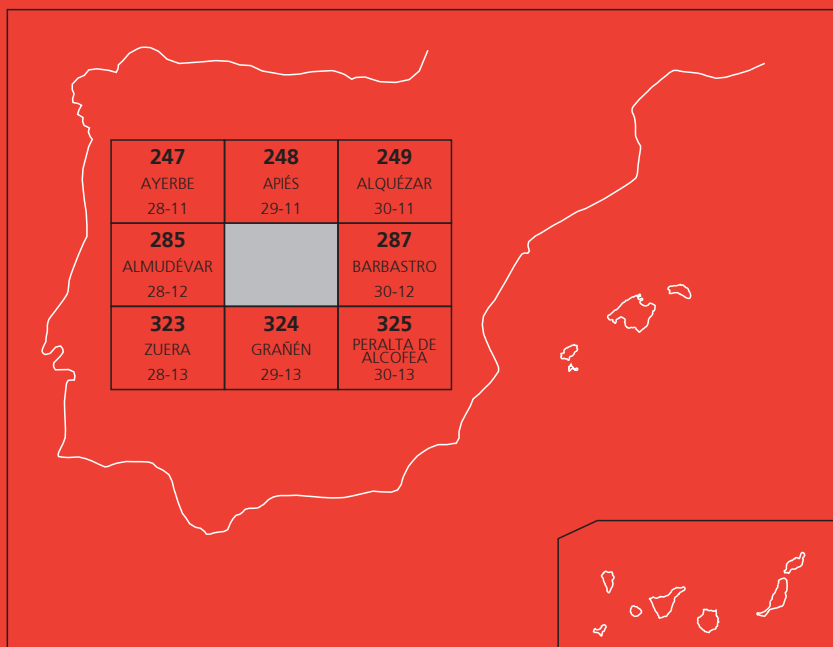




MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



HUESCA

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

HUESCA

Ninguna parte de este libro y mapa puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotocopias, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editor.

© Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid
www.igme.es
NIPO: 728-14-018-0
ISBN: 978-84-7840-945-7
Depósito legal: M-35944-2014

Fotocomposición: Caramap Cartografía S. L.
Impresión: Copysell, S. L.

Las presentes Hoja y Memoria (Huesca-286), han sido realizadas a partir de un Proyecto por Administración del Instituto Geológico y Minero de España, con normas, dirección y supervisión del I.G.M.E, habiendo intervenido los siguientes técnicos:

Mapa Geológico

- A. Teixell Cácharo y J. García-Sansegundo (IGME)

Mapa Geomorfológico

- A. Teixell Cácharo y J. García-Sansegundo (IGME)

Memoria

- A. Teixell Cácharo (IGME)

Hidrogeología

- E. Antonio Garrido Schneider (IGME)

Dirección y supervisión

- A. Barnolas Cortinas (IGME)

Edición

- G. Romero Canencia (IGME)

- L. F. Miguel Cabrero (IGME)

Í N D I C E

	<u>Pag.</u>
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA	7
1.2. ANTECEDENTES.....	7
2. ESTRATIGRAFÍA.....	7
2.1. Terciario	8
2.1.1. Areniscas y lutitas (facies tipo Sariñena) (1). Ageniense	8
2.1.2. Lutitas con niveles canaliformes de arenisca y calizas (2). Ageniense ...	10
2.1.3. Lutitas, calizas y areniscas finas (facies de la Galocha) (3). Ageniense ..	11
2.2. CUATERNARIO	12
2.2.1. Gravas (4). Niveles aluviales altos, terrazas	12
2.2.2. Gravas , arenas y lutitas (5). Terrazas colgadas. Gravas y lutitas (6 y 8). Glacis colgados y glacis	12
2.2.3. Gravas, arenas y lutitas (7). Terrazas bajas; Limos y cantos (9). Aluvial-coluvial.....	12
2.2.4 Gravas, arenas y limos (10). Fondo de valle, llanura aluvial, barras y "valés"	12
3. TECTÓNICA	13
4. HISTORIA GEOLÓGICA.....	13
5. GEOMORFOLOGÍA	14
5.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	14
5.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	15
5.2.1. Estudio morfoestructural	15
5.2.2. Estudio del modelado	
5.2.2.1. Laderas	16

	Pag.
5.2.2.2. Formas fluviales	16
5.2.2.3. Formas poligénicas.....	16
5.2.2.4. Formas antrópicas.....	19
5.3. FORMACIONES SUPERFICIALES.....	19
5.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA (HISTORIA GEOMORFOLÓGICA).....	22
5.5. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	23
6. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	24
6.1. RECURSOS MINERALES.....	24
6.2. HIDROGEOLOGÍA.....	24
6.2.1. Climatología.....	24
6.2.2. Hidrología	24
6.2.3. Características hidrogeológicas.....	25
6.2.3.1. Sistema Hidrogeológico Terciario Continental	25
6.2.3.2. Sistema Hidrogeológico Pliocuaternario.....	25
7. BIBLIOGRAFÍA.....	28

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La Hoja de Huesca se halla en la parte central de la provincia de Huesca incluyendo la capital de provincia, población que da nombre a la Hoja. Desde el punto de vista geológico, se encuentra en la parte septentrional de la cuenca del Ebro, cuenca de antepaís meridional de la Cordillera Pirenaica. El frente meridional de dicha cordillera, representado por la alineación montañosa de las Sierras Exteriores aragonesas, se halla unos 10 km al N del límite septentrional de la Hoja.

Los materiales que afloran en la Hoja son de edad terciaria y cuaternaria, correspondientes a depósitos de origen continental. Los depósitos terciarios están constituidos fundamentalmente por lutitas y areniscas de origen fluvial y procedencia pirenaica. Estas facies son dominantes en la parte oriental de la Hoja, y hacia los afloramientos más occidentales pasan a facies distales más finas con capas de caliza, de origen fluvio-lacustre. Los depósitos cuaternarios son arealmente muy importantes, y están constituidos por gravas, arenas y lutitas. Su origen es fluvial (terrazas de los principales ríos) y poligénico (glacis y fondo de valle).

Desde el punto de vista geomorfológico, el área abarcada por la Hoja se caracteriza por relieves suaves y de poca altitud. La parte central de la Hoja, prácticamente llana, constituye la denominada Hoya de Huesca, drenada por los ríos Isuela y Flumen y objeto de una intensa actividad antrópica. Esta zona deprimida está flanqueada al O y al E por los terrenos más montañosos de la sierra de la Galocha y de Loporzano-Piracés, que culminan en altitudes en torno a los 600 m.

1.2. ANTECEDENTES

Los materiales terciarios del sector septentrional de la cuenca del Ebro fueron objeto de estudio por parte de QUIRANTES (1969, 1978), que esbozó el marco estratigráfico general y definió varias formaciones. La realización de la Hoja de la primera serie del Mapa Geológico a escala 1:50.000 debe a LARRAGÁN y CASTELL (1952), que diferenciaron una única unidad estratigráfica terciaria. Posteriormente, los aspectos sedimentológicos de las unidades aflorantes fueron analizados por HIRST (1983) y FRIEND *et al.* (1989). Recientemente, ÁLVAREZ SIERRA *et al.* (1987, 1990) han estudiado el contenido paleontológico de mamíferos en los afloramientos de la sierra de la Galocha, estudio en el que se basan en gran parte las atribuciones de edad de los materiales terciarios.

En lo que respecta a las formas y depósitos cuaternarios, el antecedente principal corresponde a RODRÍGUEZ VIDAL (1986), que realizó un estudio geomorfológico extenso del piedemonte pirenaico oscense. De todos estos trabajos se dará referencia en los capítulos temáticos correspondientes.

2. ESTRATIGRAFÍA

En la Hoja de Huesca han sido diferenciados dos conjuntos litológicos principales: por una parte los materiales atribuidos al terciario, constituidos por lutitas, areniscas y niveles delgados de calizas, y por otra parte las formaciones superficiales del cuaternario, constituidas

por gravas, arenas y lutitas, en general poco consolidadas. En la descripción que sigue a continuación se describen las unidades diferenciadas en la cartografía, con una ordenación de más antigua a más moderna.

2.1. TERCIARIO

Los materiales terciarios que afloran en la Hoja de Huesca constituyen en parte la denominada formación de areniscas y lutitas de Sariñena por QUIRANTES (1969, 1978). Hacia la parte occidental de la Hoja, las facies con capas delgadas de caliza y menor proporción de arenisca tienen unas características algo diferentes de las que constituyen la formación en sentido clásico.

En los trabajos antiguos de MALLADA (1878), DALLONI (1910), ALMELA y RÍOS (1951) y LARRAGAN y CASTELL (1952) estos materiales se atribuían al Oligoceno. No obstante, a partir del descubrimiento de yacimientos de mamíferos fósiles en Santa Cilia y Ayerbe, respectivamente al E y O de la Hoja (CRUSAFONT *et al.*, 1966; CRUSAFONT y PONS, 1969), se asignaron al Mioceno (Aquitaniense). Recientemente, la revisión de las faunas de estos yacimientos los sitúa en un tramo indefinido que no corresponde ni al Oligoceno ni al Aquitaniense en sentido clásico (biozona X del Ageniense; ALVAREZ SIERRA *et al.*, 1987, 1990). Los niveles algo más altos de la sierra de la Galocha, ya dentro de la Hoja de Huesca, sí han proporcionado fauna aceptada como aquitaniense (biozonas agenieneses Y2 y Z; ALVAREZ SIERRA *et al.*, 1987, 1990). Por todo ello, y para simplificar la leyenda, los materiales aflorantes se han adscrito al Mioceno, aunque una parte indeterminada de ellos podría corresponder al intervalo de tránsito con el Oligoceno de esos autores.

Como se ha mencionado, los trabajos de HIRST (1983), HIRST y NICHOLS (1986) y FRIEND *et al.* (1989) aportaron datos sobre la distribución de facies, paleocorrientes y contexto sedimentológico general de los materiales representados en la Hoja. Estos estudios permitieron su integración en un gran sistema distributivo fluvial, denominado "Sistema de Huesca", caracterizado en un área que trasciende la de la Hoja en el margen septentrional de la cuenca del Ebro. La zona apical de este sistema fluvial se situaría adosada al frente surpirenaico entre las Sierras Exteriores y las Sierras Marginales (área del Cinca). En este sistema las paleocorrientes tienen una distribución radial, y las facies fluviales dominantes en las partes proximal y media pasan distalmente a facies fluvio-lacustres con depósitos calcáreos de lagos efímeros. En el área abarcada por la Hoja esta transición se produce, en líneas generales, de E a O.

En la cartografía geológica han sido distinguidas tres unidades litostratigráficas, cuyos límites, generalmente graduales, corresponden en gran parte a cambios laterales de facies. Estas unidades son las siguientes:

2.1.1. Areniscas y lutitas (facies tipo Sariñena) (1). Ageniense

Esta unidad es la que ocupa mayor extensión de entre las terciarias (en torno a la tres cuartas partes de la superficie total de la Hoja), aunque está muy cubierta por las formaciones superficiales cuaternarias. Se encuentra en la parte central y oriental de la Hoja, y está constituida por capas de arenisca de color pardo-amarillento intercaladas en lutitas ocre-rojizas. Estas litologías corresponden a la formación de Sariñena en su sentido clásico (QUIRANTES, 1969, 1978), y tienen un origen fluvial.

Debido a la disposición horizontal o poco inclinada de las capas y a los moderados desniveles existentes, los espesores registrados en la hoja son pequeños. Por otra parte, los afloramientos se presentan a menudo desconectados entre sí por el recubrimiento cuaternario, con lo que la correlación entre ellos es difícil. Los afloramientos más continuos son los de los alrededores de Monte Aragón, al NE de Huesca, y los de Albero Bajo-Piracés, en el SE de la Hoja, que permiten observar algo más de 100 m de serie continua. Asimismo existen afloramientos de excepcional calidad en los taludes del canal del Cinca, que surca la Hoja de E a O y proporciona cortes frescos muy apropiados para estudiar la geometría interna de los cuerpos arenosos. En la Hoja de Peralta de Alcofea, al SE de la de Huesca, la unidad estratigráfica equivalente se halla parcialmente afectada por el anticlinal de Barbastro, gracias al cual su espesor mínimo puede oservarse y cifrarse en unos 1300 m (SANZ y SAMSO, en prensa).

Las capas de arenisca pueden presentarse como cuerpos de relleno de canal de extensión lateral métrico-decamétrico y espesor de hasta 5-7 m, aunque frecuentemente se presentan también en niveles tabulares más delgados y de mayor continuidad lateral. Las lutitas, correspondientes a facies de llanura de inundación, son volumétricamente dominantes en la mayor parte de la Hoja, y pueden presentar ocasionalmente decoloraciones grisáceas y violáceas atribuibles a procesos edáficos.

Los cuerpos arenosos canalizados suelen presentar relaciones anchura/altura altas, formando niveles de tipo "sheet" en el sentido de FRIEND *et al.* (1979). Por otra parte, también se encuentran cuerpos de menor extensión lateral de tipo "ribbon", que suelen ser más abundantes en zonas donde la lutita es más dominante. El relleno de los canales es en general multiépisódico, con frecuentes cicatrices de erosión internas. Estas cicatrices están ocasionalmente tapizadas por cantos blandos. Domina la estratificación cruzada planar de media y gran escala, aunque también es frecuente la estratificación cruzada en surco. Se reconocen abundantes barras, y en conjunto las estructuras pueden atribuirse a ríos de tipo trenzado. La granulometría predominante es de tamaño arena media, encontrándose tamaños de grano más groseros o incluso cantos dispersos (de cuarzo y fragmentos de roca) en la base de algunos canales. Las areniscas son poco maduras mineralógicamente, estando compuestas por granos de cuarzo, de feldspato, de moscovita, y de fragmentos de roca. Estas areniscas están poco cementadas; según QUIRANTES (1978), el cemento es carbonático y se presenta en una proporción del 30 al 60%.

Los cuerpos arenosos tabulares suelen tener espesores centimétricos o decimétricos. Su granulometría es fina y presentan estructura interna masiva, de laminación paralela y más raramente de pequeños ripples de corriente. Estos niveles representan facies de desbordamiento en la llanura de inundación.

Dentro del área de afloramiento de esta unidad, se observa una tendencia general de disminución de la abundancia de cuerpos de arenisca de E a O. Asimismo, dentro de este patrón general, los afloramientos más meridionales (p. e. área de Albero Bajo-Piracés) suelen presentar mayor proporción de arenisca que algunos de los más septentrionales. Así, HIRST (1983) registró una proporción de arenisca en torno al 15% en el área de Monte Aragón, mientras que en Piracés, más al S, la proporción se sitúa en un 35-40%. Paralelamente, se observa una mayor abundancia de las geometrías de tipo "sheet" con respecto a los "ribbons" en los afloramientos de Piracés. Según FRIEND *et al.* (1989), estos hechos podrían reflejar en Monte Aragón la mayor proximidad al frente montañoso y menos estabilidad

del substrato deposicional, que al ser más estable en áreas más meridionales permitiría la mayor migración y extensión lateral de los cuerpos arenosos. Sin embargo, cabe notar que la correlación entre ambos afloramientos es problemática, con lo que podrían reflejar diferentes períodos de tiempo (más recientes hacia el S).

Las paleocorrientes de esta unidad 1 en la Hoja se sitúan en el cuadrante SO. En los afloramientos de Monte Aragón, a partir del estudio de numerosos canales, HIRST (1983) estableció una media hacia el OSO (N260E), mientras que en Piracés, la media deducida es hacia el SO (N220E).

La edad de la formación Sariñena fue considerada como Aquitaniense a partir de los yacimientos de micromamíferos de Santa Cilia (CRUSAFONT *et al.*, 1966) y Ayerbe (CRUSAFONT y PONS, 1969). La fauna de estos yacimientos ha sido revisada recientemente por ALVAREZ SIERRA *et al.* (1987, 1990), que la sitúan dentro de la unidad cronostratigráfica continental del Ageniense (Biozona X o MN1 de Mein), correspondiendo, dentro de este piso, a un intervalo de transición entre el Oligoceno y el Mioceno. Dada esta indeterminación, y la dificultad de situar con precisión la equivalencia de los niveles de Santa Cilia y Ayerbe en el área de la Hoja de Huesca, en la leyenda del mapa se asume la simplificación de representar a los materiales aflorantes como miocenos, aunque una parte indeterminada de ellos pueda corresponder al intervalo de tránsito que no corresponde ni al Oligoceno ni al Aquitaniense en sentido clásico.

2.1.2. Lutitas con niveles canaliformes de arenisca y calizas (2). Ageniense

Esta unidad es equivalente lateral de la unidad anteriormente descrita, y presenta unas características litológicas parecidas, aunque con menor proporción de paleocanales de arenisca. Los afloramientos de esta unidad son pobres, situándose los más continuos al pie de la sierra de la Galocha, donde tan sólo pueden estudiarse 70 m de serie continua. El límite entre esta unidad y la anterior es gradual, situándose en la cartografía de forma aproximada.

Como hecho característico en esta unidad cabe señalar la presencia de delgados niveles tabulares de limolitas calcáreas grises o de calizas lacustres. El espesor de estos niveles es centimétrico-decimétrico, y su abundancia se reduce hacia el E, hacia la unidad anterior.

En comparación con la unidad 1, la relación anchura/altura de los paleocanales es sensiblemente menor, con morfologías dominantes de tipo "ribbon". La proporción de arenisca canalizada en relación con el total de sedimento es baja (calculada en torno al 5% o menor por HIRST, 1983, en los afloramientos del canal del Cinca). El relleno de los canales suele estar constituido por estratificación cruzada en surco. Localmente se reconocen superficies de acreción lateral y barras de meandro, pero en cualquier caso registrando una acreción lateral limitada. Las lutitas tienen coloraciones amarillentas o rojizas, y asimismo intercalan niveles tabulares de arenisca de grano fino y espesor centimétrico-decimétrico.

Las paleocorrientes deducidas por HIRST (1983) (afloramientos del canal del Cinca) se dirigen hacia el O o el ONO. Por este dato y por sus características litológicas esta unidad puede atribuirse también a medios fluviales algo más distales que en el caso anterior, con canales de ubicación más estable y encharcamientos locales y efímeros que darían lugar a las calizas y a las limolitas calcáreas.

En la parte SO de la Hoja, muy cerca del límite con la Hoja de Grañén, existe un nivel de origen vulcanoclástico. Este nivel fue descrito originalmente por HIRST (1983), en un afloramiento

situado en el canal del Cinca. Según este autor, está formado en la base por una capa de 2 cm de espesor de arenisca blanca rica en sanidina, seguida por un horizonte de 10 cm de esmectita de color rosado, con decoloraciones blancas. Este nivel puede continuarse hacia el S, en la hoja de Grañén (GARCIA SENZ *et al.*, en prensa).

La edad de esta unidad 2 es ageniense, como indica su equivalencia lateral con la unidad anterior y el hallazgo de fauna de esa edad en la base de la unidad suprayacente.

2.1.3. Lutitas, calizas y areniscas finas (facies de la Galocha) (3). Ageniense

Esta unidad se encuentra por encima y en parte lateralmente equivalente de la anterior. Aflora en la parte occidental de la Hoja, en el área de la sierra de la Galocha y de los Llanos de la Violada. Está compuesta por lutitas margosas, en las que se intercalan capas delgadas de caliza y arenisca. La diferencia con respecto a la unidad anterior es la práctica inexistencia de paleocanales arenosos, mucho más raros y de menores dimensiones. Las primeras referencias a estas facies se encuentran en HIRST (1983). Por sus características, pueden atribuirse a medios aluviales distales con sedimentación efímera de calizas lacustres.

Las arcillas constituyen la litología dominante de la unidad; sus coloraciones son variadas (ocres, rojizas o blanquecinas) Las capas de caliza forman niveles tabulares de espesor máximo de 30 cm, con una continuidad lateral kilométrica. Su aspecto puede ser tableado. Su color suele ser blanco o gris claro, con coloraciones verdosas o azuladas. Su textura puede ser micrítica o limosa, a veces bioturbadas y con porosidad que les confiere un aspecto oqueroso. Suelen contener abundantes bioclastos, entre los que se reconocen fragmentos de gasterópodos, de carófitas, y ostrácodos. A pesar de su reducido espesor, estos niveles destacan en el relieve, y han podido ser representados en el mapa geológico como líneas de capa.

Los niveles de arenisca son asimismo de espesor centimétrico-decimétrico, y de forma tabular. Su tamaño de grano es fino, y tienen una proporción notable de micas. Suelen estar bioturbados, pero cuando se reconoce la estructura interna ésta es de tipo laminación paralela, o menos frecuentemente, de "ripples" de corriente. En uno de estos niveles se ha observado una incisión basal ("scour") orientada N100E.

Los mejores afloramientos de esta unidad se encuentran en torno a la carretera de Zaragoza-Huesca. En esta zona, se han podido medir unos 70-80 m de serie continua, espesor máximo aflorante en la Hoja de Huesca. La base de esta unidad se ha tomado, como se ha dicho, en la desaparición de los paleocanales arenosos que caracterizan a la unidad infrayacente, y es marcadamente heterócrona. En la parte septentrional de la sierra de la Galocha, se ha tomado como base el nivel guía de calizas del castillo Alto de San Juan. Este nivel, formado por varias capas de caliza dando un espesor total de 40 cm, se distingue claramente en el relieve y puede ser cartografiado como una línea de capa. Más al sur se encuentran importantes paleocanales arenosos a niveles estratigráficos más altos, por lo que la base de la unidad cartográfica asciende en el tiempo en esa dirección. Ello ha llevado a representar en el mapa el límite de las facies de la Galocha como un contacto por cambio lateral y vertical de facies.

Esta unidad es la única que ha proporcionado fósiles de micromamíferos en el área de la Hoja de Huesca. Su base en el nivel guía de San Juan contiene fauna atribuida a la parte media del Ageniense (biozona Y2, ALVAREZ SIERRA *et al.*, 1987), mientras que en los niveles más altos aflorantes, la fauna continua siendo Ageniense, pero de la biozona más alta (biozona Z, a

veces denominada "rambliense") (ALVAREZ SIERRA *et al.*, 1990). Ambas biozonas se aceptan como de edad claramente miocena (Aquitaniense).

2.2. CUATERNARIO

En la Hoja de Huesca los materiales atribuidos al cuaternario ocupan una gran extensión, situándose por una parte en las áreas deprimidas de la Hoya de Huesca y de los principales cursos fluviales, y por otra parte a mayor altitud en diferentes niveles de glaciares y terrazas.

Es en el capítulo de Geomorfología donde se analizan las formaciones cuaternarias con mayor detalle, limitándonos en este apartado a una descripción somera de los depósitos diferenciados en el Mapa Geológico. En dicho mapa, de acuerdo con su posición y cronología relativa, los materiales cuaternarios se han agrupado en tres unidades principales:

2.2.1. Gravas (4). Niveles aluviales altos, terrazas.

Estos materiales corresponden a los niveles aluviales más altos (T6 y T7), que se encuentran a cotas de 60-110 m sobre los cursos fluviales actuales. Están constituidos principalmente por gravas, frecuentemente cementadas o encostradas. Su espesor puede llegar a ser de hasta 14 m.

Estos niveles corresponden a facies aluviales, con morfología local de terraza colgada, pero con mayor extensión lateral que la que presentan las terrazas más recientes. No existen criterios de datación absoluta en el área de la Hoja y zonas vecinas, aunque fueron considerados por RODRÍGUEZ VIDAL (1986) como posiblemente pliocuaternarios.

2.2.2. Gravas, arenas y lutitas (5). Terrazas colgadas. Gravas y lutitas (6 y 8). Glaciares colgados y glaciares

Forman parte de este grupo las terrazas T3, T4 y T5 de los principales cursos actuales, así como sus correspondientes depósitos de glaciares al pie de los relieves. Los depósitos de terraza están constituidos por gravas poco cementadas, con lentejones de arenisca y lutitas, con espesores totales de 1.5-3 m. Su altura por lo general varía entre 20 y 60 m sobre los cauces actuales. Los depósitos poligénicos de glaciares están integrados por lutitas y gravas, derivados de los relieves terciarios y de los niveles de terraza más altos.

2.2.3. Gravas, arenas y lutitas (7). Terrazas bajas; Limos y cantos (9). Aluvial-coluvial

Esta unidad incluye los depósitos más recientes de los lechos de los ríos actuales y de las terrazas más bajas (T1 y T2), situados a poca altura sobre éstos (casi siempre a menos de 10 m). Están compuestos principalmente por gravas, arenas y lutitas.

Asimismo se representan en esta unidad los depósitos aluviales-coluviales recientes de la Hoya de Huesca. Estos están constituidos esencialmente por limos, con espesores de hasta 5 m, y han sido objeto de una intensa modificación antrópica.

2.2.4. Gravas, arenas y limos (10). Fondo de valle, llanura aluvial, barras y "valés"

Esta unidad incluye los depósitos más recientes de los lechos de los ríos actuales.

Asimismo se representan en esta unidad los depósitos de fondo de valle poligénicos. Estos están constituidos esencialmente por limos, en el que han sido objeto de una intensa modificación antrópica.

3. TECTÓNICA

La Hoja de Huesca se halla en la parte septentrional de la cuenca terciaria del Ebro, la cual, como se ha dicho, constituye la cuenca de antepaís meridional de la Cordillera Pirenaica. Dicha cuenca está flanqueada por el SO y SE por las Cordilleras Ibérica y Costero Catalana, de menor importancia relativa en su evolución. Consecuentemente, los mapas de isobatas de la base del Terciario de la cuenca indican un incremento progresivo de profundidad hacia el margen pirenaico (RIBA *et al.*, 1986). A la altura de la Hoja, el substrato pre-terciario se encuentra inclinado hacia el N o NNE, hallándose a profundidades de 2600-3000 m.

En el área abarcada por la Hoja, la estructura en superficie de los materiales terciarios es simple, de tipo monoclinial (con buzamientos hacia el SO que no sobrepasan los 2°) o con capas horizontales. Cabe señalar que el sentido de los buzamientos observables en superficie es opuesto al deducido para el substrato en profundidad. En toda la hoja no se han detectado pliegues o fallas de entidad cartografiable. Esta disposición sencilla es coherente con la edad reciente de las rocas terciarias en relación con el período de evolución de la Cordillera Pirenaica, y con su ya significativa lejanía del frente montañoso (casi 10 km).

Únicamente en un afloramiento del canal del Cinca, muy cerca con el límite que la separa la Hoja de Huesca de la de Grañén, ha sido observada una falla de escala métrica afectando a las rocas terciarias. Esta falla, descrita por FRIEND *et al.* (1989), presenta un buzamiento de unos 20° hacia el S, y tiene un salto de tipo inverso de 1 m aproximadamente.

4. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica registrada por las rocas aflorantes en la Hoja de Huesca comienza en el Mioceno inferior o en el tránsito Oligoceno-Mioceno. Los materiales de esa edad testifican medios continentales de tipo aluvial esencialmente, que procedían de la Cordillera Pirenaica y se acumulaban en un contexto de cuenca de antepaís (cuenca del Ebro).

Los materiales referidos fueron generados en un sistema fluvial de gran entidad (definidos como "sistema de Huesca" por HIRST, 1983) con morfología de abanico y ápice al pié del frente montañoso en el área del actual río Cinca. La distribución del sedimento en este sistema era de tipo radial; el área comprendida en la Hoja se situaba en el margen occidental del mismo, con direcciones de corriente hacia el O y SO.

Las partes medias del sistema fluvial, expuestas en la parte oriental de la Hoja, estaban dominadas por canales de tipo trenzado que divagaban lateralmente, dando lugar a la formación de más o menos extensos cuerpos arenosos intercalados entre facies más finas (lutitas y areniscas finas) de llanura de inundación. Estas facies se interdigitaban distalmente, hacia el O, con depósitos lacustres-palustres o fluvio-lacustres, con calizas y menor proporción de arenisca, registrados en las facies de la Galocha. La sedimentación lacustre correspondía a lagunas o charcas de carácter efímero, que coexistían con llanuras lutíticas distales del sistema fluvial. Hacia el interior de la cuenca del Ebro, al S y SO de la Hoja de Huesca, se pasaría de forma progresiva a condiciones de encharcamiento con mayor salinidad que facilitaron la producción de evaporitas.

Un hecho señalable es la sedimentación ocasional de una delgada capa de cenizas de origen volcánico, cuyo origen no puede precisarse en relación con la geología de la Hoja y de regiones

adyacentes de la cuenca del Ebro; dada la gran capacidad de transporte que caracteriza a este tipo de materiales, es probable que deriven de vulcanismo existente en otra unidad estructural diferente, esto es, el sistema de fallas mediterráneo o de las cordilleras catalanas.

Las condiciones descritas se mantienen durante el Ageniense. No existe registro terciario posterior en la Hoja, aunque en áreas más al sur, durante el Aragoniense se pasó a condiciones lacustres mucho más generalizadas, con desarrollo de carbonatos de mayor entidad (sierra de Alcubierre).

En el margen de la Cordillera Pirenaica, los materiales equivalentes en edad a los aflorantes en Hoja se encuentran en facies más groseras y proximales. Estos registran las deformaciones más tardías (p. e. cabalgamientos fuera de secuencia y pliegues) a lo largo del frente surpirenaico y la formación del anticlinal de Barbastro. La tectónica de este margen condicionó la posición y la forma de los sistemas fluviales. Así, el área apical del sistema de Huesca se situaba en una zona deprimida entre las elevaciones estructurales de las Sierras Exteriores aragonesas y las Sierras Marginales catalanas (HIRST y NICHOLS, 1986).

La cuenca del Ebro perdió su carácter subsidente y endorreico a finales del Mioceno o inicios del Plioceno (RIBA *et al.*, 1986). A partir de ese intervalo fue sometida a condiciones erosivas y exorreicas drenando hacia el mar Mediterráneo. El encajamiento progresivo de la red fluvial y la generación de los depósitos cuaternarios asociados, elementos descritos en el siguiente capítulo, han ido dando lugar al modelado actual del relieve.

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

La Hoja de Huesca se halla situada en el Somontano pirenaico oscense, es decir en el sector de la depresión del Ebro ubicado inmediatamente al sur de la cordillera pirenaica. Está caracterizada por consiguiente por relieves modestos, con amplias zonas llanas objeto de una intensa ocupación humana y actividad antrópica. Las principales vías de drenaje discurren de N a S.

El área abarcada por la Hoja presenta un clima de tipo continental semiárido, con una precipitación media anual que varía entre 500 y 600 mm y una temperatura media de 13-14 grados, aunque con una marcada variabilidad estacional. La tasa de precipitación disminuye en líneas generales de N a S de la Hoja, aunque de forma poco marcada. La vegetación es escasa salvo en las zonas bajas más cultivadas. Las laderas desnudas de los relieves principales ofrecen afloramientos más o menos continuos de las formaciones terciarias.

Los rasgos físicos más destacables son al oeste la sierra de la Galocha, constituida por relieves escalonados en la formación de lutitas con calizas aflorante en este sector (unidad 3). En esta sierra se alcanzan cotas de alrededor de 590 m sobre el nivel del mar, altitudes que disminuyen hacia el S hacia las zonas más planas de los Llanos de la Violada.

Al E de la sierra de la Galocha se encuentra una amplia región llana que ocupa la parte central y más extensa de la Hoja. En esta zona, conocida localmente como Hoya de Huesca, es donde se sitúan los principales núcleos de población, incluyendo ciudad de Huesca. La altitud media de la Hoya es de 400-430 m, y se halla drenada por los ríos Isuela y Flumen. Estos dos ríos confluyen en las proximidades de la localidad de Buñales.

Flanqueando la Hoya de Huesca por el E aparecen nuevos relieves, esta vez constituidos por las alternancias de areniscas y lutitas de la unidad 1 y por depósitos cuaternarios antiguos. Estos relieves se extienden desde el N en el área de Monte Aragón hacia el S hasta el área de Piracés, y se mantienen en una zona de orografía accidentada hasta el límite oriental de la Hoja. Las cotas máximas que se alcanzan en esta zona se aproximan también a los 600 m, culminando en 640 m en Ibieca. Esta zona está drenada por el río Guatizalema y su tributario el río Botella, a los que se asocian varios niveles de terrazas colgadas; éstas suelen dar lugar a zonas altas planas (Sasos). La orientación dominante de estos dos cursos es N-S, y la confluencia entre ambos se encuentra al sur de Argavieso.

5.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

5.2.1. Estudio morfoestructural

El modelado de la Hoja de Huesca debe entenderse dentro del contexto de la unidad fisiográfica de la depresión del Ebro, caracterizada mayoritariamente por sedimentos horizontales o poco inclinados, a veces con contrastes de competencia marcados, tanto a escala regional como a la escala del estrato. El área abarcada por la Hoja es bastante homogénea desde el punto de vista morfoestructural, con las principales variaciones ligadas a los cambios litológicos laterales que se observan de O a E en las formaciones terciarias. En líneas generales, estas unidades litológicas se distribuyen en franjas orientadas aproximadamente N-S, con lo que las principales subunidades morfoestructurales se disponen con esta misma orientación.

En las zonas montañosas de la sierra de la Galocha y del este de la Hoja el condicionante principal del relieve es la alternancia de niveles duros (calizas y areniscas) y niveles blandos (lutitas), éstos últimos dominantes volumétricamente. Este factor, junto con el buzamiento escaso de las capas, da lugar a relieves escalonados o en cuestas, sobre todo en la sierra de la Galocha, donde las capas de caliza tienen una marcada continuidad lateral. Sobre estas capas se desarrollan superficies estructurales, a veces bastante extensas. Es frecuente que la superficie del terreno, aunque llana, no coincida perfectamente con los planos de capa sino que los corte a ángulos bajos, aprovechando las superficies de varios niveles estratigráficos (p. e. Llanos de la Violada). En algunos casos las superficies estructurales coronan pequeñas mesas, en cuyas laderas se encuentran rellanos intermedios.

En la parte oriental de la Hoja, la poca entidad lateral que caracteriza a los canales de arenisca no permite el desarrollo de cuestas o tablas continuas como en la sierra de la Galocha. No obstante, los cuerpos de arenisca destacan en el relieve y dan asimismo pequeños escalones flanqueados por los niveles lutíticos, en los que se desarrollan vertientes más suaves. Esto sucede sobre todo en cuerpos de arenisca de tipo "sheet" formados por la amalgama de paleocanales. La fragmentación de los cuerpos de areniscas da lugar a vertientes ruñiformes, con bloques de arenisca deslizados. Son frecuentes asimismo los cerros de morfología cónica, coronados por bloques de arenisca.

Dentro de éste último tipo de facies terciarias, las zonas con mayor densidad de paleocanales de arenisca dan lugar a relieves relativamente más accidentados y mayores altitudes, como se observa al NE y SE de la Hoja en Ibieca y en Piracés. La ubicación de la amplia zona llana de la Hoya se encuentra asimismo influenciada por este condicionante litológico: se desarrolla en una parte distal del sistema fluvial mioceno, donde la densidad de cuerpos arenosos es menor que en el E de la Hoja (parte oeste de la unidad litológica 1 y unidad 2), pero antes de

que las calizas lacustres periféricas comiencen a estar bien desarrolladas, como en la sierra de la Galocha.

5.2.2. Estudio del modelado

5.2.2.1. Laderas

Los procesos de ladera se observan fundamentalmente en las vertientes del sistema de mesas y cuestras de la sierra de la Galocha y en las vertientes de los Sasos protegidos por depósitos de terrazas colgadas. Estas vertientes, constituidas predominantemente por rocas lutíticas, tienen generalmente elevada pendiente y suelen estar desprovistas de formación superficial o presentar una cobertera coluvial muy delgada.

El perfil de las vertientes es cóncavo en su parte baja, pasando gradualmente a las superficies de glacis. En su parte superior, las laderas pueden presentar escarpes verticales desarrollados en las formaciones superficiales colgadas. El retroceso de estos escarpes suministra cantos y material fino que localmente regularizan la vertiente. En los materiales arcillosos terciarios se observan procesos de abarrancamiento, favorecidos por la escasa vegetación existente.

Los niveles de arenisca dan lugar a resaltes rocosos generalmente de poca entidad. La meteorización en las areniscas es principalmente de tipo físico, con procesos de descamación, agrietamiento y separación en bloques, y erosión en formas cavernosas o tafonis (RODRÍGUEZ VIDAL, 1986). La evacuación de los detritos resultantes se debe tanto a la acción eólica como al agua y a la gravedad. Los bloques que sufren deslizamiento gravitacional pueden conferir al paisaje un aspecto ruiforme. Por otra parte, las capas calcáreas de la sierra de la Galocha, aunque más delgadas, dan lugar a vertientes escalonadas con superficies planas intermedias, siendo los escalones más continuos y notablemente más marcados en el relieve.

Por lo que hace referencia a las vertientes con cobertera, RODRÍGUEZ VIDAL (1986) describe la existencia local de vertientes regularizadas recientes con acumulaciones de materiales de grano fino (limos y arenas) y pendientes elevadas, alcanzando los 40-45°. Este tipo de vertientes se desarrolla preferentemente donde el substrato es muy lutítico o con intercalaciones arenosas-calcáreas poco potentes.

5.2.2.2. Formas fluviales

Los ríos Isuela, Flumen y Guatzalema presentan formas de acumulación bien desarrolladas a través de toda la Hoja, representadas en la cartografía geomorfológica. Por otra parte pueden señalarse los procesos y formas fluviales de tipo zonal correspondientes al sistema de erosión intensa favorecida por las condiciones semiáridas, (cárcavas, incisiones lineales, etc.).

El cauce del río Flumen discurre de N a S entre las cotas de 490 y 350 m. El río Isuela confluye con el Flumen cerca de Buñales, discurriendo entre 500 m y 380 m en la confluencia. El río Guatzalema, más encajado pero a mayor altitud, discurre entre las cotas de 560 y 400 m. En relación con estos ríos principales se reconocen varios niveles de terrazas escalonadas o colgadas, cuya clasificación se ha realizado en función de criterios basados en su altura relativa y posición. Las correlaciones y numeración resultantes presentan algunas variaciones respecto a las del trabajo de RODRÍGUEZ VIDAL (1986).

Hay que señalar que la clasificación aquí propuesta tiene carácter local. La integración de una área más extensa en un estudio más completo de diversas cuencas hidrográficas puede llevar a la modificación de la numeración aquí utilizada.

En los ríos Isuela y el curso bajo del Flumen, en la Hoya de Huesca, solo se reconocen tres niveles de terrazas, a poca altitud. La terraza baja (T1) suele disponerse a 1-2 m sobre el lecho actual, y su extensión lateral es reducida. La terraza 2 es discontinua, y se reconoce esporádicamente a unos 6-8 m sobre los cauces, presentando también poca extensión lateral. Los depósitos de estas terrazas enlazan lateralmente con los depósitos finos aluviales-coluviales de la Hoya. El escarpe de la terraza 2 suele estar notablemente retocado, con lo que frecuentemente forma únicamente un escalón de pendiente suave que enlaza con la terraza 1.

En el sur de la Hoya de Huesca se encuentran retazos residuales de la terraza 3 a una altura de 25-30 m, relacionados con el río Isuela. Sus escarpes se hallan ya muy retocados por los barrancos y el modelado de laderas reciente. Por otra parte, el curso alto del Flumen atraviesa los relieves accidentados del área de Monte Aragón-Loporzano y se halla más encajado, con pendientes fuertes y niveles de terrazas colgadas a 65 m (T3) y 100 m (T4) de altura. La disposición de este río está relacionada en parte con un fenómeno de captura, que será descrito más adelante.

El río Guatzalema (y en menor medida su afluente el Botella) presenta un sistema escalonado de terrazas pareadas mejor desarrollado. Además de las terrazas bajas (T1 y T2), de características similares a las descritas para los ríos Isuela y Flumen, se encuentran al menos 4 niveles de formas de acumulación fluvial más altos (T4, T5, T6 y T7). La numeración T3 se ha reservado para el nivel relacionado con el río Flumen, encontrándose a una altura intermedia entre la T2 y la T4 del Guatzalema (área del Estrecho Quinto).

La T4 se encuentra en dos franjas de afloramiento principales. La más oriental bordea el río Guatzalema a una altura media de 30-40 m, encontrándose en su margen derecha en la parte septentrional del curso, y en su margen izquierda en la parte meridional. La franja occidental de afloramiento del nivel T4, de misma altitud que la anterior, se halla en la margen O del actual río Botella, y está separada del Guatzalema por un interfluvio constituido por materiales terciarios y niveles aluviales más altos (T6) (relieves de la Sarda de Bandaliés y de Siétamo). El río Botella está poco encajado en un depósito aluvial-coluvial de fondo de valle con perfil cóncavo, y no presenta terrazas fluviales bajas. Esta disposición será asimismo explicada en términos de la captura fluvial anteriormente mencionada (ver apartado 5.4).

El nivel T5 se encuentra tan solo en la parte meridional del valle del Guatzalema, y esencialmente en su margen izquierda, donde, a pesar de estar fuertemente retocado, enlaza con formas de glacis hacia el E. Hacia el O solo se observan pequeños retazos en cerros de techo plano. Su altura sobre el lecho fluvial actual suele situarse entre 45 y 55 m.

Finalmente, se encuentran las formas planas asociadas a los niveles aluviales más altos (T6 y T7), que constituyen los denominados Sasos. Los depósitos que las constituyen tienen morfología de terraza colgada, y no se observan glacis asociados. Su origen fluvial está indicado por las características del depósito, descrito en un apartado posterior, aunque es más difícil asociarlos a los cursos actuales en concreto. Tomando como base su altura respecto al río Guatzalema, pueden distinguirse dos niveles: 1) uno a 55-75 m principalmente, que se reconoce en el interfluvio Flumen-Guatzalema (Saso Alto, Tozal, Plano Loporzano) y en la parte oriental de la Hoja (afloramientos de Ibieca, Velillas y Blecua), y 2) otro a unos 110 m de altura localizado en la parte SE de la Hoja, en las proximidades de la localidad de Piracés. De N a S la cota absoluta del nivel T6 varía entre 620 m en Bandaliés 510 m en los afloramientos más meridionales de Novales, a una distancia de unos 15 km.

Dado el encajamiento relativo que se observa entre los niveles T6 y T7, tanto en la Hoja de Huesca como en la vecina Hoja de Grañén (GARCIA SENZ *et al.*, en prensa), se han incluido en la clasificación junto con las demás terrazas presentes. Una breve discusión sobre el significado sedimentario de estos niveles se realiza en un apartado posterior.

El resto de la red fluvial, encajada en los materiales terciarios, muestra un patrón de drenaje dendrítico, sobre todo en la parte más oriental de la Hoja. El fondo de los valles pueden encontrarse parcialmente rellenos por depósitos de limos, excavados por el encajamiento actual en cárcavas e incisiones lineales.

La red de drenaje en la margen derecha de los ríos Isuela y Flumen está formada por barrancos poco encajados entre los depósitos aluviales-coluviales y de glacis del O de la Hoya de Huesca (Barrancos de Valdabra, de la Bala, del Valle, de Lera, etc.). Estos barrancos suelen tener fondo ancho y relleno de sedimento fino ("valés"). El drenaje en la margen izquierda del Flumen está constituido por barrancos de mayor pendiente y trayectoria E-O procedentes de los relieves coronados por las terrazas T6 y T7. La importancia de la erosión remontante de estos barrancos, junto con las características litológicas de competencia de los materiales del substrato, han originado la vertiente escarpada y desnuda que caracteriza la ladera este de la Hoya de Huesca.

Las terrazas escalonadas de la margen derecha del Guatzalema están disectadas por barrancos con fondo plano de tipo "val" que discurren hacia en SO, entre los que podíamos incluir el actual río Botella. En su margen izquierda, la cuenca hidrográfica es muy estrecha y los barrancos que se encuentran en la parte más oriental de la Hoja fluyen en sentido E y SE hacia el río Alcanadre, en la vecina Hoja de Barbastro.

5.2.2.3. *Formas poligénicas*

Están bien desarrolladas en la Hoya de Huesca, con depósitos que cubren una gran extensión. En la parte oriental de la Hoja este tipo de formas se encuentra asimismo enlazando los diferentes niveles de terrazas escalonadas. Las formas principales representadas corresponden a glacis, más o menos degradados, y a fondo de valle y de depresión de tipo Hoya, con un origen controlado por la acción simultánea o sucesiva de varios procesos.

En el mapa geomorfológico se han diferenciado 4 niveles de glacis, casi siempre asociados a las terrazas fluviales anteriormente descritas. Estos glacis arrancan de los relieves existentes en la Hoja o en áreas vecinas, formados tanto por materiales terciarios como por terrazas más antiguas. Tienen siempre una cobertera sedimentaria bien desarrollada, correspondiendo a glacis de acumulación.

El nivel de glacis más alto, denominado G5, se reconoce en el extremo SE de la Hoja y enlaza con la terraza T5. Está bastante degradado, y se encuentra en ambas vertientes del valle del Guatzalema con pendientes inclinadas hacia el curso actual del río.

El siguiente nivel de glacis representado enlaza con la terraza 4 del río Guatzalema, aunque localmente bordea cerros relictos de la terraza 5 y pasa lateralmente a fondo de valle subsidiarios. Se han atribuido asimismo a este nivel los glacis colgados que se reconocen en el NO de la Hoya de Huesca, los cuales están excavados por un nivel de glacis más bajo que enlaza con la terraza 3 del Flumen. Este nivel más bajo se encuentra únicamente en unos retazos de pequeña entidad en la margen derecha de los ríos Isuela y Flumen, no habiéndose caracterizado en el resto de la Hoja.

Por último se han agrupado en una única unidad los glaciares más recientes, que enlazan con las terrazas 2 y 1. Estos glaciares flanquean las zonas actualmente deprimidas de la Hoya de Huesca u otras depresiones menores, donde suelen pasar a fondos de relieve más degradado y representados en el mapa como depósitos aluviales-coluviales. Estos fondos de depresión están recubiertos por un depósito de limos de origen variado, tanto aluvial, por crecidas de los ríos, como procedente de las vertientes montañosas adyacentes, y presentan un marcado retoque antrópico. Entre estos depósitos se encuentran frecuentes afloramientos del substrato terciario, que constituyen cerros de pequeña altura desprovistos de recubrimiento en su parte alta.

Un tipo particular de forma aluvial-coluvial diferenciado en la cartografía corresponde al fondo de valle de morfología plana, muy comunes en el somontano pirenaico, donde reciben la denominación de "valés". Estos valles presentan un perfil suavemente cóncavo, y el fondo, con un relleno limoso, está incidido por los cursos de agua actuales, generalmente de funcionamiento ocasional. Esta incisión indica que estas formas no son funcionales en la actualidad (ALBERTO *et al.*, 1984). El fondo de las "valés" se aprovechan en agricultura, con lo cual presentan también una notable modificación antrópica.

5.2.2.4. Formas antrópicas

Las formas y depósitos cuaternarios se hayan intensamente retocados por los cultivos, que se hallan muy extendidos en la parte centro-occidental de la Hoja (sobre todo en la Hoya de Huesca, donde remueven intensamente la formación aluvial-coluvial que la caracteriza). El núcleo de población de la ciudad de Huesca ha sido indicado en el mapa geomorfológico, por la importante extensión de recubrimiento que representa.

Entre las obras hidrográficas cabe destacar los canales del Cinca y Flumen. Ambos, sobre todo el del Cinca, más reciente y de mayor entidad, han devenido elementos importantes del paisaje de la Hoya de Huesca. Los materiales procedentes de la excavación del canal del Cinca se acumulan en zonas situadas en el margen del canal, dando lugar un entorno muy degradado caracterizado por montículos desnudos y intensamente acaravados. En relación con los canales, existe una densa red de acequias de riego, que pueden modificar el drenaje natural de la zona. Asimismo cabe reseñar la construcción de un pequeño embalse en el barranco de Valdabrá, al NO de la localidad de Vicién.

5.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las formaciones superficiales cuaternarias se localizan en dos zonas principales: por un lado en la llanada de la Hoya de Huesca, y por otra en el interfluvio Flumen-Guatizalema, como depósitos de glaciares y terrazas escalonados a mayor altura. La sierra de la Galocha está desprovista de formaciones superficiales importantes, constituidas únicamente por formaciones aluviales-coluviales poco potentes en el fondo de algunos valles y en los Llanos de la Violada.

La clasificación de las formaciones superficiales se ha realizado a partir de sus características sedimentológicas y de la morfología general del depósito. Así, se han diferenciado formaciones de claro origen fluvial (depósitos de terraza y lechos de los cursos actuales), y de origen poligénico (glaciares, fondo de valle y depósitos aluviales-coluviales indiferenciados que ocupan el fondo de depresiones).

Los depósitos fluviales están constituidos fundamentalmente por gravas de procedencia pirenaica, generalmente bien organizadas y con cantos rodados. Como se ha visto, estos depósitos se han clasificado en varios niveles de terrazas en función de criterios geométricos y altitudinales (ver apartado 5.2.2.2). Los cauces actuales están constituidos por gravas y arenas, que pueden formar barras de morfología variada.

Los niveles de terraza más bajos (T1 y T2) han sido agrupados en el mapa geológico, aunque sí han sido diferenciados en el geomorfológico. Estas terrazas se caracterizan por una proporción elevada de materiales finos (esencialmente limos), que casi siempre son dominantes sobre las gravas. La terraza 1 puede tener hasta 3 m de espesor, y suele estar formada, en los ríos Isuela y Flumen, por un nivel basal de gravas masivas de algo menos de 1 m de espesor, seguido por un tramo de limos y arcillas con cantos dispersos o acumulados en pasadas de poca entidad. La terraza 2 suele tener unos 4-7 m de espesor y está asimismo dominada por limos y arcillas con cantos, pudiendo presentar cuerpos canaliformes de gravas de potencia decimétrica-métrica.

Las terrazas 3, 4 y 5, suelen estar constituidas por gravas, aunque sus condiciones de afloramiento no permiten observar con claridad la arquitectura interna del depósito. Los espesores preservados suelen ser inferiores a 3 m. La composición de los cantos refleja un origen principal en las Sierras Exteriores: los cantos más abundantes son de calizas eocenas, triásicas y cretácicas similares a las aflorantes en las Sierras. Menos abundantes se encuentran cantos de areniscas y raros cantos de pequeño tamaño de liditas negras u otros elementos paleozoicos. La fábrica del depósito es de tipo "clast-supported", con matriz poco abundantes de arenisca de grano grueso. La selección por tamaños suele ser pobre, mientras que los cantos suelen estar bien rodados aunque poco esféricos, con lo que se observan bien las imbricaciones.

Por su disposición, estos niveles de terraza pueden correlacionarse con los principales cursos fluviales. La T3 en el curso bajo del Isuela está formada por un nivel de alrededor de 1 m de espesor de gravas masivas, seguida por 1 m o algo más de lutitas con cantos dispersos. Una composición similar se reconoce en los afloramientos de esta terraza relacionados con el río Flumen (área del Estrecho Quinto), donde el tamaño medio de los cantos es de 3-5 cm y las imbricaciones indican un paleoflujo hacia el SE.

La T4 en el río Guatizalema está caracterizada por 1.5- 2 m de gravas imbricadas, a veces bien cementadas. La estructura interna de las gravas es masiva y poco organizada, con cantos de tamaño medio de unos 5 cm, y de tamaño máximo de hasta 30 cm. La T5 se observa en escasos afloramientos la parte SE de la Hoja, donde presenta un espesor de 1,5 m de gravas encostradas, de características similares a las de la T4.

Con respecto a los niveles fluviales más altos (representados en mapa geomorfológico con la numeración T6 y T7), cabe señalar que su potencia es mayor que en los casos anteriores y las condiciones de afloramiento mejores. Están formados por conglomerados poligénicos, bastante consolidados. Los cantos más abundantes son también de materiales de las Sierras Exteriores (calizas eocenas, cretácicas y triásicas), aunque también se encuentran grandes cantos (de hasta 40 cm) de areniscas oligo-miocenas. En general el depósito está más organizado que en las terrazas más bajas, con una selección por tamaños algo mayor. El tamaño medio de los cantos es de unos 10 cm. En la Hoja no se encuentran costras carbonatadas bien desarrolladas como las descritas por RODRÍGUEZ VIDAL (1986) y otros autores en depósitos

comparables, aunque si se observa una cierta cementación y encostramiento incipiente a techo de los depósitos, que dan lugar a los escarpes residuales que bordean los Sasos.

El nivel T6 tiene un espesor medio de 10 m, alcanzando los 14 m de potencia en las inmediaciones de Bandaliés. Está muy extendido en la parte oriental de la Hoja. Asimismo, se ha incluido en este nivel un afloramiento de gravas en la esquina NO de la Hoja, en las proximidades de Castillo de Figueruelas, de acuerdo con la atribución de RODRÍGUEZ VIDAL (1986). Suele estar constituido por facies de gravas masivas, que forman niveles de 5-7 m de espesor con frecuentes cicatrices internas. Las gravas masivas pueden evolucionar lateralmente a gravas con estratificación cruzada planar. Pueden preservarse intercalaciones de materiales más finos, en forma de delgados niveles tabulares o de pequeños lentejones de escasa continuidad lateral.

Por estas características sedimentológicas, este nivel puede ser atribuido a medios fluviales de tipo "braided", dominados por barras longitudinales. La extensión lateral de sus afloramientos indica que se depositó en zonas de mucha mayor anchura en comparación con las terrazas fluviales que se hallan a alturas inferiores. RODRÍGUEZ VIDAL (1986) denomina a esta unidad "nivel inferior" (PIC1), y la atribuye a abanicos aluviales previos a la instalación de la red fluvial actual o desarrollados en sus inicios. En cualquier caso, este depósito muestra un encajamiento efectivo con respecto al nivel T7 y a los afloramientos terciarios del área de Piracés, hecho que, junto con su morfología local de terraza colgada, nos ha llevado a clasificarlo como un depósito más de terraza fluvial, aunque con características peculiares.

El nivel T7, que se encuentra unos 40 m por encima del anterior, se presenta en unos afloramientos de reducidas dimensiones en el extremo SE de la Hoja, en el techo de unos cerros existentes en las proximidades de Piracés. Presenta unas características comparables a las del nivel anteriormente descrito, y fue denominado "nivel medio" (PIC2) de edad pliocuaternaria por RODRÍGUEZ VIDAL (1986).

Dentro de los depósitos poligénicos, las acumulaciones de glacis suelen estar constituidos por lutitas (esencialmente limos), con cantos dispersos. Los cantos pueden proceder de los relieves terciarios adyacentes, en cuyo caso están poco rodados, o de terrazas más altas. En este último caso, las gravas pueden constituir localmente la litología dominante, confiriendo al depósito un aspecto de terraza (p. e. como ocurre frecuentemente con el nivel G4). Sin embargo, su pendiente deposicional y perfil cóncavo permiten atribuirlos a glacis. Los espesores de sedimento en estos glacis suelen ser inferiores a 2-3 m. A techo de los depósitos más altos, RODRÍGUEZ VIDAL (1986) menciona la existencia de suelos rojos.

Los depósitos aluviales-coluviales de fondo de depresiones del tipo de la Hoya de Huesca están asimismo constituidos esencialmente por limos. Ocupan grandes extensiones y pueden presentar niveles con cantos en las proximidades de los cursos fluviales (p. e. Isuela y Flumen) y de los relieves circundantes. En las proximidades de estos relieves pueden enlazar con depósitos con morfología de glacis medianamente bien desarrollada (glacis más bajos y recientes). Una característica de estos depósitos es que se disponen sobre una superficie irregular sobre el substrato, a veces rellenando irregularidades y con numerosos relieves residuales diseminados. Como se ha mencionado, los depósitos de este tipo son objeto de una intensa modificación por la actividad humana de tipo agrícola. Su origen puede atribuirse tanto a desbordamiento de los cursos fluviales como a procesos de arroyada en las vertientes adyacentes.

El relleno de los fondos de "val" está formado también por limos. De hecho, su diferenciación con respecto a los depósitos aluviales-coluviales anteriormente mencionados es de carácter morfológico. A diferencia del fondo de valle fluvial de los ríos principales, no presentan acumulaciones de gravas importantes; solo se encuentran cantos dispersos o concentrados en pequeños niveles, procedentes de las laderas. El origen de estos materiales fue atribuido por ALBERTO *et al.* (1984) a una combinación de procesos eólicos, de vertiente y fluviales, no activos en la actualidad como indica su incisión por la red fluvial.

5.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA (HISTORIA GEOMORFOLÓGICA)

El momento clave en los estadios iniciales de la evolución geomorfológica de la cuenca del Ebro consiste en el fin de las condiciones endorreicas y su drenaje hacia el mar Mediterráneo. A partir de ese momento, situado entre el Mioceno terminal y el Plioceno basal por la mayoría de los autores (ver RIBA *et al.*, 1986), comienzan los procesos erosivos y el modelado del relieve observable en la actualidad.

El Somontano pirenaico fue excavado como zona deprimida entre el frente surpirenaico y los relieves margocalcáreos de la sierra de Alcubierre durante el Plioceno, según ALBERTO *et al.* (1984). Esta excavación continuó durante el Cuaternario, con la incisión fluvial controlada por las variaciones litológicas laterales de la serie terciaria, generándose hoyas y depresiones secundarias en dirección N-S (RODRÍGUEZ VIDAL, 1986).

La evolución de la red fluvial cuaternaria, en períodos alternantes de acumulación e incisión, produjo una serie de niveles de terraza escalonadas, que constituyen el registro histórico principal observable en la Hoja. Las terrazas fluviales enlazaban con los relieves circundantes mediante glaciares de origen aluvial-coluviales. Según RODRÍGUEZ VIDAL (1986), la pendiente media de los cursos fluviales ha ido disminuyendo durante este período evolutivo, así como se ha pasado a una mayor diversificación de la red de drenaje.

Los elementos morfológicos más antiguos en la Hoja (T6 y T7) registran medios fluviales de tipo "braided" que drenaban hacia el S. Estos ríos divagaban en lechos fluviales sensiblemente más anchos que los más recientes, a juzgar por la gran extensión lateral de los depósitos. El primer episodio de encajamiento registrado en la Hoja tuvo lugar entre las fases de acumulación T7 y T6, y consiste en una incisión de unos 40 m. Este encajamiento indica la presencia de una red fluvial individualizada, aunque probablemente estaba mucho menos jerarquizada que la actual.

Posteriormente a la formación de los niveles T7 y T6, la red fluvial fue encajándose de forma progresiva, dejando terrazas cada vez más estrechas hasta los tiempos recientes (T5 a T1). La Hoya de Huesca fue excavada por el río Isuela en estadios antiguos con respecto a la historia registrada en la Hoja, puesto que se encuentran en ella depósitos relativamente antiguos a baja altitud (p. e. G3 y G4 del O de la Hoya, e incluso el posible nivel T6 de Castillo de Figueruelas).

Poco puede decirse con respecto al período T5, puesto que solo está registrado en el extremo SE de la Hoja. En ese momento, el río Guatzalema no discurría lejos de su cauce actual, como indica la existencia de la terraza T5 en ambos márgenes del río.

Durante el período T4 el río Guatzalema pudo mostrar un trazado más rectilíneo que el actual. En su parte septentrional discurría algo al O de su lecho actual, mientras que en

su parte más meridional discurría posiblemente algo al E, como sugiere la asimetría de los depósitos de terraza. En este período el río Flumen enlazaba con el valle del actual río Botella, y confluía con el Guatizalema en las proximidades de Argavieso. En la Hoya de Huesca se formaron extensos depósitos de glacis preservados hoy en la margen derecha del Isuela.

El período T3 se ha distinguido a partir de la posición de unas terrazas por debajo de la T4 en el valle del Flumen. El río Flumen todavía tributaba al Guatizalema, y en la Hoya de Huesca el río Isuela discurría en una posición semejante a la actual dejando depósitos de terraza y glacis preservados en retazo en la margen derecha.

A partir de la sedimentación de la terraza 3, el río Flumen fue capturado por un afluente del Isuela que circulaba por la Hoya de Huesca, dejando así prácticamente inactivo hasta la actualidad el segmento de enlace con el río Guatizalema (valle del Botella). Esta captura fue descrita por RODRÍGUEZ VIDAL (1986). En ese período, el curso alto del Flumen, en el área montañosa de Monte Aragón, experimentó una incisión muy intensa (la diferencia de altura entre T3 y T2 en el curso alto del Flumen supera los 55 m).

La terraza 2 registra ya una red fluvial similar a la actual, y testifica lechos fluviales poco más amplios. Lo mismo puede decirse con respecto a la terraza 1, si bien los cauces fluviales devinieron algo más divagantes o meandriformes, condición que se mantiene en la actualidad.

La cronología absoluta de los eventos descritos no puede ser establecida con seguridad en la ausencia de criterios de datación en el área estudiada y sectores adyacentes. RODRÍGUEZ VIDAL (1986) propone para los depósitos T7 y T6 una edad pliocuaternaria, mientras que la terraza 1 podría tener una edad postmedieval, en función del hallazgo de fragmentos de cerámica en depósitos de barranco que enlazan con ella.

Actualmente la red fluvial se encuentra en un nuevo período de incisión, en el que los lechos fluviales actuales disectan los depósitos de terraza baja (T1) y de relleno de las "valés".

5.5. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

Un factor importante en la morfología actual es la diferencia de altitud por la que discurren los ríos Isuela y Flumen por una parte, y el río Guatizalema por otra, con una media de 60 m. La excavación principal del río Isuela, que dio lugar a la Hoya de Huesca, tuvo lugar en tiempos más antiguos (al menos previos a G4), mientras que el río Guatizalema muestra un encajamiento más continuado en la historia reciente. Es de esperar una tendencia futura de mayor encajamiento en el río Guatizalema, que rebaje su cota y reduzca sus diferencias con respecto a las de los otros ríos que discurren por la Hoja. Como ya se ha dicho, la tendencia actual de la red fluvial es a la incisión, como se observa en los lechos fluviales actuales que excavan la T1 y en el fondo de valle y "val" subsidiarios.

Debido a las condiciones climáticas y a la deforestación, el arcavamiento y la erosión remontante en las vertientes y cabeceras de los barrancos son intensos en la actualidad, dinámica torrencial que es de esperar prosiga en tiempos venideros. Por otro lado, la Hoya de Huesca ha alcanzado condiciones de relativa estabilidad, debido a su perfil llano y a la modificación y diversificación de la red de drenaje natural por la construcción de numerosas vías de riego artificiales.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. RECURSOS MINERALES

La explotación minera de los materiales aflorantes en la Hoja de Huesca es escasa. Estos materiales ofrecen pocas posibilidades, salvo utilización local en pequeñas obras. Los niveles delgados de calizas de la sierra de la Galocha y las capas de arenisca, extendidas por toda la Hoja, han sido utilizadas desde antiguo y de manera local en la construcción rural. Asimismo, han sido extraídas gravas de las terrazas altas del río Guatizalema, en canteras de reducidas dimensiones. Estas canteras son en la actualidad poco activas.

6.2. HIDROGEOLOGÍA

6.2.1. Climatología

En la Hoja de Huesca se localizan un total de 13 estaciones meteorológicas, 6 pluviométricas, 6 termopluviométricas y una completa. La precipitaciones medias oscilan entre los 444 y los 632 mm, aumentando hacia el N. La temperatura media es del orden de 13-14° C, con incremento generalizado hacia el S. El clima dominante según la Clasificación Agroclimática de Papadakis es por tanto del tipo mediterráneo seco, en el que los regímenes térmicos de verano muestran ligeras diferencias entre los sectores meridionales y septentrionales.

La evapotranspiración (ETP) media según Thornthwaite varía entre los 700-750 mm; FACI (1.991, 1.992) calcula valores de la evapotranspiración de referencia (ET_0) muy superiores y del orden de 1.165 mm. Con los valores anteriores el porcentaje de lluvia útil respecto de la precipitación oscila entre el 18 y el 36% según las condiciones de almacenamiento de agua en el suelo.

6.2.2. Hidrología

Dos son los grandes ríos que atraviesan la Sierra de Guara en este sector: Flumen y Guatizalema. El primero circula de N a S por el centro de la Hoja con más de 240 km² de cuenca; de todos los que se citan es el que muestra mayor incisión o encajamiento. Los principales afluentes proceden de su margen derecha: Isuela, con 46 km² de superficie, y el Barranco de Valdabra. El Guatizalema discurre por la mitad oriental sobre una cuenca de casi 100 km² de extensión en esta Hoja; recibe los aportes del río Botella, también por su margen derecha, del que se incluyen algo más de 47 km² de su cuenca receptora.

Además, el extremo oriental incluye 61 km² de la cuenca del Alcanadre por los que circulan algunos cursos estacionales de escasa importancia. En el extremo contrario, culminando los relieves de la Sierra de la Galocha, se sitúa la divisoria de aguas con la cuenca del río Sotón.

El régimen fluvial de todos estos ríos es típicamente prepirenaico o pluvial mediterráneo, muy irregular en sus aportaciones interanuales y mensuales, debidas tanto al régimen de precipitaciones como a la escasa capacidad de regulación de las cuencas. Las aportaciones medias anuales de los principales ríos en su régimen actual están muy influenciadas por la construcción de varios embalses aguas más arriba y por los excedentes de riego, lo que permite contrastar notables diferencias entre estos volúmenes y las aportaciones restituidas al régimen natural.

Existen dos estaciones de aforo, E. A. nº 190: Flumen en Quicena y E. A. nº 192: Guatizalema en Siétamo, para las que la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 1.993) obtiene 47,2 y 50,2 hm³/año respectivamente de aportación media restituida.

Las obras de regulación de caudales más importantes son las correspondientes al Plan de Riegos del Alto Aragón que se manifiesta en el cuadrante suroccidental por los canales del Cinca y Flumen y el pequeño embalse de Valdabra, de 3 hm³ de capacidad, con los que se aseguran el regadío de más de 4.100 ha tan sólo en esta Hoja. Otras obras son las numerosas acequias y derivaciones menores para el suministro de caudales a cerca de 8.600 ha de regadío tradicional en el sector de la Hoya de Huesca si bien, de carácter deficitario.

El regadío con uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas alcanza cerca de 2.000 ha que tienen como principal fuente de suministro los manantiales que pueden llegar hasta los 30 l/s: Miquera (2912.1002), Fuente de los Santos (2912.1004), Cuarte (2912.1007), Siétamo (2912.3001) y Ola (2912.3002).

6.2.3. Características hidrogeológicas

6.2.3.1. Sistema Hidrogeológico Terciario Continental

Ocupa toda la serie de materiales detríticos oligo-miocenos de carácter continental que son aflorantes o se sitúan bajo los depósitos pliocuaternarios. En función de criterios sedimentológicos se asignan características acuíferas al conjunto de facies en las que predominan litologías conglomeráticas o de areniscas propias de ambientes proximales o medios de abanicos aluviales, mientras que las facies lutíticas y/o evaporíticas de ambientes distales configuran unidades con comportamiento impermeable en su conjunto, como las cartografiadas en el extremo occidental. Los materiales que aquí se consideran como acuíferos pertenecen al denominado Subsistema Hidrogeológico Huesca.

Constituye un potente acuífero detrítico del tipo multicapa, de baja-muy baja permeabilidad por porosidad intergranular (índice C_1) y transmisividad del orden de 100 m²/día. La elevada anisotropía vertical propicia la existencia de numerosos niveles colgados de carácter libre, que drenan por encima de la red hidrográfica, y de otros niveles confinados cuyo drenaje se produce a través de formaciones cuaternarias asociadas o directamente a los ríos.

Se han contabilizado un total de 42 puntos acuíferos en esta Hoja, de los que 19 son surgencias con caudales que rara vez superan el litro por segundo y 15 son sondeos con una profundidad media de 61 m.

En general, el Sistema Terciario Continental se caracteriza por poseer aguas de tipo muy diverso difícilmente encuadrables en una clase única en especial cuando se mezclan con otras de los acuíferos pliocuaternarios. Las manifestaciones asociadas en esta Hoja muestran una facies en la que domina el tipo bicarbonatado sódico o sulfatado cálcico-sódico, de mineralización ligera o notable y dureza que oscila entre duras o muy blandas.

6.2.3.2. Sistema Hidrogeológico Pliocuaternario

En general, al S de las Sierras Exteriores se cartografía un conjunto de depósitos pliocuaternarios de glaci y terrazas, con diverso grado de conexión y gran desarrollo por todo el Somontano que se agrupan bajo tres denominaciones genéricas: Acuíferos en glaci y terrazas, Acuíferos aluviales y Acuíferos pliocuaternarios indiferenciados.

Se definen como acuíferos en conglomerados, gravas, arenas y limos, libres, de permeabilidad media-alta por porosidad intergranular (índices A_1 y A_2), extensos y locales, de elevada producción, nivel freático subsuperficial y potencias inferiores a 8 m que, en ocasiones, alcanzan la treintena. Pueden estar desconectados de la red fluvial, caso de los glacis, completamente conectados en los acuíferos aluviales o en conexión diversa en el caso de acuíferos indiferenciados lo que determina una muy diferente capacidad de regulación.

Sobre la Hoja de Huesca se distinguen los siguientes acuíferos:

- Acuíferos en glacis y terrazas: Glacis de Ibieca, Glacis de Siétamo, Glacis de Ola, Glacis EL Bodeguero Sabardilla y Plana de Huerto-Usón. En conjunto se extienden por más de 95 km² para los que el volumen de recarga media anual es tan sólo de 12 hm³. Las surgencias más destacadas aparecen relacionadas con los tres primeros: Fuente de Ibieca (2911.8003), la Paúl de Siétamo (2912.3001) y el manantial de Ola (2912.3002), con caudales que pueden alcanzar los 25 l/s.
- Acuíferos aluviales: Terrazas y Glacis de los Ríos Guatizalema y Botella. Supera los 49 km² de extensión para los que se evalúan unas entradas próximas a los 8 hm³ anuales. La principal descarga (unos 6 hm³) se genera en el propia cauce, aunque existen algunas surgencias importantes como las fuentes de Los Canales (2911.7002), de 10 l/s, y las de Los Terreros (2911.7003) y Fañanás (2911.7011).
- Acuíferos pliocuaternarios indiferenciados: destacan las terrazas y glacis de los ríos Isuela y Flumen (SÁNCHEZ NAVARRO, J., 1.988) definidas con posterioridad en la Unidad Hidrogeológica nº 54: Hoya de Huesca (C.H.E., 1.993).

Alcanza una extensión de más de 161 km², de los que cerca de 114 se localizan en esta Hoja hasta el núcleo de Sangarrén. Tanto la potencia del depósito como los espesores saturados son irregulares, oscilando desde los escasos metros hasta cerca de 8 m; transmisividad de 25 a 150 m²/día y permeabilidad entre 25 y 200 m/día. Un balance aproximado evalúa las entradas en 23-25 hm³/año frente a unas salidas reguladas próximas a 8 hm³/año. Las surgencias más significativas son de dos tipos: ibones, como los de La Pesquera (2911.5003) y Miquera (2912.1002), y paúles, relacionadas con flujos del substrato terciario como las de Estiche (2912.2015) y Torre Colasa (2912.2006).

Las surgencias relacionadas con los acuíferos pliocuaternarios pueden agruparse en dos facies diferentes según su composición química. Surgencias de ibones, de acuíferos en glacis y terrazas y de acuíferos aluviales: son aguas bicarbonatadas cálcicas, con dureza media y mineralización por lo general ligera o media. Surgencias de paúles, asociadas a flujos del terciario continental: son aguas con características hidroquímicas similares a las de este último acuífero, difícilmente encuadrables en una facies única aunque dominen las bicarbonatadas cálcicas-magnésicas-sódicas y las sulfatadas-bicarbonatadas cálcico-sódicas. Pueden llegar a ser aguas duras y de notable mineralización. (Ver tabla 1. Resumen de inventario de puntos de agua en la Hoja de Huesca-286)

Tabla 1. Cuadro resumen de inventario de puntos de agua

Hoja de HUESCA (286) 29-12

		OCTANTES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
NATURALEZA	Manantiales		13	9	4	8	-	6	11	5	56
	Pozos		8	20	13	1	-	2	1	-	45
	Sondeos		3	4	5	1	-	1	-	1	15
	Otros		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total		24	33	22	10	-	9	12	6	116
USO	Abastecimiento		8	14	6	1	-	2	5	2	38
	Regadío		12	9	8	7	-	2	4	-	42
	Ganadería		3	3	4	1	-	-	-	-	11
	Otros		1	2	-	1	-	3	2	-	9
	Sin uso		-	3	1	-	-	2	1	4	11
	Industria		-	2	3		-	-	-	-	5
Caudal Medio l/s (manantiales)			6,6	2	7,3	6,2	-	1,5	1,5	0,6	
Prof. M. Sondeos			39	54	91	22	-	100	-	-	
Prof. M. Pozos			6,7	8,3	7	5	-	6	30	-	
Bombeos Estimados (Dm ³ /año)			300	400	118	100	-	157	-	63	1.138

7. BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M. J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J. L.; POCOVÍ, A. Y RODRÍGUEZ, J. (1984). "El Cuaternario de la depresión del Ebro en la Región Aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes". *Public. Esp. Univ. de Zaragoza*. 217 p.
- ALMELA, A. Y RÍOS, J. M. (1951). "Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales". *I Congr. Int. del Pirineo, Inst. de Est. Pirenaicos, Geología, 3, Zaragoza*, 28 p.
- ÁLVAREZ SIERRA, M. A., DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ MARTÍNEZ, N. Y SACRISTÁN-MARTÍN, M.A., (1987).- "Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain". *Münchener Geowiss. Abh. (A)* 10, pp. 43-48.
- ÁLVAREZ SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ MARTÍNEZ, N.; VAN DER MEULEN, A. J.; SESE, C. Y DE VISSER, J. (1990). "Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain)". *Scripta Geol.*, 94, pp. 1- 54.
- C.H.E. (1.988). "Plan Hidrológico". *Documentación Básica*. Zaragoza. MOPTMA. Vol. I, II y planos.
- C.H.E. (1.993). Proyecto de directrices de la cuenca del Ebro (versión 26 de noviembre de 1.993). Zaragoza. MOPTMA.
- C.H.E. (1.993) "Avance del estudio de dotaciones por cultivos y comarcas en la Cuenca del Ebro". Zaragoza. MOPTMA.
- CASTIELLA, J. et al. (1.982). "Las aguas subterráneas en Navarra". *Proyecto Hidrogeológico. Diputación Foral de Navarra*. 229 pp.
- CRUSAFONT, M.; RIBA, O. Y VILLENA, J. (1966). "Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Sta. Cilia (río Formiga, Provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas". *Notas y Com. IGME*, 83, pp. 7-13.
- CRUSAFONT, M. Y PONS, J. M., (1969). "Nuevos datos sobre el Aquitaniense del N de la provincia de Huesca". *Act. Geol. Hispánica*, 4, 5, pp. 124-125.
- CUCHI OTERINO, J. et al. (1.994). "Aplicación del modelo QUAL2E a los ríos Isuela y Flumen". *Congreso Nacional del agua y medio ambiente*. Zaragoza. pp 175-182.
- D.G.A. (1.990). "Riegos en Aragón por comarcas y municipios. Dpto. de Agricultura Ganadería y Montes. 77 pp.
- DALLONI, M. (1910). "Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon". *Ann. Fac. Sci. Marseille*, 19, 444 pp.

- FACI, J.M. Y MARTÍNEZ COB, A. (1.991). "Cálculo de la evapotranspiración de referencia en Aragón". *Diputación General de Aragón*. 115 pp.
- FACI, J.M. (1.992). "Contribución a la medida y cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET0) en Aragón". *Institución Fernando el Católico*. Zaragoza.
- FRIEND, P. F. (ED.); HIRST, J. P. P.; HOGAN, P. J.; JOLLEY, E. J.; MCELROY, R.; NICHOLS, G. J. Y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1989).- "Pyrenean tectonic control of oligo-miocene river systems, Huesca, Aragon, Spain". *Excursion Guidebook n° 4, 4th International Conference on Fluvial Sedimentology, Publ. Servei Geològic de Catalunya*, 142 p.
- FRIEND, P. F.; SLATER, M. J. Y WILLIAMS, R. C. (1979). "Vertical and lateral building of river sandstone bodies, Ebro Basin, Spain". *Jour. Geol. Soc., London*, 136, pp. 39-46.
- GARCÍA RUIZ, J. *et al.* (1.985). "Los recursos hídricos superficiales del Alto Aragón". *Colección de Estudios Altoaragoneses n° 2*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 224 pp.
- GARCÍA SENZ, J.; SANZ, J. Y SAMSO, J. M. (en prensa). "Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2ª ser., Hoja n° 324: GRAÑEN". I.T.G.E.
- GARRIDO, E. Y AZCÓN, A. (1.994). "Naturaleza y características de los aprovechamientos con aguas subterráneas al sur de las Sierras Exteriores pirenaicas". *Congreso Nacional del agua y medio ambiente*. Zaragoza. pp 15-23.
- HIRST, J. P. P. (1983). "Oligo-Miocene alluvial systems in the northern Ebro basin, Huesca province, Spain". *Ph D. Thesis, Univ. of Cambridge*, 814 p.
- HIRST, J.P.P. (1.983). "Oligo-Miocene alluvial systems in the northern Ebro basin, Huesca province, Spain". *Tesis Doctoral inédita, University of Cambridge*. 247 pp.
- HIRST, J. P. P. Y NICHOLS, G. J. (1986). "Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees". *In: P. Allen y P. Homewood (eds.), "Foreland Basins", Spec. Publ. I. A. S., 8, pp. 247-258.*
- I.T.G.E. (1.981). "Investigación hidrogeológica de la cuenca del Ebro". *Informe técnico n° 9: Estudio hidrogeológico del Sistema Acuífero n° 67 Sinclinal de Jaca*. MINER.
- I.T.G.A.-D.G.A (1.985). "Investigación de los recursos hidráulicos totales de la cuenca del río Arba (Zaragoza)".
- LARRAGÁN, A. Y CASTELL, J. (1952). "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja n° 286: HUESCA". IGME.
- M.A.P.A. (1.979). "Atlas agroclimático nacional".

- MALLADA, L. (1878). "Descripción física y geológica de la provincia de Huesca". *Mem. Com. Mapa geol. de España*, 15, pp. 1-439.
- NICHOLS, G.J. (1.984). "Thrust Tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain". *Tesis Doctoral, Univ. Cambridge*, 243 pp.
- PUIGDEFÁBREGAS, C. (1.975). "La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca". *Rev. Pirineos, Jaca*, 104, 188 pp.
- QUIRANTES, J., (1969). "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros". *Tesis Doc. Univ. de Granada*.
- QUIRANTES, J. (1978). "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros". *Inst. "Fernando el Católico", CSIC, Zaragoza*, 27, 207 p.
- RIBA, O. et al. (1.983). "Ensayo estratigráfico y evolutivo de la cuenca terciaria del Ebro". *Libro Jubilar de homenaje a J. M. Ríos, Geología de España, I.T.G.E. tomo II*, pp. 131-159.
- RIBA, O.; REGUANT, S. Y VILLENA, J. (1986). "Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca terciaria del Ebro". *Libro Jubilar J.M^o Ríos. Geología de España, t. 2, I.G.M.E., pp. 131-159.*
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1986). "Geomorfología de las Sierras Exteriores oscenses y su piedemonte". *Colección de Estudios Altoaragoneses*, 4, 172 p.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. et al. (1.986). "Las aguas subterráneas y los humedales de la hoya de Huesca y el Somontano de Barbastro". *Actas del congreso de Botánica en homenaje a Fco. Loscos Bernal. Alcañiz*.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. (1.988). "Los recursos hídricos de las Sierras de Guara y sus somontanos". 336 pp. *Colección de Estudios Altoaragoneses, n^o 27*. Diputación Provincial de Huesca.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. et al. (1.988). "Manifestaciones hidrológicas e hidroquímicas de flujos subterráneos procedentes de formaciones poco permeables del terciario en el Somontano de Huesca". *Estudios geológicos*, 44: pp. 445-452.
- SANZ, J. Y SAMSO, J. M. (en prensa). "Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2ª ser., Hoja n^o 325: PERALTA DE ALCOFEA". I.T.G.E.
- SAZ, P. (1.992). "Fuentes minero-medicinales de la provincia de Huesca". *Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca*. 102 pp.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

ISBN 978-84-7840-945-7



9 788478 409457