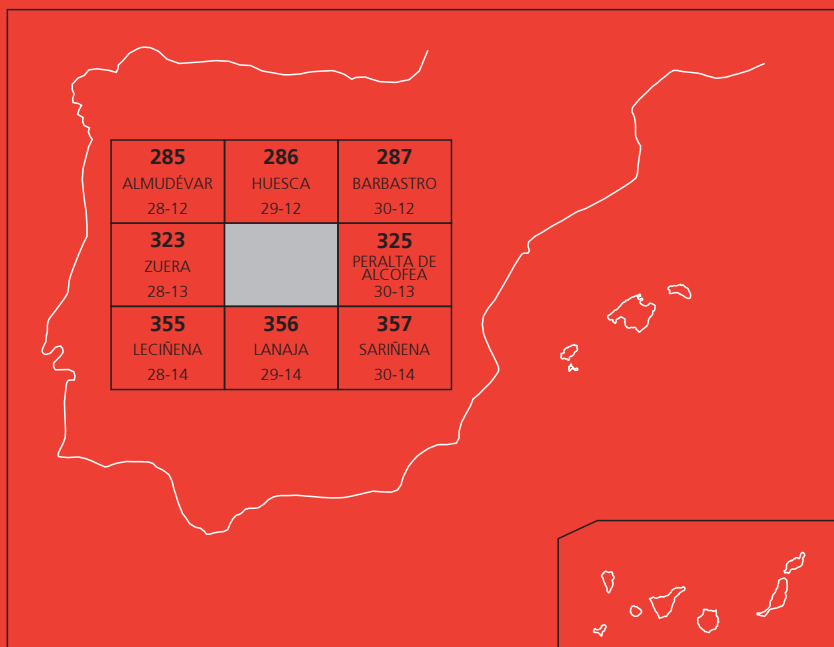




MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



GRAÑÉN

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

GRAÑÉN

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: 978-84-7840-947-1
Depósito legal: M-35946-2014

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

Las presentes Hoja y Memoria (Grañén-324), 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

- J. García Senz, J. Sanz López y J. M. Samsó Escolá (IGME)

Memoria

- J. García Senz, J. Sanz López y J. M. Samsó Escolá (IGME)

Geomorfología

- J. García Senz, Javier Sanz López y J. M. Samsó Escolá (IGME)

Hidrogeología

- E. A. 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
2. ESTRATIGRAFÍA	7
2.1. Terciario.....	7
2.1.1. Arenas, lutitas y microconglomerados (1). Ageniense	7
2.1.2. Lutitas, arenas y calizas. Fm Sariñena (2). Ageniense.....	8
2.1.3. Yesos, lutitas, calizas laminadas y areniscas (3). Ageniense	10
2.1.4. Calizas, lutitas, yesos y areniscas . Fm de Alcubierre (4). Aragoniense	10
2.2. Cuaternario	12
2.2.1. Conglomerados cementados (5). Terrazas altas	12
2.2.2. Gravas, arenas y lutitas (6 y 8). Terrazas.....	12
2.2.3. Gravas y lutitas (7, 9). Glacis colgados; Limos y cantos (10). Aluvial-coluvial; Gravas, arenas y lutitas (11). Coluviones; Gravas, arenas y limos(12). Fondo de valle, terrazas bajas, cauces abandonados y “valés”	12
3. TECTÓNICA	12
4. GEOMORFOLOGÍA	13
4.1. Descripción fisiográfica	13
4.2. Análisis geomorfológico.....	13
4.2.1. Estudio morfoestructural	13
4.2.2. Estudio del modelado.....	14
4.2.2.1. Laderas	14
4.2.2.2. Formas y depósitos fluviales	14
4.2.2.3. Formas y depósitos poligénicos	17
4.2.2.4. Formas antrópicas.....	17

	<u>Pag.</u>
4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA (HISTORIA GEOMORFOLÓGICA).....	18
4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	18
5. HISTORIA GEOLÓGICA	18
6. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	19
6.1 RECURSOS MINERALES.....	19
6.2 HIDROGEOLOGÍA.....	19
6.2.1. Climatología.....	19
6.2.2. Hidrología	20
6.2.3. Características hidrogeológicas.....	20
6.2.3.1. Sistema Hidrogeológico del Terciario Continental.....	20
6.2.3.2. Sistema Hidrogeológico Pliocuaternario.....	21
7. BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. INTRODUCCIÓN

La Hoja de Grañén se localiza en la provincia de Huesca, al sur de la capital. Está enclavada entre el Somontano de Huesca y la Sierra de Alcubierre. Existen varias poblaciones diseminadas, sobre todo en su área central más deprimida, por la que discurre el río Flumen (afluente del río Alcanadre).

En el área de la cartografía únicamente afloran rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias, estas últimas cubren una parte importante del territorio. Entre los relieves de la Sierra de Alcubierre presentes en el extremo suroccidental de la Hoja y las terrazas del río Flumen, se sitúan los sasos o sardas modelados en depósitos cuaternarios. Al NE del río Flumen se encuentra una zona con afloramientos de rocas terciarias, coronada por las terrazas altas del río Guatizalema. En la esquina NE se encuentran plataformas a diferentes alturas formadas en las terrazas medias y bajas del río Guatizalema.

En un contexto geológico regional, la Hoja de Grañén se halla en la zona septentrional de la cuenca del Ebro, rellena por sedimentos marinos del final del Eoceno y depósitos continentales endorreicos.

Los sedimentos terciarios son de edad miocena y corresponden a depósitos continentales subhorizontales que fueron incluidos por QUIRANTES (1969, 1978) en las Fms. de Sariñena y de Alcubierre. Este autor las utiliza en la Memoria que acompaña su cartografía 1:50.000 de Grañén (QUIRANTES, 1970-71a). Estas formaciones y su subdivisión en unidades litoestratigráficas menores será discutida aquí.

Los aspectos sedimentológicos de las facies fluviales de la Fm. de Sariñena son descritos por HIRST (1983) y HIRST y NICHOLS (1986), en particular en el área noroccidental de esta Hoja. Estos autores incluyen los materiales de la Fm. de Sariñena dentro del Sistema fluvial de Huesca.

Más recientemente, ARENAS *et al.* (1989) estudian la Fm. de Alcubierre en la Sierra de Lanaja, al sur de esta Hoja, describiendo las facies lacustres.

En lo que respecta a los depósitos cuaternarios, RODRIGUEZ VIDAL (1986) describió las terrazas del río Guatizalema dentro de su estudio del piedemonte oscense.

2. ESTRATIGRAFÍA

En la Hoja de Grañén afloran sedimentos terciarios (Miocenos) de carácter continental. Estos materiales han sido divididos en unidades estratigráficas que no coinciden exactamente con la definición efectuada por QUIRANTES (1969). Este autor describió la Fm. de Sariñena y la Fm. de Alcubierre en base a una subdivisión en unidades litológicas. Pero esta subdivisión es difícil de aplicar ya que no presentan límites bien definidos.

2.1. Terciario

2.1.1. Arenas, lutitas y microconglomerados (1). Ageniense

Esta unidad ocupa más del 50% de la superficie total de la Hoja y se incluye en la Fm. de Sariñena de QUIRANTES. Concretamente este autor las denomina "areniscas de Alberuela de

“Tubo”, basándose en la potencia de los niveles de areniscas. Los afloramientos más completos se sitúan bajo las terrazas más altas en la zona de Marcén-Alberuela de Tubo, donde afloran más de 170 metros de sucesión.

En el área situada al NE de la Hoja, la unidad se caracteriza por cuerpos arenosos de 5-10 m de espesor y gran extensión lateral formados por depósitos de canales amalgamados. Entre estos niveles se encuentran canales aislados entre facies más finas. Los paleocanales tienen bases y cicatrices erosivas con niveles de cantos blandos (1-2 cm de diámetro), grava o conglomerado (hasta 4 cm), predominantemente de cuarzo. Las arenas son de grano medio a fino y están poco cementadas; QUIRANTES (1970-71a) cita un contenido del 30-60% de cemento carbonático, con una fracción escasa de limo-arcilla.

Internamente se observan abundantes barras con laminación cruzada y paralela, algunas con taludes de hasta 1 metro de altura. Las estructuras de migración lateral son raras. Las paleocorrientes muestran una distribución dominante hacia el sur y en menor medida hacia el O y SO.

Las facies de llanura aluvial están formadas por alternancias de capas tabulares de areniscas de grano fino a medio con lutitas. A techo de algunos niveles se observan decoloraciones y rizocreciones.

Hacia el sur y hacia el oeste de la Hoja, los tramos lutíticos son más abundantes y los niveles de canales están más espaciados en la vertical. Algunos canales presentan estructuras de migración lateral.

Los cuerpos arenosos que caracterizan esta unidad son en gran parte “sheets”, como los descritos por TURNER *et al.* (1984). Se forman por migración de canales dando lugar a cinturones de mayor densidad entre facies interfluviales. En general presentan gran desarrollo de barras y características de ríos de tipo trenzado.

Forma parte del Sistema fluvial de Huesca, de HIRST (1983), que constituye un abanico de unos 60 km de radio.

La Fm. de Sariñena ha sido datada como Ageniense en varias localidades: AGUSTI *et al.* (1987) y LOPEZ-MARTINEZ *et al.* (1987) en el yacimiento de Santa Cilia (Alquézar); CRUSAFONT y PONS (1969) en Ayerbe y CUENCA (1991) en Sariñena y Almacelles. La unidad tratada aquí debe tener esta edad ya que como veremos más adelante materiales suprayacentes son todavía agenienses.

2.1.2. Lutitas, arenas y calizas (2). Ageniense

La parte inferior de esta unidad pasa lateralmente a la anterior, siendo su parte superior más moderna. Se incluye en Fm. de Sariñena (QUIRANTES, 1970-71a). El espesor aflorante en la Hoja es de aproximadamente 600 m.

Está formada por lutitas, limos y areniscas finas entre las que se intercalan paleocanales arenosos aislados, con espesores de 2-5 metros y una continuidad lateral de decenas de metros (máximo 100 m). Tienen en general una base erosiva laxa e internamente muestran superficies de acreción lateral y barras con estratificación cruzada y en surco. Su morfología corresponde al tipo “ribbon” de TURNER *et al.* (1984).

Las facies de llanura aluvial son muy abundantes y consisten en lutitas y arenas finas, arcillas limolíticas grises con fauna y capas de calizas. Presentan gran desarrollo de suelos.

Los niveles carbonáticos se encuentran sobre todo en los Llanos de la Violada, perdiendo entidad hacia el sur hasta desaparecer. Los afloramientos más meridionales se hallan en la zona de Las Cerveras. Son calizas mudstone-wackestone de color gris-azulado, con continuidad lateral kilométrica y espesor centimétrico (2-15 cm). Contienen restos de gasterópodos, carófitas, ostrácodos y bivalvos. A techo muestran bioturbación por raíces.

Los niveles principales de calizas se han representado en la cartografía como trazas de capa. Cada traza agrupa varios horizontes de calizas. En los Llanos de la Violada se distinguen 5 niveles distintos, de los cuales sólo el inferior está bien desarrollado hacia el sur. No obstante se han encontrado en Las Cerveras capas calizas de poca entidad hacia la parte alta de la unidad, algunas contienen laminaciones estromatolíticas.

Unos 3-4 m por debajo del nivel inferior de calizas y próximo a la base de un canal arenoso, se encuentra un nivel volcanoclástico. Este horizonte fue reconocido por HIRST (1983) en un afloramiento del Canal del río Cinca situado en el límite entre las Hojas de Grañén y Huesca. En esta localidad, está formado por 2 cm de arena blanca rica en sanidina y 10 cm de esmectita de colores rosados con motas blancas.

Este depósito cinerítico tiene buena continuidad lateral, habiéndose reseñado en la cartografía los puntos donde se ha encontrado:

En el camino al Saso del Cuervo, cerca de la Caseta del Agustín, el nivel volcanoclástico se encuentra retrabajado dentro de un canal, que presenta laminaciones cruzadas con colores rosados.

En el camino de Senés de Alcubierre a la carretera de Torralba-Frula, la cinerita se encuentra entre niveles lutíticos situados bajo calizas laminadas con gran cantidad de tallos de algas. Las lutitas presentan algunos nódulos milimétricos de yeso y yeso fibroso.

Al NE de Robres el horizonte guía de arcillas rosadas tiene una potencia de 5 centímetros y se encuentra directamente bajo la caliza. Más al sur no ha sido encontrado, aunque un nivel volcanoclástico comparable ha sido citado en la Hoja de Lanaja (Hernández de Samaniego *com. per.*).

La unidad litológica descrita se interpreta como facies de llanura aluvial distal del sistema fluvial de Huesca. Los paleocanales muestran una mayor sinusoidad que los descritos en la unidad (1). Las intercalaciones de calizas lacustres en su parte superior se depositaron en depresiones extensas y poco profundas en la zona marginal del sistema fluvial.

Los niveles de calizas abundantes en el área de los Llanos de la Violada tienen mayor desarrollo en la sierra de la Galocha (Hoja de Huesca), donde algunos autores han obtenido fauna de micromamíferos: En los niveles más bajos de calizas HIRST (1983) sitúa *Caenotherium cf. miocaenicum*. Por encima, en la base de un cuerpo arenoso, encuentra *Stenofiber aff. deperti* (determ. J. AGUSTÍ). Más arriba en la sucesión se encuentran faunas más abundantes en un perfil que fue revisado por ÁLVAREZ SIERRA *et al.* (1987) y LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.* (1987). La edad de estas faunas es Ageniense (Aquitaniense), zona Y para el nivel de San Juan y zona Z para el de la Galocha.

2.1.3. Yesos, lutitas, calizas laminadas y areniscas (3). Ageniense

El tramo inferior de esta unidad pasa lateralmente a la unidad (2). Este cambio es claramente visible en la cartografía en los Llanos de la Violada y cerca de Robres. En el mapa previo de Grañén de QUIRANTES (1970-71a), parte de la unidad (3) fue incluida en la Fm. de Alcubierre. En cambio en la Hoja de Zuera, esta unidad fue incluida por QUIRANTES (1970-71b) en la Fm. de Retuerta. Su espesor aflorante es aproximadamente de 275 m.

Está formada por lutitas de colores amarillos o grises que intercalan capas centimétricas a decimétricas de calizas y yesos nodulares y alabastrinos en ciclos métricos estratodecrecientes. Algunas litofacies menos abundantes son yesos laminares asociados a capas milimétricas de gypsarenitas. Las calizas son limolitas carbonáticas laminadas de color amarillo u ocre, a veces con laminaciones estromatolíticas. Se han observado rizocrecciones y crecimiento secundario de yeso. En la zona de cambio lateral con la unidad (2), las calizas llegan a tener textura de wackestone de tallos de algas.

Los tramos más lutíticos intercalan capas tabulares de arenas de grano medio a fino con ripples y limos. Localmente se observan canales de coloración gris-azulada, con escala métrica, cantos blandos en la base y relleno masivo. Ocasionalmente contienen restos de vertebrados.

Estas facies se depositaron en una llanura lutítico- evaporítica caracterizada por depósitos arenosos sin confinar y esporádicos canales uniepisódicos. La gran abundancia de calizas con desarrollos estromatolíticos, falta de fauna y asociación con sulfatos indica un ambiente charcstre con alta salinidad.

Así pues, los carbonatos de la unidad anterior (2) muestran unos aportes de agua mayores con una salinidad menos acusada en correspondencia con su posición entre paleocanales de mayor entidad. Las facies de esta unidad corresponden a la zona terminal (llanura lutítico- evaporítica) del Sistema fluvial de Huesca.

El yacimiento de Remolinos podría situarse en niveles estratigráficos equivalentes a esta unidad. Este yacimiento ha proporcionado *C. miocaenicum*, que según CUENCA (1992) caracteriza el Aragoniense inferior o la parte inferior del Aragoniense medio.

2.1.4. Calizas, lutitas, yesos y areniscas. Fm de Alcubierre (4). Aragoniense

Esta unidad forma parte de la Fm. de Alcubierre de QUIRANTES (1978) y en particular del Mb. de Castejón. Aflora únicamente en el borde SO de la Hoja, donde se dispone encima de la unidad (3). Su espesor es de 300 m divididos en ciclos decamétricos:

El primer ciclo tiene 22 m de espesor. Su tramo basal está caracterizado por lutitas con coloraciones más amarillentas que en la unidad infrayacente y capas de arenisca. Son arenas finas y limos con gran continuidad lateral, forma tabular y potencia decimétrica. Esporádicamente se intercalan paleocanales con escasa extensión lateral y hasta dos metros de espesor en su zona central. Tienen base erosiva acanalada y relleno masivo.

Intercalan escasas capas de calizas limolíticas laminadas. En algún caso se observa un ciclo de somerización de 30 centímetros formado por lutitas grises, calizas estromatolíticas y un grainstone con laminación cruzada laxa a techo. Las capas de yeso nodular y gypsarenita son escasas y van desapareciendo progresivamente.

En el tramo central del ciclo predominan las lutitas. Las lutitas amarillas intercalan arcillas grises más carbonáticas hacia techo, con faunas de gasterópodos y carófitas y lutitas pardorrojizas con bioturbación y desarrollo de suelos.

El ciclo termina por un tramo muy carbonático que ha sido utilizado en la cartografía como línea de capa, presentando una gran continuidad. Son niveles de 1.5-3.5 metros, variando lateralmente la asociación interna de calizas y lutitas.

Está compuesto por lutitas verdes laminadas sobre las que que disponen calizas micríticas laminadas pulverulentas con tramos más margosos. Las laminaciones son milimétricas o centimétricas y están marcadas por niveles de limos o niveles grainstone o rudstone con intraclastos, restos de algas, ostrácodos y granos de cuarzo de tamaño arena gruesa. Las laminaciones son paralelas, cruzada laxa e incluso ripple.

Por encima gradan a calizas masivas, lime mudstone a wackestone con gasterópodos, caráceas, bivalvos, restos vegetales, ostrácodos y restos de vertebrados. Pueden presentar horizontes más lutíticos con desarrollo de bioturbación por raíces.

Sobre estas calizas se encuentra una alternancia de calizas y lutitas, estratodecreciente y con aumento en la vertical de los tramos de lutitas. Las calizas presentan importante bioturbación por raíces y brechificación.

El segundo ciclo tiene 34 metros de espesor. En su parte basal presenta canales arenosos, que tienen mayores dimensiones en el margen NO de la Hoja. Su espesores alcanzan 3 metros, con base erosiva y relleno por barras.

El tercer ciclo tiene una potencia de 58 metros. Su parte superior contiene una mayor cantidad de recurrencias carbonáticas que los ciclos anteriores.

El cuarto ciclo tiene 42 metros de espesor. En los alrededores del Puig Ladrón su base contiene algún canal arenoso de escala métrica y extensión lateral de pocos metros. Las calizas del tramo basal tienen gran cantidad de tallos de algas y pueden presentar niveles milimétricos de calcarenitas a techo de las capas o intercalados en las lutitas. Por encima, los intervalos más lutíticos contienen niveles de yeso nodular e intercalan calizas laminadas limosas con algún nivel estromatolítico. Estas alternancias finalizan con unas calizas de mayor potencia "mudstone" a "wackestone" de carófitas y gasterópodos, sobre las que se halla el repetidor del Puig Ladrón.

Los niveles más altos que afloran en la Hoja son 20 metros de lutitas con una nueva caliza a techo.

Estos cuatro grandes ciclos asimétricos y su ciclicidad interna de menor escala, pueden ser interpretados en base a su ordenación de facies: Se inician por facies de llanura aluvial distal con pequeñas charcas, interpretadas como una progradación del sistema fluvial. El ciclo finaliza con el desarrollo de depósitos lacustres extensos que muestran secuencias de somerización desde zonas internas del lago a zonas litorales con desarrollo de vegetación. Esta colmatación es progresiva y va acompañada de una nueva llegada de terrígenos, inicio del siguiente ciclo. Es interesante resaltar dos hechos. En el primer ciclo se observa un cambio progresivo desde las condiciones de alta salinidad de la unidad litológica (3) a una sedimentación lacustre. Los ciclos evolucionan hacia un mayor contenido en facies lacustres, de forma que éstas predominan en el cuarto, ya sea con la mayor presencia de carbonatos, como con la deposición de niveles de sulfatos.

Recientemente han sido publicados datos sobre la edad de esta formación. CUENCA (1992) describe en un nivel de Corona de la Reina (Hoja de Zuera), correlacionable con la parte final de nuestro segundo ciclo, ejemplares de la familia Glyridae que coloca entre el Aragoniense medio y el Vallesiense. CUENCA (1991) sitúa en el Puig Ladrón, en el límite con la Hoja de Grañén, un nivel que parece corresponder a la parte más alta de la unidad (4), con fauna de micromamíferos. Esta fauna aunque pobre es asignada al Aragoniense medio-superior (Langhiense-Serravaliense). Así pues la unidad (4) tendría una edad Aragoniense.

La sucesión descrita en esta unidad se corresponde con la unidad tectosedimentaria N2 y la base de la N3 de ARENAS y PARDO (1981). Estas unidades son asignadas por estos autores al Aragoniense medio y superior y Aragoniense superior-Vallesiense respectivamente.

2.2. CUATERNARIO

La Hoja de Grañén posee un recubrimiento extenso de depósitos cuaternarios. Una descripción de estos depósitos se encuentra en el apartado de Geomorfología. En el mapa geológico se han distinguido tres grupos en función de su cronología relativa:

2.2.1. Conglomerados cementados (5). Terrazas altas

Corresponde a los depósitos de terraza más altos (T7 y T6) relacionados con el río Guatizalema.

2.2.2. Gravas, arenas y lutitas (6, 8). Terrazas

Forman parte las terrazas encajadas T5, T4 y T3 del río Guatizalema y los depósitos de glacis y laderas relacionadas con estos niveles. De igual forma se incluye la terraza aluvial situada al sur del pueblo de Montesúsín, el glacis G3 y la terraza T3 del río Flumen.

2.2.3. Gravas y lutitas (7, 9). Glacis colgados; Limos y cantos (10). Aluvial-coluvial; Gravas, arenas y lutitas (11). Coluviones; Gravas, arenas y limos (12). Fondo de valle, terrazas bajas, cauces abandonados y "valés"

Corresponde a las terrazas más bajas, glacis, laderas y depósitos aluviales coluviales recientes. (ver epígrafe 4 de Geomorfología).

3. TECTÓNICA

La Hoja se sitúa dentro de la cuenca de antepaís del Ebro, al sur del frente de deformación pirenaica. Los sedimentos miocenos tienen buzamientos suaves (1-3°) hacia el oeste en la esquina NO de la Hoja. En el suroeste de la Hoja las capas tienen inclinaciones entre 3° y 5° hacia el SO. Los buzamientos pasan a ser progresivamente subhorizontales hacia el NE.

En la unidad (3) con yesos, se han observado algunos pliegues muy abiertos hectométricos y con gran radio de curvatura.

El espesor del Terciario continental en la Hoja de Grañén oscila entre unos 2100 metros al sur de la Hoja y más de 2800 metros al norte (RIBA, 1984). Según este autor el sustrato se halla inclinado hacia el norte con una pendiente mayor al este de la Hoja que al oeste. Es interesante remarcar que la dirección de los buzamientos del mioceno observados en superficie es oblicua a la inferida para el sustrato y su inclinación tiene sentido opuesto.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA

La Hoja de Grañén está enclavada en el Somontano de Huesca, dentro de la Depresión del Ebro. Ocupa una posición intermedia entre los relieves prepirenaicos más meridionales y la Sierra de Alcubierre.

Presenta un clima de tipo continental, con una precipitación media anual de 400-500 mm y una temperatura media entre 13-15 grados. Su extensa cobertera de depósitos superficiales, junto con la diversificada red de acequias y canales permite el desarrollo extendido de la agricultura.

Las principales variaciones orográficas se producen en las transversales NE-SO, perpendiculares a las franjas litológicas y al trazado de los ríos Guatzalema y Flumen, ambos afluentes del río Alcanadre.

El río Guatzalema discurre por la esquina NE de la Hoja encajado en sus terrazas. Está separado del amplio valle del río Flumen por una zona elevada con relieves modelados en depósitos colgados de terrazas. Los puntos culminantes son el Saso Alto (549 y 544 m), Mogache (538 m), Languardia (538 m) y San Andrés (510 m). La ladera meridional de los citados sasos presenta vertientes desnudas, que forman una importante franja de afloramiento de los sedimentos subhorizontales de la Fm. de Sariñena.

El río Flumen discurre por la diagonal central de la Hoja encajado en sus terrazas recientes, a una cota menor que el Guatzalema. Su trazado presenta cambios abruptos de orientación, incluidos en una envolvente NO-SE. La vertiente izquierda es relativamente suave y regular, debido principalmente a la escasez de depósitos cuaternarios recortados. Por contra, su vertiente derecha presenta un marcado relieve invertido, resultado de la disección por la red torrencial actual de extensos depósitos de terrazas y glaciés antiguos.

En el vértice SO de la cartografía se hallan las estribaciones de la Sierra de Alcubierre. Está constituida por afloramientos de rocas miocenas que forman relieves elevados respecto a los terrenos circundantes, con una cota máxima de 695 m.

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. Estudio morfoestructural

Como se ha comentado en la descripción del mapa geológico, se han distinguido cuatro unidades litológicas de edad miocena. Estos terrenos afloran en franjas longitudinales NO-SE debido a una relativa concordancia entre la orientación del buzamiento y los cambios laterales de facies. Remarquemos también, que las franjas litológicas son aproximadamente paralelas al trazado de los ríos Guatzalema y Flumen y en consecuencia a sus depósitos de terraza.

La mayor parte de la Hoja está ocupada por lutitas y areniscas subhorizontales de la Fm. de Sariñena. En la unidad litológica (1), las facies fluviales más resistentes a la erosión se hallan en la zona NE, relativamente elevada, por donde discurre el río Guatzalema. Consisten en numerosos paleocanales amalgamados configurando cinturones arenosos bastante continuos y potentes, que a menudo forman escarpes. Presentan un modelado de cerros y sasos

normalmente coronados por distintos niveles de terrazas. La resistencia de los materiales miocenos y cuaternarios a la erosión remontante de los barrancos ha producido un frente erosivo hacia el valle del Flumen, que se extiende desde Tramaced hasta Alberuela de Tubo (contorneado en su base por el Canal del Cinca). Se caracteriza por desniveles de hasta 150 m con numerosos escarpes y monolitos que confieren al paisaje un aspecto pintoresco.

La amplia depresión del río Flumen se ha excavado en facies fluviales progresivamente más distales hacia el SO, con menor resistencia a la erosión que las citadas anteriormente. Se caracterizan por una menor dimensión y densidad de los paleocanales arenosos y mayor abundancia de lutitas y yesos. El modelado en estos materiales es de montículos suaves, donde con frecuencia los paleocanales subhorizontales destacan como relieves relictos entre las lutitas.

Los niveles de calizas que contiene la unidad litológica (2) forman superficies estructurales en Los Llanos de la Violada, que si bien aquí son poco importantes, alcanzan gran extensión en las vecinas Hojas de Zuera y Huesca. Coronan a menudo pequeñas mesas recortadas por la erosión, similares a los sasos de las terrazas. Dado el escaso espesor de las calizas, estas superficies nunca están limitadas por escarpes. En algunos casos como en el Saso del Cuervo, los niveles de calizas se hallan cortados en bajo ángulo por los glaciares que parcialmente aprovechan las superficies estructurales.

Hacia el sur de la Hoja, los niveles de caliza citados, pierden entidad y no tienen expresión morfológica. Las lutitas y yesos de las unidades (2) y (3) del mapa geológico, se hallan cortadas en bisel por extensos glaciares y depósitos aluviales colgados provenientes de la Sierra de Alcubierre. Estos depósitos controlan localmente el trazado de los barrancos que drenan la vertiente derecha del Flumen, como el que discurre paralelo a la extensa terraza T3 donde se sitúa el pueblo de Barbués.

La sierra de Alcubierre constituye un relieve destacado en la Depresión del Ebro, debido en parte a la resistencia erosiva y al apreciable buzamiento de las formaciones rocosas que la componen. En el corte morfológico II-II' se aprecia un cambio de pendiente topográfica que coincide aproximadamente con la base de la Fm. de Alcubierre. Destacan una sucesión de plataformas escalonadas formadas sobre cada uno de los 4 principales niveles de calizas que presenta la Fm. de Alcubierre. Forman "cuestas" inclinadas hacia el SO de 3-5 grados siguiendo el buzamiento de las capas, con un pequeño escarpe en el frente de la cuesta.

4.2.2. Estudio del modelado

4.2.2.1. *Laderas*

Están formadas por depósitos recientes de tipo coluvión, procedentes del retroceso de cerros resistentes a la erosión, normalmente coronados por terrazas o glaciares colgados. Tienen elevada pendiente y poca longitud, enlazando con sedimentos aluviales-coluviales o de fondo de "vale".

4.2.2.2. *Formas y depósitos fluviales*

Río Guatzalema

Tiene su cuenca de captación en las Sierras Exteriores. En su recorrido por la Hoja presenta un valle rectilíneo encajado en sus terrazas y sin afluentes importantes. El cauce discurre entre las cotas 400 y 360 m. Se reconocen 6 niveles de terrazas:

- T7.- Se halla sólo en la margen derecha del río, recortada a +150-160 m sobre el lecho actual. Sus cotas absolutas entre 540 y 480 m son comparables e incluso superiores al gran Saso de Berbegal situado en la vecina Hoja de Peralta de Alcofea. Para RODRIGUEZ VIDAL (1986), estos depósitos no se relacionan con el río Guatizalema sino que corresponden a un "nivel medio" (PI C2) de depósitos de abanico aluvial, con posible edad Pliocuaternaria.
- En la Plana del Mogache tiene un espesor de 12 m, dividido en dos tramos: Los 8 primeros metros están compuestos por conglomerados cementados con estratificación cruzada en surco. Los cantos tienen un diámetro medio de 4 cm y máximo de 20 cm y están compuestos de calizas, rocas metamórficas, triásicas y paleozoicas. A techo predomina la matriz lutítica y está poco cementado. El segundo tramo de 4 m se inicia con conglomerados de granulometría menor que el anterior, que hacia el techo intercala lutitas y caliches lenticulares, finalizando con 1 m de costra carbonática.
- T6. Se sitúa aproximadamente entre +95-110 m sobre el cauce actual. Estos depósitos se hallan recortados formando una alineación en la margen derecha del río, aproximadamente paralela a su actual trazado. Destaca por su extensión el Tozal Redondo. RODRÍGUEZ VIDAL (1986) interpreta esta terraza como un depósito de abanico aluvial, que denomina "nivel inferior" (PIC 1) de posible edad Pliocuaternaria.
- T5. Es la más alta del sistema encajado de terrazas (+50-60 m) y forma depósitos arealmente importantes en ambas vertientes del río. Se relaciona con los glaciares, bien desarrollados, que enlazan la T6 con la T5. La terraza tiene potencias de 2-3 m, estando formadas por conglomerados poligénicos cementados con estructuras tractivas.
- T4. Se sitúa a +40 m y tiene una extensión más reducida que la T5. Este depósito enlaza con la terraza de +40 m del río Alcanadre, que puede seguirse por la vecina Hoja de Peralta de Alcofea, permitiendo de ese modo datar como T4 la terraza que se encuentra justo en el vértice SE de la Hoja de Grañén. Esta datación es clave para relacionar las terrazas del río Flumen y el Guatizalema.
- T3 y T2.- La primera se halla a +10-15 m y la segunda es la terraza subactual en la que está encajado el cauce.

Río Flumen

Tiene su cuenca de captación en las Sierras Exteriores. Discurre por la Hoja de Grañén entre las cotas 350 y 270 m, sensiblemente menores que el Guatizalema. En su entrada septentrional presenta un valle orientado N-S, con un cauce estrecho que divaga encajado en la terraza baja. La pendiente de este segmento es de 0.2°.

Pasado Torres de Barbués, el río adopta un trazado ONO-ESE, con un cauce sinuoso caracterizado por meandros encajados en la terraza baja, algunos de ellos estrangulados. La pendiente del lecho se incrementa progresivamente hasta alcanzar 0.7° a la altura de Grañén, para disminuir bruscamente a partir de este punto. Esta ruptura del perfil del río está también marcada en sus terrazas.

Tras la confluencia con el barranco del Reguero, el curso del río vuelve a ser N-S en un corto tramo, describiendo un marcado meandro antes del siguiente cambio de orientación. La pendiente disminuye.

El segmento final de cauce tiene una orientación aproximadamente NO-SE, y en él la pendiente vuelve a aumentar hasta la confluencia con el río Alcanadre.

Las terrazas se han agrupado en 3 niveles:

- T3. Se sitúa entre +20 y +30 m sobre el cauce actual. En las proximidades de la Balsa de Bercero, es un depósito de 1 m de espesor, sin cementar de cantos subredondeados de 1-3 cm de calizas mesozoicas y eocenas, areniscas miocenas y cuarzos. Se halla clasificado por niveles, matriz arenosa y con niveles cementados. En las cercanías de Barbués tiene 60 cm de espesor, está muy cementada y presenta una sucesión granocreciente con cantos de 1.5-2 cm de media en la base y 5-8 cm en el techo.
- T2. Este nivel agrupa una serie de terrazas escalonadas entre las cotas +15 y +10 m. Presentan abundancia de limos y se hallan poco cementadas.
- T1. Comprende terrazas escalonadas situadas a cotas menores de +10 m. En ellas se ha encajado el cauce actual formando meandros.

Red de drenaje

La divisoria de aguas entre el río Flumen y Guatizalema discurre por la alineación de sasos que se extiende entre las poblaciones de Tremaced y Alberuela de Tubo. La mayor parte de la Hoja pertenece a la cuenca hidrográfica del río Flumen.

La red de drenaje en la margen izquierda del Flumen está formada por barrancos de trayectoria NE-SO, perpendiculares al río. Estos se caracterizan por una cabecera diversificada situada sobre la ruptura de pendiente que separa la citada divisoria de aguas. La importante erosión remontante de estos afluentes junto con la resistencia de los materiales han formado la extensa y escarpada vertiente desnuda citada en el apartado de estudio morfoestructural. Fuera del área de cabecera los cauces se encajan en los sedimentos aluviales-coluviales y en las lutitas de la Fm. de Sariñena. El barranco El Reguero es el más activo, con procesos de abarrancamiento en su zona media.

Los barrancos que drenan la vertiente derecha del Flumen tienen su cabecera en las laderas de la Sierra de Alcubierre. Cortan los extensos glaciares G3 y en general tienen características de "valés", con el fondo ancho y relleno de sedimentos. El barranco de la Sardeta destaca por su cauce inciso y en general desprovisto de sedimento. Se observa que este barranco pasaba anteriormente por la población de Robres y actualmente el cauce activo se ha desplazado hacia el sur.

Terraza alta del río Flumen

Se localiza al sur del pueblo de Montesusín, formando los sasos de Plan de Burro, Las Cerveras, La Sarda y Cantalobos entre otros. Estos depósitos se encuentran recortados por la erosión entre las cotas 490 m y 380 m, con una pendiente deposicional de 1.3 grados hacia el NE y E.

En las Cerveras comprende 1-1.8 m de conglomerados cementados con abundante matriz arenosa. Los cantos son subangulosos a subredondeados de un tamaño medio 2-4 cm y máximo 20 cm de diámetro y algunos bloques. Los cantos son predominantemente de calizas lacustres miocenas, aunque también se han observado calizas marinas.

Constituyen depósitos de abanico aluvial provenientes de la cercana Sierra de Alcubierre, como indica su pendiente deposicional, facies y litología dominante de los cantos.

Morfológicamente ocupan una posición elevada respecto a los glaciares G3, en consecuencia son depósitos precedentes a la terraza más alta del Flumen existente en la Hoja.

4.2.2.3. *Formas y depósitos poligénicos*

Son los depósitos que cubren mayor extensión en toda la Hoja. Se han distinguido en la cartografía tres tipos: glaciares degradados, depósitos aluviales-coluviales y depósitos de fondo de valle. Esta última acepción es sobre todo morfológica y se reserva al relleno de cauces bien definidos.

Glaciares degradados

G5. Estos depósitos tienen pequeñas dimensiones y dan morfologías poco importantes. Arrancan al pie de los sasos formados por las terrazas T6 y T7 del río Guatizalema, relacionándose con la Terraza (5).

G3. Se encuentran en el valle del río Flumen, relacionados con el nivel de terrazas T3. Los depósitos más extensos arrancan de la ruptura de pendiente en la ladera de la sierra de Alcubierre (ver corte geomorfológico II-II'), con perfil cóncavo y pendientes deposicionales de 0.6 grados. Tienen importante expresión morfológica, formando numerosos sasos recortados por la red de barrancos. En la vertiente izquierda del Flumen los afloramientos preservados son más escasos.

Cerca de Robres, estos depósitos tienen menos de medio metro de espesor y están formados por limos con niveles de cantos de calizas de Alcubierre y del mioceno infrayacente.

En los glaciares del canal del Cinca, tienen entre 0.5 y 1 m de espesor, con base irregular. Están formados por cantos subangulosos de calizas lacustres de la unidad litológica (2).

G2 y G1. Son depósitos arealmente poco importantes que se relacionan con las terrazas más bajas respectivas del río Flumen. Proviene de pequeños relieves recortados por la actual red de barrancos. Un ejemplo son los depósitos que rodean al pueblo de Montesúsín: arrancan de los sasos formados por el glaciar G3 y muestran pendientes deposicionales hacia el barranco de la Sardeta.

Depósitos aluviales-coluviales

Ocupan grandes extensiones, quedando desprovistos de recubrimiento sólo los relieves prominentes y las áreas con procesos activos de abarrancamiento. Están formados predominantemente por limos con cantos dispersos procedentes de la erosión de terrazas y glaciares precedentes.

4.2.2.4. *Formas antrópicas*

Gran parte de las formaciones superficiales y algunos afloramientos han sido removidas en los campos de cultivo que se extienden por toda la Hoja.

Entre las obras hidráulicas destacan por su importancia los canales del Cinca, de los Monegros y del Flumen. De estos canales deriva una densa red de acequias, muchas de las cuales discurren por el fondo de los barrancos, modificando su drenaje. En la cartografía se ha reseñado un pequeño embalse de reciente construcción situado a 2 km al SE de Marcén, existen además innumerables balsas de pequeñas dimensiones.

4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA (HISTORIA GEOMORFOLÓGICA)

Los elementos morfológicos más antiguos presentes en la Hoja son las terrazas T7 y T6 del río Guatizalema, que posiblemente indican una trayectoria de su cauce al sur de su trazado actual. La extensa terraza T5 indica que este río divagaba sobre un lecho amplio que progresivamente se fue encajando, dejando terrazas cada vez menos extensas hasta la actualidad.

Durante la sedimentación de las terrazas T4, el valle del río Flumen estaba más profundamente excavado que el del Guatizalema. Pequeños abanicos aluviales con área fuente en la sierra de Alcubierre drenaban al Flumen discurriendo sobre su vertiente derecha, que tenía menor inclinación que la actual.

Durante la deposición de las terrazas T3, extensos depósitos de glacis cubrían ambas vertientes del río Flumen, cuya pendiente era ya similar a la que se observa en la actualidad. El trazado y extensión de la terraza del Flumen es indicativo de un cauce ancho y de trazado más rectilíneo que el actual. A partir de este nivel el río se fue encajando progresivamente al tiempo que los glacis y terrazas son disectados por una red de barrancos que se incide en ambas vertientes del Flumen. Los barrancos de su margen izquierda tienen una erosión remontante muy activa en la actualidad, recortando las terrazas altas del Guatizalema y capturando progresivamente su cuenca.

4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

La evolución del relieve está muy condicionada por la excavación del río Flumen. A lo largo de la Historia Geomorfológica que ha podido ser reconstruida, este río ha presentado un perfil a menor cota que el Guatizalema.

La disposición de las terrazas aluviales T4 de Las Cerveras es menor que la inclinación de la vertiente actual, indicando que la vertiente derecha del Flumen ha incrementado progresivamente su inclinación. Del mismo modo, la disposición de las terrazas de ambos ríos muestra un encajamiento progresivo del cauce a partir de la T4.

Puede esperarse una tendencia futura de encajamiento del Flumen aguas arriba de la ruptura de pendiente que presenta su perfil.

La red de barrancos que corta los glacis G3 es activa en la actualidad, sobre todo en la vertiente izquierda del Flumen, donde presentan erosión lineal y procesos de acarreamiento asociados. En este área, la erosión remontante de la cabecera de los barrancos induce el retroceso hacia el norte de la divisoria de aguas con el Guatizalema. Estos procesos, propios de esta región de clima semiárido, han sido favorecidos históricamente por la tala de bosques con finalidades agrícolas (hoy sólo quedan reductos aislados de coníferas centrado sobre todo en las laderas de la sierra de Alcubierre).

5. HISTORIA GEOLÓGICA

Durante el intervalo de tránsito Oligoceno-Mioceno la cuenca de antepaís del Ebro recibía sedimentos continentales fluviales procedentes del Pirineo. La posición y forma de estos sistemas fluviales fue condicionada por la tectónica compresiva contemporánea del Pirineo Central. El Sistema de Huesca provenía del área situada al N de la terminación occidental del anticlinal de Barbastro. Su morfología externa era la de un abanico y se interdigitaba

distalmente con depósitos lacustres de calizas y yesos. Los sedimentos de la Hoja de Grañén se depositaron en esta zona de interdigitación.

El Sistema de Huesca muestra a lo largo del Ageniense superior una tendencia retrogradante en el sector estudiado. Esta retracción de los cursos fluviales tuvo asociada hacia el final del Ageniense la formación de lagunas de poca entidad con deposición de carbonatos en el área marginal occidental del abanico. Posiblemente la situación de estas charcas estuvo asociada a la evolución de la interdigitación con el Sistema fluvial de Luna. Un hecho remarkable fue la deposición de una extensa capa de cenizas de origen volcánico.

La retrogradación del abanico fluvial de Huesca continuó durante el Aragoniense inferior, produciendo el desplazamiento de la llanura aluvial distal con sedimentación de yesos y calizas en charcas efímeras con alta salinidad.

En el Aragoniense, el medio sedimentario cambia hacia condiciones lacustres generalizadas, con desarrollo de lagunas de mayor extensión y mayor lámina de agua. De manera cíclica se produjeron llegadas de cursos fluviales a esta zona lacustre.

La Cuenca del Ebro cesó su carácter subsidente y el descenso del nivel de base regional produjo el cambio de las condiciones endorreicas a exorreicas. Se desconoce si esta etapa erosiva comenzó ya al final del Mioceno o durante el Plioceno. El encajamiento progresivo de la red fluvial y los depósitos cuaternarios asociados dieron lugar al modelado actual del relieve.

6. GEOLÓGIA ECONÓMICA

6.1. RECURSOS MINERALES

La explotación de los materiales aflorantes en la Hoja es muy reducida. Los niveles de yeso son poco potentes y tan solo se han utilizado en la edificación de casas y corrales.

Las explotaciones que se realizan se limitan a las gravas de las terrazas altas del río Flumen. También las arcillas miocenas se han extraído de una forma muy limitada para la fabricación de materiales de construcción.

6.2. HIDROGEOLOGÍA

6.2.1. Climatología.

En la Hoja de Grañén se localizan un total de 17 estaciones meteorológicas, 9 pluviométricas y 8 termopluviométricas. Las precipitaciones medias oscilan entre los 400 y los 470 mm, aumentando hacia el N. La temperatura media es del orden de 13-14 °C, aunque en algún observatorio se alcancen los 15,8 °C de media, y suele mostrar un incremento generalizado hacia el S; el clima dominante según la Clasificación Agroclimática de Papadakis es por tanto del tipo mediterráneo seco.

La evapotranspiración (ETP) media según Thornthwaite varía entre los 770-840 mm; FACI (1991, 1992) calcula valores de la evapotranspiración de referencia ETO muy superiores y del orden de 1.288 mm. Con los valores anteriores el porcentaje de lluvia útil respecto de la precipitación oscila entre el 14 y el 35% según las condiciones de almacenamiento de agua en el suelo.

6.2.2. Hidrología.

La cuenca del río Flumen se extiende por algo más de 461 km², abarcando casi toda la superficie de la Hoja. En este tramo apenas muestra un somero encajamiento; discurre de NO a SE, paralelo al contacto de materiales permeables-impermeables del terciario continental en sus primeros kilómetros, penetrando a continuación en las formaciones más terrígenas de las que puede recibir una parte importante de su aportación. Los barrancos afluentes son de carácter estacional en su mayoría destacando por su aporte continuado el de Plan de Callén. Por el extremo nororiental circula también el río Guatizalema, con una cuenca escasamente representada: 48,7 km².

El régimen fluvial de 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.

Existe una única estación de aforo, E. A. nº 191: Flumen en Barbués para la que la CHE (1.993) calcula 138,5 hm³/año de aportación media restituida al régimen natural.

Las obras de regulación de caudales más importantes son las correspondientes al Plan de Riegos del Alto Aragón, que se manifiesta por los canales del Cinca y Flumen en la mitad septentrional, y la que corresponde al Plan de Riegos de Monegros, con el Canal de Monegros en el extremo suroriental. Con ellos se pretende asegurar el regadío de más de 32.000 hectáreas potenciales tan sólo en esta Hoja. Otras obras son las numerosas acequias y derivaciones menores que canalizan las aguas excedentarias y que han generado una profunda modificación antrópica de la red de drenaje natural.

El regadío con uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas en este sector tienen una escasa representación porcentual frente al anterior a pesar de que el suministro de algunos manantiales, como el de Val Marieta (2913.7003), pueda ser elevado.

6.2.3. Características hidrogeológicas.

6.2.3.1. Sistema Hidrogeológico del Terciario Continental.

Ocupa toda la serie de materiales detríticos oligo-miocenos de carácter continental que afloran 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 la margen derecha del río Flumen. Los materiales considerados como acuíferos, que se disponen al E de estos últimos, pertenecen al denominado Subsistema Hidrogeológico de Huesca.

Por otro lado, el conjunto de materiales con los que culmina la Sierra de Alcubierre, a pesar de que no constituyen un acuífero en sentido estricto, pueden poseer características de baja-muy baja permeabilidad por fisuración y porosidad intergranular (índice C_1), que son proporcionadas por los niveles carbonatados que intercalan.

El Subsistema 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.

La surgencia más importante se genera próxima al contacto con las formaciones impermeables en el manantial de Val Marieta (2913.7003), con 20 l/s, para el que se supone un caudal inducido por los excedentes de riego y por la descarga de materiales pliocuaternarios suprayacentes. El resto de puntos inventariados son poco significativos y carecen de uso asignado, aunque algunos (2913.3002 y 2913.3004) refuerzan el abastecimiento urbano de pequeños núcleos de población (Tramaced y Marcén).

En general, el Sistema Terciario Continental se caracteriza por poseer aguas de características químicas muy diversas difícilmente encuadrables en una clase única, en especial cuando se mezclan con otras de los acuíferos pliocuaternarios. Las manifestaciones asociadas en esta Hoja son de facies bicarbonatada cálcico-sódica o sulfatada cálcico-sódica, de mineralización ligera o notable y dureza que oscila entre medias o muy duras.

6.2.3.2. Sistema Hidrogeológico Pliocuaternario

A lo largo de todo el Somontano oscense se puede cartografiar un conjunto de depósitos pliocuaternarios de glacis y terrazas, con diverso grado de conexión y desarrollo, que se agrupan bajo tres denominaciones genéricas: Acuíferos en glacis 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 siempre 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 Grañén se distingue parte de los siguientes acuíferos:

Acuíferos en glacis y terrazas: Glacis El Bodeguero-Sabardilla, Plana de Poleñino-Lalueza, Glacis de Capdesaso y la Plana de Huerto-Usón, siendo este último el más extenso con cerca de 35 km². Son acuíferos de escaso interés, deficiente capacidad de regulación y sin surgencias destacadas o de pequeño caudal en esta Hoja, a pesar de lo cual sus recursos suman unos 9 hm³/año.

Acuíferos aluviales: Terrazas y Glacis de los Ríos Guatizalema y Botella. Los depósitos que aquí se describen corresponden a los de la terminación meridional de un acuífero que adquiere su máximo desarrollo dentro de los límites de la Hoja de Huesca. A pesar de ello, se describen dos surgencias significativas con 2 l/s, las fuentes de Sesa (2913.4002) y de Salillas (2911.4003).

Las características químicas de todas las surgencias en acuíferos pliocuaternarios de esta Hoja pertenecen a una facies bicarbonatada cálcica, con dureza media o dura y mineralización ligera o media. (Ver tabla 1. Resumen inventario puntos de agua en la Hoja de Grañén).

Tabla 1. CUADRO RESUMEN DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Hoja de GRANÉN (324) 29-13

		OCTANTES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
NATURALEZA	Manantiales	2	12	5	5	-	3	3	4		34
	Pozos	-	1	-	-	-	1	-	1		3
	Sondeos	-	-	-	1	-	-	-	-		1
	Otros	-	-	-	-	-	-	-	1		1
	Total	2	13	5	6	0	4	3	6		39
USO	Abastecimiento	-	-	3	1	-	-	-	-		4
	Regadío	-	-	-	1	-	-	1	1		3
	Ganadería	-	-	-	-	-	1	-	1		2
	Otros	-	8	-	2	-	1	-	1		12
	Sin uso	2	5	2	2	-	2	2	3		18
	Industria	-	-	-	-	-	-	-	-		
Caudal Medio l/s (manantiales)		0,75	0,15	0,5	0,5	-	0,5	7,5	0,1		
Prof. M. Sondeos		-	-	-	132	-	-	-	-		
Prof. M. Pozos		-	-	-	-	-	-	-	5		
Bombeos Estimados (Dm ³ /año)		-	-	-	15	-	15	-	-		30

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTI, J., ANADON, P., CABRERA, L., COLOMBO, F. Y SAEZ, A. (1987). "Biostratigraphical characteristics of the oligocene sequences of north-eastern Spain (Ebro and Campins basins)". *Münchner Geowiss. Abh. (A)* 10, 35-42.
- ÁLVAREZ-SIERRA, M.A., DAAMS, R., LACOMBA, J.I., LÓPEZ MARTÍNEZ, N. Y SACRISTÁN-MARTIN, M.A. (1987). "Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain". *Münchner Geowiss. Abh. (A)* 10, 43-48.
- ARENAS, C., PARDO, G., VILLENA, J. Y PÉREZ, A. (1989). "Facies lacustres carbonatadas de la Sierra de Alcubierre (Sector Central de la cuenca del Ebro)". *Comunicaciones XII Congreso Español de Sedimentología*, Bilbao, 71-74.
- ARENAS, C. Y PARDO, G. (1991). "Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N2 y N3 en el centro de la Cuenca del Ebro". *Geogaceta. Comunicaciones 10 Sesión Científica*, 67-70.
- C.H.E. (1988). "Plan Hidrológico. Documentación Básica. Zaragoza". *MOPTMA. Vol. I, II y planos*.
- C.H.E. (1993). "Proyecto de directrices de la cuenca del Ebro (versión 26 de noviembre de 1993)". Zaragoza. *MOPTMA*.
- C.H.E. (1993) "Avance del estudio de dotaciones por cultivos y comarcas en la Cuenca del Ebro". Zaragoza. *MOPTMA*.
- CASTIELLA, J. et al. (1982). "Las aguas subterráneas en Navarra". *Proyecto Hidrogeológico. Diputación Foral de Navarra*. 229 pp.
- Crusafont, M. Y Pons, J.M. (1969). "Nuevos datos sobre el Aquitaniense del norte de la provincia de Huesca". *Acta Geológica Hispánica*, 4, (5), 124-125.
- CUENCA, G. (1991). "Nuevos datos biostratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro". *Primer Congr. Grup. Esp. Terc., Comunicaciones*, 101-104.
- CUENCA, G., CANUDO, J.I., ANDRES, J.A. Y LAPLANA, C. (1992). "Los mamíferos del Aragoniense (Mioceno medio) de la Cuenca del Ebro (España)". *III Congr. Geol. Esp. y VIII Congr. Latin. Geol. T. 2*, 77-87.
- D.G.A. (1990). "Riegos en Aragón por comarcas y municipios". *Dpto. de Agricultura Ganadería y Montes*. 77 pp.
- FACI, J.M. Y MARTÍNEZ COB, A. (1991). "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.
- 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. (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. (1983). "Oligo-Miocene alluvial systems in the northern Ebro Basin, Huesca province, Spain". *Ph D. Thesis, University of Cambridge (inédita)*. 814 p.
- HIRST, J.P.P. Y NICHOLS, G.J. (1986). "Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees". *In Foreland Basins, Spec. Publs. int. I.A.S. 8*, 247-258.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N., AGUSTÍ, J., CABRERA, L., CALVO, J.P., CIVIS, J., CORROCHANO, A., DAAMS, R., DÍAZ, M., ELIZAGA, E., ROBLES, F., SANTISTEBAN, C. Y TORRES, T. (1987). "Approach to the Spanish continental Neogene synthesis and palaeoclimatic interpretation". *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung. vol. LXX*, Budapest, 383-391.
- M.A.P.A. (1.979). "Atlas agroclimático nacional".
- NICHOLS, G.J. (1984). "Thrust Tectonics and alluvial sedimentation, Aragón, Spain". *Tesis Doctoral, Univ. Cambridge*, 243 pp.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1975). "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 Doctoral, Univ. de Granada, Inédita*.
- QUIRANTES, J. (1970-71a). "Hoja y Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000 nº 324 (Grañén)". IGME. Madrid.
- QUIRANTES, J. (1970-71b). "Hoja y Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000 nº 323 (Zuera)". IGME. Madrid.
- QUIRANTES, J. (1978). "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros". *Inst. Fernando el Católico (CSIC)*. Zaragoza. 27, 207 pp.
- RIBA, O., REGUANT, S., VILLENA, J. (1986). "Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro". *Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España T.2*, IGME, 131-159.
- 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.

- RODRÍGUEZ-VIDAL, J. (1986). "Geomorfología de las Sierras Exteriores Oscenses y su piedemonte". *Colección de Estudios Altoaragoneses*, 4, 172 pp.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. (1.988). "Los recursos hídricos de las Sierras de Guara y sus somontanos". 336 pp. *Colección de Estudios Altoaragoneses*, nº 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.
- TURNER, P., HIRST, J.P.P. Y FRIEND, P.F. (1984). "A palaeomagnetic analysis of Miocene sediments at Pertusa, near Huesca, Ebro Basin, Spain". *Geol. Mag.* 121 (4), 279-290.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

ISBN 978-84-7840-947-1

