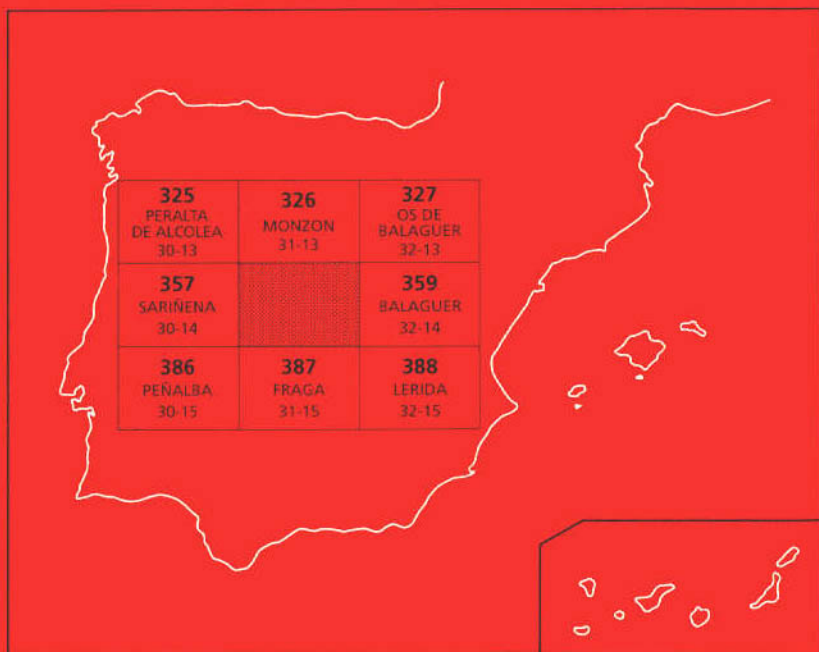




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



ALMACELLES

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

ALMACELLES

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Almacelles (358) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico: F. Jerez y C. Gil (ENADIMSA)

Mapa Geomorfológico: F. Jerez y C. Gil (ENADIMSA)

Memoria*:

Estratigrafía: F. Jerez y C. Gil (ENADIMSA)

Geomorfología: F. Jerez y C. Gil (ENADIMSA)

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

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología: L. F. Granados (ENADIMSA)

Micropaleontología: L. F. Granados (ENADIMSA)

Normalización del Mapa Geomorfológico: J. Fernández-Gianotti y A. Martín-Serrano (ITGE)

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

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

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

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

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 2.118 - 1998

ISBN: 84-7840-317-5

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Diseño Gráfico AM 2000, S. L.

Impresión: Master's Gráfico, S. A.

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION	5
1. ESTRATIGRAFIA	6
1.1. Terciario	6
1.1.1. Unidad Comprensiva. Ageniense.....	7
1.1.1.1. Areniscas, arcillas y limos carbonatados (1)	7
1.1.1.2. Areniscas (paleocanales) (2).....	8
1.1.2. Unidad de Torrente de Cinca. Ageniense.....	8
1.1.2.1. Margas, calizas margosas, limos y areniscas (3). Ageniense ...	8
1.1.3. Unidad Galocha. Ageniense	9
1.1.3.1. Areniscas y limos amarillentos y rojizos (4)	9
1.1.3.2. Calizas, margas y limos rojos (5).....	10
1.1.4. Unidad de Sariñena. Ageniense-Aragoniense	10
1.1.4.1. Areniscas y limos rojos (6)	11
1.2. Cuaternario.....	11
1.2.1. Pleistoceno (7 a 19).....	11
1.2.2. Holoceno (20 a 27)	12
2. TECTONICA.....	12
2.1. Marco tectónico regional	12
2.2. Descripción de la estructura	13
2.3. Evolución tectónica	14
2.4. Neotectónica.....	15
3. GEOMORFOLOGIA	16
3.1. Descripción fisiográfica.....	16
3.2. Análisis geomorfológico	16
3.2.1. Antecedentes.....	16

	<u>Páginas</u>
3.2.2. Estudio morfoestructural	17
3.2.3. Estudio del modelado	18
3.2.3.1. Laderas	18
3.2.3.2. Formas fluviales.....	18
3.2.3.3. Formas poligénicas.....	20
3.2.3.4. Formas antrópicas	22
3.2.4. Formaciones superficiales	22
3.2.4.1. Terrazas.....	22
3.2.4.2. Glacis de cobertera	24
3.2.4.3. Coluviones	25
3.2.4.4. Depósitos actuales y subactuales de origen principalmente fluvial	25
3.2.4.5. Costras calcáreas.....	26
3.2.5. Evolución geomorfológica	26
3.2.6. Procesos actuales y tendencias futuras	28
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	29
5. GEOLOGIA ECONOMICA	30
5.1. Recursos minerales.....	30
5.2. Hidrogeología	31
5.2.1. Climatología	31
5.2.2. Hidrología	31
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	32
5.2.3.1. Acuíferos cuaternarios.....	32
5.2.3.2. Otros posibles acuíferos	32
5.3. Características geotécnicas generales	34
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G)..	40
7. BIBLIOGRAFIA	41

0. INTRODUCCION

La Hoja de Almacelles se sitúa en el sector nororiental de la Cuenca del Ebro, entre los paralelos 41° 50' 04" N y 41° 40' 04" N y los meridianos 0° 08' 49" E y 0° 28' 49" E, respecto al meridiano de Greenwich, incluyendo las provincias de Huesca y Lérida.

Topográficamente no presenta apenas dificultades orográficas, salvo moderadas elevaciones al oeste de la hoja, configuradas como mesetas y al sureste una plataforma dada por una terraza. Las cotas más altas de la hoja son los vértices Brujas y Pino, con 406 y 405 m respectivamente.

El río Cinca atraviesa la hoja por su esquina suroeste y además destaca el Arroyo de la Clamor que discurre por la mitad oriental en dirección NE-SO desembocando en el anterior.

El clima es semiárido, con medias anuales de temperatura y precipitación de 14,7° C y 345 mm respectivamente, y una fuerte oscilación térmica (algo mayor de 21° C). Las nieblas son bastante frecuentes en invierno y en verano se soporta una fuerte insolación.

El área basa su economía principalmente en la agricultura, existiendo productos de regadíos como hortalizas, frutales y maíz sobre las proximidades del río Cinca, y de secano, representado por el cereal. La cabaña ovina contribuye también en buena medida al sostenimiento de la riqueza.

La densidad de población es baja y las poblaciones más importantes asentadas en la hoja o sobre sus límites aparte de Almacelles, que es la más importante, Alfántega, Binaced, Esplús, Altorricón, Albalate de Cinca, Belver, Osso, Vencillón, Plá de la Font y Suchs, mencionadas de oeste a este y de norte a sur.

Geológicamente presenta sedimentos terciarios continentales en facies distales de abanico aluvial de procedencia pirenaica y extensos depósitos cuaternarios como terrazas adosadas al pasillo del Cinca y en extremo sur oriental antiguas terrazas del Noguera Ribagorzana; los depósitos de glaciares, aluviales y de ladera también son frecuentes. El carácter lábil de los sedimentos arcillosos que se presentan en un alto porcentaje en el ámbito de la hoja, confieren a los procesos erosivos una importante relevancia.

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

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

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

1. ESTRATIGRAFIA

La hoja de Almacelles comprende depósitos pertenecientes al Terciario y Cuaternario. El Terciario incluye depósitos del Oligoceno superior y Mioceno.

El Cuaternario está representado principalmente por las terrazas del río Cinca y las del antiguo Noguera-Ribagorzana (antes de su captura por el Segre), así como por extensos depósitos de glaciés antiguos y recientes, y otros de origen coluvial.

1.1. Terciario

En el ámbito de la hoja predominan los depósitos detríticos, constituidos por areniscas y arcillas de colores pardo-amarillentos y rojizos. Predominan las areniscas en el norte y nordeste, frente al sector suroeste donde paulatinamente aumentan en importancia los niveles carbonatados. La mayor parte de los sedimentos que afloran en la hoja, corresponden a la Fm. Sariñena de QUIRANTES (1969), excepto los niveles calcáreos que afloran en la margen derecha del río Cinca que pertenecen a la Fm. Mequinenza.

En las áreas vecinas por el sur y el oeste a la hoja de Almacelles (hojas de Fraga, Peñalba y Sariñena) se observa una interdigitación de los ambientes deposicionales aluviales con sistemas deposicionales lacustre-palustres. Esta interdigitación permite observar una ordenación vertical rítmica de los sedimentos en este sector. La base de cada ritmo corresponde a un cambio brusco de facies entre sedimentos aluviales debajo y depósitos lacustre-palustres encima, mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ritmo, se produce de forma gradual.

El estudio de esta ritmicidad ha permitido distinguir dentro de la zona varias secuencias que se han denominado como unidades sedimentarias. La correlación de los límites de estas unidades hacia el norte ha permitido diferenciarlas en sectores más cercanos al borde de la cuenca, donde todo el sedimento presente tiene características de depósitos aluviales.

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas éstas tan sólo tres se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Torrente de Cinca, Unidad Galocha y Unidad Sariñena. La diferenciación de estas unidades no puede establecerse de forma clara la mayor parte de las veces y ha sido necesario rebasar los límites de la hoja para su identificación.

La gran uniformidad litológica de las dos primeras unidades en la mayor parte de la hoja (sector centro-oriental), hace extremadamente difícil su reconocimiento, por lo que se engloban en una unidad mixta: Unidad Comprensiva. Únicamente en el ángulo suroccidental, donde afloran unas intercalaciones de calizas, ha sido posible la diferenciación de dichas unidades.

Aunque en la cartografía geológica se ha señalado el límite entre estas unidades como “contacto paraconforme” para resaltarlas, este contacto es de hecho y en toda la superficie de la hoja un contacto normal y perfectamente concordante.

1.1.1. Unidad Comprensiva. Ageniense

1.1.1.1. Areniscas, arcillas y limos carbonatados (1)

Esta unidad aflora en la mayoría de la hoja, salvo en una estrecha franja situada al oeste. El análisis estratigráfico de esta unidad sedimentaria, dentro del sector centro-oriental, se ha realizado en las secciones estratigráficas de “Fondo de S. Salvador”, “El Sisallar-Torreta”, “Almacelles”, “Suchs” y la base de la de “Pino”.

La característica fundamental de estas facies es la presencia de paleocanales de areniscas intercalados en arcillas.

Los paleocanales de arenisca tienen colores grises, rojizos y ocre y presentan por lo general secuencias positivas (granodecrecientes hacia arriba) con base erosiva. La estructura sedimentaria más frecuente es la estratificación cruzada planar y en surco; también se observan laminaciones cruzadas.

Las areniscas pueden presentarse en láminas, de mayor extensión lateral que los canales.

Las arcillas son de colores rojos y ocre, generalmente masivas con una bioturbación baja a moderada. Pueden en ocasiones encontrarse algo carbonatadas.

Los niveles carbonatados no son frecuentes y cuando aparecen son limosos, de tonos oscuros y bioturbados.

Las areniscas son generalmente litarenitas feldespáticas, a veces carbonáticas y con cemento carbonatado mayoritariamente. Los niveles carbonatados suelen ser micritas y biomicritas arenosas y limosas. Entre la flora y fauna presente se han reconocido los siguientes especímenes: *Chara tornata*, *C. microcera*, *Nitellopsis (T.) meriani*, *Hornichara lagenalis*, *Rantzieniella nitida*, *Sphaerochara aff. davidi* y ostrácodos (*Candona cf. procerca*, *C. cf. molassica*, *C. praecox*, *C. aff. chassei*, *Darwinula aff. stevensoni*, *Eocytheropteron sp.*, *Haplocytheridae aff. helvetica*).

El ambiente de depósito corresponde a un medio fluvial meandriforme de amplia llanura de inundación (facies distal de abanico aluvial).

1.1.1.2. Areniscas (paleocanales) (2)

Esta asociación de facies agrupa a los paleocanales de areniscas de cierta entidad, cartografiables a la escala del mapa. Se organizan en secuencias positivas de base erosiva. Normalmente exhiben estratificación cruzada planar y en surco; también se observan laminaciones cruzadas. Se presentan intercalados de forma aleatoria dentro de la unidad 1.

1.1.2. Unidad de Torrente de Cinca. Ageniense

Este ritmo sedimentario representa una ínfima parte de la superficie de la hoja (esquina SO). Se ha podido diferenciar dos ciclos sedimentarios superpuestos en la vertical, debido a la existencia de una intercalación de una serie de niveles lacustres en la serie correspondiente a esta Unidad que se interpretan como cambios de facies hacia niveles propios de ambiente lacustre de los correspondientes detríticos que se encuentran más al norte y noreste, de carácter fluvial. Conviene añadir al respecto que estos ciclos se encuentran mucho mejor y más ampliamente desarrollados en la hoja colindante de Sariñena.

El análisis estratigráfico de ambos ciclos ha sido llevado a cabo en la sección estratigráfica de Chalamera.

1.1.2.1. Margas, calizas margosas, limos y areniscas (3). Ageniense

Esta unidad aflora únicamente en el sector suroccidental de la hoja, en la margen derecha del río Cinca. Está compuesta fundamentalmente por margas gris-azuladas y arcillas y limos ocre con intercalaciones de calizas y areniscas. Tiene una potencia mínima de 35 m. Los niveles de

calizas pueden estar finamente laminadas incluyendo material detrítico (cuarzo) de tamaño limo o incluso arena fina; se encuentran algo recristalizadas y, hacia el techo de la unidad ligeramente dolomitizadas. El límite con la unidad suprayacente (4) se sitúa en la base de los primeros paleocanales de areniscas que se superponen al techo más calcáreo de esta unidad.

Los levigados realizados en los niveles de margas han proporcionado caráceas: *Chara notata*, *C. tornata*, *C. microcera*, *Sphaerochara hirmeri*, *S. daviti*, *Hornichara lagenalis*, *Gyrogona medicaginula* y *Nitellopsis meriani*, ostrácodos: *Darwinula stevensoni*, *Candona procerca*, *C. molassica*, gasterópodos: *Planorbis* sp. y dientes de peces.

Los carbonatos pueden clasificarse como micritas y biomicritas limosas y arenosas que en ocasiones contienen materia orgánica, óxidos de hierro y *pellets*. Las areniscas son generalmente litarenitas con cemento carbonatado, algo feldespáticas con muy escasa matriz calcárea y sericitica.

La edad de esta unidad puede precisarse con los datos del yacimiento de micromamíferos de Ontiñena, situado muy próximo a estos afloramientos en la hoja adyacente de Sariñena, correlacionándose con la parte más alta de esta unidad. Este yacimiento, descrito por CUENCA (1991b) incluye fauna correspondiente a la zona 1 de MEIN (1975), que es la zona de micromamíferos más antigua del Ageniense.

En muestras recogidas en esta unidad, se han determinado las siguientes especies de charáceas: *Chara microcera*, *C. notata*, *C. tornata*, *Sphaerochara himeri longiuscula*, *S. aff. davidi*, *Nitellopsis (T.) meriani*, *Gyrogona medicaginula*; y los ostrácodos *Candona aff. praecox*, *C. molassica* y *Darwinula aff. stevensoni*.

1.1.3. Unidad Galocha. Ageniense

Esta unidad, al igual que la anterior, sobre la que se superpone, aflora únicamente en el ángulo suroccidental de la hoja en la margen derecha del río Cinca. Está constituida por dos asociaciones de facies:

1.1.3.1. Areniscas y limos amarillentos y rojizos (4)

Esta asociación de facies está bien representada en la columna de Chalamera (donde representa unos 20 m de potencia) y consta principalmente de arcillas rojas y ocres masivas, a veces algo carbonatadas que intercalan areniscas ocres, rojas y grises, de grano fino a medio. Los cuerpos de arenisca se encuentran bioturbados y tienen base erosiva y escasa continuidad lateral, formando canales que se organizan en secuencias positivas. También es frecuente observar láminas de areniscas muy continuas. Las estructuras sedimentarias más frecuentes son la estratificación cruzada en surco y planar y *ripples* de corriente. Esporádicamente se presentan niveles carbonatados fétidos de color gris oscuro bioturbados y con restos de gasterópodos y evidencias que revelan edafizaciones.

Petrologicamente las areniscas son litarenitas con fragmentos de rocas metamórficas, plutónicas, carbonáticas, feldespato, biotita y moscovita y los niveles carbonatados son micritas y

biomicritas con intraclastos y a veces pellets y materia orgánica. El estudio de charáceas revela la existencia de *Chara microcera*, *C. notata*, *Rhabdochara langeri*, *Nitellopsis (T.) meriani*, *Hornichara lagenalis* y *Grambastichara* sp.

Las características sedimentológicas de estos materiales permiten interpretarlos como depósitos de un medio fluvial meandriforme de extensa llanura de inundación.

1.1.3.2. Calizas, margas y limos rojos (5)

Esta asociación de facies cambia lateralmente de facies en su parte inferior a la unidad anterior, incorporando términos carbonatados, disminuyendo el porcentaje y espesor de los bancos de areniscas.

En la columna de Chalamera tiene una potencia mínima de 24 m y consta sobre todo de arcillas rojas y ocre masivas, a veces laminadas y comúnmente algo bioturbadas y carbonatadas. Intercalan progresivamente hacia arriba una mayor proporción de niveles carbonatados limosos decimétricos de tonos oscuros que a techo son más claros y micríticos, algo oquerosos, de gran extensión lateral en la contigua hoja de Sariñena. También se encuentran intercalaciones de areniscas de color gris-verdoso, grano fino y espesor centimétrico que constituyen láminas bastante continuas.

Las areniscas pueden clasificarse como litarenitas calcáreo feldespáticas y calcáreo micáceas (biotita) en ocasiones. Los carbonatos son por lo general biomicritas limosas que a techo pasan a intramicritas porosas algo recristalizadas con ostrácodos y algas. Las charáceas que aparecen en las muestras son *Chara microcera*, *C. nonata*, *Nitellopsis (T.) meriani*, *Grambastichaza* sp., *Rantzieniella nitida*, *Hornichara lagenalis*, *Stephanochara* sp.; entre los ostrácodos se ha determinado *Candona* cf. *praecox*.

De acuerdo con sus características sedimentológicas se interpreta un ambiente de depósito de tipo lacustre-palustre para esta asociación de facies.

1.1.4. Unidad de Sariñena. Ageniense-Aragoniense

Como premisa y a modo de introducción conviene poner de manifiesto que la diferenciación cartográfica de esta unidad, dentro de la hoja de Almacelles, se ha realizado principalmente por extrapolación de criterios arrastrados desde la vecina hoja de Sariñena, ya que dentro de la presente hoja resulta bastante difícil dicha diferenciación. Esta dificultad estriba fundamentalmente en la similitud litológica que presenta la presente unidad con respecto a la situada inferiormente (unidad cartográfica 1, sector centro-oriental), unido a la inexistencia de intercalaciones calcáreas que sirvan de niveles de referencia y separación de ciclos, tal como ocurre en la vecina hoja.

Esta unidad está representada aquí por un solo término: areniscas y limos rojos (6), pero en la vecina hoja de Sariñena, se distinguen además de estas areniscas (que, según los autores de dicha hoja contienen yeso, el cual les confiere a menudo un aspecto característico), otros

dos términos, uno en cambio lateral de facies (margas, limos rojizos y niveles de caliza) con el anterior, y otro (calizas y margas grises) coronando la unidad.

1.1.4.1. *Areniscas y limos rojos (6)*

Las observaciones se han realizado en la parte superior del corte estratigráfico de "Pino", en donde la unidad presenta una potencia mínima de 45 m.

Esta unidad consta, a semejanza con las asociaciones de facies infrayacentes, de arcillas y limos rojos y ocre con intercalaciones de importantes paleocanales de arenisca de color gris, rojo y ocre de base siempre erosiva y con cantos blandos. Las estructuras dominantes son estratificación cruzada planar y en surco. Los bancos son siempre granodecrecientes y se organizan en secuencias positivas. En ocasiones existe bioturbación a techo de los paleocanales. La extensión lateral de estos cuerpos canaliformes es reducida.

En relación con las otras unidades presentes en la hoja, ésta tiene los bancos de areniscas más potentes.

Petrográficamente las areniscas son litarenitas feldespáticas y el análisis micropaleontológico arroja el siguiente contenido de charáceas: *Rantzieniella nitida*, *Hornichara lagenalis* y *Nittellopsis (T.) meriani*; y ostrácodos: *Candona praecox*.

Estos materiales se interpretan como depósitos de relleno de paleocanales de ríos de tipo meandriforme (*point-bars*) y depósitos de desbordamiento (láminas más o menos extensas de arenisca). El ambiente sedimentario sería fluvial meandriforme, dentro del contexto de facies distales de abanico aluvial, aunque algo más proximal que lo puesto de manifiesto por otras unidades.

1.2. CUATERNARIO

En este apartado se realiza una descripción litológica de las formaciones superficiales, el resto de los aspectos concernientes a los depósitos cuaternarios (geomorfológicos, principalmente, pero también los litológicos y cronoestratigráficos) son tratados de forma más extensa en el capítulo 3.2.4.: Formaciones superficiales.

1.2.1. **Pleistoceno (7 a 19)**

Se consideran de edad pleistocena los depósitos de terrazas (7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16 y 18) y glaciés (13, 15, 17 y 19). Se incluyen todas las terrazas (en número de ocho, sin contar la segunda en antigüedad probablemente erosionada) del Cinca, a excepción de la que da el primer escaipe (2-3 m) sobre el fondo de gravas y arenas donde divaga el cauce actual. Comprende, además, dos de las terrazas más antiguas del antiguo río Noguera Ribagorzana (anteriormente afluente del Cinca y capturado después por el Segre). Independientemente,

se incluyen cuatro niveles de glacis correlacionables en edad con las terrazas más recientes e intermedias.

La litología de las terrazas es muy similar en todas ellas, tanto las del río Cinca como las del Noguera Ribagorzana, y tienen un espectro litológico en su mayor parte proveniente de la Zona Axial Pirenaica (cuarcitas, granitos, cantos de Permotriás, etc.) aunque también de las Sierras Exteriores (calizas mesozoicas y terciarias fundamentalmente). Los depósitos de llanura de inundación (limos y arcillas con niveles de arenas) debieron ser muy importantes, aunque actualmente están muy erosionados, sobre todo en las terrazas superiores.

La litología de los glacis es el resultado de una herencia sucesiva de los depósitos de las distintas terrazas, por lo cual es parecida a la de las terrazas, aunque con menor tamaño de grano.

1.2.2. Holoceno (20 a 27)

Está representado por los depósitos de fondo de valle actuales (22) (incluidas las barras del cauce del río Cinca), conos de deyección (25), depósitos de ladera (coluviones) (26) y otros de tipo mixto (aluvial-coluvial) (27). Se incluye también la terraza más baja (T0) del río Cinca (20) ya que se considera que la misma se encuentra sectorialmente en formación (o lo que es igual que corresponde a depósitos de llanura de inundación (24) actuales, de edad prácticamente equivalente, al menos en parte, a la de las barras (23) que conforman la disposición entre trezado y meandriforme por donde discurre el cauce y/o cauces actuales).

La litología es sólo relativamente variada ya que aunque se trate de depósitos de génesis muy diferente, salvo las barras del cauce actual (gravas y arenas) y la terraza T0 (limos y arcillas con arenas de llanura de inundación), cuyos componentes son de procedencia alóctona (pirenaica), el resto de los depósitos citados constituyen distintas formas de reciclaje de materiales autóctonos procedentes fundamentalmente de terrazas y glacis antiguos, ambos con litología parecida entre sí y a la vez similar a la de los depósitos actuales del Cinca (20 y 22), es decir, cantos de diversa naturaleza (cuarcita, caliza, granito, etc.), en una matriz limoso-arenosa más o menos importante, originada, principalmente, a partir de la erosión del Terciario arenoso-limoso.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Almacelles se encuentra situada en el sector centro-septentrional de la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a la cuenca de antepaís de la Cordillera Pirenaica. En superficie sus límites están marcados por esta cadena, la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera

Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís.

La estructura de la parte frontal del sector meridional del Pirineo central, al norte de la presente hoja, está constituida por una sucesión de escamas imbricadas, que se agrupan en tres grandes unidades: unidad del 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 POCOSI (1988) en el anticlinal de Barbastro-Balaguer y tiene como nivel de despegue la base de los yesos del Eoceno.

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

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

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

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La estructura de la hoja de Almacelles no puede ser más sencilla. Los buzamientos de las capas son prácticamente horizontales a lo largo de toda la hoja y, por otro lado, salvo en la

esquina suroccidental, apenas se intercalan horizontes o capas-guía de calizas como los que afloran más al oeste entre Fraga y Sariñena) que hubiesen permitido, al menos, dar cierta expresión a la cartografía. Solo cabe diferenciar y no sin cierta dificultad, debido a su carácter fácilmente deleznable, ciertos niveles de areniscas situados a distintas cotas que, salvo en el cuadrante NO, tampoco tienen gran continuidad lateral por razones de tipo genético (paleocanales de envergadura limitada lateralmente) o simplemente erosivo (frecuencia de cerros-testigo en materiales limosos coronados por areniscas en forma de mesa).

En la hoja de Almacelles las deformaciones encontradas son muy escasas. Únicamente se ha observado un diaclasado en la esquina noroccidental de la hoja afectando a materiales de edad Aragoniense.

Estas diaclasas se organizan en dos familias ortogonales en dirección NE y SE respectivamente. De acuerdo con SIMON *et al.* (1989), estos sistemas se generan en un régimen de distensión multidireccional que prevalece en la Depresión del Ebro desde el Neógeno. Atendiendo a este modelo, las diaclasas debieron formarse en un régimen de distensión próximo a radial con σ_3 en dirección SE.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

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

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución de la Cuenca del Ebro, las demás cadenas periféricas han ejercido también cierta influencia sobre la misma, aunque quizás más restringida a los bordes. Las relaciones entre tectónica y sedimentación han permitido a ANADON *et al.* (1986) interpretar el margen catalánide de la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarre convergente a lo largo de fallas sinistras escalonadas que afectan al basamento. Durante el Paleógeno el borde de la cuenca ha sufrido traslaciones, y la última posición del mismo está señalado por una importante sedimentación conglomerática con varias discordancias progresivas. Su edad

varía, siendo más reciente en el suroeste y más antigua en el noreste (ANADON *et al.*, 1979). En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo en los extremos noroeste (frente de los sierras de Cameros y Demanda) y sureste (enlace con los Catalánides).

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

En etapas más recientes, un régimen distensivo generalizado da lugar a una fracturación y diaclasado que se manifiestan tanto en la Cuenca del Ebro como en la Cordillera Ibérica (SIMON, 1989)

2.4. NEOTECTÓNICA

Los materiales de época neotectónica representados en la hoja de Almacelles, corresponden a un complejo sistema de glaciares y terrazas desarrollado por los ríos Cinca y Noguera Ribagorçana durante el Pleistoceno y a una serie de depósitos de origen aluvial y/o coluvial de edad Holocena. Todos estos materiales detríticos descansan discordantemente sobre depósitos continentales de composición básicamente detrítica cuya edad es Oligoceno superior y Mioceno inferior.

Las deformaciones que afectan a estos materiales son extraordinariamente escasas.

En una terraza de edad Pleistoceno inferior, aparecen pequeñas fracturas inducidas por otras más netas que afectan al Terciario y se encuentran directamente debajo de la terraza. Las orientaciones de los planos de fractura son NNE.

Se ha detectado un desplazamiento a lo largo del Cuaternario hacia el oeste de los cursos de los ríos Cinca y Noguera Ribagorçana. Dicho desplazamiento, del orden de 20 km, puede haber sido influido por causas neotectónicas; no obstante, no existen pruebas que apoyen este punto, pudiendo tratarse de una evolución dominada por los procesos de dinámica fluvial.

Al margen de estos apuntes, sólo es reseñable la determinación en la zona de dos epicentros de movimientos sísmicos, uno en el cuadrante nororiental de la hoja, y otro al sur, ya fuera de la hoja, con magnitudes de 2,8 y 2,7 respectivamente.

No existen en superficie indicios de estructuras importantes capaces de originar movimientos sísmicos, por tanto, estos seísmos han debido ser originados por estructuras profundas que habría que detectar por métodos geofísicos.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja de Almacelles se encuentra ubicada dentro de la Cuenca del Ebro, en la depresión limitada por las elevaciones de Monegros, extendidas entre Fraga y Alcubierre, al SO, y de Barbastro-Balaguer, al NE, ambas subparalelas y de dirección ONO-ESE, extendidas paralelamente al borde meridional del Prepirineo.

El clima presenta un carácter semiárido, con una pluviometría media anual de unos 345 mm y una temperatura media anual de 14,7° C.

El relieve de la hoja es muy poco acusado en general. La superficie de la misma se puede dividir, a grandes rasgos, en dos zonas elevadas que ocupan, respectivamente, el borde occidental y la esquina suroccidental, y una gran zona central deprimida. Dentro del borde elevado occidental cabe destacar la incisión correspondiente al valle del río Cinca. Las mayores alturas se encuentran en el ángulo NO y se dan en cerros aislados que rondan los 400 m. Los puntos más bajos corresponden a la parte baja de los cauces del río Cinca y Arroyo de la Clamor, con 160 m de altura sobre el nivel del mar.

Las diferencias de cotas más acusadas se dan en el cuadrante NO y, principalmente, en la esquina suroccidental, entre el cauce del río Cinca, en su punto más bajo y la mesa estructural de La Ermita de la Virgen de Chalamera.

Las arterias fluviales más importantes son las ya citadas río Cinca y Arroyo de la Clamor. El primero, procedente del Pirineo, entra en la hoja por su esquina suroccidental, corriendo en dirección NO-SE. Desarrolla una valle fluvial de unos 2 km de anchura. El segundo, afluente del primero, entra por el ángulo nororiental y corre en dirección NE-SO, paralelamente al río Segre, para ir a desembocar al río Cinca, entre Zaidín y Fraga, a unos 8 km al sur del borde meridional de la hoja.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. Antecedentes

Desde los años veinte se han venido desarrollando diferentes trabajos de tipo geomorfológico encaminados principalmente a definir las características de los distintos niveles de acumulaciones aluviales ligadas a los ríos Cinca, Noguera-Ribagorzana y Segre. Un primer grupo de trabajos son los de PANZER (1926 y 1933), CHEVALIER (1928), SOLE y FONT (1929), SOLE y LLOPIS (1946), SOLE (1946 y 1953 a y b), de carácter descriptivo y de escasa precisión cartográfica. Para estos autores los niveles altos deben ser considerados como "niveles de pie de monte", totalmente separados de la dinámica fluvial cuaternaria de los ríos principales y les otorgan una edad pliocena y pre-cuaternaria. En una segunda etapa, y abarcando extensiones mayores, se realizan trabajos que determinan de modo más preciso, el significado geomorfológico de las terrazas fluviales y su situación espacial y temporal (MENSUA e IBÁÑEZ, 1977; MENSUA e IBÁÑEZ, 1977-78; BOMER, 1978 y 1979; CALVET, 1980 y PEÑA, 1983).

Un primer intento de correlación de los niveles aluviales del piedemonte surpirenaico ha sido llevada a cabo por ALBERTO *et al.* (1983). Estos autores consideran los niveles altos como "acumulaciones pliocuaternarias", denominación ya utilizada por PEÑA (1983) en el piedemonte de Lleida; distinguen tres niveles generales pliocuaternarios situados por encima de los 90 m, que pueden diferenciarse de los propiamente cuaternarios utilizando una serie de criterios. En primer lugar aparecen modelados en glaciares, ocupando las áreas interfluviales. Están desconectados de la red hidrográfica actual y topográficamente se encuentran por encima de las terrazas fluviales cuaternarias. La morfología superficial triangular, la pendiente y las estructuras internas de los materiales detríticos son propias de abanicos aluviales. A techo presentan fuertes encostramientos. Estas facies y características son semejantes a las analizadas en otras formaciones peninsulares datadas como pliocuaternarias, por lo que se les asigna esa edad.

Estos mismos criterios son utilizados por SANCHO (1985 y 1986) y RODRIGUEZ (1986) para distintos sectores de piedemonte pirenaico y central de la provincia de Huesca.

Posteriormente PEÑA y SANCHO (1988) en los valles del Segre y Cinca, revisan los intentos de correlación anterior y de ordenación de los niveles, proponiendo un único modelo evolutivo de terrazas fluviales escalonadas, denominando a las más antiguas "niveles culminantes". Esto supone la utilización de nuevos criterios en los que se abandona la anterior tendencia a considerar dichos niveles separadamente, como anteriores a la jerarquización de la red fluvial.

El estudio detallado de los niveles aluviales culminantes, tanto en su estructura sedimentaria como en su pendiente y morfología superficial, permite interpretarlos dentro de un contexto fluvial similar al causante del desarrollo de los niveles bajos de terrazas.

3.2.2. Estudio morfoestructural

La superficie de la hoja queda enmarcada dentro del gran conjunto morfoestructural de la Depresión del Ebro, constituida por materiales del Terciario. En el sector septentrional de dicho conjunto, en la región en la que queda comprendida la presente hoja, destacan los relieves calizos tabulares de la Sierra de Alcubierre y sus prolongaciones surorientales hasta Fraga situados al SO de la hoja y el relieve constituido por el Anticlinal de Barbastro-Balaguer, situado al norte. El territorio de la hoja está situado justamente dentro de la zona deprimida, modelada en materiales arenoso-limosos, que queda enmarcada por los dos relieves anteriormente citados.

La estructura tabular de la serie terciaria da lugar a un modelado en mesas y cerros cónicos. El relieve de este tipo más destacable es el lugar conocido como La Ermita, al NO de Chalamera, controlado por las intercalaciones de calizas lacustres en la serie detrítica. El carácter detrítico fino, en general, del resto de la serie terciaria, lleva a una degradación generalizada de los relieves tabulares, de modo que solamente donde las intercalaciones de areniscas son importantes (NO y, en menor medida, SE) se desarrollan cornisas o escarpes que bordean estas formas. En el resto de las áreas con afloramientos terciarios, la predomi-

nancia de materiales arcilloso-limosos lleva a una degradación mayor y a una regulación generalizada con desarrollo de relieves alomados muy suaves.

3.2.3. Estudio del modelado

Se exponen a continuación las características generales de los principales tipos de modelado observables en la zona de estudio. Se distinguirán formas debidas a distintos procesos, concretamente, procesos de laderas, fluviales, poligénicos y antrópicos.

3.2.3.1. Laderas

Las laderas configuran una unidad fundamental del paisaje.

Las laderas están presentes en todo el territorio de la hoja, aunque adquieren su mayor desarrollo en la mitad occidental de la misma (y, principalmente, en el cuadrante NO), debido a la alternancia de relieves bien diferenciados allí existentes.

Estas acumulaciones de vertiente arrancan principalmente de distintos niveles de terrazas y glacis colgados, aunque también de pequeños relieves terciarios. Su litología depende lógicamente de los niveles que se encuentran en su raíz y que las alimentan, su extensión es generalmente reducida (entre 200 y 1.000 m, por lo general) y su espesor es normalmente pequeño (1-2 m), salvo excepciones (hasta 10 m en el área del arroyo de la Mora, a 2-3 Km al oeste de Binaced).

En la esquina suroccidental de la hoja, sobre la margen derecha del río Cinca se encuentra un conjunto de facetas triangulares de laderas o laderas tripartitas (SANCHO, 1988, SANCHO *et al.*, 1988). Resultan de la alternancia de etapas de acumulación e incisión producidas por causas climáticas y antrópicas. Según estos autores la tasa media de retroceso del escarpe de la cornisa situada sobre estas facetas, datada con restos arqueológicos, ha sido de 3 m en 1000 años.

3.2.3.2. Formas fluviales

Son las que presentan una mayor diversidad o número de formas distintas desarrolladas dentro de un mismo tipo de procesos geomorfológicos, en este caso, los procesos de origen fluvial.

Dado su elevado número, se agruparán en dos: formas erosivas y formas acumulativas.

a) Formas erosivas

La incisión fluvial en el área presenta un patrón fundamentalmente dentrítico, aunque en general de poca densidad.

Las zonas con mayor incisión corresponden a la vertiente oriental del río Cinca y sobre todo a ambas vertientes, oriental y occidental del arroyo de la Clamor, ya que las zonas correspondientes a estas últimas, están ocupadas fundamentalmente por terrenos del Terciario, con una menor fosilización protectora de terrazas y glacis y que poseen una mayor susceptibilidad a la erosión dada su litología arcilloso-arenosa.

Además de los fondos de valle con incisión lineal, se ha distinguido en el mapa formas de aristas (interfluvios), escarpes de terraza o de glacis colgados, y en lo que se refiere al cauce del río Cinca, puntos con erosión lateral del cauce y algún meandro abandonado. También, por su especial interés, dada la posibilidad de futuras capturas en uno u otro sentido entre los afluentes del río Cinca y los del arroyo de la Clamor, se ha delimitado la divisoria hidrográfica que separa las cuencas de recepción de ambos, divisoria que resulta a veces poco definida, especialmente en su mitad septentrional, referida al territorio de la hoja.

b) Formas acumulativas

Aquí se incluyen los sistemas de terrazas de los ríos Cinca y Noguera-Ribagorzana, los depósitos del cauce (barras), del primero de los citados, así como los rellenos de fondos de valle y, por último, una serie de pequeños conos de deyección más o menos recientes ligados a corrientes tributarias del Cinca y desarrollados sobre las terrazas T1 y T2 de la vertiente oriental de este último.

En cuanto a los niveles de aluvionamiento cuaternario, se reconocen ocho niveles de terraza en el valle del Cinca, y dos en el antiguo valle (hoy abandonado, por captura del río hacia el Segre) del Noguera-Ribagorzana, el cual, como ya se comentó, se extendía en dirección NE-SO, desembocando en el Cinca. Las alturas relativas (en m) de los niveles de terrazas del río Cinca con respecto al cauce actual a la altura de Albalate de Cinca, son las siguientes: T0 (20): 2-3 m; T1 (18): 19 m; T2 (16): 30 m; T3 (14): 50 m; T4 (12): 80 m; T5 (11): 90 m; T6 (10): 110 m; T7 (9): 150 m y T9 (7): 190 m. En general, los mayores encajamientos se han verificado en los niveles más antiguos.

En el oeste de la hoja, el río Cinca ha desarrollado un sistema de terrazas encajadas en gradierío marcadamente asimétrico. La mayoría de estas terrazas forman rellanos de 0,5 a 2 km de anchura, excepto algunas de ellas, más estrechas y degradadas, que dan lugar a pequeños relieves tabulares e incluso a cerros cónicos de pequeña altura. La anchura de las terrazas ha sido en función del encajamiento progresivo del río. Hacia el suroeste de la hoja la existencia de un escarpe calcáreo-detritico, que va desde Fraga a Albalate de Cinca ha sido un condicionante importante de la magnitud y configuración de dicho encajamiento a la vez que de la disimetría general del aterrazamiento, puesto que presenta una mayor resistencia a la erosión que el resto de los materiales terciarios de la hoja.

Por último cabe citar que también en la parte baja del Arroyo de la Clamor e incluso en alguno de los tributarios de este último, se desarrollan uno o quizás dos niveles de terraza de anchura reducida (máximo de 250 m) correlacionables, probablemente con la T0 (20) y/o T1 (18) del Cinca.

Modelado en mesas y plataformas de antiguos valles fluviales

Se puede considerar como un caso particular del anterior. Se trata de formas asociadas a depósitos de terraza, que por su mayor antigüedad y, debido a la deriva paulatina o al cambio brusco del curso del río, han quedado muy alejadas o aisladas de los cursos fluviales actuales.

El modelado en mesas se refiere a una serie de ellas desarrolladas en el cuadrante NO de la hoja, pertenecientes a la terraza más alta y antigua del río Cinca y, que han quedado aisladas entre sí y del resto de las terrazas del valle de dicho río, gracias a una fuerte degradación circundante.

El modelado en plataforma hace referencia a la extensa llanura elevada sobre los materiales terciarios que se extiende por todo el ángulo SE de la hoja. Al igual que las mesas anteriores, este modelado corresponde a una terraza ligada al antiguo curso del río Noguera-Ribagorzana, que desembocaba en el Cinca y que fue abandonado, mediante captura, pasando a ser afluente del Segre.

Tanto en el caso de las mesas citadas como en el de la plataforma de Almacelles, conviene destacar el importante factor litológico, ya que es precisamente la presencia de las gravas y arenas cementadas de los depósitos de terraza, la que ha permitido la preservación de estos relieves y de los materiales terciarios existentes bajo los mismos, destacándolos en el paisaje ante la degradación generalizada del terciario circundante.

3.2.3.3. Formas poligénicas

Se incluyen aquí aquellas formas generadas por más de un proceso morfogenético y con implicación areal más o menos importante: glacis de cobertera, formas mixtas o de aluvial-coluvial y fondos de valle sin incisión.

a) Glacis de cobertera

Todos los glacis existentes en la hoja son de tipo de glacis de acumulación o de cobertera, de edad cuaternaria.

En general se trata de rampas que arrancan siempre de relieves tabulares, actuales o ya desaparecidos, constituidos por terrazas de los ríos Cinca y Noguera Ribagorzana, elevadas sobre los materiales del terciario a los que fosilizan.

Se trata de un tipo de modelado desarrollado en las pendientes que rodean o rodeaban a los relieves sucesivamente más destacados de la zona, algunos de los cuales ya han desaparecido. En el caso de la zona de estudio, se da la coincidencia de que estos relieves asociados a los glacis, están o estaban constituidos siempre por depósitos horizontales de terraza bien consolidados y colgados sobre el relieve circundante. Dichos glacis constituyen conos o abanicos aluviales de diferente edad y tamaño. La amplitud superficial de estos glacis está principalmente relacionada con el grado de la pendiente, es decir, con la distancia en horizontal

desde el nivel de base hasta la vertical de la cumbre del relieve, en relación con la altura del mismo. Así, a menor pendiente mayor extensión en superficie, la cual coincide en general con formas más jóvenes. Dicho nivel de base puede estar constituido por un curso de agua (caso del antiguo curso del Arroyo de la Clamor, menos incidido que el actual), o bien por una plataforma estructural que, en el caso de esta hoja, está normalmente ligada a alguna terraza.

- Por último cabe destacar aquí, al igual de lo que se ha expuesto más arriba para el caso del modelado en mesetas y plataformas constituidas por depósitos de terraza, el papel desarrollado por el factor litológico en lo que se refiere a la preservación de la erosión de los materiales terciarios infrayacentes a estos glacis, gracias al papel protector que ejercen las gravas y arenas (compuestas de cantos heredados de las terrazas) cementadas de los mismos.

Se han distinguido cinco niveles de glacis. Los dos primeros o más antiguos tienen una menor extensión superficial por haberse formado en zonas más encajadas, con mayor pendiente, o lo que es igual, con una mayor proximidad del nivel de base (que puede ser una terraza o un antiguo arroyo) al relieve generador del mismo. Entre los más recientes cabe destacar, por su gran extensión, el nivel de glacis asimétrico, cuyo nivel de base era el antiguo curso del Arroyo de la Clamor y que se extiende en retazos parcialmente erosionados por las dos vertientes del mismo, con raíces en las terrazas del Cinca, o por el oeste y en la terraza de Alamacelles, por el este. La potencia de los distintos niveles es en general pequeña del orden de 2 m como máximo. En general se encuentran cementados y con costras de caliche a techo.

La elaboración de los sucesivos niveles de glacis está directamente relacionada con la caída paulatina del nivel de base regional que trae como consecuencia una progresiva incisión cuaternaria.

Mención aparte merece el último nivel de glacis o glacis subactual, apenas incidido, que se desarrolla al pie de la alineación de Valonga-Vértice Terraza.

b) Formas aluvial-coluviales

- Estas formas están constituidas por depósitos de derrame localizados en pequeñas áreas deprimidas situadas entre relieves de poco contraste y altura reducida, en las que no existe una ruptura de pendiente clara entre las laderas propiamente dichas y el fondo de la depresión. Estos depósitos arrancan normalmente de relieves terciarios, aunque también pueden estar parcialmente ligados a los glacis colgados más recientes. Están compuestos por limos y arcillas, a veces con cantos (cuando tienen raíces en los glacis) que han sufrido poco transporte por lo general.

c) Fondos de valle sin incisión

Corresponden a las morfologías de valle plano debidas a los depósitos con formas planas y horizontales por lo general, que rellenan fondos de valle no necesariamente lineales y, en general poco definidos, sin incisión lineal clara.

3.2.3.4. *Formas antrópicas*

Aparte de las carreteras, líneas de ferrocarril y diferentes núcleos urbanos, hay que señalar las profundas transformaciones ligadas a las labores agrícolas, entre las que cabe destacar los numerosos canales y acequias de distinto orden, así como la abundancia de balsas artificiales para riego y los frecuentísimos explanamientos y aterrazamientos llevados a cabo principalmente sobre los depósitos arcilloso-arenosos del Terciario.

3.2.4. **Formaciones superficiales**

En general todas las formaciones superficiales que se expondrán a continuación han sido también incluidas en el mapa geológico, dada la simplicidad que en esta hoja presenta el Terciario infrayacente de las mismas, lo cual permite la representación pormenorizada de aquellas sin menoscabar la expresividad de este último, cosa que quizás no hubiera resultado aconsejable de haber tenido el terciario una estructura más complicada o una columna estratigráfica más expresiva y variada que hubiese permitido diferenciar en el mismo, algo más que unas pocas intercalaciones de areniscas (paleocanales) o calizas lacustres, como ha sido el caso.

Así pues, y para evitar repeticiones innecesarias, se completa aquí la visión de las distintas formaciones superficiales, algunos de cuyos aspectos se acaban de tratar en los capítulos anteriores, haciendo ahora especial hincapié en la litofacies y justificando así, la breve exposición que se hace de las mismas en el capítulo de Estratigrafía.

3.2.4.1. *Terrazas*

Son los depósitos más representativos de la hoja, en cuanto a su extensión y variedad, en lo que al Cuaternario se refiere. Es importante señalar, al respecto, que la gran mayoría del resto de los numerosos y distintos tipos de depósitos cuaternarios existentes en la misma, constituyen, desde el punto de vista litológico, un simple reciclaje progresivo de los materiales de las cinco terrazas más altas, reciclaje que afecta en mayor medida a unas más que a otras, según su altura y también de acuerdo con su posición relativa con respecto a la de las líneas directrices que han jalonado la evolución de la erosión en la zona de estudio.

Los sedimentos de las distintas terrazas en su conjunto, ocupan mayoritariamente el tercio occidental de la hoja y su ángulo suroriental.

La mayoría de las terrazas -T3 (14) a T9 (7), principalmente- conservan muy pocos restos de sus depósitos de llanura de inundación, que debieron ser en general relativamente potentes a juzgar por los que hoy se conservan, bien sea en las terrazas más recientes (V. gr., 5-8 m; al N de Chalamera, en la terraza actual) o bien en alguna de las más antiguas (p. ej., más de 10 m al NE del vértice Punta Rana -284 m-, en la T6, donde dichos depósitos han sido preservados gracias a la superposición de un glacis encostrado superior -(13)-. Estos depósitos están compuestos principalmente por arcillas, limos y arenas, con algunas pasadas de gravas (*crevasse-splay*) no cementados, y de ahí su fácil erosionabilidad.

Los sedimentos situados regularmente en la parte inferior de las diferentes terrazas o depósitos de *point-bar*, presentan en general una menor potencia, generalmente situada entre 2 y 5 m y una composición y tamaño de los cantos muy parecido en todos ellos de modo que, desde el punto de vista litológico, a falta de estudios estadísticos detallados, resultaría muy difícil su diferenciación. Únicamente cabe observar, lógicamente, la existencia de una mayor cementación en los niveles más altos, formados por conglomerados y areniscas con escaso aunque sólido cemento, mientras en los más bajos se trata de gravas y arenas peor consolidadas. Los cantos de los conglomerados y gravas son predominantemente de cuarcita y granito, por este orden y, en mucha menor proporción, de otras rocas de diversa litología (calizas mesozoicas, rocas básicas, diversos tipos de rocas metamórficas, conglomerados del permotriás, etc., todos ellos de indudable procedencia pirenaica, bien sea del núcleo paleozoico o de su orla mesozoica). Los tamaños de los cantos oscilan en general entre 0,5 y 40 cm, si bien dentro de los distintos horizontes separados por superficies erosivas existe menor disparidad en las dimensiones. El tamaño medio depende mucho de las secuencias y, dentro de éstas de los distintos sets. En general abundan los sets con tamaños medios (5-10 cm) a medio-gruesos (10-20 cm). Los bancos de arenas llegan a tener más de 0,75 m de espesor. Los intersticios entre los cantos están ocupados por una matriz arenosa, de color generalmente gris, y relativamente escasa que, en el caso de las terrazas más antiguas, es la que da más consistencia al conjunto, al estar bien cementada. Es relativamente frecuente la presencia de cantos blandos (de arcillas y limos del Terciario, de color amarillento), a veces de gran tamaño, hacia la base de la terraza.

En lo que se refiere a la edad de las terrazas, el significado climático que representa cada una de las etapas acumulativas y en alternancia con las etapas de incisión cuaternarias, nos da idea de su complejidad evolutiva. La ausencia de dataciones precisas de estos niveles, impide situar cronológicamente cada uno de los periodos climáticos causantes de los cambios dinámicos observados en la actividad fluvial. En cualquier caso, los escasos restos arqueológicos localizados en conexión con estos niveles en el río Famosa, al sur del Pla d'Urgell, así como en el abanico del río Farfaña y en la terraza del Segre en la Roca dels Bous, al norte de Balaguer, permiten establecer una secuencia cronológica relativa (PEÑA, 1988). Los niveles 1 y 2 pertenecen claramente al Pleistoceno superior, los niveles 3 y 4 al Pleistoceno medio y todos los niveles anteriores al 4 deben ser considerados del Pleistoceno inferior, sin poder realizar mayores precisiones.

Consideraciones sobre los niveles superiores de terrazas

Por razones que se expondrán al tratar de la evolución geomorfológica, se considera que el nivel más alto de los dos citados para el antiguo valle del Noguera-Ribagorzana, sería correlacionable con una terraza (T8) del río Cinca, situada a unos 170 m de altura sobre taludes activos hoy totalmente erosionada, por lo cual la terraza más alta de este último será denominada como T9 (7). Fuera ya de la hoja de Almacelles y dentro de la de Balaguer, situada al este, se reconoce una terraza aún más alta que las dos anteriores, ligada también al antiguo valle citado, y que es la más antigua del Noguera-Ribagorzana.

Conviene hacer mención aparte de los dos niveles de terraza más alejados del actual cauce del Cinca y situados en el cuadrante NO de la hoja (a la altura del meridiano de Valonga, entre

Esplús y Binaced). Si bien el nivel más alto de los dos (La Retorta, a cota de 389 m en su techo) está unos 10 m más bajo que la T8 (8) (400 m, en el monte Pino), podría, con reservas, asimilarse a esta última terraza, la más antigua del Cinca, dado que la diferencia de cotas no es demasiado grande, teniendo en cuenta la distancia, pudiendo explicarse dicha diferencia por distintas razones (pendiente natural de la base de la terraza, neotectónica, etc.).

El problema se presenta al considerar el nivel más bajo de los dos citados, situado entre 2 y 7 k m al norte de Valonga. Este nivel que por su cota (alrededor de 340 m) podría, en principio, ser asimilable a la T7 (9) del Cinca, ocupa una posición geográfica relativa inverosímil con respecto a la hipótesis de su inclusión en los depósitos de este río, dada la clara evolución lineal del desplazamiento paulatino de este último en sentido este-oeste, teniendo en cuenta que la T9 del Cinca está situada al oeste de la de Peñarroya-Valonga y, además, hecho probablemente significativo, la T9 queda "cortada" transversal y bruscamente, por los depósitos de la T7. Pues bien, dado que se trata de uno de los depósitos más claros de terraza, desde el punto de vista sedimentológico, con un importante espesor (unos 5 m) de depósitos de *point-bar* típicamente canalizados con granoselección muy acusada, superficies de acreción lateral, cicatrices erosivas, etc., bien preservados y diferenciados de los niveles encostrados de coluviones que lo fosilizan, parece que la solución más idónea de este interrogante es asimilar esta terraza al nivel de Almacelles (que alcanza cotas similares a las de aquella en áreas situadas un poco más al norte, dentro de la vecina hoja de Balaguer) y adjudicar sus depósitos al antiguo cauce del río Noguera-Ribagorzana.

La libertad de movimiento del río, al no estar constreñido por encajamientos previos, explicaría el gran desarrollo lateral de la terraza. La otra solución posible que sería la de la existencia de un antiguo río, hoy desaparecido, de dirección paralela a la del Cinca, teniendo en cuenta que la distancia entre ambos cauces, por lo que puede deducirse de la posición relativa de las diferentes terrazas conservadas, sería como mucho de 2-3 km, resulta difícil de admitir dado que por lo que también se deduce del contexto, ambos ríos tendrían direcciones subparalelas y prácticamente convergentes en el actual cauce del Cinca, a la altura de Monzón.

3.2.4.2. *Glacis de cobertera*

Son depósitos con un desarrollo relativamente importante dentro de la hoja, extendiéndose, en general, por todas las partes de la misma.

Se han distinguido hasta cinco niveles sucesivos (21, 19, 17, 15 y 13), aunque los más representativos, por su mayor desarrollo, son el último o más antiguo (13) que arrancaba de la terraza más antigua (en áreas donde esta última se encuentra hoy totalmente erosionada), y el tercero (17) de los citados, el más extenso, que debió cubrir en su momento la mayor parte de las dos vertientes del Arroyo de la Clamor (es decir, casi todo el área central y oriental de la hoja) y que hoy se encuentra incidido, permaneciendo retazos colgados más o menos grandes del mismo, aunque aislados entre sí.

Es interesante señalar que, al menos en lo que se refiere a la zona de estudio, los glacis no "enlazan" con las terrazas, al modo como frecuentemente se expone en la bibliografía geo-

morfológica al uso, para aducir una relación sincrónico-genética entre el glacis y la terraza correspondiente. Un claro ejemplo de esto último es el glacis más antiguo (13) que arranca de la terraza T8 (8) y se encuentra depositado fundamentalmente sobre la terraza T6 (10), recubriéndola y no “enlazando” con ella ni con otras más inferiores. Es evidente que este glacis es posterior a la T6 (probablemente coetáneo con la T5 (11) y/o T4 (12), que actuaba como “un nivel de base” de tipo estructural, independientemente, al menos hasta cierto punto, del nivel de base hidrográfico o real que se encontraría más bajo (T5 y/o T4) durante la formación de dicho glacis.

La litología de los distintos glacis es muy parecida a la de las terrazas, cuyos cantos han heredado sucesivamente en sus distintos niveles, si bien, en los glacis existe una mayor selección de los cantos, tanto litológica (mayor proporción de cantos calizos, en detrimento de los cuarcíticos y graníticos) como de tamaño (menor, en general, en los glacis, entre 0,5 y 10 cm, por lo general) y tanto más acusada cuanto más moderno es el glacis. No obstante, el depósito considerado en su conjunto es más heterogéneo que el de las terrazas, con una alternancia y entrelazamiento mayores de capas de arcilla entre las gravas y arenas. La potencia de los glacis es generalmente reducida, variando entre 0,5 y 2 m.

3.2.4.3. Coluviones

Los depósitos de ladera o coluviones están extendidos por toda la hoja, pero principalmente en el cuadrante NO de la misma, donde se dan las mayores alturas y contrastes de relieve. Es también en esta zona donde adquieren su mayor potencia, destacando los que existen en ambas márgenes del arroyo de la Mora -entre 2-3 km al oeste de Binaced-, constituidos por limos y arcillas, escasa proporción de cantos que alcanzan los 10 m de espesor. En general, la mayoría de estos depósitos no sobrepasan los 2 m de potencia. En cuanto a su composición depende fundamentalmente del depósito existente en lo alto del relieve del que arranca y es, por tanto, muy variada aunque puede afirmarse que, en general, hay una mayor mezcla o alternancia de arcillas y limos (procedentes de la erosión de los materiales terciarios) con las gravas más o menos recicladas de las terrazas y glacis, que la existente en los glacis.

En cuanto a la edad de los materiales coluviales, en los alrededores de la confluencia de los ríos Alcanadre y Cinca se han descrito cuatro etapas de regularización de vertientes, de las cuales dos se han podido datar cronológicamente gracias a la presencia de restos arqueológicos (SANCHO *et al.*, 1988). En las vertientes más antiguas se han encontrado restos ibéricos y romanos de hasta el siglo I después de Cristo, y la más reciente cerámicas medievales. De estos datos SANCHO *et al.*, (*op. cit*) concluyen que la primera etapa tiene una edad post-Ibérica y la segunda una edad post-Medieval.

3.2.4.4. Depósitos actuales y subactuales de origen principalmente fluvial

Aparte de la terraza más baja (T0) actualmente en formación, que constituye la llanura de inundación del río Cinca, cabe incluir aquí los depósitos de barras diferenciados dentro del canal del mismo, que están constituidos por gravas y arenas.

También conviene mencionar los pequeños conos de deyección que se están desarrollando sobre las terrazas T1 y T2 del Cinca con tendencia clara hacia su coalescencia y conversión en futuros glaciais-vertiente.

Pueden incluirse aquí los derrames o depósitos de origen mixto aluvial-coluvial que rellenan bastantes pequeñas depresiones entre los afloramientos del Terciario y, que están constituidos principalmente por limos y arcillas con escasos cantos, de poco espesor.

Por último, conviene citar los numerosos rellenos de fondo de valle, constituidos por depósitos de escasa potencia (1-1,5 m), que han sufrido un transporte mayor que los anteriores y, que recogen materiales de todos los depósitos anteriores, aunque con una proporción mayor en general que en cualquiera de los otros, de arenas, limos, arcillas procedentes del Terciario.

3.2.4.5. *Costras calcáreas*

Estos depósitos consisten fundamentalmente en caliches de poco espesor (<0,5 m) desarrollados a techo de la terraza más antigua donde han podido ser diferenciados cartográficamente al resaltar en la foto aérea, gracias a la fosilización de los terrenos superiores de la terraza formados por arcillas y limos de llanura de inundación, los cuales quedan así preservados de la erosión solo en puntos muy localizados, formando pequeños cerros-testigo.

3.2.5. **Evolución geomorfológica**

La evolución o historia geomorfológica que se expone a continuación, se limitará, salvo excepción, a los procesos y acontecimientos que pueden inferirse de los hechos observados dentro del territorio de la hoja y que, en gran parte, ya han sido puestos de manifiesto en los apartados anteriores. Cabe apuntar sin embargo, basándose en conocimientos de ámbito regional, que durante el Mioceno Superior terminó el relleno de la Cuenca del Ebro, probablemente por causas de tipo tectónico, iniciándose su exhumación posiblemente a principios del Plioceno, con exorreísmo de la misma hacia el Mediterráneo. Puede añadirse también que probablemente la superficie de la hoja, debió quedar más o menos cubierta por una serie de mantos aluviales de los que hoy no quedaría ningún otro rastro dentro de la misma.

Así pues, dentro ya del territorio de la hoja, es una situación en la que el Terciario aparece ya relativamente exhumado en el cual se está encajando el río Cinca y depositando un primer aluvionamiento en una posición situada como mínimo a unos 12 km al ENE de la actual, es decir, más centrado en la hoja, según una línea media extendida aproximadamente de Monzón a Aytona (donde se situará su probable desembocadura en el Segre, unos 12 km aguas arriba de la actual). Es probable que en esta primera etapa el río Noguera-Ribagorzana aún no hubiese sido capturado por el Cinca, siendo como lo vuelve a ser hoy día, afluente del Segre y correspondiéndole un primer aluvionamiento (correlacionable con la T8 del Cinca) detectado entre Alguaire y Alpicat (datos obtenidos por los presentes autores en la vecina hoja de Balaguer).

La evolución geomorfológica de la mitad occidental de la hoja, a partir del depósito de la T8, ha estado dominada por un progresivo desplazamiento e incisión del Cinca en dirección ENE-OSO y sentido hacia el oeste hasta alcanzar su posición actual, en la que aún continúa con la misma tendencia. Aunque tanto el desplazamiento como la incisión, son, contemplados en su conjunto, procesos lineales (un valle cada vez más occidental y más incidido), ambos procesos no han sido continuos sino que se han producido de forma intermitente, alternando episodios de estabilización del cauce en los que este divagaba lo largo y ancho de una franja de determinada anchura, dando lugar a los depósitos de las distintas terrazas, con otros episodios de erosión e incisión.

En lo que se refiere a la mitad oriental de la hoja, y admitiendo la hipótesis expuesta más arriba sobre la atribución de la terraza (T7), situada al N de Valonga al río Noguera-Ribagorzana y su correlación con la de Almacelles, posiblemente se tendría una situación durante el depósito de la T7, en la cual el Noguera-Ribagorzana divagaba por un amplio valle que ocupaba gran parte del centro y oeste de la hoja, discurriendo según una línea media de dirección NE-SO (paralela a la actual del Segre) y desembocando en el Cinca. Muy probablemente la captura del Noguera-Ribagorzana por el Cinca se habría realizado en una etapa anterior al depósito de la T7 y posterior al depósito de la T9. La razón para aducir esto último es que, en la vecina hoja de Balaguer, entre el primer aluvionamiento ya citado (Alguaire-Alpicat, T9) y la terraza de Almacelles (T7), existe una terraza intermedia (extendida entre Almenar y Raymat, T8) que penetra mínimamente por la esquina SE de la presente hoja y que probablemente se correspondería con otra supuesta terraza del Cinca, que estaría situada a similar altura (y a una cota sobre este río de unos 170 m) y que habría sido totalmente erosionada (ello justificaría, de paso, la gran diferencia de altura -del orden de 50 m- existente entre las T9 y T7 del Cinca). Pues bien, del hecho del escalonamiento en sentido descendente, de las terrazas T9 y T7 del Noguera-Ribagorzana puede inferirse que al menos desde la etapa correspondiente a la T8 de este río y hasta el término de la T7, el mismo ya se estaba desplazando en dirección ONO-ESE y sentido hacia el oeste, es decir, el mismo sentido en el que lo hacía el Cinca durante esa misma etapa.

Posteriormente al depósito de la T7 debió ocurrir la recapturación del Noguera-Ribagorzana por el Segre, experimentando el primero un giro de 90° con respecto a su posición inmediatamente anterior y abandonando, de ese modo, definitivamente, el territorio de la hoja de Almacelles, aunque dejando un testigo de su anterior presencia, el Arroyo de la Clamor, heredero del antiguo cauce del Noguera-Ribagorzana.

A partir de este momento (etapa T6 en adelante) comienza la incisión y desmantelamiento por el Arroyo de la Clamor y sus tributarios de toda la parte centro-oriental de la hoja, empezando por los depósitos de la T7 (Almacelles-Valonga) y siguiendo por el Terciario infrayacente. Mientras que en la parte occidental de la hoja, la incisión y desmantelamiento del Terciario por el río Cinca resulta parcialmente compensada con los extensos y potentes depósitos de las terrazas (T6 a T0) que ejercen, además, un papel fosilizador del Terciario, protegiéndolo de la erosión (principalmente gracias a la cementación de las partes inferiores de las terrazas o *point-bars*) en las partes central y oriental de la hoja, no existe esta posibilidad de compensación (los depósitos del Arroyo de la Clamor son irrelevantes comparados con los que aportaba el antiguo Noguera-Ribagorzana), de tal modo que los procesos de erosión e incisión son predominantes extendiéndose rápidamente por todo el área, sobre todo una

vez que la T7 del Noguera-Ribagorzana fuese totalmente desmantelada, generalizándose la exhumación de los materiales terciarios arcilloso-limosos, mucho más deleznable.

No obstante lo anterior, el proceso de erosión en las partes central y oriental de la hoja no fue lineal, sino que alternó con etapas de depósito representadas por los diversos niveles de glaciares de cobertura (el más desarrollado de los cuales parece ser el 17) que, a su vez, protegieron de la erosión al Terciario infrayacente, aunque en menor medida (debido a su litología, en general menos resistente a la erosión, y a su menor potencia), que lo ejercían las terrazas del Cinca (o que lo ejerce aún hoy día, la terraza de Almacelles).

La situación anterior en las distintas partes de la hoja se ha mantenido hasta el Holoceno. En tiempos probablemente históricos, se ha producido una regularización general de las vertientes con la formación de depósitos de ladera. Actualmente domina la erosión en las laderas y valles fluviales.

3.2.6. **Procesos actuales y tendencias futuras**

El carácter climático actual de la zona de estudio hace que los procesos fluviales sean los más importantes en lo que a morfogénesis se refiere.

No han sido observados movimientos de ladera del tipo de deslizamientos en masa que merezcan resaltarse.

El proceso actual más activo es pues la dinámica fluvial. Desde el punto de vista acumulativo se han producido en los últimos años algunos aluvionamientos importantes, coincidiendo con épocas de intensas precipitaciones. La crecida brusca del caudal del Cinca ha provocado la inundación de las terrazas bajas y el depósito de limos y arcillas en las riberas de los ríos. El escaso encajamiento del Cinca en su terraza más baja (T0) favorece este tipo de procesos esporádicos pero de gran incidencia en las actividades agrícolas de la zona correspondiente al ángulo SO de la hoja.

En cuanto a los procesos erosivos existe una relación directa con la litología de los materiales aflorantes y con la pendiente. Como ya se ha indicado, los depósitos de terraza y, en menor medida, de glaciares, ejercen un papel protector de los materiales terciarios mucho más rápidamente erosionables, por lo cual, con una simple ojeada al mapa de la hoja, se deduce enseguida que la erosión dominante se centra actualmente en las partes central y oriental de la misma (donde predominan los afloramientos terciarios) tal como ha venido ocurriendo probablemente desde el Plioceno medio.

En relación con esta mayor importancia y velocidad de la erosión en la cuenca de drenaje del arroyo de la Clamor (partes central y oriental de la hoja), es importante poner de manifiesto la pequeña magnitud, tanto en altura (del orden de 10 m o incluso menor) como en proyección horizontal (del orden de 200 m o incluso menor), del relieve por cuya cima corre la divisoria hidrográfica de las cuencas del Cinca y del Arroyo de la Clamor, en relación con lo cual puede preverse una posible y futura captura entre ambos. Sobre cual sería el sentido de dicha captura, parece haber un principio más elemental en favor que de un desplazamiento del

Cinca hacia el Arroyo de la Clamor, principalmente por las razones ya aludidas de una mayor aceleración actual de la erosión en la cuenca de este último, así como por la dirección NO-SE que tienen los tributarios de la margen derecha del arroyo de la Clamor y el sentido ascendente hacia la cabecera (en dirección hacia Monzón) del Cinca que presenta estos últimos. La erosión remontante en la cabeza del Arroyo de la Clamor, excavando estos materiales lábiles, puede en un futuro no lejano, llegar a producir también otra captura relevante, la del Noguera Ribagorzana. De esta forma dejaría de ser tributario del río Segre, vertiendo sus aguas en dirección NE-O hacia el Cinca. Es fácil deducir en tales supuestos, la trascendencia que esas capturas tendrían en la situación erosiva de las partes central y oriental de la hoja.

4. HISTORIA GEOLOGICA

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

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

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

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

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Almacelles pertenecen al Oligoceno superior (Chattiense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno inferior (Ageniense). Estos sedimentos se han dividido en tres unidades genético sedimentarias descritas en el capítulo de Estratigrafía, de muro a techo: unidad Torrente de Cinca, unidad Galocha y unidad Sariñena.

Entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior este sector de la cuenca del Ebro estaba ocupado por un gran sistema de abanico aluvial, cuya área fuente se encontraba al norte. Dentro de este gran sistema la mayor parte de los sedimentos que se preservaron corres-

ponden a depósitos de llanura aluvial y de desbordamiento; en menor proporción se conservaron los depósitos de los canales distributarios, que tenían carácter meandriforme. En las áreas más cercanas al centro de la cuenca (esquina suroccidental de la hoja) el reducido aporte de material detrítico permitía la existencia de áreas deprimidas ocupadas por lagos semi-perennes, donde se depositaron carbonatos. Un aumento de la tasa de erosión producida por el rejuvenecimiento del área fuente por efecto de la tectónica compresiva o por un cambio climático, u otra causa provocaba invasiones periódicas de las áreas lacustres por sedimentos detríticos aluviales; desplazando los lagos hacia el centro de la cuenca.

A partir del Mioceno inferior y hasta el Cuaternario no existe registro sedimentario. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación, bajo un régimen deposicional de características similares, debió prolongarse hasta el Mioceno Medio por lo menos.

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

En el tránsito Mio-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, de carácter endorreico, el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de transporte y erosión exorreico hacia el Mediterráneo, representa el mayor cambio en las condiciones sedimentarias de la región.

Las primeras etapas de este vaciado erosional quedan señaladas por la presencia de costros carbonatadas y depósitos detríticos conservados en lo alto de algunos relieves calcáreos de la Cuenca: La Plana y La Muela de Zaragoza, la Plana Negra y Montes de Castejón, destacando las culminaciones de la Sierra de Alcubierre (San Caprasio y Monte Oscuro con 812 m) como relieve residual previo a estas primeras etapas. La edad de esta primera etapa deposicional es incierta y ha sido considerada como final del Plioceno o comienzo del Pleistoceno (ZUIDAM, 1976) o como Plioceno (GRACIA *et. al.*, 1985).

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

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

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

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

Los recursos que se encuentran en la hoja de Almacelles, están constituidos por productos arcillosos extraídos en su mayor parte de depósitos miocenos.

Las explotaciones, que se desarrollan siempre a cielo abierto aprovechan uno o dos bancos arcillosos a lo largo de frentes de orden decamétrico y con escarpes de orden métrico.

El destino de los materiales extraídos es básicamente el sector de la construcción, en forma de productos cerámicos o como aglomerantes.

En el cuadro 1 se resumen las características de las explotaciones localizadas en la hoja.

5.2. HIDROGEOLOGIA

5.2.1. Climatología

El clima dominante en la hoja, según la clasificación climática de Papadakis, es mediterráneo seco, semiárido, la temperatura media es del orden de los 14,7° C con medias invernales de 2 a 4° C alcanzándose los máximos en Julio y Agosto.

La diferencia térmica existente entre el Cantábrico y el Mediterráneo es la causa del “cierzo”, viento de componente NO dominante en toda la cubeta central del Ebro, en la cual se encuentra situada la hoja. La pluviometría media anual es del orden de los 400 mm, superando apenas la máxima los 400 (418 mm en la estación 9921). Las precipitaciones presentan dos máximos, uno en otoño y otro en primavera y un mínimo relativo en invierno.

CODIGO	NOMBRE	COORDENAD. UTM	TERMINO MUNICIPAL	SUSTANCIA	MORFOLOGIA	LABORES	OBSERVAC.
1 (28)	—	266.2 4631.6	Binaced (Huesca)	Arcilla	—	Cantera	Activa
2 (6)		263.9 4621.8	Albalate de Cinca (Huesca)	Arcilla	—	Cantera	Activa
3 (202)		279.0 4629.3	Tamarite de Litera	Arcilla	—	Cantera	Abandonada
4	JULIA	269.460 4626.550	Belver (Huesca)	Arcilla	—	Cantera	Activa

5.2.2. Hidrología

Las aguas superficiales de la hoja son tributarias del río Cinca, afluente del río Segre, ambos ríos están regulados en el cauce del Ebro por el embalse de Ribarroja de 291 Hm³ de capacidad. La aportación media real del río Cinca a la estación del MOPU n° 17 (Fraga), la más próxima a la hoja, situada al sur de la misma, es de 2.610 Hm³/año y el caudal característi-

co medio de las medias diarias es de 83 m³/año. Esta estación controla prácticamente la totalidad de la cuenca (9.612 km²); los valores que se dan son orientativos ya que está regulada en parte por los embalses El Grado y Barahona, existiendo además numerosas tomas de canales.

La facies química general de las aguas superficiales es bicarbonatada clorurada-cálcica. El uso de las mismas es casi exclusivamente para la agricultura.

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 Cinca, el cual pertenece al sistema acuífero nº 62 (Terrazas aluviales del Ebro) dando lugar al subsistema 62-9. Litológicamente está constituido por gravas, arenas y limos, variando su espesor entre 8 y 10 metros. Su distribución es longitudinal al río Cinca.

La recarga del acuífero se debe a las aportaciones de los ríos, reciclajes de riegos y aportaciones laterales (28 Hm³/año) y a la infiltración del agua de lluvia (3 Hm³/año). La descarga (31 Hm³/año) se realiza por el río y a través de pozos y sondeos.

El cuaternario aluvial del río Cinca es un acuífero libre, cuya base impermeable son las arenas, arcillas y margas terciarias. La dirección de flujo se establece paralela a la circulación superficial y en la misma dirección.

El 90% de las aguas subterráneas se emplean en riegos, el resto es usado para abastecimientos de pequeños núcleos de población. De los escasos puntos que en esta hoja explotan el Cuaternario, se dan sus características principales en el cuadro 1.

La facies de las aguas subterráneas es bicarbonatada sulfurada cálcica, con conductividades entre 1.000 y 1.675 µmhos/cm, siendo el residuo seco variable entre 831 y 1.482 mg/l, lo que indica agua dulce a poco dulce.

5.2.3.2. *Otros posibles acuíferos*

En la hoja afloran materiales cuaternarios (glacis, coluviales, terrazas) y terciarios. El interés hidrogeológico de los cuaternarios es escaso, debido al poco espesor, estar colgados y tener un drenaje rápido a través de surgencias condicionadas por la pluviometría.

En el Terciario solo se encuentran pequeños acuíferos asociados a los tramos más permeables de las facies detríticas, los cuales presentan escaso interés hidrogeológico y a nivel muy local, ya que el pequeño espesor de los tramos, su escasa permeabilidad y el grado de aislamiento hacen que la recarga sea muy limitada.

NUMERO DE REGISTRO	NATURALEZA (1)	PROFUNDIDAD DE LA OBRA (metros)	NIVEL PEZOMETRICO M.S.N.M. (fecha)	CAUDAL l/mg (fecha)	TRNSMISIVIDAD m ² /dia	LITOLOGIA ACUIFERO (2)	ACUIFERO (3)	CONDUCTIVIDAD mhos/cm	RESIDUO SECO gr/l	USOS DEL AGUA (4)	ORIGEN DOCUMENTACION	FECHA ORIGEN DE LOS DATOS GENERALES	OBSERVACIONES	
3114/5/1	P	12				Are-Gr	62-9			R	ITGE	1987		
3114/5/2	P	5				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3141/5/5/3	P	5				Are-Gr	62-9	14-10		R	ITGE			
3114/5/4	P	6				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/5	P	6				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/6	M	-				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/7	P	6,7				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/8	P	5,2				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/9	P	6				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/10	P	6,5				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/11	P	6,5				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/12	P	6				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/13	P	4				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/14	P	6				Are-Gr	62-9			R	ITGE			
3114/5/15	P	6				Are-Gr	62-9			R	ITGE			

(1) M= Manantial; (2) Are= Arenas; Do= Dolomías; (3) N° del PIAS (4) A= Abastecimiento; C= Desconocido;
P= Pozo; Gr= Gravas; Y= Yesos; R= Regadío; O= No se usa
S= Sondeo; Cg= Conglomerados; Ar= Arcillas; I= Industrial;
G= Galería; Ca= Calizas; Li= Limos G= Ganadería;

Cuadro 1. Características principales de los puntos de agua de la Hoja.

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

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

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

AREA I:

Comprende los depósitos terciarios fundamentalmente detríticos de la depresión presomontana.

Zona I₁

Litológicamente compuesta por areniscas, arcillas y limos carbonatados con paleocanales. Eventualmente aparecen intercalaciones de calizas y margas, principalmente a techo. A esta zona pertenecen las unidades cartográficas 1, 2, 3, 4 y 5.

Este grupo está constituido por capas y bancos subhorizontales.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente debido a la baja permeabilidad y a la topografía poco favorable. Este mal drenaje puede ocasionar riesgos de encharcamiento.

La disposición horizontal facilita el ripado, pero este es solo posible en los bancos margosos.

Presenta una capacidad de carga media-alta, siempre que las cimentaciones se apoyen en los niveles más duros.

La estabilidad de laderas y escarpes es deficiente sobre todo por desprendimiento de bloques, debido a la erosión diferencial sobre los bancos más blandos.

El riesgo de aterramiento es también elevado.

Zona I₂

Está constituida por areniscas y limos rojos. Comprende la unidad cartográfica 6.

Su disposición estructural es subhorizontal.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente, aunque algo mejor que en el caso anterior, debido a la ausencia de tramos margosos, lo que da una cierta permeabilidad a la formación.

Esta formación no es ripable.

Presenta una capacidad de carga media-alta.

El riesgo de desprendimiento de laderas y escarpes así como el de aterramiento es bajo.

AREA II

Incluye todas las formaciones correspondientes a los distintos glacis presentes en la hoja, así como los depósitos coluviales y de conos de deyección.

Zona II₁

Está compuesta por gravas, arenas, limos y arcillas de glacis antiguos. Comprende las unidades cartográficas 13 y 15.

Morfológicamente se disponen en planicies colgadas con suave pendiente.

Presentan una cierta permeabilidad por lo que el drenaje será tanto por infiltración como por escorrentía.

Esta formación es perfectamente ripable.

Zona II₂

Está compuesta por gravas, arenas, limos y arcillas de glacis recientes. Comprende las unidades cartográficas 17 y 19.

Sus características morfológicas y geotécnicas son semejantes a las de la Zona II₁.

Zona II₃

Comprende los limos y arcillas con cantos del glacis subactual (derrames). Esta zona corresponde a la unidad cartográfica 21.

Se trata de un depósito que se dispone en una planicie con pendiente muy suave.

AREA	ZONA	UNIDAD CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA MORFOLOGIA	PERMEAB.	DRENAJE	CAPAC. DE CARGA	RIPABIL.	RIESGOS GEOLOGICOS						
									Erosión	Desprend. laderas escarpes	Aterram.	Disoluc. Hundim.	Inundac. nivel frenético	Agresiv. cemento	Asientos diferenc.
I	I-1	1, 2, 3, 4, 5	Areniscas, arcillas y limos carbonat. con paleocanales. Eventualmente calizas y margas en techo	Subhorizontal	Sp-I	E+I	M	R-NR	A	M (por erosión diferenc.)	A	B	A (mal drenaje)	B	B
	I-2	6	Areniscas y limos rojos	Subhorizontal	Sp	E+I	M-A	NR	M	B	B	B	B	B	B
II	II-1	13, 15	Gravas, arenas, limos y arcillas de glaciés antiguos	Colgados en planicies con suave pendiente	P-Sp	E+I	M-A	NR	M	B	B	B	B	B	M
	II-2	17, 19	Limos y arcillas con cantos de glaciés recientes	Planicie con pendiente suave	P-Sp	E+I	M	R	B	B	M	B	B	B	M
	II-3	21	Limos y arcillas con cantos de glaciés subactual	Planicie con pendiente suave	Sp	E	M	R	B	B	M	B	B	B	M
	II-3	25, 26, 27	Limos y arcillas con o sin cantos, bloques y arenas de conos de deyecciones y coluviales	Pendientes medias	Sp	E+I	M+B	R	B	B	A-M	B	B	B	M

Cuadro resumen de las características geotécnicas de los materiales de la hoja de Almacelles (I).

AREA	ZONA	UNIDAD CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA MORFOLOGIA	PERMEAB.	DRENAJE	CAPAC. DE CARGA	RIPABIL.	RIESGOS GEOLOGICOS						
									Erosión	Desprend. laderas escarpes	Aterram.	Disoluc. Hundim.	Inundac. nivel freático	Agresiv. cemento	Asientos diferenc.
III	III-1	7, 8, 9, 10, 11, 12, 14	Gravas y arenas bien cementadas. Limos y arcillas de terrazas altas y medias	Colgadas en superficies horizontales sucesivamente o encajadas	P	I	M (T. Medias) A (T. altas)	R	B	M (T. Medias) A (T. altas)	A (T. Medias) B (T. altas)	B	B		M (T. Medias) B (T. altas)
	III-2	16, 18	Gravas, arenas, limos, y arcillas de terrazas bajas	Superf. horiz. encajadas en terrazas medias y colgadas sobre terraza inferior	P	I	M	R	B	B	A	B	M	B	M
	III-3	20, 22, 23, 24	Gravas, arenas, limos y arcillas de la terraza inferior, aluvial, barras y llanura de inundación	Horizontal. Son las cotas más bajas	P	I+E	B	R	A	B	A	B	A	B	M-A

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

Cuadro resumen de las características geotécnicas de los materiales de la hoja de Almacelles (II).

Su permeabilidad es escasa por lo que el drenaje será principalmente por escorrentía, favorecido por la suave pendiente.

La formación es ripable en su totalidad, y presenta cierto riesgo de aterramientos procedentes de los niveles de terrazas y glacis superiores.

Zona II₄

Agrupar a los depósitos de limos y arcillas con o sin cantos, bloques y arenas de conos de deyección, aluviales y coluviales. Esta zona engloba las unidades cartográficas 25, 26 y 27.

Son depósitos que se disponen con una cierta pendiente al pie de zonas elevadas, y depósitos de curso actual del río Cinca.

Son formaciones permeables a semipermeables debido a la presencia de arcillas. 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.

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

AREA III

Comprende todas las formaciones correspondientes a los distintos niveles de terrazas, a la llanura de inundación, aluvial y depósitos de barras presentes en el mapa.

Zona III₁

Está compuesta por las gravas y arenas bien cementadas, limos y arcillas de las terrazas altas y medias del río Cinca. Comprende las unidades cartográficas 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 14.

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 en las terrazas medias, mientras en las terrazas altas es mayor, debido a su cementación. El riesgo de asentamientos diferenciales será previsiblemente medio en las terrazas medias y bajo en las altas.

La unidad en su conjunto es perfectamente ripable, si bien pueden presentar cierta resistencia las terrazas altas por su cementación.

El riesgo de desprendimientos y aterramientos varía también en función del nivel de terrazas. Las terrazas más altas presentan alto riesgo de desprendimiento, ya que quedan totalmente aisladas en forma de cerro testigo, rodeados en muchos casos de coluviones. En las terrazas medias este riesgo se reduce. El riesgo de aterramientos, por el contrario, es mayor en las terrazas medias.

Zona III₂

Litológicamente compuesta por gravas, arenas, limos y arcillas de las terrazas bajas del río Cinca. Comprende las unidades cartográficas 16 y 18.

Morfológicamente se dispone en superficies horizontales encajadas en las terrazas medias y colgadas sobre la terraza inferior.

Son formaciones muy permeables, con buen drenaje profundo.

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

Este grupo es perfectamente ripable.

El riesgo geológico se concreta principalmente en un elevado riesgo de aterramientos y ciertas posibilidades de inundación por subida del nivel freático.

Zona III₃

Son gravas, arenas, limos y arcillas de la terraza inferior, aluvial, depósitos de barras y llanura de inundación del río Cinca. Comprende las unidades cartográficas 20, 22, 23 y 24.

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

Son terrenos permeables, sin embargo, presentan un mal drenaje profundo y superficial, originado por su topografía de llanura, la presencia de margas subyacentes, las subidas del nivel freático y las avenidas del curso del río. Esto produce importantes riesgos de encharcamiento e inundabilidad.

La capacidad de carga es previsiblemente baja.

Este grupo es ripable en toda su extensión.

El riesgo geológico se concreta principalmente en los riesgos de: erosión, presumiblemente alto debido a la divagación y crecidas del curso actual del río Cinca, aterramientos, provenientes de los niveles de terrazas superiores y asientos diferenciales, además del citado riesgo de inundación y encharcamiento.

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

La hoja de Almacelles se sitúa en el sector centro-septentrional de la Depresión del Ebro. La edad de los materiales que afloran en el área son Oligoceno superior y Mioceno inferior, más antiguo que en el sector central. El modelado en mesas debido a la preservación del Terciario por depósitos de terrazas encostradas y el carácter de los materiales fácilmente erosionables, condicionan los puntos de interés seleccionados.

Aunque se hayan seleccionado cinco P.I.G. de carácter tectónico, geomorfológico y sedimentológico, se han considerado como más representativos en relación con otras hojas estudiadas, los procesos erosivos que tienen lugar. Conviene destacar que la selección se ha realizado utilizando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER *et al.*, 1984).

Se ha seleccionado tan solo un punto de interés geológico, sin embargo puede considerarse extensivo para toda la zona que abarca la hoja.

P.I.G. nº 1

Se trata de importantes incisiones en materiales terciarios producidos por la dinámica torrencial. Los materiales altamente lábiles de esta parte de la Cuenca, combinados con el carácter del clima (semiárido) y la falta de cobertera vegetal, son los causantes de la fuerte tasa de erosión existente y del peculiar paisaje del área.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J., CABRERA, L., ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988). A late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro basin (NE Spain): A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* Vol. 18 (2), pp. 81-97.
- ALBERTO, F., GUTIÉRREZ, M., IBÁÑEZ, M. J., MACHÍN, J., MELÉNDEZ, A., PEÑA, J. L., POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ, J. (1983). El piedemonte pliocuaternario en el sector Central pirenaico (Huesca y Lérida). *Geografalía*, 18, p. 109-126.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ-MÁRTINEZ, N.; VAN DER MEULEN, A. J.; SESE, C. y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* 8, 259-271.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LL. y HARTENBERGER, J. L. (1987). Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i evolució*, 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.
- BOMER, B. (1978). *Le bassin de l'Ebre et ses bordures montagneuses. Etude Géomorphologique. Thèse Doctorat. Univ de Caen.* 3 t., 602 p. (Inedita). Resumen publicación: *Mediterranée*, 36/3, pp. 96-97.
- BOMER, B. (1979). Les piedemonts du Bassin de l'Ebre (Espagne). *Mediterranée*, 36(3), 19-25.
- CALVET, J. (1980). *Relaciones entre la evolución geomorfológica cuaternaria de la Depresión Central Catalana (Segarra y Plá D'Urgell) y del Valle del Segre.* 102 p. Fundación J. March. Madrid (Ined.)
- CHEVALIER, M. (1928). El paisaje de Cataluña. *Ed. Barcino*, 198, p. Barcelona.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., ARAMBURU, M. P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEYAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., CLARIS, G., GONZÁLEZ, S., LACOMBA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTERO, S., RAMOS, A. y SAINZ DE OMEÑACA, M.G. (1984). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA nº 3*, MOPU, Madrid, 572 p.
- CRUSAFONT, M., RIBA, O. y VILLENA, J. (1966). Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Santa Cilia (Río Formiga; provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas. *Notas y Comun. IGME nº 83*, pp. 7-14.

- CUENCA, G. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. I Congreso del grupo Español del Terciario. *CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. I Congreso del grupo Español del Terciario. *CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G.; AZANZA, B.; CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito). ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- FERRER, J. (1971). El Paleoceno y el Eoceno del borde Sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleont.*, V. 90, 70 p.
- GRACIA, J., GUTIÉRREZ, M. y SANCHO, C. (1985). Las etapas terminales del Neógeno-Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Plana Negra (provs. de Zaragoza y Navarra). Consideraciones morfogenéticas. *Actas de la I Reuniao do Quaternario Iberico*. II Lisboa pp. 367-379.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranínifera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranínifera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito). IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- JEN. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníniferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).

- JEN. (1977b). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- JEN. (1979-81). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- MARTÍNEZ PEÑA, M. B. y POCOVÍ, A. (1988). Amortiguamiento frontal de la estructura surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer. *Acta Geológica Hispánica*, 23(2), pp. 81-94.
- MENSUA, S. e IBÁÑEZ, M.J. (1977). Sector central de la Depresión del Ebro. *Mapa de terrazas fluviales y glaciales*. III Reunión Nacional Grupo Trabajo Cuaternario, 18 p., 5 mapas. Zaragoza
- MENSUA, S. e IBÁÑEZ, M. J. (1977-1978). Correlación entre glaciares de acumulación y terrazas fluviales: las terrazas fosilizadas del Gállego y Cinca. Un nuevo modelo de interpretación. *Geographica*. XIX-XX. 191.203. C.S.I.C. Madrid.
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. RCMNS Working groups. Bratislava, pp. 78-81.
- PANZER, W. (1926). Talentwicklung und Eisszeitklima in nordöstlichen Spanien. *Abh. Der Sencken. Natur. Geseelschaft*, t. 39 (3), Frankfurt. (Trad. esp. de C.V.: El desarrollo de los valles y el clima de la época cuaternaria en el NE de España. *Est. Geográficos* n° 30, pp. 79-130. Madrid, 1948).
- PANZER, W. (1933). Die Entwiklung der Täler Kataloniens. *Assoc. Et. Géol. Médit. Occidentale*, 3 (21) (III partie), 36 p. Barcelona.
- PEÑA, J. L. (1983). *La Conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana. Estudio Geomorfológico*. Inst. Est. Ilerdienses. 373 p. Lleida.
- PEÑA, J. L. (1988). *Las acumulaciones cuaternarias de los Llanos leridanos. Aspectos generales e itinerarios de campo*. Inst. Est. Ilerdienses. 81 p. Lleida.
- PEÑA, J. L. y SANCHO, C. (1988). Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provs. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 2 (1-4), pp. 77-83.
- QUIRANTES, J. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Tesis Doctoral. Univ. Granada. Pub. por Institución "Fernando El Católico" (CSIC) Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 pp.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe n° 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).

- RIBA, O. (1976). Tectogenèse et Sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª serie)*. Section 1, nº 4, pp. 383-401, 12 figs.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, T.2, I.G.M.E., pp. 131-159.
- RODRIGUEZ, J. (1986). *Geomorfología de las Sierras Exteriores oscenses y su piedemonte*. Inst. Est. Altoaragoneses. 172 p. Huesca.
- SANCHO, C. (1985). El piedemonte pliocuaternario en la región del Cinca (provs. de Huesca y Lérida): depósitos y evolución. *I Reuniao do Quaternario. Iberico*. II, pp. 381-392. Lisboa.
- SANCHO, C. (1986). Geomorfología de la región Albalate de Cinca-Candasnos (prov. de Huesca). *Cuad. Inv. Geográfica*. Tomo 12, pp. 39-58. Logroño.
- SANCHO, C. (1988). *Geomorfología de la Cuenca Baja del río Cinca*. Tesis Doctoral Fac. Ciencias Univ. Zaragoza 743 p. (inéd).
- SANCHO, C., GUTIÉRREZ, M., PEÑA, J. L. y BURILLO, F. (1988). A quantitative approach to scarp retreat starting from triangular slope facets (Central Ebro Basin, Spain). *Catena Suppl.*, 13, p. 139-146.
- SIMÓN, J. L. (1989). "Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain)". *Journal of Structural Geology*, vol. 11., nº 3, pp. 285-294.
- SIMÓN, J. L.; GIL PEÑA, I. y CASAS, A. (1989). La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la Cuenca del Ebro. *II Reunión Cuaternario Ibérico*, Madrid. Resúmenes, pp. 56.
- SOLE, L. (1946). Problemas morfológicos del llano de Lérida. *Ilerda*, nº VI, pp. 7-22.
- SOLE, L. (1953a). Terrazas cuaternarias deformadas de la cuenca del Ebro. *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona*. XXXI (7), pp. 239-259.
- SOLE, L. (1953 b). El piedemonte de Lérida y las terrazas deformadas de sus ríos. *Ibérica*, 18, 425-428 439. Barcelona.
- SOLE, L. y FONT, J. M. (1929). Las terrazas del Segre en las inmediaciones de Lérida. *Publ. Inst. Geol. y Topogr. Diput. Prov. Barcelona*, II, 7 p. Barcelona
- SOLE, L y LLOPIS, N. (1946). Mapa Geológico de España escala 1:50.000. Hoja nº 360 (Bellvis). I.G.M.E., 54 p. Madrid.
- ZUIDAM, R. A. van (1976). *Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain*. Int.Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC), 211 p. Enschede.

