRUYOLS, 1964; ANADON et al., 1987; AGUSTI et al., 1987). Como conclusión la edad de la unidad 1 (Yesos de Barbastro) en la hoja abarca desde el Priaboniense superior hasta el Estampiense medio como máximo en el extremo occidental de la hoja.

El ambiente de depósito de estas evaporitas se interpreta como un medio lacustre salino efímero y de extraordinaria extensión.

1.1.2. Limos y areniscas (2). Priaboniense superior-Estampiense

Esta unidad representa intercalaciones detríticas, compuestas por limos y areniscas, interestratificadas dentro de la unidad 1, preferentemente situadas en su mitad superior. Desde el punto de vista cartográfico se han diferenciado, por razones de escala, dos niveles correspondientes a esta misma litología, aunque en realidad, corresponden a una agrupación de intercalaciones menores. Los dos niveles diferenciados se encuentran bien definidos sólo en el extremo occidental de la hoja. Un posible tercer nivel, quizás algo más alto que los dos anteriores, aflora en el núcleo del cierre periclinal (hacia el este) del anticlinal de Bellmunt, pero a falta de más referencias, se correlaciona tentativamente con el más alto de los dos anteriores.

Los espesores de los dos niveles detríticos son del orden de 30-40 m para el inferior y de unos 20 m para el superior. Están constituidos por limos, arcillas y arenas de colores grises, ocres y verdosos, que se presentan generalmente en láminas de escaso espesor. Son frecuentes los *ripples* de oscilación, de interferencia, estructuras lenticulares y de tipo *flaser*.

Estos materiales responderían a depósitos de áreas muy distales de abanicos aluviales, en tránsito a facies de margen de lago salino.

1.1.3. Margas, arcillas y yesos (3). Priaboniense superior-Estampiense

Esta unidad aflora en el cierre periclinal del Anticlinal de Bellmunt sobre la unidad 1, y a lo largo del flanco meridional de esta misma estructura donde pasa lateralmente a esta misma unidad. Se distinguen dos niveles con litología parecida, pero separados cartográficamente por intermedio de uno de los niveles detríticos que se describen más adelante (unidad 4). Se han levantado dos columnas estratigráficas de esta unidad, denominadas como Almenara A y La Rápita.

La litología específica de cada uno de estos niveles es margas, arcillas y yesos, de colores ocres y rojizos para el nivel inferior, y arcillas, limos y margas ocres y gris verdoso, para el superior. La potencia es, respectivamente, de 17,5 m y 16 m en la zona de Almenara. En el corte de La Rápita, el nivel superior es menos carbonatado predominando las arcillas, limos y areniscas.

En ambos niveles se encuentra laminación paralela y laminación cruzada en los niveles de limos. En el tramo superior hay presencia de laminación convoluta y bioturbación y, en el corte de La Rápita, costras ferruginosas en algunos niveles de areniscas.

Esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos de áreas muy distales de abanico aluvial en tránsito a zonas marginales de lago salino.

La edad de estos depósitos está comprendida entre el Priaboniense superior, edad considerada para la unidad yesífera 1 y el Estampiense determinado en las unidades suprayacentes.

1.1.4. Areniscas, limos y arcillas (4). Priaboniense superior-Estampiense

Esta asociación de facies está compuesta por areniscas y arcillas. Cartográficamente corresponde a dos niveles distintos con una litología parecida. Afloran ampliamente en el cierre periclinal del anticlinal de Bellmunt, y hacia el oeste pasan lateralmente a la unidad 1. La potencia del nivel inferior es de 22 m y de 5 m el superior.

A pesar de su carácter detrítico fundamentalmente común, en detalle cada uno de estos niveles presenta una litología específica predominante. El nivel inferior incluye areniscas estratificadas en bancos potentes con base erosiva y secuencias positivas intercaladas con limos y arcillas rojas. El superior está compuesto por arcillas margosas de colores blancos y asalmonados.

Petrográficamente, las areniscas de esta unidad pueden clasificarse como litarenitas calcáreas.

Entre las estructuras sedimentarias observadas en los dos tramos, se encuentra laminación paralela en los bancos arcillosos y laminación cruzada en los niveles de limos y areniscas. Entre las características sedimentarias particulares de los distintos niveles destacan, en el primer tramo, estratificación cruzada planar, laminación convoluta y bioturbación; mientras que en el segundo nivel es característica la presencia de bioclastos.

Estos materiales se interpretan como depósitos de áreas distales de abanicos aluviales, representando una etapa de progradación de los sistemas aluviales sobre las áreas marginales de un extenso lago salino.

Se atribuye una edad Priaboniense superior-Estampiense por encontrarse comprendida entre dos horizontes estratigráficos en los que se han determinado estas edades.

1.1.5. Calizas (5). Estampiense

Esta unidad corresponde a un único y destacado nivel de calizas que aflora especialmente bien expuesto en la Masía de Cal Martí y en el vértice de Almenara. Desde el cierre periclinal del Anticlinal de Bellmunt se extiende hacia el oeste por ambos flancos de esta estructura, despareciendo al oeste del meridiano de Montgai por cambio lateral de facies a la unidad 1.

La unidad tiene una potencia de 0,70 a 1,6 m y está compuesta por calizas micríticas de color blanco en superficie y gris claro en corte fresco, generalmente bien estratificadas en bancos de 15 a 20 cm de espesor. Petrográficamente pueden clasificarse como micritas arcillosas (*mudstone*) y biomicritas (*wackestone*, a veces *packstone*) algo dolomitizadas y recristalizadas.

Conviene destacar en estas calizas la presencia frecuente (Masía de Cal Martí y Mas de Muntadas) de estructuras de deslizamiento gravitacional de una envergadura que puede alcanzar 1 m en la vertical, afectando a parte e incluso al total de los distintos estratos del nivel de calizas. Estas estructuras denotan indudablemente una inestabilidad en la cuenca durante el depósito de estas calizas y no se han observado en ninguno de los otros muchos niveles calcáreos existentes en la hoja.

Esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre carbonatado.

La edad probable de este horizonte estratigráfico es Estampiense

1.1.6. Areniscas, limos y arcillas (6). Estampiense

Esta unidad aflora sobre la unidad 5 en el cierre periclinal del anticlinal de Bellmunt, en el área oriental de la hoja. El conjunto de la unidad desaparece hacia el oeste, aproximadamente a la par en ambos flancos, cambiando de facies a las unidades 3, 7 e incluso 1.

El análisis estratigráfico de esta unidad se ha llevado a cabo en las columnas de Almenara B y Castellserà. Su espesor mínimo, puesto que no se ha conseguido levantar una columna completa de la unidad es de 56 m en la sección de Almenara B y de 40 m en la serie de Castellserà. Su potencia total puede estimarse como superior a los 70 m, al menos en el flanco meridional de la estructura anticlinal.

Está compuesta por limos y arcillas de colores rojos y ocres con intercalaciones de areniscas de grano fino, estratificadas en bancos delgados, y esporádicos niveles calcáreos. Las areniscas muestran laminación cruzada de ripple, laminación paralela y bioturbación, y ocasionalmente, laminación convoluta. Se distinguen algunas secuencias grano- y estratocrecientes de 10 m de potencia. Regionalmente esta unidad se correlaciona con la parte inferior de la Formación Solsona.

Esta asociación de facies se interpreta como depósitos de áreas marginales de abanico aluvial.

1.1.7. Arcillas, limos y margas (7). Estampiense

Esta unidad aflora únicamente a lo largo del flanco norte del anticlinal de Bellmunt indentrándose hacia el este con las unidades 6 y 8, este último cambio de facies puede observarse a 1 km al este del cruce del trazado cartográfico de este nivel con la carretera de Castellserà.

Esta asociación de facies se ha estudiado en la columna estratigráfica de La Sentiu, donde tiene una potencia de 20 m

Esta unidad está compuesta por arcillas, limos y margas grises, ocres y verdes con intercalaciones de yesos grises en la base y areniscas grises en la parte superior. Los bancos de are-

nisca son delgados con laminación cruzada de *ripple* y laminación paralela. Los niveles de margas se sitúan preferentemente en la parte media de la unidad.

Esta asociación de facies se interpreta como depósitos de ambientes distales de abanico aluvial en tránsito a facies de margen lacustre

1.1.8. Areniscas, limos y arcillas (8). Estampiense

Esta asociación de facies representa un cambio lateral de facies de la unidad anterior que tiene lugar bastante bruscamente.

Consta de una serie estrato- y granodecreciente, constituida fundamentalmente por areniscas, aunque con intercalaciones de limos y arcillas. Las areniscas están mejor desarrolladas hacia el este, formando paleocanales de base amplia con superficies erosivas. Este término se acuña rápidamente hacia el oeste, de modo que en las columnas de Bellmunt y Castellserà donde se ha levantado la serie, la potencia disminuye apreciablemente, habiéndose medido 10 m y 14 m, respectivamente.

De acuerdo con sus características sedimentológicas esta unidad puede interpretarse como depósitos de facies distales de abanico aluvial con paleocanales correspondientes a los sistemas fluviales distributivos más abundantes y mejor desarrollados cuando más hacia el este.

Se considera una edad Estampiense para esta unidad por su posición estratigráfica

1.1.9. Calizas (9). Estampiense

Esta unidad aflora en ambos flancos del anticlinal de Bellmunt. A pesar de que su escasa potencia la hace no cartografiable a la escala de la hoja, su excelente expresión morfológica y su interés estratigráfico autorizan su representación. Está constituida por un solo nivel de calizas que aflora especialmente bien en los márgenes del Canal de Urgell entre las carretera de Castellserà a Preixens y la de Agramunt a Tàrrega. Hacia el norte y el este, es decir, en el cierre periclinal del anticlinal de Bellmunt y en la mitad occidental del flanco norte del mismo anticlinal, este término pasa lateralmente a un paleosuelo arcilloso rojizo en el que como único resto o testigo de los niveles de caliza, a veces se reconoce un limo calcáreo de color grisáceo y escaso espesor (20 cm).

La potencia de esta unidad en las columnas de Castellserà y Bellmunt es de 1 m aproximadamente. Está compuesta por calizas de color gris claro y más oscuro en corte fresco con intercalaciones de margas grises, a veces fétidas, sobre todo cuando cambian lateralmente a limos carbonatados. Generalmente las calizas están bien estratificadas en bancos tabulares, a veces con laminación paralela, y a menudo presentan bioturbación.

Petrográficamente pueden clasificarse como calizas micríticas y biomicríticas algo recristalizadas; ocasionalmente se encuentran micritas con peloides con elementos detriticos de tama-

ño limo. Entre los restos orgánicos se encuentran caráceas, ostrácodos, gasterópodos y otros restos fósiles; entre las caráceas se han podido clasificar las siguientes especies: *Chara microcera*, *Sphaerochara* sp., *Rhabdochara major*, *Nitelloptis* (T.) *meriani* y, entre los ostrácodos *Darwinula* sp.

Estos materiales se interpretan como depósitos de un medio lacustre carbonatado.

La edad de esta unidad, deducida de su contenido fósil y su posición estratigráfica es Estampiense.

1.1.10. Areniscas, limos y arcillas (10). Estampiense

Esta asociación de facies aflora ampliamente en la hoja en ambos flancos del Anticinal de Bellmunt y también en el flanco norte del sinclinal de Agramunt. En las proximidades del anticinal está compuesta por cuatro niveles estratigráficos con similar litología pero separados cartográficamente por intermedio de tres niveles de calizas. El análisis estratigráfico de esta unidad se ha realizado en las columnas de La Rápita, Bellmunt y La Sentiu-Flix.

Estos niveles muestran una litología similar en la columna de Bellmunt, donde afloran con una potencia de 20, 14, 45 y 34 m, respectivamente de más antiguo a más moderno. Aquí están compuestos por arcillas y limos carbonatados, de colores variables: rojos, ocres, grises y violáceos, y niveles delgados de areniscas de grano fino, así como otros de margocalizas fétidas. En el tercer nivel detrítico destacan unos limos amarillentos de unos 5 m de espesor con *climbing ripples*, que se disponen sobre unas calizas fétidas con abundantes restos vegetales y gasterópodos. Otro nivel de limos situado por debajo, pero de litología muy parecida a la de este último se encuentra lateralmente hacia el este y especialmente bien representado 1-3 km. al ESE de La Guardia, casi en el techo del segundo nivel detrítico. Son relativamente abundantes las intercalaciones de bancos de calizas, que son micríticas con restos vegetales y fauna; en ocasiones incluyen nódulos de sílex.

Como características sedimentarias comunes a los cuatro, cabe destacar la geometría generalmente tabular de los cuerpos de areniscas, aunque hacia el este, los bancos arenosos van perdiendo progresivamente este carácter para adoptar formas más asimilables a paleocanales. Las estructuras sedimentarias más comunes reconocidas son laminación cruzada, laminación paralela y bioturbación.

En los afloramientos del flanco norte del sinclinal de Agramunt esta unidad está compuesta por un único nivel sin las intercalaciones calcáreas que presenta más al sur. Tiene un carácter más detrítico y grano más grueso, con una mayor proporción de areniscas. Algunos de estos cuerpos de areniscas con morfología canaliforme, correspondientes a paleocanales, se han cartografiado constituyendo la asociación de facies 13.

Las areniscas son por lo común litarenitas feldespáticas y carbonatadas. Entre los fósiles reconocidos se ha podido determinar: *Chara microcera*, *C. cf. subcylindrica*, *Nitelloptis* (T.) *meriani*, *Rhabdochara major*, *R. stockmansi*, *Sphaerochara* aff. *subglobulosa*, *Nodosochara* cf. *jornae*, *Eocytheropteron*, *Darwinula* y gasterópodos.

Las características sedimentológicas de esta unidad permiten interpretarla como depósitos de áreas muy distales de un sistema aluvial. La pendiente deposicional era muy pequeña de forma que periódicamente podían producirse encharcamientos de grandes superficies que daban lugar al depósito de niveles carbonatados correspondientes a la unidad 11.

Los datos del contenido fósil, imprecisos, pero sobre todo la correlación lateral de esta unidad, que se corresponde con los niveles detríticos intercalados entre las Calizas de Tàrrega, permiten asignarle una edad Estampiense.

1.1.11. Calizas (11) Oligoceno inferior. Estampiense

Esta asociación de facies incluye los niveles de calizas intercalados en la unidad anteriormente descrita. Aflora en ambos flancos del Anticinal de Bellmunt donde se observan tres niveles, y en el área oriental en las proximidades de Claravalls, donde se encuentra otro nivel más, situado estratigráficamente por debajo. Esta unidad se ha estudiado en los perfiles estratigráficos de La Rápita, Bellmunt y La Sentiu-Flix.

A lo largo del flanco sur de la estructura anticinal, donde afloran de forma continua entre Claravalls y La Rápita, estos niveles muestran un aumento de espesor progresivo hacia el oeste, donde alguno de estos tramos puede alcanzar una potencia de 50 m. También se observa un incremento de espesor hacia el sur: los niveles equivalentes del flanco norte del anticinal son mucho más delgados que los del flanco meridional.

Litológicamente esta asociación de facies está compuesta por calizas micríticas y dolomicritas de color blanco alteradas, gris oscuro en corte fresco con intercalaciones de margas grises y limos carbonatados.

Las calizas están estratificadas en bancos delgados, de 5 a 20 centímetros de espesor. Tienen un aspecto tableado y laminado con superficies de estratificación planas. La estructura sedimentaria más abundante es la laminación paralela, también se observa bioturbación, fragmentos de fósiles entre los que se reconocen gasterópodos y restos orgánicos de origen vegetal. Se encuentran también niveles estratiformes y nódulos de sílex de color marrón.

Es conveniente señalar que todos estos niveles calizos se corresponden lateralmente con paleosuelos arcilloso-rojizos, especialmente en la parte oriental del flanco norte del anticinal de Bellmunt y que, por el contrario, adquieren en general un mayor desarrollo, como tales niveles calcáreos, tanto al SE (área de Tàrrega) como al NO (Balaguer), aunque el ambiente sedimentario es más francamente lacustre en esta última zona, donde incluso los niveles detríticos intercalados entre las calizas tienden a disminuir o incluso desaparecer.

Petrográficamente las calizas pueden clasificarse como biomicritas y en la columna de La Rápita aparecen dolomicritas con intraclastos y biomicritas dolomitizadas. El contenido paleontológico es similar al de la unidad cartográfica 10.

Estas calizas se corresponden cartográficamente hacia el este con los términos superiores de las "Calizas de Tàrrega" datadas con los datos bioestratigráficos que aportan los yacimientos

tos de mamíferos situados en su parte superior en las hojas vecinas de Tàrrega (389) y Cervera (390). Los yacimientos de Tàrrega-El Talladell (DEPERET, 1906; TRUYOLS y CRUSA-CERVERA, 1961; CRUSAFONT y TRUYOLS, 1964) y el de Ciutadilla (ANADON et al., 1987) muestran una asociación de fauna correspondiente al Estampiense (biozona *Theridomys major*, MP-23 de AGUSTI et al., 1987). Hacia el oeste estas calizas tienen continuidad cartográfica en las Calizas de Peraltilla que afloran a lo largo del flanco sur del Anticinal de Barbastro-Balaguer, que han sido datadas por ALVAREZ-SIERRA et al. (1987, 1990) también como Estampiense (zona de EA *Theridomys major*, MP 23) en el yacimiento de Peraltilla, situado al oeste de Barbastro.

Estos niveles pueden interpretarse como depósitos palustre-lacustres, sedimentados en momentos de inundación de la llanura aluvial, entre cuyos depósitos están intercalados

1.1.12. Margas (12). Estampiense

Esta asociación de facies aflora únicamente a lo largo del tercio occidental del flanco meridional del anticinal de Bellmunt. Representa un cambio lateral de facies del tercer nivel detrítico de los comprendidos en la unidad 10, descrita anteriormente.

La potencia de este nivel en el corte de La Rápita es de 27 m, presentándose normalmente muy cubierto. Litológicamente está compuesto por margas y limos carbonatados de color predominantemente blanco-grisáceo. Como estructuras sedimentarias hay que señalar la presencia de laminación paralela y laminación cruzada en los niveles de limos.

Esta unidad tiene una edad Estampiense determinada por su posición estratigráfica.

Estos materiales pueden interpretarse como depósitos de áreas marginales de un sistema lacustre carbonatado, en tránsito a áreas distales de abanico aluvial.

1.1.13. Areniscas (paleocanales) (13). Estampiense

Esta asociación de facies agrupa los cuerpos de areniscas y conglomerados de escala cartografiable que afloran dispersos entre las facies detríticas de las unidades 8 y 10. Se localizan únicamente en la esquina nororiental de la hoja donde las facies detríticas tienen un carácter más proximal.

Estos cuerpos presentan en la mayoría de los casos una geometría canaliforme

En cualquier caso, estos paleocanales son en realidad, cuerpos discontinuos incluidos, desde el punto de vista sedimentológico, dentro del término 10.

Estos litosomas se interpretan como sedimentos de relleno de paleocanales en áreas medias y distales de un sistema aluvial.

1.1.14. Areniscas, arcillas y conglomerados (14). Estampiense

Se trata de la unidad sedimentaria que ocupa mayor extensión dentro de la hoja. Constituye la mitad suroccidental del territorio y aflora además en el sector septentrional en el núcleo del sinclinal de Agramunt. El análisis estratigráfico de esta unidad se ha llevado a cabo en la columna de La Sentiu-Flix.

La potencia de la unidad no puede determinarse en el ámbito de la hoja puesto que no aflora su techo. El espesor mínimo reconocido en el sinclinal de Agramunt es de 370 m.

Litológicamente está compuesta por areniscas de grano medio a grueso, limos, arcillas y microconglomerados. Las areniscas tienen colores gris ocre mientras que las lutitas presentan tonalidades rojizas.

Las areniscas y los conglomerados están estratificados en bancos de 10 cm a varios metros de espesor aislados entre las arcillas. Los cuerpos conglomeráticos son más potentes, tienen geometría canaliforme y muestran granoclasicación positiva, estratificación cruzada planar y superficies de acreción lateral; en ocasiones se observan también superficies de reactivación. Las medidas de paleocorrientes en algunos de estos litosomas en el núcleo del sinclinal de Agramunt, indican un sentido de aporte hacia el suroeste.

Los niveles de areniscas son de dos tipos: bancos con contactos plano-paralelos con laminación cruzada, laminación paralela y bioturbación y cuerpos de base cóncava o claramente erosiva con estratificación cruzada en surco y cantos blandos en la base. Petrográficamente las areniscas son principalmente litarenitas calcáreas y feldespáticas.

La sucesión estratigráfica de esta unidad en el sinclinal de Agramunt muestra una tendencia general negativa: estrato- y granocreciente hacia arriba.

La base de esta unidad tiene una edad Estampiense superior, puesto que se superpone a la unidad 11, equivalente a las "Calizas de Tàrrega", de esa edad. No se tienen datos cronostringráficos de la parte más alta aflorante en la hoja, cuya edad podría ser ya Chattiene.

Estos materiales corresponden a depósitos de partes medias y distales de un sistema de abanico aluvial.

1.1.15. Areniscas (paleocanales) (15). Estampiense

Esta asociación de facies agrupa los cuerpos de areniscas de escala cartografiable que afloran dispersos entre las facies detriticas de la unidad 14. Se encuentran únicamente en la mitad meridional de la hoja, preferentemente en el sector occidental.

Sedimentológicamente, esta asociación de facies representa el relleno de paleocanales distributivos en las áreas distales de un extenso sistema aluvial.

Estos cuerpos tienen un tamaño mayor que los paleocanales de la unidad 13 y su granulometría es más fina, siendo raros los niveles conglomeráticos. En algunos de estos niveles son muy abundantes los granos de biotita.

1.2. CUATERNARIO

Los materiales de esta edad aparecen bien representados sobre todo en el cauce y las inmediaciones del curso del río Segre y al sur del anticlinal de Bellmunt.

1.2.1. Pleistoceno

1.2.1.1. Depósitos de glacis (16). Pleistoceno inferior

Esta formación superficial corresponde a unos depósitos aislados en el núcleo del anticlinal de Bellmunt, situados al sur de Preixens. Están constituidos por gravas y cantos de calizas tableadas, que les confieren aspecto anguloso, arenas, limos y arcillas. El color predominante es ocre. La dirección de aporte de estos materiales fue aproximadamente de este a oeste. Presenta una potencia considerable, de 20 a 25 m según los puntos considerados. Se encuentran deformados, posiblemente por movimientos halocinéticos de los yesos infrayacentes.

1.2.1.2. Depósitos de Terraza (17 a 20). Pleistoceno medio y superior

Se trata de depósitos aportados por los cursos fluviales que recorren la hoja, los ríos Segre y Sió. Las más importantes en extensión y potencia son las del río Segre, que sin contar el nivel inferior, ligado al cauce actual, suman aquí cuatro niveles de terrazas, a cotas sobre el curso actual de +15, +30, +50 y +80 m. Están compuestas por conglomerados polígenicos con cantos de hasta 20 cm principalmente de cuarcitas, granitos y calizas, de origen pirenaico. También incluyen intercalaciones de arenas y limos, correspondientes a los depósitos de llanura de inundación, mejor representados en terrazas más bajas, que apenas se encuentran cementadas.

Las terrazas pertenecientes al río Sió tienen mucha menor extensión, son menos potentes y difieren sustancialmente en su composición. Aparecen a alturas de +30 y +15 m y están constituidas fundamentalmente por cantos calcáreos aplazados, procedentes de los niveles de calizas tableadas del terciario continental circundante, arenas y limos.

1.2.2. Holoceno

1.2.2.1. Cantos calizos angulosos en matriz limosa. Glacis (21). Pleistoceno superior Holoceno

Estos depósitos se encuentran bordeando el flanco sur del anticlinal de Bellmunt en su parte más occidental arrancando de las cuestas carbonatadas, situadas al norte junto a los relieves de la sierra de Guineus y enlazando con los depósitos terciarios subhorizontales que afloran en el Pla de Urgell. También aparecen al sur de la hoja pero su dirección de aporte original es de este a oeste. Se encuentran colgados pero son funcionales. La potencia que pueden alcanzar es escasa, no superando por norma general los 4 m con escasa organización interna.

1.2.2.2. Arenas, limos y cantos. Cuaternario indiferenciado, depósitos aluviales y coluviales (22)

Estos depósitos se distribuyen en amplias extensiones en la mitad sur de la hoja. Forman un tapiz sobre los depósitos terciarios eminentemente lutíticos del área del Pià de Urgell, desde el pie del relieve formado por la estructura del Anticlinal de Bellmunt hasta el cauce del río Corb situado al sur del área cubierta por la hoja.

1.2.2.3. Cantos, gravas y limos. Depósitos de llanura de inundación de los ríos Segre y Sió (23)

Estos materiales están ligados a los actuales cursos fluviales constituyendo el nivel de terrazas más bajo, situado por lo general a una cota de 3 m sobre el cauce actual. Está compuesta por gravas y cantos de naturaleza diferente según el río considerado (ver apartado 1.2.1.2.), en el caso del río Segre la granulometría es de grano más fino respecto a la de sus terrazas más antiguas. La llanura de inundación es de naturaleza básicamente limosa y arcillosa y es, con mucho, más extensa en el río Segre que en el río Sió.

1.2.2.4. Gravas en matriz limo-arcillosa. Depósitos de fondo de valle y parte inferior de los cursos fluviales de los ríos Segre y Sió (24)

Dentro de esta unidad se han englobado tanto los depósitos de los lechos activos del río Segre y Sió, como los rellenos de "vales" o valles de fondo plano con aportes mixtos de laderas y aluviales.

Se trata de limos arenosos con cantos que pueden constituir lechos de 50 cm de espesor, aunque en el caso de los "vales" no superan en el mejor de los casos los 4 m de potencia. En el caso de los cursos fluviales, la granulometría es algo más grosera, sin presentar en ninguno de ambos casos, cementación alguna.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Agramunt se encuentra situada en el margen septentrional del sector oriental de la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro se configura como una cuenca tardía de antepaís relacionada con la evolución del Orógeno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS et al., 1986). A lo largo del Terciario se emplazaron hacia el sur varias unidades alóctonas (SEGURET, 1972; MUÑOZ et al., 1986) cuyos movimientos condicionaron estrechamente la evolución de los sucesivos surcos sedimentarios. En superficie sus límites están marcados por este orógeno, la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís.

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

La Cuenca del Ebro adquirió su identidad estructural durante el Oligoceno, coincidiendo con las fases tardías de emplazamiento de los mantes pirenaicos y la generalización de la actividad tectónica a lo largo de los márgenes meridionales (Catalánides, Zona de enlace e Ibérica). Las facies proximales de los sistemas de abanicos aluviales procedentes de ambas márgenes fueron afectadas por los movimientos tectónicos y aparecen configurando con frecuencia discordancias.

Así pues, la Cuenca de Ebro tiene la particularidad de carecer de borde pasivo, puesto que en el lugar donde debería situarse su margen meridional, se ubica una cadena alpina intracratónica, la Cordillera Ibérica configurándose en cierto modo como una doble cuenca de antepaís.

La geometría, estructura y relleno sedimentario de esta cuenca han estado controlados durante toda su historia por la evolución del diastrofismo en las cordilleras adyacentes. La magnitud y velocidad de la subsidencia, migración de depocentros y ambientes sedimentarios son la consecuencia directa del tipo y edad de las estructuras pirenaicas e ibéricas. La edad del relleno sedimentario muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales y occidentales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, Mioceno medio en las Sierras de Cameros y Demanda y Vindoboniense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante.

Por otro lado, la estructura de la parte frontal de la vertiente meridional del Pirineo Central, está constituida por una sucesión de escamas imbricadas, generalmente con escasa deformación interna por plegamiento. En el conjunto de estas escamas se distinguen tres sectores (Montsec, Sierras Marginales y franja de Terciario continental despegado) limitadas por los accidentes principales denominados "cabalgamiento del Montsec", "cabalgamiento inferior de las Sierras Marginales" y "cabalgamiento de San Esteban de Litera". Este último emerge, según MARTINEZ PEÑA y POCOVI (1988) en el anticlinal de Barbastro-Balaguer y tiene como nivel de despegue la base de los yesos del Eoceno superior en vez del Keuper, tan generalizado en el dominio surpirenaico.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La principal estructura presente en la hoja de Agramunt, que la cruza en dirección ONO-ESE, es el Anticlinal de Bellmunt el cual constituye, a su vez, la rama meridional de gran Anticlinal de Barbastro-Balaguer.

Según MARTINEZ-PEÑA y POCOVI (1988) la restitución de varios cortes geológicos realizados en las Sierras Marginales permite considerar al Anticinal de Barbastro-Balaguer como un elemento estructural del edificio pirenaico, a pesar de que el límite meridional de los cabalgamientos surpirenaicos en su zona central habitualmente se representa, en los mapas tectónicos, en las Sierras Marginales Catalanas.

El Anticinal de Barbastro-Balaguer es una estructura de orientación ONO-ESE que se extiende desde las inmediaciones de Peraltilla (Huesca) hasta Pons (Lleida), describiendo una forma suavemente arqueada, con la convexidad hacia el sur, y bordeando la zona de cabalgamientos surpirenaicos más meridionales. En la cartografía se representa como una franja de cerca de 150 km. de longitud y tan sólo entre 1 y 5 km. de anchura, que corresponde al núcleo de la estructura, formado por sedimentos evaporíticos con escasas intercalaciones de arcillas y calizas arcillosas correspondientes a la Formación Yesos de Barbastro.

Los conocimientos estratigráficos de la Depresión del Ebro ampliamente documentados por los datos de perforaciones y de geofísica (QUIRANTES, 1969; RIBA, 1967; IGME, 1975 a,b,c -hojas de Calaf, Pons y Cardona, a E 1:50.000-) muestran que los yesos del núcleo anticinal "Yesos de Barbastro" (QUIRANTES, *op. cit.*), se superponen hacia el este, según RIBA (1967), a la Formación salina de Cardona.. Sobre los yesos de Barbastro, se superponen las formaciones Peraltilla, Sariñena y su equivalente lateral más oriental, las molasas de Solsona.

En el flanco meridional del anticinal, las citadas formaciones molásicas van reduciendo suavemente su buzamiento hasta pasar a una posición subhorizontal en una banda de escasos kilómetros, dejándose de apreciar las deformaciones pirenaicas. En el sector oriental se observan dos elementos que complican esta disposición: por una parte, en las inmediaciones de Balaguer se observa una bifurcación del núcleo anticinal, con un ramal (Anticinal de Bellmunt) que se extiende a lo largo de unos 25 km., casi paralelamente al eje principal, hasta amortiguarse en las inmediaciones de Agramunt. Por otra, inmediatamente al sur de Pons, cerca de su amortiguamiento por el este, el Anticinal de Barbastro-Balaguer, se conecta con el Anticinal de Sanaüja y los pliegues de la Cuenca Potásica Catalana.

El Anticinal de Bellmunt atraviesa completamente la hoja y tiene un carácter simétrico, mostrando ambos flancos buzamientos similares, oscilando de 30° a 40°, aunque en algunos puntos del flanco meridional se observan buzamientos de hasta 50°. En sus extremos occidental y oriental se observan algunos pliegues menores cerca de su núcleo. En el extremo oriental de la hoja muestra un cierre periclinal: disminuye el buzamiento de sus flancos y su núcleo se encuentra ocupado por unidades progresivamente más modernas.

Apoyados en la realización de cortes compensados en el área de Tamarite de Litera, SENZ y ZAMORANO (1992) interpretan el Anticinal de Barbastro como un pliegue formado por *buckling* sobre una superficie de despegue, con el núcleo engrosado por acumulación de evaporitas. En otros cortes apoyados en datos de geofísica (IGME, 1975 a,b; Camara y Klimowitz, 1985) el despegue se ha situado a techo del Eoceno marino.

Además del Anticinal de Bellmunt la otra estructura a destacar dentro de la hoja está constituida por el Sinclinal de Agramunt localizado al norte de la estructura anticinal. Se encuen-

tra situado en la parte más septentrional de la hoja al norte de Agramunt. Constituye la estructura de enlace entre las dos ramas en que se bifurca el anticlinal de Balaguer hacia el este, es decir, los Anticlinales de Bellmunt y de Pons. El núcleo del sinclinal está formado por los niveles de la unidad litoestratigráfica más alta de las definidas en la hoja, correlacionables con lo que regionalmente se conoce como Formación Molasa de Solsona. Tiene un carácter simétrico y el buzamiento de sus flancos es suave.

Otro pequeño pliegue sinclinal se encuentra en la esquina suroriental de la hoja, que tiene un carácter muy laxo.

En lo que a fracturación se refiere puede decirse que prácticamente no existe ninguna falla importante dentro de la hoja. Unicamente en el vértice Rodó en el límite oriental de la hoja se encuentra una pequeña falla de componente normal. Hay que señalar que, justamente en el borde de la hoja, ya dentro de la vecina hoja de Artesa de Segre (concretamente entre los km. 5 y 6 de la carretera de Agramunt a Artesa de Segre), se han observado fracturas de orden métrico asociadas con frecuentes pliegues en los materiales detriticos que constituyen el flanco meridional del Anticlinal de Artesa del Segre-Pons.

En el estudio fotogeológico solamente han sido detectados algunos lineamientos de dirección NE-SO en número escaso y agrupados al N-NE de Asentíu, concretamente en la zona del paraje de Camarasa y la masía de "Cuatre Creus". Por tratarse de un área con predominio de lutitas y areniscas de carácter lábil, resulta difícil poder detectar la traducción de estos lineamientos sobre el terreno.

No obstante lo anterior, dentro de la hoja si se han encontrado microfracturas con estrías de desplazamiento subhorizontal. Así, en las canteras de caliza situadas a la entrada de la localidad de Bellmunt, por el oeste, se han medido fracturas conjugadas con direcciones predominantes NE-SO y NO-SE, sinistras las primeras y dextras las segundas, que definen un eje principal de comprensión de dirección aproximadamente N-S.

Coherenteamente con la dirección de esfuerzos anterior, también citar la existencia de grietas de tensión de dirección NNE-SSO, encontradas en calizas. Dichas grietas están recristalizadas en todo su espesor que oscila entre 0,5 mm y 1 cm y no se ven acompañadas de estiliolitos o juntas de disolución.

2.3. NEOTECTONICA

Las deformaciones recientes más notorias que se han desarrollado en el área de la hoja se encuentran en relación con el Anticlinal de Bellmunt, y más concretamente con su núcleo de materiales evaporíticos. Este anticlinal representa una bifurcación del de Barbastro-Balaguer, constituyendo en conjunto una estructura de amortiguamiento de la Unidad Central Surpirenaica. Su desarrollo se centra en el Oligoceno, no obstante, existen pruebas de una actividad posterior.

En este sentido, SOLE (1953) cita la existencia en el área de Balaguer de dos terrazas pleistocenas elevadas sobre su nivel de depósito inicial. Estas terrazas, que son las dos más altas

que se encuentran en el área estarían deformadas en igual medida, mientras que las terrazas más modernas no aparecerían deformadas. Atendiendo a ésto, el autor interpreta la actuación de un pulso tectónico intracuaternario de edad Postriissiense y Prewürmiense.

No obstante, CALVET (1980), apunta la existencia de deformaciones en otras terrazas más modernas, pudiendo haber existido un elevamiento de las más bajas del orden de 20 m.

Por último existen deformaciones en forma de anticlinal en depósitos holocenos entre Tamarite de Litera y Alcampel (al oeste de esta hoja) con eje coincidente con el del Anticlinal de Barbastro-Balaguer, lo que apunta a una actividad holocena que podría afectar también al Anticlinal de Bellmunt.

A escala más reducida se encuentran numerosos vestigios de actividad diapírica cuaternaria, tales como fallas normales e inversas con saltos decimétricos a métricos y orientaciones variables, pliegues laxos de escala métrica o decamétrica, pequeños basculamientos y contrapendientes, que afectan a los depósitos de terrazas de los ríos Segre y Sió. Asimismo se ha encontrado un ejemplo de actividad neotectónica de edad cuaternaria en un depósito detrítico aluvial correspondiente a la unidad 16 que aflora en el núcleo del Anticlinal de Bellmunt sobre la traza del canal de Urgell. Este depósito presenta unas potencias anómalas, del orden de 25 a 30 m, con relación a su reducida representación cartográfica. Estos materiales presentan unos buzamientos de hasta 10° hacia el sur y fenómenos de solapamiento que por su magnitud y características abogan en favor de movimientos sinsedimentarios.

Todo esto parece indicar que el funcionamiento de esta estructura es más o menos continuo a lo largo de todo el Cuaternario.

Esto último, unido al hecho de que las deformaciones a mediana y pequeña escala son debidas a procesos halocinéticos, hace pensar que la actividad del anticlinal de Bellmunt durante el Cuaternario está controlada por la existencia de un núcleo yesífero que alcanza varios cientos de metros de potencia.

Aparecen indicios de un funcionamiento dinámico del anticlinal durante el Holoceno, con el desarrollo de un lago sinclinal al sur. Este se intuye gracias al anómalo desarrollo fluvial del río Corb, que al sur de la hoja que nos ocupa, deja sin conexión depósitos fluviales, evolucionando su red hacia el norte. Aún con reservas, puede interpretarse este hecho con relación al desarrollo de una débil sinforma al sur de la estructura anticlinal como respuesta dinámica a su elevación halocinética subactual, creando un surco adyacente. Al norte del anticlinal parecen también existir dificultades de drenaje en el río Sió.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Agramunt se sitúa en el amplio piedemonte o somontano existente entre las Sierras Exteriores pirenaicas y la llanura o depresión tabular terciaria con dominio de las terra-

zas del río Ebro y sus afluentes mayores, en este caso el Segre que cruza por la esquina noroeste del territorio.

Dentro de una red hidrográfica escasamente desarrollada destaca el río Sió que fluye hacia el este por la ladera septentrional de las sierras de Guineus y Almenara.

La Sierra de Guineus-Almenara es el accidente orográfico más importante: cruza la hoja con dirección ESE y constituye la terminación oriental de las Sierras de Urgell y Llarga, situadas más al oeste, de las que se encuentra separada por el valle del río Segre. En esta pequeña sierra se alcanzan cotas de 350 m que se mantienen en la zona más oriental, destacando escasamente su relieve sobre la llanura meridional, por lo general con cotas comprendidas entre los 220 y los 270 m.

El clima es mediterráneo seco, semiárido, con una temperatura media anual de 14° C y pluviometría media entre 400 y 500 mm.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

3.2.1.1. *Enmarque dentro de los grandes conjuntos regionales*

La hoja de Agramunt se sitúa al sur de las Sierras Prepirenaicas meridionales constituidas por materiales del Mesozoico y Eoceno, involucrados en grandes unidades alóctonas (Montsec y Gavarnie) con desplazamientos generalizados hacia el sur. Así se originan accidentes orográficos y estructuras de dirección general ONO-ESE que van a marcar los condicionantes morfoestructurales.

Precisamente, una última representación meridional de estas estructuras sería la del anticlinal de Bellmunt coincidente con la Sierra de Guineus de la presente hoja, cuyo flanco sur enlaza con los depósitos continentales tabulares de la Depresión del Ebro.

3.2.1.2. *Unidades morfoestructurales de la hoja*

Se han distinguido cuatro unidades con características bien diferenciadas:

- a) Depresión de Mafet
- b) Sierra de Guineus-Almenara
- c) Llanura tabular meridional
- d) Valle del río Segre

3.2.1.2.1. Depresión de Mafet

Este área deprimida tiene su origen en la erosión producida por el río Sió y sus afluentes en los materiales detríticos oligocenos constituidos por alternancias de arcillas, limos y areniscas, que constituyen el sinclinal de Mafet.

La red fluvial está escasamente desarrollada y solamente el río Sió, con un curso perenne en su tramo inferior, presenta incisión y terrazas escalonadas. Sus afluentes definen una red de valles de fondo plano, con más amplia representación hacia la zona de cabecera, con escasa o nula incisión por cursos de agua actuales.

La erosión diferencial permite reconocer, como forma estructural más común, numerosos frentes de cuesta correspondientes a canales de arenisca.

Se aprecia también una asimetría en el dibujo de la red respecto al río Sió: los valles de la margen derecha tienen mayor desarrollo longitudinal que los de la izquierda, lo que parece estar relacionado con la erosión diferencial entre los materiales detríticos del sinclinal de Mafet, al norte, y los yesíferos del anticlinal de Bellmunt, al sur.

3.2.1.2.2. Sierra de Guineus-Almerara

La Sierra de Guineus es el accidente orográfico de mayor relevancia dentro de la hoja, siendo conforme con la estructura anticlinal de Bellmunt con yesos eocenos que afloran en su parte axial.

En su parte occidental está incidida perpendicularmente por el río Segre, y de forma más sesgada por el río Sió, separándola de lo que sería su continuación con la Sierra Llarga al oeste del valle del Segre.

Hacia la parte oriental, el amortiguamiento de la estructura anticlinal diluye el relieve lineal de esta sierra en otro más amplio: la Sierra Almenara.

3.2.1.2.3. Llanura tabular meridional

Este área se desarrolla inmediatamente al sur de las Sierras de Guineus y Almenara, y se encuentra excavada en los materiales detríticos del Oligoceno que se disponen subhorizontalmente. Se trata de una gran planicie con pendiente muy baja hacia el O-SO que enlaza la antedicha sierra con las terrazas medias de los cauces del Segre y Ebro.

Los elementos estructurales más comunes son los escarpes y superficies estructurales que se ponen de manifiesto por erosión diferencial.

3.2.1.2.4. Valle del río Segre

Aunque muy parcialmente, tiene suficiente representación en la esquina noroeste de la hoja, en lo que a su margen izquierda se refiere.

El curso actual, de carácter meandriforme, tiene una dirección general S-SO, sensiblemente perpendicular al principal accidente orográfico, la Sierra de Guineus.

El perfil transversal del valle responde al modelo de artesa, en el que se ha podido observar el desarrollo de cinco terrazas escalonadas.

De todas las unidades descritas anteriormente, seguramente la estructura principal y condicionante en el modelado actual sea la Sierra de Guineus; ya que la estructura y menor erosionalidad de la formación yesífera eocena constituye el único altorelieve de la hoja. Su ladera norte constituye una barrera paralela a la cual corre el río Sió que desnuda los materiales detriticos del Oligoceno, mientras que por la ladera sur, menos escarpada, enlaza por medio de glaciares con la llanura meridional, igualmente modelada en los materiales detriticos oligocenos.

3.2.2. Estudio del modelado

Como factores morfogenéticos externos más importantes en el modelado de la hoja se encuentran los de carácter fluvial y los poligénicos, aunque en alguna zona no habría que obviar el retoque antrópico. También se ha significado alguna forma relacionada con génesis kárstica y desarrollo de laderas.

3.2.2.1. Formas fluviales

Están representadas por las formas originadas por el encajamiento del río Segre y su afluente por la izquierda, el río Sió. El primero presenta cinco terrazas que se han diferenciado por la cota media de su nivel relativo al cauce actual, resultando éstas de 7, 15, 30, 50 y 80 m, con un límite generalmente escarpado entre los niveles adyacentes, mejor conservado en las inferiores.

El río Sió en su curso inferior también presenta terrazas con bordes escarpados, aunque con mucha menor extensión, que se han correlacionado por cotas con las del Segre.

La incisión de la red es escasa, pues excluyendo el río Sió y algún torrente, la red está constituida por valles de fondo plano que drenan subterráneamente el escaso aporte hídrico superficial.

La baja pendiente de la llanura meridional ocasiona durante la época más lluviosa en las zonas más deprimidas, frecuentes encharcamientos. De éstas se ha significado una, la de Torre del Aragonés, en que se encuentra un humedal de pequeñas dimensiones.

3.2.2.2. Formas poligénicas

Se agrupan en este apartado las morfologías resultantes de la acción simultánea o sucesiva de distintos procesos.

Entre las formas poligénicas las más importantes dentro del ámbito de la hoja son los glacis. Se han diferenciado tres generaciones de glacis en el mapa geomorfológico. El más antiguo se conserva únicamente en el área de las Planas, en la parte más alta de la Sierra de Guineus, donde por aparecer de forma aislada se dificulta el estudio de su génesis; solamente se ha podido definir una superficie erosiva degradada que probablemente se relacione con dichos depósitos.

En los glacis originados en una segunda generación se marcan dos sistemas de la misma edad pero con áreas fuente diferentes: Uno tiene su origen en la ladera sur de la sierra de Guineus-Almenara y se desarrolla hacia el suroeste enlazando con la terraza de 30 m del río Segre, mientras que el otro, más meridional, presenta mayor importancia areal y proviene de las estribaciones más sur-orientales de la Sierra de Almenara, para enlazar también con las terrazas medias de los ríos principales. Su correlación, además, se ha hecho por las características comunes de presentar un nivel de base local semejante, y estar incididos por la red actual.

La última generación de glacis corresponde a los depósitos actuales que partiendo de los ensanchamientos de los valles de fondo plano tiene límites geográficos semejantes a los de la segunda generación, a los que inciden.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Para su estudio los depósitos más relevantes de carácter superficial se han agrupado en las siguientes formaciones: terrazas, glacis y "vales".

3.3.1. Terrazas

Del estudio de los niveles de terrazas del río Segre se concluye que están compuestos por gravas de cantes bien redondeados trabados por una matriz arenoso-limosa, arenas y limos con algo de cemento carbonatado que aumenta en proporción hacia las más altas.

El tamaño de los cantes muestra una tendencia bimodal con dos modas correspondientes a 1-3 y 8-10 cm de diámetro, alcanzando un tamaño máximo de 40 cm en la terraza de los 30 m. Existe cierta granoselección positiva pero por lo general es muy baja. El origen de los cantes es claramente pirenaico con presencia de rocas de edad eocena, mesozoica y paleozoica. Su litología es muy variada: areniscas, cuarcitas, rocas intrusivas y, minoritariamente, calizas.

La potencia de estos depósitos, determinada por medidas directas en los afloramientos y consideraciones topográficas está comprendida entre 8 y 20 m.

Las terrazas desarrolladas por el río Sió presentan, aparte de su menor desarrollo superficial, una sensible diferencia en cuanto a granulometría y litología de los cantes. Con una homometría bastante alta: el diámetro medio de cantes es de 2-3 cm, están redondeados, pero tienen una esfericidad muy baja mostrando formas aplanas debido al carácter tableado de las rocas terciarias de las que proceden. Su potencia es variable, habiéndose llegado a medir 12 m en la terraza de los 15 m en las proximidades de L'Asentiu.

Hay que hacer mención aparte de la terraza situada en la cota de 80 m, pues por su litología y granulometría debería integrarse en la serie del río Sió, mientras que por cota parece más lógico asignarla a una terraza alta del río Segre.

3.3.2. **Glacis**

Se trata de depósitos muchas veces no diferenciables de los que presentan las terrazas del río Sió, es decir, gravas subangulosas de calizas y areniscas terciarias, con matriz de arena y limo.

De las tres generaciones diferenciadas en la cartografía, una, la representada por los depósitos de Las Planas (unidad 16 del mapa geológico), presenta características peculiares expuestas de forma espectacular gracias al corte del Canal de Urgell en esa zona. Los otros dos son reconocibles fundamentalmente por criterios geomorfológicos, siendo su observación, en corte, muy deficiente.

El glacis de Las Planas aflora únicamente al norte de Castellserá y se encuentra encajado en los Yesos de Barbastro en el núcleo del anticlinal de Bellmunt. En este depósito se han podido reconocer dos períodos deposicionales. El inferior, del que no se observa su base, tiene una potencia mínima de unos 15 m, en el que se marcan laminaciones plano-paralelas y de surco de bajo ángulo, con cosets de gran desarrollo y deformaciones debidas a diapirismo de la formación yesífera infrayacente. En el superior, con una potencia de unos 5 m, los depósitos son semejantes, aunque las gravas calcáreas tienen una granulometría menor, y no se aprecian tan acusadamente las deformaciones diapiricas.

3.3.3. **“Vales”**

Son rellenos de fondo de valle, por lo general sin incisiones, de la red de drenaje actual, de génesis poligénica. Su superficie es plana o ligeramente cóncava y los sedimentos están constituidos por cantos subangulosos englobados en una matriz arenoso-limosa (con componente yesífera si se encuentran sobre los materiales eocenos de la Sierra de Guineus). Constituyen en la mayoría de los casos el arranque de los depósitos del glacis actual-subactual que domina las áreas más deprimidas de la llanura meridional.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

Tras el relleno y colmatación de la cuenca terciaria a partir de la denudación de los materiales de procedencia pirenaica, el primer proceso fue el de formación de amplios piedemontes en los que se acumularon grandes masas de material detrítico que aplanaron y fósilizaron las zonas bajas (PEÑA, 1983) durante un periodo comprendido entre el Plioceno y comienzos del Cuaternario. La única probable presencia de estos piedemontes en la hoja quedaría circunscrita a los depósitos del glacis de Las Planas, ligado a una superficie de erosión, actualmente muy degradada que debió coincidir con el primer nivel de arrasamiento plio-cuaternario.

Una vez adquiridos los perfiles de equilibrio en el anterior período, los sucesivos cambios del nivel de base con sus correspondientes encajamiento de la red fluvial, han generado un escalonamiento de terrazas, de las cuales la más alta (80 m) pudiera corresponderse con el glacis de Las Planas (**i**), las de 50, 30 y 15 m serían pleistocenas y no se han correlacionado con ninguna generación de glacis por dificultades de conexión o solape, aunque las más bajas (30 y 15) pueden corresponderse con el glacis **j**. Al Holoceno se han atribuido las terrazas de los 3 y 7 m así como el glacis **j** antedicho y el **k** (actual-subactual) que le incide según una superficie erosiva ligeramente inferior.

3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

Se han de considerar en el modelado futuro de los materiales de la hoja varios factores importantes. El primero, de carácter interno, es el de los movimientos (levantamientos) neotectónicos con pulsaciones en el Oligoceno, Pleistoceno y Holoceno del núcleo yesífero del anticlinal de Bellmunt y su prolongación en la Sierra de Almenara. Previsiblemente la constante elevación generará un relieve siempre joven con fuerte tendencia a su denudación.

Los otros, de carácter externo, están fundamentalmente ligados a las posibles variaciones climáticas, impredecibles, y a las pendientes. Son éstas últimas las que definen mediante una línea virtual desde la esquina NO a la SE una zona sometida a procesos erosivos al NE de otra al SO, más estable, en que dominan los procesos acumulativos.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Agramunt se sitúa en el margen septentrional del sector oriental de la Cuenca del Ebro, en una posición próxima al límite meridional de las unidades alóctonas pirenaicas. Esta cuenca corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), aunque sus márgenes meridional y oriental estuvieron afectados por la actividad tectónica de la Cordillera Ibérica, y la de Los Catalánides.

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

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.

En la hoja se encuentran sedimentos de la etapa más antigua de evolución endorreica de la cuenca correspondientes a la Formación Yesos de Barbastro, de edad Priaboniense superior. Durante la parte más alta del Priaboniense y el Estampiense inferior el sistema deposicional en el que se depositaron los yesos, correspondiente a un lago salino, fue migrando progresivamente hacia el oeste. Coetáneamente se depositaron en el área oriental sedimentos de áreas distales de sistemas deposicionales aluviales que reemplazaban progresivamente a la sedimentación evaporítica. Hacia la parte superior del Estampiense inferior sólo el área más occidental de la hoja estaba ocupada por el lago salino.

Durante el Estampiense inferior más alto una gran parte de la hoja pasa a estar ocupada por un gran área lacustre con sedimentación carbonatada, que se extendía también ampliamente al este y al oeste del área considerada. Este momento paleogeográfico se corresponde con la parte superior de las "Calizas de Tàrrega". Con posterioridad se reanuda en la hoja la sedimentación detrítica de los sistemas aluviales de procedencia pirenaica.

Más tarde, probablemente durante el Oligoceno superior, tiene lugar el crecimiento y desarrollo del anticlinal de Bellmunt, y asociado con él también se origina el sinclinal de Agramunt.

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 protegido de esta edad.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

Los recursos existentes en la hoja de Agramunt son fundamentalmente arcillas y yesos, existiendo además explotaciones de calizas, gravas y arenas. En todas ellas las labores se desarrollan a cielo abierto.

Las explotaciones más abundantes son las de arcillas, desarrolladas a favor de depósitos aluviales cuaternarios, y menos en sedimentos cenozoicos. Permanecen casi todas ellas en actividad, y el destino de sus productos es básicamente el sector de la construcción así como productos cerámicos.

Las extracciones de yeso se desarrollan en el núcleo del anticlinal de Bellmunt, donde aflora la formación evaporítica de yesos de Barbastro. Sus productos se emplean como aglomerantes.

Los recursos de materiales detriticos groseros (gravas y arenas) se concentran fundamentalmente en la esquina nor-occidental de la hoja, en las terrazas desarrolladas por los ríos Segre y Sió en torno a su confluencia.

Los materiales calcáreos se explotan sobre terrenos oligocenos, básicamente sobre el flanco sur del anticlinal de Bellmunt. Sus productos se destinan a la construcción y para áridos de machaqueo.

5.2. HIDROGEOLOGIA

5.2.1. **Climatología**

En la hoja se encuentran situadas 16 estaciones climatológicas dependientes del Instituto Nacional de Meteorología; de estas estaciones, 11 son termopluviométricas y 5 pluviométricas.

Según la clasificación climática de Papadakis el clima dominante en la hoja de Agramunt es Mediterráneo Continental Templado, con invierno Avena fresco, verano Arroz y régimen de humedad Mediterráneo seco. La temperatura media es de 14°C, con medias invernales de 2 a 4°C, alcanzándose las máximas en los meses de julio y agosto, existiendo acusados contrastes térmicos a lo largo del año con diferencias máximas entre los meses mas cálidos y fríos de hasta 20°C. En invierno son abundantes las heladas y nieblas, debidas ambas al régimen de anticiclones fríos.

La precipitación media anual, para el periodo 1940-85, está comprendida entre 500 y 400 mm/año. El año más seco fue el 49-50 y el más lluvioso 71-72. En el margen izquierdo del Ebro, en el cual se encuentra incluida la hoja, las lluvias son mas uniformes que en el margen derecho.

La evapotranspiración potencial se encuentra entre los 750 y 800 mm.

5.2.2. **Hidrología**

Las aguas superficiales de la hoja son tributarias del río Segre, a través de los ríos Sió y Corb. Las aguas superficiales se encuentran reguladas por el embalse de Ribarroja, en el cauce del Ebro, con una capacidad de 291 Hm³.

En el ámbito de la hoja sólo se encuentra una estación de aforo situada en el cauce del río Sió. En el río Segre, en Balaguer, aguas arriba de la desembocadura del río Corb, hay una estación de aforo que según datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro, registra unas aportaciones medias de 734 Hm³/año. Esta cifra es orientativa ya que las aguas están regu-

ladas por los embalses de El Grado y Barahona, existiendo además numerosas tomas de agua para abastecimiento de canales y acequias, siendo el principal canal presente en la hoja el Canal de Urgell.

Las aguas superficiales se emplean, a través de los numerosos canales y acequias, en agricultura y abastecimientos urbanos.

El Índice de Calidad General (ICG) del agua superficial, basado en el contenido en sólidos en suspensión, la conductividad y el DBO₅, es intermedio, teniendo un valor de 82, en el río Segre en su confluencia con el río Sió.

5.2.3. Características hidrogeológicas

5.2.3.1. Acuíferos cuaternarios

Los materiales que presentan mejores características hidrogeológicas son los depósitos aluviales de los ríos, especialmente los del río Segre, que afloran en el ángulo noroeste de la hoja. Estos depósitos pertenecen al sistema acuífero nº 62 (Terrazas aluviales del Ebro), y dentro de este sistema, al subsistema 62-10 (Segre).

Litológicamente está constituido por gravas, arenas y limos, siendo su potencia media de 10 metros. La permeabilidad de estos materiales es debida a la porosidad intergranular.

La recarga del subsistema es debida a aportaciones de los ríos, reciclajes de riego y aportaciones laterales (44 Hm³/año) y a la infiltración del agua de lluvia (4 Hm³/año). La descarga se produce por bombeos (2 Hm³/año) y por drenaje al río Segre (46 Hm³/año). El acuífero aluvial es un acuífero libre cuya base impermeable son los materiales oligocenos. Las aguas subterráneas se emplean en riegos (90%) y abastecimientos a pequeños núcleos de población. En el cuaternario aluvial únicamente existe inventariado en la hoja un manantial 3314/1/1 con un caudal de 0,6 l/seg.

Además del aluvial del Segre, existen otros depósitos cuaternarios, especialmente glaciares que con un espesor medio de 5 metros afloran en la mitad sur de la hoja y cuyas características litológicas: gravas y limos, son adecuadas para constituir acuíferos. La permeabilidad de estos materiales se debe a la porosidad intergranular, y su alimentación es debida a la infiltración de la lluvia caída sobre los afloramientos y a los retornos de riego, el drenaje de estos potenciales acuíferos se realiza a través de los arroyos que los atraviesan. En la hoja no existe ninguna explotación de las aguas subterráneas de estos materiales.

5.2.3.2. Acuíferos terciarios

En los materiales terciarios es posible la existencia de pequeños acuíferos asociados a los tramos más permeables de las facies detriticas (gravas, arenas), que presentan escaso interés hidrogeológico y sólo de forma muy local, ya que la escasa potencia de los tramos, su baja

permeabilidad y el grado de aislamiento, hacen que la recarga sea muy limitada. En estas facies solamente están inventariados 5 puntos, tres pozos y dos sondeos 3314/4/1, 2, 3, 4, 5, cuyos caudales no llegan a 0,5 l/seg.

En las facies yesíferas aflorantes entre Asentiu y Agramunt, se desarrolla en algunos puntos un exocarst, dando lugar a pequeñas fuentes, cuyo funcionamiento está condicionado por la pluviometría.

La escasez de explotaciones de aguas subterráneas es debida a la abundancia de aguas superficiales conducidas y distribuidas por canales y acequias y a la litología de los materiales terciarios.

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

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

AREA I

Comprende los depósitos terciarios yesíferos, margosos y arcillosos del anticlinal de Bellmunt.

Zona I,

Litológicamente está compuesta por yesos masivos con eventuales intercalaciones de limos y areniscas. A esta zona pertenecen las unidades cartográficas 1 y 2.

Estructuralmente se presentan plegados en el núcleo del anticlinal de Bellmunt

La morfología de esta formación es típicamente alomada con suaves relieves.

El drenaje profundo es deficiente por lo que se pueden plantear problemas de drenaje

en zonas de topografía suave. Son probables los problemas de disolución de los yesos lo que daría lugar a una porosidad local secundaria.

Esta formación no se considera ripable aunque algún nivel esporádico lo sea.

Presenta una capacidad de carga moderada, siendo preciso estudiar detenidamente la existencia de cavernas en los yesos.

Existe un elevado riesgo de desprendimiento de laderas y escarpes deducido de la observación de la mala conservación de los taludes tanto naturales como artificiales en la zona.

Es imprescindible la utilización de cementos resistentes a los sulfatos.

No son de prever asientos apreciables aunque es frecuente observar fenómenos de halocinesis.

Zona I_2

Está constituida por margas, arcillas y yesos. Comprende la unidad cartográfica 3.

Se dispone en los flancos del anticlinal de Bellmunt con fuertes buzamientos.

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

Son ripables los tramos arcillosos y margosos pero presentan dificultades con niveles de yesos.

Presenta una capacidad de carga de moderada a baja, debido a la plasticidad de las margas y a la posible existencia de disolución de yesos.

Existe un riesgo alto-medio de desprendimiento de laderas y escarpes por erosión diferencial.

Es necesaria la utilización de cementos resistentes a los sulfatos.

El riesgo de aterramientos es bajo y el de erosión es alto debido a la erosionabilidad del yeso y a la topografía.

No son de prever asientos apreciables aunque es frecuente observar fenómenos de halocinesis.

AREA II

Incluye todas las formaciones detríticas terciarias de los Llanos de Urgell.

Zona II₁

Está constituida por areniscas, limos, arcillas y margas con niveles de calizas en la base y a techo. Comprende las unidades cartográficas 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

Se disponen en los flancos del anticlinal de Barbastro con fuertes buzamientos.

Si bien las margas y calizas son impermeables, el drenaje superficial es bueno debido a la topografía existente.

Esta formación se considera no ripable, aunque existe la posibilidad de que algún banco margoso lo sea.

La capacidad de carga se puede considerar moderada, proviniendo los principales problemas de la alternancia de niveles de distinta compacidad y del buzamiento de los estratos. El riesgo de asientos diferenciales es pequeño.

La erosión diferencial puede dar lugar a caída de bloques por descalce de los niveles duros. Es frecuente observar algunos deslizamientos en los bancos margosos y arcillosos.

Zona II₂

Formada por areniscas, limos y arcillas con niveles de calizas y margas intercalados. Comprende las unidades cartográficas 10, 11, 12 y 13.

Su disposición estructural es subhorizontal, lo que le confiere a este grupo ciertas diferencias en las características geotécnicas de los materiales de la Zona II I.

La existencia de niveles de margas y calizas junto con la topografía subhorizontal hace que el drenaje tanto superficial como profundo sea deficiente y que exista cierto riesgo de encharcamientos.

Esta formación se considera no ripable, aunque los bancos margosos si lo sean.

La capacidad de carga y el riesgo de asientos diferenciales será medio.

La erosión diferencial existente puede dar lugar a caídas de bloques por descalce de los niveles duros.

El riesgo de aterramientos procedentes del anticlinal de Bellmunt es alto.

El riesgo de erosión es bajo debido a la baja pendiente del área.

Zona II₃

Es una formación constituida por areniscas, arcillas y conglomerados. Se corresponde con la unidad cartográfica 14.

Su disposición estructural es subhorizontal.

Son terrenos semipermeables que permiten cierto drenaje subterráneo. Su topografía horizontal y escasa permeabilidad pueden dar lugar a encharcamientos.

En su conjunto se considera no ripable.

Su capacidad de carga es moderada y no se prevén asientos diferenciales.

El riesgo de aterramientos es elevado.

Zona II₄

Corresponde a la unidad cartográfica 15, que está constituida por areniscas en paleocanales.

Esta unidad se sitúa sobre los materiales de la zona II₃, como cuerpos aislados en disposición horizontal.

Presentan una permeabilidad intermedia. El drenaje no muy bueno, será tanto por escorrentía como por infiltración.

La capacidad de carga es moderada no preveyéndose asientos diferenciales.

Esta formación se considera no ripable.

AREA III

Agrupa todas las formaciones correspondientes a los niveles de glacis, depósitos aluviales, coluviales y de derrubios actuales.

Zona III₁

Está compuesta por gravas de cantos calizos, arenas, limos y arcillas. Corresponde a la unidad cartográfica 16.

Son depósitos permeables. El drenaje será por infiltración y escorrentía.

Esta formación es ripable en su totalidad.

Presenta una capacidad de carga moderada y se prevén asientos diferenciales importantes.

Zona III₂

Está constituida por cantos calizos en una matriz limosa. Corresponde a los depósitos de glaciares de la unidad cartográfica 21.

Morfológicamente se dispone en una planicie colgada con suave pendiente.

Esta formación es permeable y presenta buen drenaje profundo. Es ripable en su totalidad.

Presenta capacidad de carga y asientos diferenciales medios.

Zona III₃

Limos, arcillas, cantos, arenas y gravas de depósitos aluviales, coluviales y de derrubios actuales. Corresponde a la unidad cartográfica 22.

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

Son formaciones permeables que presentan un buen drenaje profundo y superficial.

Todo el conjunto es ripable.

La capacidad de carga es de moderada a baja debido a la incoherencia de los depósitos. Se prevén asientos diferenciales altos a medios.

Es importante el riesgo de aterramiento.

AREA IV

Incluye todas las formaciones correspondientes a los distintos niveles de terrazas, fondos de valle y llanura de inundación del río Segre.

Zona IV₁

Corresponde a conglomerados poligénicos, arenas, limos y arcillas de las terrazas altas y medias del río Segre. Comprende las unidades cartográficas 17, 18, 19 y 20.

Morfológicamente se disponen en superficies horizontales colgadas, sucesivamente encajadas.

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

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

Este grupo es ripable en su totalidad.

Zona IV₂

Litológicamente está compuesta por conglomerados poligénicos, arenas, limos y arcillas de la terraza inferior del Segre. Corresponde a la unidad cartográfica 23.

Morfológicamente se disponen en superficies horizontales encajadas en las terrazas medias y colgadas sobre el curso actual.

Es una formación permeable, con buen drenaje profundo.

La capacidad de carga y el riesgo de asientos diferenciales son moderados.

Este grupo es perfectamente ripable.

Existe cierto riesgo de inundación por subida del nivel freático.

Zona IV₃

Son limos, arcillas y cantos de fondos de valle y llanura de inundación del río Segre. Corresponde a la unidad cartográfica 24.

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

Son terrenos permeables a semipermeables, sin embargo el nivel freático y las crecidas del río pueden inundarlos por lo que el drenaje no será bueno.

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

Este grupo es ripable en su totalidad.

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

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

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

La hoja de Agramunt se encuentra situada en el marge septentrional del sector oriental de la Cuenca del Ebro. Se encuentra atravesada por una estructura anticlinal en cuyo núcleo afloran yesos correspondientes a la formación Yesos de Barbastro.

Se han seleccionado un total de doce P.I.G. de carácter geomorfológico, tectónico estratigráfico y sedimentológico. De éstos se consideran como más representativos en relación con otras hojas del resto de la Cuenca del Ebro tan sólo tres puntos de interés. Conviene destacar que la selección se ha realizado utilizando un método directo de subjetividad compartida. (CLAVER et al., 1984).

De estos puntos dos poseen interés tectónico y otro geomorfológico. Estos son los siguientes:

P.I.G. nº 1

Deformaciones en los depósitos de la terraza T4 (unidad cartográfica 18) del río Segre. En el paraje de "Torres de la Plana" al noreste de Balaguer se observan los depósitos de la terraza T4 del río Segre plegados en una estructura sinclinal muy laxa. En este punto el sustrato de la terraza son los Yesos de Barbastro, por lo que esta deformación se atribuye a movimientos halocinéticos de los yesos. En concreto este plegamiento se interpreta como debido a la creación de un surco primario adyacente a un domo de levantamiento diapírico de los yesos.

P.I.G. nº 2

Deformación post-sedimentaria en forma de chimenea en los depósitos del "Glacis de Las Planas". Puede observarse en la trinchera de Canal de Urgell al norte de Castellserá. Se trata de una vistosa estructura que posee su origen en la karstificación de los niveles de yesos infiltrados al depósito afectado. El fenómeno de disolución de las sales provoca el colapso de los materiales pleistocenos del glacis, adquiriendo forma de 'chimenea', amortiguándose la deformación a techo del glacis. El aspecto de la estructura revela que la estructura se produjo cuando los sedimentos cuaternarios no se encontraban todavía consolidados.

P.I.G. nº 3

Se trata de planos de fractura con estrías de fricción formadas al interaccionar dos bloques calizos fallados. Se encuentran en materiales calizos oligocenos plegados, adosados al flanco sur del anticlinal en la localidad de Bellmunt. El análisis de las microestructuras revela que el tensor de esfuerzos que ha creado la estructura es aproximadamente N-S, coherente con los accidentes alpinos que aparecen en el área.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S.; CABRERA, LL.; COLOMBO, F. Y SÁEZ, A. (1987). Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Bassins). *Münchener Geowiss. Abh. (A)*, 10, pp. 35-42.
- AGUSTÍ, J.; CABRERA, LL.; ANADÓN, P. y ARBIO, S. (1988). A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. y SACRISTÁN-MARTÍN, M. A. (1987). Succesión de micromamíferos en la oligocena de España. *Münchener Geowiss. Abh. (A)*, 10: 43-48.
- 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., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LL, y HARTENBERGER, J. L. (1987). Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i evolución*, 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. (1980). "Relaciones entre la evolución geomorfológica cuaternaria de la Depresión Central Catalana (Segarra y Pla D'Urgell) y del valle del Segre". 102 p. Fundación J. March.
- CÁMARA, P. y KLIMOWITZ, J. (1985). Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica. *Estudios Geol.*, 41, pp. 391-404
- CLAVER, I.; AGUILÓ, M.; ARAMBURU, M. P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CEÑAL, M. A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBANO, R.; FRANCÉS, E.; GLARIS, G.; GONZÁLEZ, S.; LACOMBA, E.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, C.; OTEROS, J.; RAMOS, A. y SÁIZ DE OMEÑACA, M. G. (1984). "Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología". Manuales CEOTMA nº 3. MOPU. Madrid, 572 pp.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J. (1964). Les mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du Bassin de l'Ebre (Espagne). *Mém. BRGM*, 28, pp. 735-740.
- CUENCA, G. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.

- CUENCA, G.; AZANZA, B; CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- DEPERET, C. (1906). Los vertebrados del Oligoceno inferior de Tàrrega. *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona* (3), 4 (21), pp. 401-451.
- 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 alótomo (E.R.A.) (inédito).
- FERRER (1971). El Paleoceno y el Eoceno del borde sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleontol.*, 90: 70 p. Basilea.
- IGME (1975a). Mapa Geológico de España. 1 : 50.000. Segunda Serie, hoja nº 329, *Pons*. IGME.
- IGME (1975b). Mapa Geológico de España. 1 : 50.000. Segunda Serie, hoja nº 330, *Cardona*. IGME.
- IGME (1975c). Mapa Geológico de España. 1 : 50.000. Segunda Serie, hoja nº 330, *Calaf*. IGME.
- IGME (1975d). Estudio geológico y minero del área lignítifera de Calaf (inédito).
- IGME (1975e). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignítifera y uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignítifera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).

- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- MARTÍNEZ PEÑA, M. B. y Pocoví, A. (1988). "Amortiguamiento frontal de la estructura surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer". *Acta Geol. Hisp.*, t. 23 (2), pp. 81-94.
- MUÑOZ, J. A.; MARTÍNEZ, A. y VERGÉS, J. (1986). Thrust sequences in the eastern Spanish Pyrenees. *J. Struct. Geol.*, 8 (3/4), pp. 399-405.
- PEÑA MONNE, J. L. (1983). "La Conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana. Estudio geomorfológico". *Inst. Est. Ilerdienses*. Lleida, 373 págs.
- PUIGDEFÀREGAS, C.; MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986). "Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins". *Spec. Publ. 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, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1967). "Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte Este de la Depresión Central Catalana". *Acta Geol. Hisp.*, Tomo 2 nº 1, pp. 3-8.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mº Ríos. Geología de España*, 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, 353 págs.

SEGURET, M. (1972). "Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées". These Fac. Sc. Montpellier. *Pub. USTELA* sér. *Geol. Struct.*, 2, Montpellier; 155 pp.

SENZ y ZAMORANO (1992). Evolución tectónica y sedimentaria durante el Priaboniense superior-Mioceno inferior, en el frente de cabalgamiento de las Sierras Marginales occidentales. *Acta Geol. Hisp.*, v 27, nº 1-2, pp. 195-209.

SOLÉ, L. (1953). Terrazas deformadas en la cuenca del Ebro. *Mem R. Ac. Ciencias y Artes de Barcelona*, t. 31, nº 7, p. 239-259.

TRUYOLS, J. y CRUSA FONT, M. (1961). Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tàrrega. *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, 61, pp. 99-108.