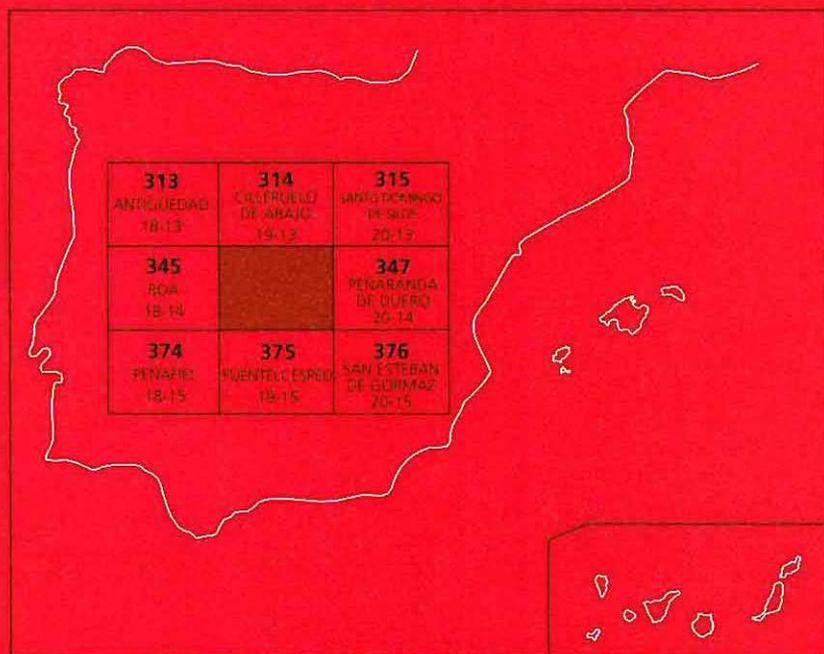




MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie-Primera edición



ARANDA DE DUERO

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

ARANDA DE DUERO

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 del autor y editor.

© Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid
www.igme.es

NIPO: 657-08-007-4

ISBN: 978-84-7840-736-7

Depósito legal: M-18.046-2008

Producción gráfica: Nexo Publicaciones, S.L..

La presente Hoja y Memoria de ARANDA DE DUERO hoja n.º 346 han sido realizadas por el Servicio de Geología del IGME y el Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, dentro del programa MAGNA, con normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en su realización los siguientes técnicos:

Dirección y supervisión del estudio:

— L. R. Rodríguez Fernández (IGME).

Mapa geológico

— A. Suárez Rodríguez (IGME).

— F. Nozal Martín (IGME).

— L. R. Rodríguez Fernández (IGME).

Cortes geológicos:

— A. Suárez Rodríguez (IGME).

Mapa y cortes geomorfológicos:

— A. Suárez Rodríguez (IGME).

Memoria:

— A. Suárez Rodríguez (IGME).

— I. Armenteros, y P. Barba Regidor (Univ. Salamanca).

— L. Galán de Frutos (IGME).

— J. M. Baltuille (IGME).

Columnas Estratigráficas y Sedimentología:

— I. Armenteros (Univ. Salamanca).

— A. Suárez Rodríguez (IGME).

— Barba Regidor (Univ. Salamanca).

— J. Vega Rodera (IGME) †.

Hidrogeología:

— L. A. Galán de Frutos (IGME).

Recursos minerales:

— J. M. Baltuille y J. Vega Rodera.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrológicos.
- Análisis químicos.
- Fichas bibliográficas, álbum de fotografías y demás información.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ESTRATIGRAFÍA	10
2.1. ANTECEDENTES	10
2.2. TERCIARIO.....	12
2.2.1. Mioceno medio (Aragoniense). Unidad Infrapáramo 1 o Páramo inferior	12
2.2.1.1. Arenas, arenas con cantos y cemento carbonatado, limos arenosos, arcillas, limos rojos y limos arcillosos con concrecciones carbonatadas (1). Niveles de conglomerados silíceos y polymícticos areniscas rojizo-amarillentas (2) y Conglomerados (cg) y Serie Detrítica de Aranda. Aragoniense.....	13
2.2.1.2. Niveles de margas y calizas oncolíticas (3). Aragoniense	19
2.2.2. Mioceno medio-superior (Aragoniense-Vallesiense Inferior) Unidad Páramo inferior o Páramo 1.	20
2.2.2.1. Calizas, margocalizas, calcretas y/o calcimorfos (calizas del Páramo inferior) (4). Aragoniense-Vallesiense inferior	20
2.2.3. Mioceno medio-superior. Unidad entre páramos	24
2.2.3.1. Limos arcillosos con concrecciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos (5). Vallesiense-Turolense?	25
2.2.3.2. Calizas, margocalizas, calcretas y/o calcimorfos (4). Aragoniense-Vallesiense inferior	26
2.2.3.3. Arenas y conglomerados silíceos (6). Vallesiense	27
2.2.3.4. Calcretas, margas y margocalizas (7). Vallesiense-Turolense?	28
2.2.4. Mioceno superior (Vallesiense-Plioceno?) Unidad del Páramo superior o Páramo 2	29
2.2.4.1. Calizas y margocalizas (calizas del Páramo superior) (8). Vallesiense-Plioceno?	29
2.3. CUATERNARIO	31
2.3.1. Pleistoceno-Holoceno.....	32
2.3.1.1. Gravas cuarcíticas, arenas y limos. Terrazas medias y bajas (9). Pleistoceno-Holoceno	32
2.3.2. Holoceno.....	33
2.3.2.1. Arcillas, limos, arenas, cantos y gravas silíceas. Llanura de inundación (10). Holoceno	33
2.3.2.2. Limos, arenas y cantos. Abanicos y conos aluviales (11). Holoceno	34
2.3.2.3. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas. Puntualmente turba. Fondo de valle (12). Holoceno	34
2.3.2.4. Barras de arenas y gravas. Lecho aparente (13). Holoceno ..	35
2.3.6. Arenas y cantos. Coluviones.....	35
3. TECTÓNICA	35
3.1. TECTÓNICA ALPINA.....	35

4. GEOMORFOLOGÍA	36
4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA	36
4.2. ANTECEDENTES	40
4.3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	40
4.3.1. Estudio morfoestructural	40
4.3.2. Estudio del modelado y formaciones superficiales	42
— Formas estructurales (1 a 6)	42
— Formas de laderas (7 a 8)	43
— Formas fluviales (9 a 22)	44
— Formas poligénicas (23 a 26)	46
— Formas antrópicas (27, 28)	47
— Formas kársticas	47
4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA (HISTORIA GEOMORFOLÓGICA)	47
4.5. LA MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	49
5. HISTORIA GEOLÓGICA	49
6. GEOLOGÍA ECONÓMICA	52
6.1. RECURSOS MINERALES. ROCAS INDUSTRIALES	52
6.2. HIDROGEOLOGÍA	53
6.2.1. Hidrología superficial	53
6.2.2. Características hidrogeológicas	56
7. BIBLIOGRAFÍA	62

1. INTRODUCCIÓN

La Hoja de Aranda de Duero (n.º 346) se encuentra situada en el margen sudoriental de la Cuenca del Duero; está ubicada al sudoeste del Sistema Ibérico (Fig. 1). Los relieves más próximos al Sur son los de la sierra de Honrubia-Pradales (Sistema Central).

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, en su totalidad dentro de la provincia de Burgos.

El núcleo urbano que destaca en la Hoja es la ciudad de Aranda de Duero, capital de la Ribera del Duero y es un gran centro de industria y comunicación a nivel nacional. Los demás núcleos urbanos en general de pequeño tamaño, son 21 poblaciones, de las cuales destacan Gurniel de Hizán, La Aguilera y Villalba de Duero.

El relieve es suave, aunque en la parte más septentrional es algo más abrupto, con altitudes que van desde los 1.002 m del Alto del Mortero en la esquina NE a los 790 m en valle del río Duero al sur. Prácticamente (el 75%) de la zona presenta un relieve alomado, que junto con el valle del Duero forman parte de la conocida Ribera del Duero, donde las actividades vitivinícolas tienen una elevada importancia económica.



Figura 1. Situación de la Hoja n.º 346 (Aranda de Duero) en el contexto de la Cuenca del Duero

El modelado fluvial es una de las características de este paisaje meseteño, siendo el río Duero el principal curso de agua que atraviesa la Hoja. Le sigue en rango el río Esgueva, que excava en la parte más noroccidental de la zona; además, se encuentran otros cursos de agua de menor entidad, como son el río Gromejón, formado a partir de la confluencia del Puentevilla, y el río San Pedro, que junto con los ríos Bañuelos, Aranzuelo y Arandilla son los principales cursos de agua que atraviesan la parte central de la Hoja, sin olvidar varios arroyos que confluyen en los ríos anteriormente citados; todos ellos subsidiarios del Duero.

Desde el punto de vista geológico, la Hoja de Aranda de Duero se sitúa dentro de la depresión del Duero en su parte más sudoriental, en el pasillo Aranda de Duero-Burgo de Osma, que actúa de enlace entre el centro de la depresión al O y el corredor que forma la cuenca de Almazán, en ella afloran materiales pertenecientes al Terciario y al Cuaternario (Fig. 1).

El Terciario ocupa más del 95% de la superficie del Mapa geológico, está formado fundamentalmente por series detríticas continentales y al Norte también por materiales carbonatados, correspondientes al desarrollo de sistemas fluviales, fluviolacustres y lacustres durante el Neógeno; además existen algunos recubrimientos del Cuaternario básicamente de carácter fluvial.

La Cuenca del Duero, en general, tiene una configuración asimétrica debido al comportamiento geodinámico de sus bordes (ALONSO GAVILÁN *et al.*, 1983). Esta idea se concreta por ALONSO *et al.* (1995), al estudiar el borde N de la cuenca, considerando que ésta durante el Terciario se configura como una cuenca de antepaís asimétrica cuya geometría y relleno continental está controlado por los relieves alpinos que la circundan.

El proceso de sedimentación y relleno de la cuenca no es continuo, sino que presenta interrupciones del registro estratigráfico y discordancias sintectónicas como consecuencia de la actividad diastrófica de sus bordes (de la Cordillera Cantábrica, Cordillera Ibérica y Sistema Central).

Según autores como MUÑOZ y CASAS (1996), el papel de los cabalgamientos de la Cordillera Ibérica tienen su importancia en la estructuración de la cuenca terciaria, que se desarrolla al sur del sector occidental de la Sierra de Cameros-Demanda (margen ibérico occidental de la Cuenca del Duero y/o Cuenca de Almazán...), llegando en algunos casos a formar una cuenca de antepaís simétrica.

La construcción y relleno de la Cuenca del Duero es compleja, ya que comenzó en el Paleógeno con una configuración diferente a la actual y es durante el Neógeno cuando adquiere una geometría parecida a la que hoy se puede observar.

Durante el Cuaternario toda la Cuenca del Duero, y por tanto esta Hoja, ha sufrido un proceso de erosión importante, dando como resultado algunas extensiones de formaciones superficiales de origen fluvial, como son las terrazas del Duero (sur de la Hoja). Además también se producen otros depósitos, como son los glacis, el fondo de valle y depósitos de ladera.

Los materiales de edades terciaria y cuaternaria presentan una naturaleza litológica diversa, bien detrítica, bien carbonatada hacia el Norte y una disposición estructural simple, apareciendo prácticamente indeformados (horizontales).

Las publicaciones geológicas generales sobre el área que ocupa esta Hoja no son muy abundantes, ya que los trabajos antiguos hacen referencia sobre todo a otras zonas de la cuenca, como HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1915), HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1930); ROYO Y GÓMEZ (1926). Una de las primeras referencias geológicas es precisamente la de la Hoja geológica de Aranda de Duero realizada por SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1946); además este mismo autor realiza entre 1947 y 1953 otras hojas colindantes, como la de Cilleruelo de Abajo (314), Peñaranda de Duero (347), Lerma (276), Antigüedad (313), Roa (345) y Fuentelcásped (375), situadas al N, O y S de la que tratamos.

Posteriormente, la región encuadrada entre la Cordillera Ibérica y las plataformas calcáreas de los páramos ha sido objeto de numerosos estudios, básicamente desde el punto de vista sedimentológico. Otros de índole regional son los de AEROSERVICE (1967), que fueron plasmados en el primer mapa geológico moderno de la Cuenca del Duero. Todos los trabajos anteriores sientan las bases del conocimiento estratigráfico y sedimentológico en los materiales cenozoicos.

El IGME 1970 realiza el Mapa geológico de la Hoja de Burgos (n.º 20) y en 1971 la Hoja de Aranda de Duero (n.º 30) a escala 1:200.000

También destacan los trabajos específicos de los materiales terciarios que estudian entre otros GARCÍA DEL CURA (1974, 1975) en el entorno que nos ocupa, ARMENTEROS (1978, 1986a, b) en la zona de Aranda de Duero-Peñañiel; ORDÓÑEZ *et al.* (1980, 1982) en el sector noroeste de esta Hoja y áreas colindantes. Otros trabajos dentro del sector sudoriental de la cuenca y en las proximidades de esta zona son los de ARMENTEROS *et al.* (1982, 1983 y 1984). Además, en el sector central y occidental de la Cuenca del Duero y áreas próximas destacan los trabajos de OLMO (1978, 1979) y PORTERO *et al.* (1982a y b, 1983), en los que se realiza una correlación de facies y de las distintas unidades en un corte norte-sur dentro del sector central; cabe citar además los trabajos de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988, 1989) y MEDIAVILLA *et al.* (1995, 1996) en otras zonas de la cuenca.

Por otro lado, a lo largo de los años se han confeccionado abundantes hojas geológicas del Plan MAGNA, entre las que citamos por su proximidad y relación con la presente las que limitan al N y E: Santo Domingo de Silos (315), realizada por QUINTERO AMADOR *et al.* (1982), H. Salas de los Infantes (277), de GIL SERRANO *et al.* (1978), y H. Villagonzalo-Pedernales (238), firmada por GARCÍA DE DOMINGO *et al.* (1997). Al noroeste la Hoja de Santa María del Campo (275), de NÚÑEZ *et al.* (1975), y la de Antigüedad (313), de LÓPEZ OLMEDO *et al.* (1997), y al oeste, Roa (345), de LÓPEZ OLMEDO *et al.* (1997), las cuales constituyen las últimas aportaciones para el conocimiento de la zona.

Los materiales del Cuaternario han sido estudiados parcial o puntualmente por autores como HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1932); PÉREZ GONZÁLEZ (1982, 1989), el cual destaca la importancia de la superficie poligénica de erosión-acumulación que se encuentra sobre el Páramo inferior. En la zona de estudio, MOLINA y ARMENTEROS (1986) reconocen dos episodios de aplanamiento principales en las postrimerías del Terciario: uno se atribuye a una pedimentación pliocena y el otro a un episodio relacionado con el fin de la sedimentación de los abanicos aluviales pliocuaternarios asignados a la raña (ORDÓÑEZ *et al.*, 1976; ARMENTEROS, 1986a).

2. ESTRATIGRAFÍA

2.1. ANTECEDENTES

El área de estudio, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentra en la parte sudoriental de la Cuenca del Duero, la cual es considerada una gran depresión terciaria, rellena de sedimentos continentales, posteriormente modificada y recubierta en parte por depósitos cuaternarios.

Se encuentra limitada al N por la Cordillera Cantábrica, en la que afloran materiales paleozoicos y mesozoicos (los cuales constituyen hacia el Este la Cuenca Vasco-Cantábrica). El borde oriental lo conforma la Cordillera Ibérica (Sierra de Peñas de Cervera), donde también aparecen sedimentos paleozoicos y mesozoicos, al SE el límite lo marca la Cuenca de Almazán y de nuevo la Cordillera Ibérica. El borde meridional de esta cuenca es el Sistema Central, con rocas paleozoicas metamórficas y rocas ígneas, además de materiales mesozoicos, como los que afloran en la sierra de Honrubia-Pradales (Fig. 1).

Los materiales que afloran en esta Hoja se pueden asignar a dos grandes conjuntos pertenecientes a ciclos sedimentarios con distinto significado. Por un lado, los sedimentos terciarios corresponderían al relleno continental de una cuenca de antepais "*foreland*" respecto a los relieves alpinos circundantes, los cuales han condicionado tanto la geometría como el relleno, dando lugar a subsidencias diferenciales importantes en los bordes meridional y septentrional de la cuenca y por otro lado, los sedimentos cuaternarios que aparecen asociados al proceso de erosión y vaciado de dicha cuenca al ser capturada por el río Duero.

A partir de sondeos y perfiles sísmicos, se ha estimado, en este sector del Duero, una potencia general de 1.000-3.000 m (LANAJA, 1987; GUIMERÁ *et al.*, 1995) para la sucesión terciaria. En el registro terciario se han reconocido tres grandes etapas de sedimentación (CORROCHANO y ARMENTEROS, 1989; ARMENTEROS y CORROCHANO, 1994) o complejos tectonosedimentarios de litologías variadas (SANTISTEBAN *et al.*, 1996).

El registro sedimentario correspondiente a la primera etapa (Cretácico superior-Paleoceno) y el correspondiente a la segunda (Eoceno-Oligoceno) afloran de forma discontinua en los márgenes de la cuenca y en el corredor de Burgo de Osma.

La tercera etapa comprende el registro sedimentario poco inclinado u horizontal, que es discordante sobre los anteriores y cuya potencia observable está en torno a los 300-400 metros. Es atribuida a una etapa postorogénica de la cuenca (GUIMERÁ *et al. op. cit.*). Está formado por facies detríticas y carbonatadas, en general en secuencias decrecientes, pertenecientes a abanicos aluviales, sistemas fluviales y de carácter lacustre-palustre, hacia el centro de la cuenca o bien hacia las zonas más deprimidas, y junto a relieves marginales poco activos.

En el sector central de la cuenca se han diferenciado desde principios de siglo tres unidades litostratigráficas para este tercer conjunto de materiales (en el registro postorogénico): Arcillas de la Tierra de Campos, margas yesíferas de las cuevas y calizas de los páramos (HERNÁNDEZ-PACHECO, E., 1915, en el área de Palencia; HERNÁNDEZ-PACHECO, F., 1930, en el área de Valladolid). Esta división se utilizó hasta la década de los setenta para la región central de la cuenca, perdiendo valor hacia sus márgenes y en otras regiones, debido a los cambios oblicuos de facies (ARMENTEROS, 1986b).

Posteriormente, estas unidades fueron descritas y aplicadas tanto en estudios estratigráficos parciales como generales de la Cuenca del Duero, destacando, entre otros, los de HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1915); HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1930), ROYO y GÓMEZ (1926); SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1946, 1953a,b,c); CRUSAFONT y VILLALTA (1954); MABESOONE (1961); etc. Más recientemente, en el entorno de Valladolid, GARCÍA ABBAD y REY SALGADO (1973) distinguen cinco formaciones en el Mioceno.

En la década de 1970 cabe destacar para el sector sudoriental de la cuenca (zona de Aranda de Duero) los trabajos de GARCÍA DEL CURA (1974, 1975), que establece tres unidades litoestratigráficas miocenas: U. inferior (equivalente a Tierra de Campos); U. media (equivalente de facies cuestras), a cuyo techo se sitúa la "caliza de los páramos", y la U. superior detrítico-carbonática. El estudio petrológico de estas unidades aparece recogido en GARCÍA DEL CURA y LÓPEZ AGUAYO (1974), GARCÍA DEL CURA y ORDÓÑEZ (1975, 1982). Una síntesis de la bioestratigrafía miocena aparece recogida en el trabajo de LÓPEZ MARTÍNEZ y BORJA-SANCHIZ (1982).

A principios de 1980, y como resultado de la realización de la transversal cartográfica Norte-Sur por el sector central de la Cuenca del Duero, se establece una división litoestratigráfica neógena que ha servido de armazón estratigráfico guía para muchos trabajos posteriores (PORTERO *et al.*, 1982, 1983).

En el sector oriental de la cuenca, ARMENTEROS y CORROCHANO (1983) y ARMENTEROS (1986a) establecen una litoestratigrafía regional diferenciando cuatro unidades para el Terciario aflorante en esta área. Así en el sector de Aranda de Duero, ARMENTEROS (1986a, b) define tres unidades mayores: U. inferior (siliciclástica fluvial; en buena parte, equivalente lateral de F. Cuestras), U. media (carbonatada lacustre, s.l.; equivalente al techo de F. Cuestras y aproximadamente a las "calizas inferiores de la superficie del páramo" de PORTERO *et al.*, 1982) y U. superior (siliciclástico-carbonatada fluvio-lacustre). La U. superior está bien representada en las zonas periféricas de la mitad oriental de la depresión.

En centro de la cuenca, zona de Palencia, MEDIAVILLA y DABRIO (1988) diferencian cuatro unidades tectosedimentarias para los sedimentos del Neógeno superior. Basal (T. de Campos), inferior (facies cuestras), media (facies cuestras) y Superior ("serie carbonatada de la superficie del páramo", de PORTERO *et al.*, 1982). Reconociendo sendas discontinuidades a techo de cada una de las cuatro unidades, posteriormente han llegado a diferenciar hasta cinco unidades en MEDIAVILLA *et al.* (1996).

La zona de transición entre el sector central de la cuenca y el sector sudoriental es analizada por ARMENTEROS (1991), quien a partir del estudio de facies y asociaciones de facies, establece cinco unidades litoestratigráficas: 1) Unidad margosa; 2) Unidad lutítica; 3) Unidad margosa-yesífera; 4) Unidad carbonática, y 5) Unidad carbonático-siliciclástica.

Además existen otros trabajos que estudian estos sedimentos, entre los que destacamos ARMENTEROS (1986b, 1994); ARMENTEROS y ALONSO GAVILÁN (1984); ARMENTEROS y CORROCHANO (1994); ARMENTEROS *et al.* (1982, 1986 a y b, 1989, 1997); MEDIAVILLA *et al.* (1995, 1996); RAMOS MARTÍN y ALONSO GAVILÁN (1990), etc.

Estratigráficamente, la Hoja de Aranda de Duero se caracteriza por la presencia exclusiva de materiales cenozoicos: neógenos (Mioceno) y cuaternarios pertenecientes a la Cuenca del Duero.

2.2. TERCIARIO

Corresponden a esta edad el conjunto de materiales detríticos y calcáreos que constituyen parte del relleno sedimentario de la Cuenca del Duero, abarcando edades comprendidas entre el Paleógeno (no aflorante en esta Hoja) y el final del Neógeno (Plioceno).

El depósito de estos materiales tuvo lugar en relación con el desarrollo de importantes sistemas fluviales, sistemas de abanicos aluviales, sistemas fluviolacustres y lacustres durante el Terciario.

La región en la que se enmarca la Hoja, como ya se ha comentado anteriormente, se sitúa en la zona septentrional del corredor que unía las cuencas de Almazán, al Este, y la del Duero, al Oeste. Esta situación, unida a la proximidad de altos relieves hacia el NE (Cordillera Ibérica), S (Honrubia-Pradales: "horst" elevado al norte del Sistema Central) y SE (unión del Sistema Central con la rama castellana de la Cordillera Ibérica), han condicionado notablemente el desarrollo de la evolución sedimentaria a lo largo del Neógeno. Además esta circunstancia ha determinado la composición litológica de la sucesión neógena, en la que destaca la influencia preponderante de los materiales mesozoicos, y dentro de éstos, de aquellos pertenecientes al Cretácico, tanto detrítico como carbonatado. Sólo localmente se puede apreciar la influencia paleozoica.

Los materiales del Neógeno se sitúan discordantemente sobre la sucesión paleógena, lo cual no se observa en la Hoja de Aranda de Duero, pero sí en las alledañas a ésta en la parte más oriental (Hoja 314, Cilleruelo de Abajo, y Hoja 347, Peñaranda de Duero). Otras veces estos materiales neógenos se disponen en solapamiento expansivo sobre los paleorrelieves preneógenos, constituidos por rocas mesozoicas y paleozoicas deformadas.

Las unidades terciarias que se han diferenciado en la Hoja de Aranda de Duero, como ya indicaba SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1946), pertenecen a la serie del Mioceno continental, abarcan edades comprendidas entre el Mioceno medio y el Plioceno, no aflorando los niveles más antiguos del Neógeno y del Paleógeno. Están constituidas por materiales detríticos, fundamentalmente siliciclásticos, y carbonatados, de origen fluvial, fluviolacustre y lacustre, que presentan una disposición horizontal, al no estar deformados, y en todo caso, se observa una leve pendiente (deposicional) sedimentaria.

Como se puede apreciar en el Mapa geológico de Aranda existen dos zonas bien diferenciadas; así en la parte norte predominan los materiales carbonatados correspondientes a la parte alta de la serie miocena, y en el resto el predominio es de las facies detríticas inferiores, estratigráficamente más bajas que las anteriores y lógicamente a cota topográfica más baja.

No se ha podido levantar ninguna sección estratigráfica que abarque toda la sucesión miocena de la zona, por lo que las unidades cartografiadas han debido ser estudiadas en afloramientos parciales, en general de pequeño espesor, que están situados a altitudes topográficas distintas.

2.2.1. Mioceno medio (Aragoniense). Unidad Infrapáramo 1 o Páramo inferior

El conjunto de los depósitos que corresponde a esta unidad culmina con las "calizas inferiores del páramo". Se podría correlacionar con la Unidad inferior de ARMENTEROS (1986a). Esta unidad puede datarse aproximadamente merced a los yacimientos paleontológicos de Aranda

de Duero, situados en la Unidad inferior de CRUSAFONT y CELORRIO (1959), y de Montejo de la Vega al S (ARMENTEROS, *op.cit.*) que proporcionan una edad del Vindoboniense medio-superior (el Vindoboniense es un piso del Mioceno medio que en las cuencas terciarias españolas fue introducido para designar los depósitos considerados hasta entonces como tortonienses y sarmatienses; estrictamente corresponde a los pisos helvetiense y tortoniense de la escala marina) que equivaldría al Aragoniense superior y medio (MAZO *et al.* 1998), respectivamente.

Además, el yacimiento de Piquera de San Esteban (MAZO y JORDÁ, 1994), situado en la Hoja (376), al SE de la que tratamos, permite situar el techo de los depósitos fluviales de esta unidad en el Aragoniense superior. De esta manera, esta parte de la sucesión neógena de la Hoja está comprendida entre el Aragoniense inferior-medio en su parte inferior y un vallesiense, sin especificar, en su parte superior.

En el transcurso de la realización de los trabajos de campo, se ha localizado un yacimiento de vertebrados fósiles en las proximidades de Gumiel de Hizán, dentro de la Unidad infrapáramo, en un nivel algo más alto estratigráficamente que el yacimiento de Aranda, cuyo estudio paleontológico aún no se ha realizado.

Esta serie ocupa el 80% de la superficie de la Hoja, y se localiza en el entorno del río Duero (donde afloran los términos más bajos) y al N de dicho río, ocupando las zonas medias y bajas de los valles, aflorando entre las cotas 800 y 900 m, por debajo de las "calizas inferiores del páramo", situadas a cotas medias de 900-930 m. de altitud.

2.2.1.1. Arenas, arenas con cantos y cemento carbonatado, limos arenosos, arcillas, limos rojos y limos arcillosos con concrecciones carbonatadas (1). Niveles de conglomerados silíceos y polimícticos y areniscas rojizo-amarillentas (2) y Conglomerados (cg). Serie Detrítica de Aranda. Aragoniense.

Esta sucesión se incluye en la Unidad inferior de ARMENTEROS (1986a), y se identifica con la litofacies detrítica de Aranda definida en este trabajo; aflora a lo largo de una franja paralela al río Duero que ocupa la mitad inferior de esta Hoja.

Por otro lado, se puede señalar que este conjunto litológico podría equivaler a la Unidad inferior de GARCÍA DEL CURA (1974), a las facies de Santa María del Campo (AEROSERVICE, 1967) y también a la Unidad 1 de MEDIAVILLA (1986) y MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988, 1989).

Cartográficamente ocupa las 3/4 partes de la Hoja, aflorando en las cotas bajas y medias de los interfluvios de los ríos, donde se observa gracias a la erosión cuaternaria. Así sucede al N, en la parte baja del valle del río Esgueva, y en los valles del Arandilla, Aranzuelo, Bañuelos, Gromejón y sus tributarios, además en las lomas y altozanos existentes hasta la depresión cuaternaria del río Duero.

Este conjunto detrítico presenta tonalidades pardo-rojizas y ocre, tiene un espesor variable, con un máximo aflorante próximo a los 100 m (de forma idealizada) en la zona central, entre el páramo del Llano del Cajo y la ciudad de Aranda de Duero, disminuyendo hacia el Oeste debido a la erosión cuaternaria de la unidad. No obstante, los cortes aflorantes no sobrepasan los 50-60 m.

Existe un gran número de sondeos realizados para abastecimiento de aguas en los distintos ayuntamientos de la zona sur (Ayuntamiento de Aranda de Duero, de La Aguilera, etc.), donde esta unidad puede llegar a alcanzar los 250-300 m en profundidad, detectándose la parte más baja de esta sucesión detrítica de Aranda. En razón de lo cual, su potencia podría alcanzar los 300-400 m.

Los niveles arenoso-conglomeráticos (2), representados en el Mapa geológico originan relieves estructurales y resaltes de ladera, debido a que se encuentran más cementados que el resto de las litologías lutítico-arenosas, predominantes en el conjunto (1). Existen abundantes explotaciones de grava y arena en la mitad meridional de la Hoja, sobre todo en las proximidades de Aranda de Duero, en las que se observan las configuraciones internas de los litosomas detríticos del conjunto 2.

Además de estos afloramientos de cuerpos canalizados de arenas y conglomerados (2), hay que destacar aquellos del centro de la Hoja (alrededores de Gumiel de Hizán, Fig. 2), ermita de Monzón, Sotillo de la Ribera, Gumiel del Mercado, La Aguilera) y los del valle del Esgueva en el NO.

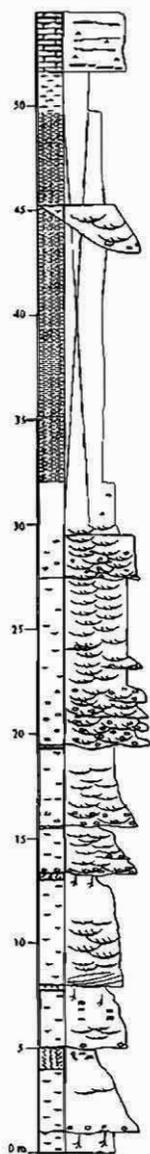
Litológicamente (2) está formado por conglomerados, areniscas conglomeráticas y areniscas, predominando volumétricamente las facies de areniscas. Los cantos son elementos reciclados del Cretácico, de cuarzo y cuarcita (ésta de diferentes tonalidades: marrón, verdosa, gris), así como elementos intraformacionales de lutitas arenosas y sobre todo de caliches, lo que indica el poder erosivo de las corrientes a lo largo de sus márgenes.

En cuanto a las areniscas, presentan una composición (siguiendo la clasificación de FOLK, 1974) sublitàrenítica a litarenítica, en la que predomina el cuarzo mono y, en menor medida, policristalino. Entre los fragmentos de roca, destacan los de cuarcita y, en progresivo decrecimiento, los elementos intraformacionales (caliches y lutitas arenosas) y los feldespatos (tanto potásicos como plagioclasas). Los minerales pesados (ARMENTEROS, 1986a) están claramente dominados por la turmalina, con hasta un 85%; el resto está formado por micas (a veces en cantidades de más del 50%, en las fracciones más finas), andalucita (puede alcanzar hasta un 10%) y en cantidades mucho menores aparecen circón, anatasa, estauroлита, sillimanita y distena.

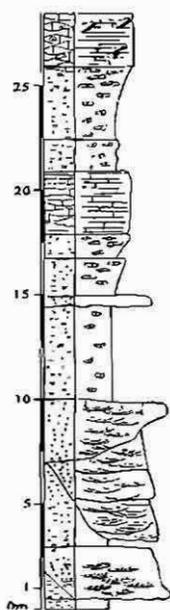
En general, los cuerpos arenosos-conglomeráticos se disponen aislados o bien varios amalgamados que se intercalan entre facies de lutitas arenosas y arenas lutíticas con niveles de caliches nodulares correspondientes a (1). Presentan una cicatriz erosiva basal, que puede pasar a difusa en los márgenes menos profundos de la misma, hecho que no se observa en todas las secciones. Cuando aparecen secciones transversales con respecto al paleoflujo deducido de la estructuración interna de los cuerpos, éstas presentan anchuras entre 25 y 150 m y potencias de 1 a 8 m siendo más frecuentes las que oscilan en torno a los 2-4 m. Las secuencias verticales presentan grano selección positiva con niveles básales de cantos "lags".

Las facies (o elementos más simples de carácter litológico-estructural, que componen el registro sedimentario) más abundantes, entre las gravas, son las de estratificación cruzada en surco (Gt), y en menor medida, estratificación horizontal (Gm) y cruzada planar (Gp). Entre las arenas, destaca las facies de estratificación cruzada en surco (St), y en menor medida, la estratificación cruzada planar (Sp), estratificación cruzada de bajo ángulo (Sl) y laminación de

GUMIEL DEL MERCADO



GUMIEL DE HIZÁN



OQUILLAS

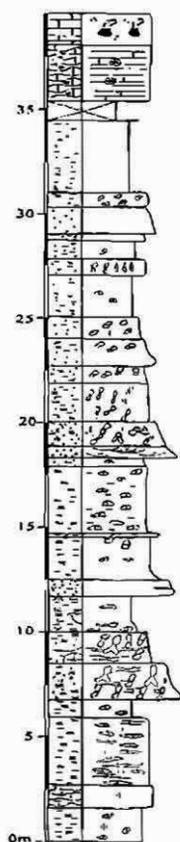


Figura 2. Columnas estratigráficas de la unidades miocenas diferenciadas en la Hoja de Aranda de Duero.

ripples (Sr). Otras facies presentes tanto en la base de los cuerpos como internamente son las que se asocian al relleno, generalmente masivo, de surcos erosivos (Se y Ss) que suele contener cantos intraformacionales. Aparte de las facies (elementos más simples) y del elemento arquitectural más complejo (cuerpo canalizado o canal), que corresponde a los cuerpos arenoso-conglomeráticos aquí tratados, los elementos de rango intermedio son los de acreción frontal (con facies St, Sp, Se y en menor medida Sh, Sl, Sr y Ss, siguiendo la nomenclatura de facies fluviales de MIALL, 1978), barras de grava (Gt, Gm y GP) y barras de arenas (St, Sr y Sp); en menor medida, se encuentran elementos tales como acreción lateral (St, Sp y Sh) y mantos de arena laminada (Sh y Sl). En cuanto a las superficies limitantes de estos elementos arquitecturales, destacan las de mayor orden visible a escala de afloramiento, como son las planas o cóncavas que limitan inferiormente los cuerpos canalizados (de 5.º orden). Las de rango inferior limitan los principales elementos arquitecturales reconocidos: las de 4.º orden limitan por arriba los elementos de acreción frontal, que internamente aparecen descompuestos en incrementos acrecionales por superficies limitantes interiores de menor rango (3.º y 2.º orden, que separan respectivamente "cosets" y "sets" de láminas).

Los afloramientos más bajos de la Unidad detrítica de Aranda se sitúan en la parte inferior de la Hoja, siendo representativos los de Aranda de Duero y Villalba de Duero (ARMENTEROS, 1986a), que se sitúan a cotas entre los 800 y los 830 m. Son cuerpos tanto aislados como amalgamados, de base plana a marcadamente cóncava, dominados por facies arenosas que presentan intercalaciones de gravas en la base de los cuerpos y en aquellos amalgamados en la base de cada uno.

Predomina las facies St (localmente, Sp, Sl, Se y Ss y Sr), y en los niveles de gravas, la facies Gt (puntualmente, Gm). Los "set" presentan potencias de 20 a 40 cm de espesor y los surcos presentan anchuras de 0,80 a 1,5 m. Estas facies mayoritarias se agrupan en elementos arquitecturales, entre los que dominan los de acreción frontal (corriente abajo) de 0,3 a 2 m de espesor; en menor medida, se encuentran agrupaciones de estas facies, sobre todo las arenosas, en unidades de acreción lateral, que pueden verse con más frecuencia en la parte sudoccidental, entre Aranda y La Aguilera. Aquí se han apreciado (en dos cuerpos próximos a la ermita de la Virgen de las Viñas —cerca de Aranda— y en otro punto situado 1,5 km al SO de Villalba del Duero) cuerpos canalizados de 2,5 a 5 m de relieve que se encuentran encajados en facies lutítico-arenosas que presentan relleno asimétrico del canal con acreciones junto a la margen menos pendiente y cantos intraformacionales (a veces de tamaño bloque) en la margen opuesta, hecho no siempre observable.

Conviene señalar que en las Hojas más occidentales de Roa (345) y Peñafiel (374), los cuerpos canalizados equivalentes laterales de los que se acaban de mencionar presentan más proporción de conjuntos de acreción lateral, hecho que está apoyado por la medida de paleocorrientes de la parte meridional de la que tratamos. Las paleocorrientes tomadas en numerosos afloramientos de este sector meridional presentan una componente consistente hacia el Oeste (ARMENTEROS, 1986a).

En la franja central de la Hoja existe una serie de afloramientos representativos de la parte media y superior de la unidad, entre las localidades de Gumiel de Hizán y Gumiel del Mercado (Fig. 2), se encuentran entre las cotas 850 y los 880 m.

En el límite oriental con la Hoja de Peñaranda (entorno de Hontoria de Valdearados) se observan cuerpos canalizados tanto simples como amalgamados de 2 a 4 m de espesor y de una anchura media de 25 m perpendicular al paleoflujo inferido, caracterizados por facies St (Gt) agrupadas generalmente en mesoformas no siempre bien diferenciadas por superficies limitantes. Las paleocorrientes indican flujos hacia ONO

En los afloramientos situados en la zona central (en el entorno de Gumiel de Hizán, Fig. 2) se aprecian cuerpos canalizados de 2 a 10 m de espesor y de 30 a 50 m de anchura en sección perpendicular al paleoflujo, que se presentan generalmente amalgamados, tanto más cuanto más hacia el techo de la unidad. Las facies más frecuentes son las St, siguiéndole en importancia las Sp (a media y gran escala con estratos inclinados de hasta 4 m), Gt, Sl, Sh y Sr. Se agrupan en unidades acreción frontal aguas abajo (generalmente como mesoformas), en forma de rellenos de surcos de varios metros de anchura y en menor medida como elementos con acreción lateral. Localmente aparecen estructuras de deformación por licuefacción (laminación contorsionada semivolcada y pliegues irregulares decimétricos). El conjunto de paleocorrientes se encuentra entre los 270 y 320°. En uno de estos complejos canalizados (zona de los Parrales, al NO de Gumiel) se ha encontrado un yacimiento de vertebrados pendiente de estudio.

Algo más al Oeste, en la ermita de Monzón sobre los 860 m, se sitúa un espectacular afloramiento de un cuerpo complejo de areniscas gruesas que se elonga hacia los 280° (sentido de paleoflujo) y de más de 8 m de espesor que comienza con facies de estratificación cruzada en surco en areniscas conglomeráticas (centil = 4 cm; cantos de cuarzo y de cuarcita verde, gris, y beige) que rellenan un surco basal que se encaja 2 m en lutitas arenosas. El resto está formado por facies de estratificación cruzada planar (Sp) y en surco (St) no siempre fáciles de diferenciar, que forman "sets" de 0,3 a 0,6 m de espesor, que, a su vez, se agrupan en "cosets" de 1 a 2 m de espesor. Estos últimos constituyen unidades arquitecturales tridimensionales (mesoformas o barras) del tipo acreción frontal aguas abajo que presentan a techo superficies convexas. La medida de numerosas paleocorrientes indica un valor medio en torno a los 280°, lo que coincide con la deducida de la disposición del cuerpo canalizado. A techo del cuerpo se aprecian (en el 1,5 m superior) una alta concentración de estructuras de rizolitos y bioturbación general. Además, a lo largo de la secuencia vertical se observan numerosas estructuras de deformación en forma de láminas contorsionadas con sobrependiente con tendencia al vuelco.

En las proximidades de Gumiel del Mercado (Fig. 2) (sección de Gumiel del Mercado y afloramientos anejos) se aprecian cuerpos canalizados que se sitúan entre los 855 y los 880 m, marcando un nivel muy constante en la zona con notable concentración de las litologías más gruesas. Los cuerpos presentan relaciones anchura/espesor en general mayor de 15 y tienden a formar lentejones plano-convexos, con superficies basales ligeras a marcadamente cóncavas. Se disponen aislados o bien amalgamados con espesores de 2 a 14 m. Las facies son de areniscas gruesas a medias con niveles de areniscas conglomeráticas (centil 5 cm; cantos de cuarzo, cuarcita e intraformacionales: areniscas y lutitas). Las facies más frecuentes son la St y en menor medida la Sl (en la base de algunos cuerpos), Sp (intercalada entre niveles de St) y Sr (a techo de los cuerpos arenosos y, a veces, entre otras facies). Forman "sets" de 10 a 60 cm de espesor, que integran unidades mayores del tipo de acreción frontal (mesoformas: barras) o bien de relleno de canales menores. Se aprecian estructuras de deformación en forma de láminas contorsionadas y volcadas. Las paleocorrientes indican flujos hacia un sector

comprendido entre los 250° y los 310°; algunas medidas de inclinaciones en diversos "sets" indican paleocorrientes hacia el ESE y SE, lo que puede deberse a crecimientos de microformas de lecho (dunas) en relación con canales menores secundarios con respecto al flujo principal.

En el sector NO de la Hoja (valle del río Esgueva) aflora con bastante continuidad un tramo arenoso con niveles conglomeráticos a lo largo de la margen derecha del río Esgueva, entre Santibáñez de Esgueva y el límite con la Hoja de Roa; su potencia máxima es de 20 m y se sitúa sobre los 870 m, localizándose su techo unos metros por debajo de las calizas de la Unidad del Páramo 1.

Un buen afloramiento puede observarse en las proximidades de Pinillos de Esgueva, donde se superponen cuatro rellenos canalizados, algunos de los cuales son compuestos. Las areniscas, cementadas por calcita, son sublitarenitas de grano grueso a muy grueso, intercalando niveles conglomeráticos de espesor centimétrico a decimétrico con cantos de cuarzo y cuarcita de diferentes colores, cuyo centil es de 5 cm. Las estructuras principales son la estratificación cruzada en surco (St) a media y gran escala y más localmente estratificación tabular (Sp). Estas estructuras se relacionan con macro y microformas (barras) de acreción frontal aguas abajo y con el relleno de los canales interbarra. Las paleocorrientes, generalmente realizadas en los surcos de las estratificaciones, se dispersan entre los 260° y los 310°.

En resumen, el conjunto de características de la unidad de areniscas y areniscas conglomeráticas (2), revela la presencia de un sistema canalizado procedente de los relieves mesozoicos de la Cordillera Ibérica y dirigido hacia el Oeste, que tiene en la Hoja de Aranda unas peculiaridades de tramo medio del sistema fluvial que evoluciona a condiciones más distales en la Hoja de Roa (al Oeste).

Las partes proximales del sistema canalizado se encuentran en las hojas más orientales de la misma banda (Peñaranda de Duero y San Leonardo de Yagüe). Estas características generales de tramo medio están representadas en un extremo por un sistema fluvial de carga de fondo (arenas y en menor medida conglomerados), con rasgos propios de ríos trenzados; en el otro extremo, por un sistema de tipo trenzado de carga mixta (arenas y material más fino en suspensión) que muestra elementos arquitecturales y condiciones fluviales más distales, como son la presencia de acreciones laterales y mayor relieve de los canales.

A lo largo de la unidad es patente una abundancia de los cuerpos canalizados del segundo tipo citado en la parte inferior de la unidad y dentro de la misma tanto más cuanto más hacia el oeste de la Hoja; por otro lado los del primer tipo lo son hacia el tercio superior de la Sucesión. Esta situación evidencia un aumento de los volúmenes de descarga de sedimento (MIALL, 1992) de muro a techo en la serie, lo que pudiera ser debido a cambios climáticos y/o tectónicos que propiciasen una mayor producción de sedimento en las áreas madres. Este sistema fluvial ha sido identificado con un sistema fluvial longitudinal, procedente del Sistema Ibérico que adquiere carácter meandriforme hacia el Oeste (ARMENTEROS, 1986a).

(Antes: 1.2.1.2.) Localmente se puede añadir que existe un conjunto de sedimentos detríticos que no ha sido individualizado en Mapa geológico de Aranda, formado por lutitas arenosas, arenas lutíticas y caliches (1). Este grupo de sedimentos son reconocibles al menos en la parte noroccidental de la Hoja, en las laderas del valle del río Esgueva, de los valles del río San Pedro y del río Puentevilla, así como al Norte de Gumiel del Mercado (Fig. 2), y Quintana del Pidio,

dónde se sitúan sobre las arenas de la Unidad Detrítica de Aranda; Hacia el Este no se observan de forma clara. Es decir, se trata de sedimentos que o bien se encuentran sobre la serie detrítica roja de arenas y limos arenosos, o bien de forma gradual desaparecen lateralmente respecto a la anterior, para ser sustituida por las arenas y limos con conglomerados cuarcíticos de la Unidad detrítica de Aranda. Pudiendo considerarse el tramo superior de la unidad en algunos puntos.

Su potencia varía, pero no suele sobrepasar los 30-20 m, situándose inmediatamente por debajo de la unidad denominada "caliza del páramo inferior".

Desde el punto de vista litológico, está integrada por facies pardo-verdosas a blancas de arenas finas, limos, lutitas arenosas y margas, con nodulizaciones de carbonato. Las arcillas dominantes son illita, caolinita y esmelita (GARCÍA DEL CURA y LÓPEZ AGUAYO, 1974). Pasan gradualmente al nivel superior considerado "caliza del páramo inferior". Esta asociación de facies representa ambientes sedimentarios de llanura aluvial en la parte distal del sistema fluvial correspondiente a la unidad (2), el cual hacia el techo de la unidad muestra una retracción notoria, produciéndose un cambio a una paleogeografía en la que los sistemas lacustres y palustres se expanden progresivamente desde el Oeste hacia el Este y Nordeste.

Edad: es sobre esta unidad donde se encuentra el yacimiento de vertebrados de Aranda de Duero, a una cota de 840 m., en el lugar conocido como "El Chopo", descrito por CRUSAFONT y CELORRÍO (1959), quienes determinan *Anchiterium aurelianense* Cuvier, Rinocerótido indet. y *Testudo bolivar?* Hernández-Pacheco; correspondientes al Vindoboniense medio-superior, que equivalen al Astaraciense medio (aprox.). Al sur del mismo se encuentra el yacimiento de Montejo de la Vega (Segovia) (MAZO *et al.*, 1988), de edad aragoniense medio (MN5).

Al E-SE de estos dos yacimientos paleontológicos se localiza el yacimiento de Piquera de San Esteban (Soria, Hoja 376), en el que MAZO y JORDÁ (1994) llegan a la conclusión de que los restos paleontológicos de dicho yacimiento (proboscídeos: *Gomphotherium angustidens* Cuvier y *Deinotherium giganteum* Kaup) permiten situar el techo de la Unidad inferior, en este sector de la cuenca, en el Astaraciense superior o Aragoniense superior, biozona MN7.

A partir de estas dataciones podemos deducir que la Unidad detrítica de Aranda tiene una edad aragoniense medio-aragoniense superior, sin excluir que podría llegar al Vallesiense inferior, ya que existen cambios laterales de facies entre esta serie detrítica y la considerada superior a ella, que es la "caliza del páramo inferior".

2.2.1.2. Niveles de margas y calizas oncolíticas (3). Aragoniense

En la Hoja de Aranda de Duero afloran en el extremo más meridional de la misma unos niveles carbonatados intercalados en la serie detrítica descrita anteriormente. Estos niveles tienen una extensión superficial muy limitada. Dos niveles se localizan al SE del monte de la Calabaza que se encuentra a una cota de 840 m, los cuales se prolongan en la Hoja de Fuentelcéspedes (n.º 375), uno de los cuales se sitúa sobre una capa de conglomerados silíceos de relleno de canal.

Existen otros tres niveles, de cota inferior a los 820 m. al SE de Aranda de Duero, en la margen derecha del río Duero, siendo el más extenso el de la ermita de San Pedro.

Su potencia es de unos 10 m y está constituido por niveles de areniscas silíceas que alternan con otros de composición mixta, formados por arenas silíceas, oncoides y fragmentos de estructuras algales, sobre todo hacia el techo del afloramiento, con otros formados exclusivamente por edificios tobáceos estromatolíticos (con laminación ondulada a formas dómicas aisladas o unidas lateralmente), de longitud de onda decimétrica y de hasta 0,5 m de espesor (altura).

En general, forman secuencias positivas de base erosiva de 0,8 m a 2 m de espesor, que comienzan con facies de areniscas silíceas blancas con estratificación cruzada en surco (St) y, localmente, planar (Sp) y debida a ripples (Sr); estas facies progresivamente pasan a términos litológicos mixtos (areniscas silíceo-carbonatadas), y hacia el techo, a facies carbonatadas bio-construidas.

En cuanto a su interpretación sedimentológica, representan rellenos de canales aparentemente poco sinuosos cuyas aguas eran propicias a desarrollo de estructuras algales. Estas secuencias de relleno de canal son características de sistemas fluviales tobáceos. Son muy frecuentes en todo el Terciario del borde oriental de las cuencas del Duero y de Almazán, lo cual se explica por la saturación con respecto a carbonato cálcico de las aguas procedentes de los relieves carbonatados mesozoicos del Sistema Ibérico. Conviene advertir que estas construcciones pueden encontrarse en cualquier unidad fluvial y su presencia es debida a la existencia de condiciones favorables al desarrollo algal; entre ellas destaca la disminución de la carga sólida en los canales, consecuencia de una menor denudación física en las áreas fuente.

Edad: la misma que la Unidad detrítica de Aranda.

2.2.2. Mioceno medio-superior (Aragoniense-Vallesiense inferior) Unidad Páramo inferior o Páramo 1

En este apartado se describe un nivel bien diferenciado en el ámbito de la Hoja y aledaños; se trata de una sucesión de capas carbonatadas que constituyen una extensa unidad correspondiente a la "caliza del Páramo inferior" en la Cuenca del Duero. Esta unidad presenta una base ligeramente diacrónica, siendo más antigua cuanto más hacia el Oeste y hacia el centro de la cuenca. A pesar de esta circunstancia, sin embargo, se considera un nivel correlacionable en la Depresión del Duero, sobre todo teniendo en cuenta que la pobreza y dispersión de los datos paleontológicos no permiten precisar algo más fiable.

2.2.2.1. Calizas, margocalizas, calcretas y/o calcimorfos (calizas del Páramo inferior) (4). Aragoniense-Vallesiense inferior

Estos niveles se sitúan en la parte septentrional de la Hoja como se observa en la cartografía geológica, se encuentran entre las cotas de 880 m y 900 m en el sector nororiental, llegando a cotas de 920-930 m en el noroccidental (donde se ha agrupado con otros niveles carbonatados superiores a dicha "caliza del Páramo inferior").

También existe una concentración de carbonatos destacable al N y en los alrededores de Villalbilla de Gumiel, donde existen varios niveles de calizas y calcretas correspondientes a la caliza del Páramo inferior, y sobre ellas otros dos o tres niveles carbonatados de calizas muy blancas (calcretas).

Esta unidad, que representa un nivel estratigráfico guía a escala de cuenca (Páramo inferior), puede llegar a desaparecer, como se observa en el Mapa geológico de Aranda de Duero, presentando un buen desarrollo de N a S en los 7-8 km más septentrionales, y reduciéndose progresivamente hasta desaparecer hacia el S-SO. Un ejemplo claro se aprecia en la zona de Hontoria de Valdearados, ya que desde esta localidad hacia el monte Fuente El Roble la caliza pasa lateralmente a un calcimorfo, el cual rápidamente desaparece hacia el SO. De la misma forma, sucede entre los valles del río Bañuelos y del río San Pedro-Gromejón, desde las localidades de Tubilla del Lago-Baños de Valdearados hacia el SO (zona del Alto de La Calera), donde también desaparece esta caliza, al ser sustituida por facies detríticas correspondientes a la parte superior de la Unidad detrítica de Aranda (como queda reflejado en la leyenda del Mapa geológico).

En el sector occidental de la zona que tratamos, la "caliza del Páramo inferior" aflora hasta la latitud de la localidad de Gumiel del Mercado (Fig. 2), a cota 900 m, y hacia el Sur-Sudeste ya no existe, en gran parte, por la erosión remontante de los afluentes del Duero, que en dirección NE-SO recorren la Hoja.

A partir de los datos cartográficos de la propia Hoja de Aranda arriba señalados (cambios laterales desde las facies carbonatadas de esta unidad a facies detríticas hacia el SO), y teniendo en cuenta una situación similar en la Hoja meridional de Fuentelcásped (aunque en sentido inverso: reduciéndose los carbonatos hacia el N y NO), se supone que en el actual valle del Duero (donde se ha producido un vaciado más acusado de la sucesión miocena), esta unidad carbonatada estaba bastante limitada en su extensión original, sobre todo en la mitad occidental. Lo cual está apoyado por la inexistencia de facies calizas a techo de la sucesión miocena en el Monte de Calabazas (895 m), a 7 km al este de Aranda de Duero, en la parte inferior de la Hoja.

La parte superior de la unidad ha quedado frecuentemente expuesta por la erosión cuaternaria, dando lugar, por su mayor cementación, a un relieve morfológico destacado en forma de altiplanicie (páramo). Por su gran extensión y cota topográfica (salvando la variación de pendientes que por depósito o base de la unidad y erosión-techo de la misma presenta la unidad) se conoce como "Páramo inferior", por ser la altiplanicie de cota más baja que presenta una extensión cuencal importante, y para diferenciarla de otra superficie general superior conocida como "Páramo superior" (que aparece en algunos puntos en la banda más septentrional de la Hoja). Presenta señales de exposición subaérea reciente, como es la karstificación y decoloraciones por oxidación.

El espesor máximo de esta serie puede llegar a los 20 m., aunque normalmente se encuentra entre los 10-15 m. Su límite con la unidad inferior es un paso gradual de carácter oblicuo, mientras que con la unidad superior no siempre es claro, como sucede en las proximidades de Oquillas, en el centro y al noreste del área que nos ocupa, y sobre todo en los alrededores de Villalbilla de Gumiel, al NE, debido a una superposición de facies carbonatadas, cuya continuidad lateral no es fácil de seguir (Fig. 2).

Autores previos han señalado la presencia de una superficie de discordancia a techo de esta unidad del Páramo 1, que separaría ésta de la sucesión suprayacente (idea que no compartimos); "la discordancia entre ambas formaciones (por ejemplo, calizas de la Unidad media, o del Páramo 1, y Unidad superior) se observa claramente en Gumiel de Hizán" (GARCÍA DEL CURA, 1975); no obstante, en ningún momento se sitúa específicamente y caracteriza este aserto. En la Hoja meridional de Fuentelcésped, a techo del nivel equivalente a esta unidad, se han observado rasgos que evidencian la presencia de una discontinuidad, aunque no una discordancia (ARMENTEROS, 1985a; CORROCHANO y ARMENTEROS, 1989; ARMENTEROS *et al.*, 1995).

En cuanto a las facies, presenta una gran monotonía, como la mayoría de los niveles carbonatados en zonas adyacentes. Los niveles basales son de color blanco-rosado pasando hacia arriba a enteramente blancos. Las calizas son generalmente masivas y se disponen en bancos de límites difusos y de escasa continuidad lateral. Las facies carbonatadas se incluyen en dos grupos que se sitúan frecuentemente en tránsito lateral (más difícil de apreciar) y vertical.

El primer grupo está representado por las facies de caliche o calcreta y el segundo grupo por facies de calizas palustres. Por caliche (o calcreta) se entiende una roca formada por cementación y/o alteración de un suelo preexistente o roca por (dominantemente) carbonato cálcico (GOUDIE, 1983). Estas facies se asignan a diversos procesos terrestres producidos en la zona de meteorización, tales como retrabajamiento in situ de rocas carbonatadas; cementación de fragmentos de rocas carbonatadas; cementación de rocas silicásticas o de acumulaciones de sedimentos y reemplazamiento de suelos, rocas o materiales de meteorizados preexistentes (GOUDIE, 1973; HIBBARD, 1995).

Las facies de caliche presentan una estructura nodular-masiva a enteramente masiva, haciéndose patente la naturaleza silicilástica fina del sustrato sobre el que se desarrolló esta facies carbonatada. Se suele observar un paso gradual desde caliches con apreciables restos de material silicilástico y los que representan niveles de carbonato casi puro. Se encuentran en secuencias métricas (de 1 a 5 m), en cuyos términos basales predominan las lutitas arenosas pardo-rojizas con nódulos de carbonato de colores pardos a ocres que dan paso progresivamente a los niveles de caliche masivo de colores rosados a blanco-grisáceos. Al microscopio se aprecia una microfacies homogénea caracterizada por un mosaico microcristalino (4-6 μm) en el límite entre micrita y microsparita con granos limosos dispersos de cuarzo y en ocasiones algún resto más fino (arcillas con granos de cuarzo dispersos). En algunos perfiles, las facies masivas dan paso gradualmente a facies caracterizadas por el desarrollo de microfacies microcristalinas con texturas grumosas a grumosos-peletoidales y, finalmente, peletoidales-oidales, relacionadas con procesos de reorganización de una facies carbonatada homogénea de partida (ARMENTEROS y DALEY, 1998).

Las características sedimentológicas y petroológico-estructurales de estas facies carbonatadas indican una precipitación de calcita en el seno de facies lutítico-arenosas a modo de crecimiento intersticial en las fases de carbonatación incipiente, que progresivamente pasa a un mosaico reemplazante del sustrato lutítico, del cual pueden llegar a conservarse restos. Este proceso de precipitación está relacionado con un probable origen freático de estos niveles carbonatados en un paisaje de llanuras aluviales distales en torno a ambientes palustres que ocuparían las zonas centrales de la cuenca. Estos ambientes palustres carbonatados pueden llegar a desarro-

llarse hacia el techo de la unidad en algunos puntos de la Hoja, reflejando el carácter expansivo de esta unidad carbonatada. Esta interpretación se basa en su gran extensión lateral, significativa potencia y límites gradacionales hacia muro y techo (WRIGHT y TUCKER, 1991).

Este grupo de facies de caliche está extendido en toda la unidad, siendo a veces exclusivo en la composición de ésta cuanto más hacia el sur y oeste de su extensión en la Hoja.

El conjunto de facies palustres carbonatadas, por su parte, aparece principalmente en la zona noroccidental de la Hoja y se continúa en las vecinas de Antigüedad (313), Roa (345) y Cilleruelo de Abajo (314). En campo presentan colores blanco-grisáceos y una estratificación en cuerpos tabulares de 0,5 a 0,8 m de espesor, separados por niveles de menor resalte. Pueden presentar niveles con estructuración prismática vertical relacionada con raíces (rizolitos).

Al microscopio, presentan, en general, texturas que representan una serie continua desde aquellas homogéneas con nódulos dispersos y planos de brechificación aislados a otras con brechificación generalizada, que pasan, a su vez y sucesivamente, a texturas grumosas y peletoidal-ooidales. Se observan mosaicos microcristalinos (4-6 μm) de micrita y microesparita fina de recristalización. Es notoria la formación de nódulos (\varnothing m: 200 μm) que suelen presentar una grieta circumnodular que termina rellenándose con cemento esparítico; ésta puede rodear total o parcialmente los nódulos. Cuando se produce recristalización a microesparita fina (5 a 6 μm), muchos nódulos resisten preferencialmente el proceso y permanecen como micrita, que por su color más oscuro contrasta con el encajante microesparítico.

El proceso de diferenciación nodular, aunque muy comentado en la bibliografía, es pobremente conocido en cuanto a sus orígenes (cf. ARMENTEROS, 1986a). La porosidad es principalmente secundaria y resulta de los procesos de brechificación que generan porosidad en "planos" (*sensu* BREWER, 1964) de diversas configuraciones y geometrías, cuya interconexión genera el tipo de textura bréctica antes mencionado, dando lugar a niveles brécticos "craze planes". Además existe porosidad tubular (\varnothing : 40-100 μm) con trazados sinuosos, discontinuos, en zig-zag y/o de tipo arrojado, que caracteriza su origen debido a raíces. Estos tipos de porosidad están, en ocasiones, rellenos por fases cementantes esparíticas equidimensionales, que suelen tener fábricas geopetales caracterizadas bien por el aumento del tamaño de cristal hacia el techo de las cavidades, bien por la presencia de cortezas espeleotémicas que recubren el techo de las cavidades.

Los componentes fósiles son los elementos más característicos que ayudan a diferenciar el conjunto de facies palustres. Son relativamente escasos y suelen estar dispersos (facies originales: mudstone o micritas fosilíferas) y están representados por restos de gasterópodos, valvas sueltas de ostrácodos y, en menor medida, caráceas. También se observan frecuentemente caparazones de foraminíferos enigmáticos (40-60 μm), muy característicos de las facies palustres de todas las formaciones carbonatadas terciarias del margen oriental de la Cuenca del Duero. Tienen formas elipsoidales (a veces, dos o más elipsoides imbricados en sección) y espiraladas, según el corte, y suelen ser monocristalinas. Se han atribuido en otras áreas de la cuenca a elementos bioclásticos reciclados procedentes del Cretácico marino (com. pers. Jorge Civis).

Este conjunto de facies palustres representa la sedimentación y posterior modificación paludáfrica en sistemas lacustres carbonatados muy someros de baja pendiente y márgenes

fluctuantes. Estas características abogan por una relativa inactividad tectónica en los bordes y un clima con tendencia cálida y marcadas etapas secas, esto último apoyado por los resultados de los estudios paleoecológicos de yacimientos situados por debajo y por encima del nivel estratigráfico de esta unidad.

La unidad que se acaba de tratar correspondería a la Unidad media de ARMENTEROS (*op.cit.*); a su vez equivalente a la "caliza del Páramo" definida por HERNÁNDEZ-PACHECO (1915), a la Unidad media ("caliza de los páramos") de GARCÍA DEL CURA (1974) y a la Unidad 3 de MEDIAVILLA y DABRIO (1988). Estas relaciones aparecen desplegadas en ARMENTEROS (1991).

Edad: Según ARMENTEROS (*op. cit.*), correspondería a una edad del Astaraciense superior (Aragoniense superior), teniendo como referencia los yacimientos paleontológicos de Montejo de la Vega y Fuenteliso, situados en las hojas meridionales de Funtelcéspedes (375) y Peñafiel (374) respectivamente, pudiendo llegar al Vallesiense inferior.

2.2.3. Mioceno medio-superior. Unidad entre páramos

CORROCHANO y ARMENTEROS (1989) han reconocido en esta parte oriental de la Cuenca del Duero, una discontinuidad sedimentaria entre la Unidad media y superior (ARMENTEROS, 1986), ruptura que implica un período de tiempo prolongado sin depósito y/o con erosión en la cuenca. De acuerdo con estos autores, a partir del depósito de la caliza que conforma la "caliza del Páramo inferior" descrita en el apartado anterior, existe una ruptura o hiato sedimentario, que según estos autores pudiera interpretarse como una paraconformidad entre estos materiales y la sucesión suprayacente, en este sector de la Cuenca del Duero. En el sector central de la Cuenca del Duero también se alude a esta discontinuidad (MEDIIVILLA y DABRIO, 1989).

A nivel cuencal, se ha descrito una discordancia cartográfica sobre el ciclo inferior aragónense superior-vallesiense inferior, hecho que en la Hoja de Aranda de Duero no se ha constatado, ya que no se observan, por el momento, criterios cartográficos, estratigráficos y petrológicos que sustentan la presencia de una superficie de discontinuidad a techo de la caliza del páramo inferior.

En las hojas contiguas de Roa (345) y Antigüedad (313), LÓPEZ OLMEDO *et al.* (1997) marcan dicha discordancia intravallesiense, basándose en la presencia de una costra carbonatada nodular (concrecionar) y vestigios de la paleokarstificación asociada como es la "terra rossa". Estos autores describen la sedimentación del ciclo superior como una respuesta producida por un reajuste en la cuenca que modifica la configuración de las áreas de sedimentación, de acuerdo a las ideas de MEDIAVILLA y DABRIO (1988-1989).

En general, dentro del sector sudoriental de la Cuenca del Duero, el comienzo del ciclo sedimentario posterior a la caliza del Páramo 1 significa la ruptura del esquema paleogeográfico lacustre, que en la etapa correspondiente a las calizas del Páramo 1 se extendía por toda la cuenca, en parte debida a un aumento de los aportes del Este (del Sistema Ibérico). Este hecho no implica un cambio total del ambiente sedimentario vigente hasta entonces, ya que quedan áreas con sedimentación lacustre y fluvio-lacustre dentro del sector oriental de la cuenca, dominando los sistemas fluviales en las partes más proximales de la cuenca (hacia el E) y regímenes fluvio-lacustres hacia el Oeste.

Así pues a partir del Vallesiense se inicia un nuevo ciclo sedimentario neógeno, que equivaldría a la Unidad superior de ARMENTEROS *op.cit.*, a la Unidad Superior de GARCÍA DEL CURA (1974) y a la Unidad 4 de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1988).

Esta sucesión detrítico-carbonatada ya fue puesta de manifiesto indirectamente por ROYO Y GÓMEZ (1926), al indicar la presencia en la provincia de Burgos de dos páramos calizos bien diferenciados (zona de Yudego e Iglesias en la Hoja de Castrojeriz, 237); por su parte, SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1946) en la Memoria y cartografía de la Hoja de Aranda de Duero reconoce sobre las calizas del Páramo inferior (atribuidas por él al Sarmatiense) una sucesión terrígena en la base que se vuelve caliza hacia el techo, dando un páramo más alto; describe dos secciones bastante completas de la sucesión en la zona nororiental: cerro de San Lorenzo y Valdeande.

En general, todos los autores describen una sucesión terrígena de carácter fluvial o fluvio-lacustre con desarrollo de facies lacustres carbonatadas (calizas) a techo de la misma, aunque existen variaciones en la sucesión de facies, dependiendo de la zona estudiada a lo largo de este sector oriental de la Cuenca del Duero.

Edad: El conjunto de la sucesión neógena formada por las Unidades (5) a (8) recogidas en el Mapa geológico se integran en el Mioceno superior. Existen dataciones relativamente cercanas a esta Hoja, como la del yacimiento de los valles de Fuentidueña (Hoja de Olombrada, 402, Segovia) (ALBERDI *et al.*, 1981) situado al SO de la zona estudiada. Este yacimiento de vertebrados proporciona una edad del Vallesiense inferior (MN-9) para los materiales en los que se encuentra, planteando el problema de su exacta ubicación en la columna estratigráfica general de la cuenca. Así, HOYOS *et al.*, (1981) y ARMENTEROS (1986a) sitúan este yacimiento en la parte inferior del paquete de calizas que conforman el techo de la serie miocena en este lugar. LÓPEZ OLMEDO *et al.* (1997) y ARMENTEROS *et al.* (1997) precisan su situación en la base del segundo ciclo carbonatado correspondiente a las "calizas superiores del páramo". Por su parte, en los trabajos de DÍAZ DE NEIRA *et al.* (1995, *in litt*) y CALVO *et al.* (1993), este yacimiento aparece colocado hacia el techo de la unidad que culmina con las "calizas del Páramo inferior".

De todas formas, se ha considerado que la unidad entre páramos y la unidad situada a techo ("caliza superior del páramo") se depositaron durante el Mioceno superior, incluyendo el Vallesiense inferior y el superior, sin descartar que puedan llegar a depositarse hasta el Turolense, como se observa en la leyenda del Mapa geológico de la presente Hoja, consideración que ya fue puesta de manifiesto por ARMENTEROS (*op.cit.*).

2.2.3.1. Limos arcillosos con concrecciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos (5). Vallesiense-Turolense?

Se inicia la serie el ciclo sedimentario superior neógeno con facies detríticas que suelen intercalar niveles carbonatados. En la Hoja de Aranda ocupan una extensión reducida, aflorando en el tercio superior de la misma, al sur del valle del río Esgueva, al norte del río Aranzuelo, teniendo la máxima representación en la esquina NE del Mapa geológico. Siempre se encuentran a cotas superiores a los 910-920 m, situándose sobre la "caliza del páramo inferior" (4) o bien sobre la Unidad detrítica de Aranda (1).

Su potencia es variable, va desde pocos metros hasta 40 m en el ángulo NE de la Hoja, donde se halla enteramente preservada al hallarse cubierta por las calizas superiores.

Litológicamente, está formada por lutitas arenosas de coloración ocre-anaranjada a pardorrojiza, a veces con moteado gris-verde-ocre, en niveles de 1 a 3 m. El cortejo arcilloso está formado por illita, esmectita y caolinita. Presentan intercalaciones de limos arenosos y sobre todo de arenas localmente conglomeráticas (cantos silíceos; centil: 3 cm), en niveles de 0,5 a 2 m de espesor con base erosiva. Localmente se intercalan niveles muy arcillosos.

Suelen presentar una bioturbación generalizada, que contribuye en parte a la destrucción de sus estructuras sedimentarias primarias. Existen frecuentes fenómenos de calichificación, sobre todo de las facies lutíticas, que desarrollan facies de tipo nodular y nodular-masivo (nódulos parcialmente fusionados). Cuando estos niveles encostrados son suficientemente potentes y continuos, se han cartografiado aparte y serán descritos dentro de las Unidades (4) y (7).

Las características sedimentológicas y los rasgos posedimentarios que presentan las facies indican una sedimentación predominante en dominios de llanura de inundación correspondientes a un sistema fluvial relativamente distal con canales de carga mixta. Es de destacar la escasa tasa de sedimentación si se tiene en cuenta la abundancia de niveles edafizados (calcretas), muchas veces en perfiles solapados verticalmente; estos hechos indicarían condiciones climáticas marcadas por episodios de sequía prolongada.

Este conjunto litológico equivale, junto con los cuerpos canalizados de arenas y conglomerados que integran la Unidad litológica (6), a un "episodio más o menos detrítico" (*sic*), que GARCÍA DEL CURA (1975) sitúa entre lo que denomina "calizas de los páramos" (i.e. del Páramo inferior) y "calizas terminales" (por ejemplo del Páramo superior). Es, a su vez, equivalente a la Formación Lutítico-Arenosa de Santa Cruz de la Salceda (incluida en la Unidad superior de ARMENTEROS, 1986a), de 45 m de espesor, definida al otro lado del río Duero en el área colindante de las Hojas 375 (Fuentelcéspedes) y 376 (San Esteban de Gormaz); ésta representa un sistema fluvial de carga mixta y baja sinuosidad procedente del este.

2.2.3.2. Calizas, margocalizas, calcretas y/o calcimorfos (4). Aragoniense-Vallesiense inferior

Este conjunto de capas carbonatadas se ha diferenciado en la cartografía geológica allí donde ha sido posible, es decir, cuando sobre la caliza del Páramo inferior existen unos niveles detríticos, y sobre éstos, calcretas y margocalizas (4).

Esto no sucede siempre así en la Hoja de Aranda de Duero, ya que a partir de una línea imaginaria con dirección NNO-SSE, que iría desde La Carrasca (al E de la localidad de Oquillas) hacia Villabilla de Gumiel, se delimitan dos zonas, una zona, nororiental, donde sí se diferencian estos niveles superiores (4) de la caliza del Páramo inferior, y la zona noroccidental (en ambas márgenes del río Esgueva) donde estos sedimentos carbonatados (4) se encuentran solapados a las calizas del Páramo inferior, al igual que sucede al N en la Hoja de Cilleruelo de Abajo (314) (ALONSO *et al.*, *in litt.*). Por esta razón se le ha otorgado el mismo dígito 4, para simplificar la leyenda del Mapa geológico.

Así pues, afloran sobre todo en la parte superior de la Hoja, en el E-NE y al NO de Sotillo de la Ribera y Gumiel del Mercado (Fig. 2). En ocasiones, aflora de forma incompleta, como sucede en la zona del Llano del Cajo-Autovía I (km 166), en el centro del Mapa geológico, situado sobre la serie de la Unidad detrítica de Aranda. Sus secciones más completas se encuentran entre Villalbilla de Gumiel y Valdeande, al NE de de la Hoja, y al NO de Sotillo de la Ribera.

En los alrededores de Villalbilla de Gumiel existe una serie de calizas y calcetras correspondientes a la caliza del Páramo inferior y sobre ellas separadas por niveles detríticos, dos o tres niveles muy blancos, de calcetras y/o calcimorfos, que presentan un aspecto pulverulento (creta) y erosión en domos, lo cual nos podría llevar a pensar que en este sector existió una importante concentración de carbonatos, producto de un ambiente lacustre-palustre.

En general el espesor de estos niveles oscila entre los 10 m y los 15 m.

La litología de esta unidad carbonatada está formada esencialmente por facies carbonatadas asignables a calcetras, que se presentan en secuencias carbonato-crecientes de 1 a 3 m de espesor.

En su parte inferior están constituidas por facies de caliche nodular de coloración parda y moteado hidromórfico verdoso-grisáceo, presentan un contenido notable de granos de cuarzo de tamaño arena, observándose en algunos casos restos sin calichificar de las lutitas arenosas que generalmente constituían la litología original. Esta facies nodular pasa gradualmente a facies de caliche masivo de tonos rosas claros a grisáceos y blancos que pueden tener parches pardos y blancos a modo de moteado. Éstos suelen estar menos cementados, y cuando son eliminados, por erosión diferencial, dan el aspecto agujereado a la roca (estructura "honeycomb"), probablemente representan vestigios de fases previas al estado final de calichificación y diagénesis. El material que los engloba es un mosaico microcristalino de tonos crema claros a grisáceos. No puede precisarse si este mosaico es el resultado de un proceso diagenético tardío de cementación-recristalización sobre un material calichificado previamente, y/o es directamente el resultado de la fase última del proceso de calichificación sobre una roca madre que no es fácil de determinar. Además, esta facies masiva suele presentar poros planares de pocos milímetros de longitud por 1 o a 3 mm de ancho y extremos acuñados; se rellenan por esparita gruesa y/o fina, a veces con estructura geopetal (el mosaico más fino en la base de la cavidad).

Localmente, esta unidad carbonatada incluye lentejones delgados de areniscas de grano fino y de lutitas arenosas. Sedimentológicamente, se liga a facies de llanura aluvial de un sistema fluvial distal poco jerarquizado y con baja densidad de canales, cuyo relleno está representado por la Unidad (6). El predominio que adquieren las facies de calcetra indica la existencia de amplios periodos de tiempo y de extensas zonas del sistema fluvial, en las que existía una baja tasa de sedimentación; ambas condiciones son indispensables para el desarrollo de estos perfiles de carbonatación secundaria.

2.2.3.3. Arenas y conglomerados silíceos (6). Vallesiense

Las facies de arenas (areniscas) y conglomerados incluidas en este apartado corresponden a cuerpos de base erosiva, dispersos, a varios niveles estratigráficos a lo largo de la sucesión entre páramos.

Aflora en áreas muy localizadas y dispersas a lo largo del tercio superior de la Hoja. Se pueden observar inmediatamente por encima de la "caliza del Páramo inferior", como sucede al N de Baños de Valdearados, o bien en posiciones estratigráficas superiores a ésta, intercalándose en la sucesión detrítica descrita en el apartado (5), siempre por debajo de la caliza que culmina esta serie (caliza del Páramo superior). Se encuentran a diferentes cotas entre los 910 m y los 957 m del monte Los Alejos (O de la carretera N 1).

Litológicamente, son areniscas síliceas de grano medio a muy grueso y de coloración pardo-rojiza, que pueden intercalar niveles conglomeráticos decimétricos con cantos de cuarzo, cuarcita e intraformacionales (lutíticos-arenosos y de calcreta). Suelen estar cementadas y es frecuente la presencia de nódulos irregulares y otros alargados verticalmente (rizocreaciones), que pueden borrar totalmente las estructuras primarias. Pueden presentar estratificación cruzada en surco (St) a media escala; a pesar de ello, es difícil la medida de paleocorrientes. Sin embargo, la situación de estos afloramientos a lo largo de una línea Este-Oeste y la disminución de estos niveles gruesos hacia la parte occidental de la Hoja apoyan claramente paleocorrientes hacia el Oeste en sentido general.

Esta asociación de facies, junto con la descrita en la Unidad 5, es equivalente a la Unidad superior de GARCÍA DEL CURA (1974) y a la Formación lutítico-arenosa de Santa Cruz de la Salceda (incluida en la Unidad superior de ARMENTEROS, 1986a), definida al otro lado del río Duero, en el área colindante de las Hojas 375 (Fuentelcésped) y 376 (San Esteban de Gormaz). Al igual que esta última, representaría un sistema fluvial de carga mixta y baja sinuosidad procedente también del este.

2.2.3.4. *Calcretas, margas y margocalizas (7). Vallesiense-Turolense?*

Esta unidad está representada por niveles carbonatados de escasa potencia (de 1 a 3 m) y se encuentran en la parte superior de la sucesión detrítica (5), siempre por debajo de la "caliza del Páramo superior". En la Hoja de Aranda de Duero tienen escasa representación, aflorando solamente en la parte más nororiental de la Hoja (N y NE de Villalbilla de Gumiel). Estos niveles tienen una mayor representación al N, en la Hoja de Cilleruelo de Abajo (314).

Son margas y margocalizas blancas, que suelen pasar vertical y lateralmente a calcretas de color blanquecino. En el límite septentrional de la Hoja (proximidades de la localidad de Oquillas (Fig. 2), estos niveles de "tránsito" a la Unidad del Páramo superior (8), están formados por calcretas nodulares que pasan a masivas, de colores pardo-rojizos debido a la presencia de abundantes "vestigios" de material siliciclástico (arcillas marrones y lutitas arenosas). La microfacies de calcreta está constituida por un mosaico mesocristalino (100 μm a 1.000 μm), donde los cristales más pequeños son equidimensionales, mientras que los mayores de 500 μm tienen formas ahusadas de granos de cereales y se disponen al azar o bien en fábricas esferulíticas con los cristales dispuestos radialmente.

Por encima de estos niveles de calcretas, y sin una clara separación, se encuentran las facies calizas correspondientes a la siguiente unidad. Las características sedimentológicas y petrológico-estructurales de estas facies carbonatadas indican una precipitación de calcita en niveles arcillosos, que en la base de los niveles es un crecimiento intersticial, y progresivamente

representa más un mosaico reemplazante del sustrato lutítico, del cual se conservan restos. Este proceso de precipitación está relacionado con un probable origen freático de estos niveles carbonatados, si se tiene en cuenta su gran extensión lateral, significativa potencia y límites gradacionales hacia muro y techo (WRIGHT y TUCKER, 1991).

2.2.4. Mioceno superior (Vallesiense-Plioceno?) Unidad del Páramo superior o Páramo 2

Esta unidad corresponde al episodio terminal del ciclo neógeno superior (sucesión entre páramos) y es en esta Hoja el último depósito preservado perteneciente al Terciario

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1946, 1947, 1953a, b, c, 1954), en el sector sudoriental de la Cuenca del Duero, hace referencia a la existencia de dos páramos calizos, denominando al nivel aquí tratado "Páramo superior".

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1946), en esta misma Hoja, describe esta caliza a veces como caliza cavernosa, con grandes oquedades, con aspecto de creta, y en general cristalina y ligeramente azulada, con restos de moluscos de agua dulce y de (algas) caráceas, rica en geodas y calcita.

Estas calizas corresponden a las "calizas terminales" de GARCÍA DEL CURA (1975) y al techo de la Unidad superior de ARMENTEROS (1986a), equivaliendo más específicamente a las Unidades de calizas de Castillejo de Robledo (que da el Páramo superior de la Hoja de San Esteban de Gormaz y el más oriental de la Hoja de Fuentelcéspedes) y de calizas de Moradillo de Roa (sobre las que se instala la superficie superior del páramo al oeste de la Hoja de Fuentelcéspedes) de dicho autor.

ARMENTEROS (*op. cit.*) pone de manifiesto que esta caliza del Páramo superior se desarrolla durante el último episodio sedimentario mioceno registrado en este sector de la Cuenca del Duero, centrado en Aranda de Duero. Este nivel representa un extenso sistema lacustre que abarca gran parte del sector centro-oriental de la Cuenca del Duero. Este autor indica que la instalación del sistema lacustre carbonatado tiene lugar de forma diacrónica en el sector oriental de la Cuenca del Duero, iniciándose en la parte central-occidental para posteriormente hacerse expansivo hacia el Este; hecho que responde a un amortiguamiento de los aportes que procedían de áreas madres orientales del Sistema Ibérico.

Según MEDIAVILLA y DABRIO (1989), este segundo nivel de calizas se relaciona en el sector central de la Cuenca del Duero, con la llanura de inundación de un sistema fluvial.

2.2.4.1. Calizas y margocalizas (calizas del Páramo superior) (8). Vallesiense-Plioceno?

Las rocas que forman parte de esta unidad afloran escasamente en la Hoja, debido a que la erosión no ha permitido su conservación, hecho que se explica porque las cotas topográficas de la zona no suelen sobrepasar los 960 m, cota a la que normalmente no aparecen estas calizas que dan el "Páramo superior".

Sólo se han preservado en seis puntos concretos del N de la Hoja, situados en cerros u otros a cotas superiores a los 970 m. De NE a NO, el alto del Mortero (1002 m) en las proximidades

de la localidad de Valdeande, Montecillo (993 m), alto de La Tova (979 m), alto de San Lorenzo (981 m), y al Oeste, en el sector del alto de Terradillos, con cota algo más baja (957 m), lo que corrobora que estas facies carbonatadas van descendiendo su cota desde el borde oriental hacia el Oeste o hacia el centro de la Cuenca del Duero.

El "Páramo superior" se observa muy bien hacia el NE de la Hoja aquí estudiada (Hojas 314 y 347), donde tienen más potencia y llegan a disponerse de forma expansiva sobre los afloramientos del frente de sierra miocena (Paleógeno y Mesozoico) de la Cordillera Ibérica.

La potencia real de esta unidad se desconoce, ya que se encuentra biselada por una superficie de erosión supuestamente plio-pleistocena. Al sur del río Duero y en relación con los relieves del Sistema Central y de la rama castellana de la Cordillera Ibérica, se ha reconocido esta misma superficie; su gradiente topográfico es de un 0,2% hacia el NO y se le ha asignado una edad plio-pleistocena (MOLINA Y ARMENTEROS, 1986). Sobre las calizas del techo se observa una karstificación importante con formación de dolinas; a veces se aprecian encostramientos carbonatados, y en otras ocasiones arcillas de decalcificación o suelos arcilloso-calcareos. La potencia de esta unidad en la Hoja de Aranda oscila entre los 4 y 15 m, siendo máxima en la zona de Valdeande.

Las facies litológicas predominantes son margo-calizas y calcretas masivas, calizas micríticas y calizas recristalizadas de colores blancos a grises. Tanto las calcretas como las calizas micríticas pueden presentar estructuras prismáticas verticales debidas a raíces, así como karstificación en forma de tubos verticales (pipas) y de cavidades decimétricas elongadas horizontalmente y parcialmente rellenas por arcillas rojas.

Los restos fósiles son muy escasos, observándose fragmentos dispersos de gasterópodos. Justo al norte de Oquillas (Fig. 2), la cornisa del páramo está formada por (1) calizas masivas cuya microfacies está formada por un mosaico microesparítico fino homogéneo de recristalización, que incluye pseudomorfo de cristales lenticulares de yeso intersticial de tamaños submilimétricos; (2) microfacies grumoso-peletoidal con porosidad intergrumo/interpeloides y de tipo canal con formas irregulares y en zig-zag (\varnothing m = 100 μ m), que se rellenan por un cemento esparítico. Estas características sedimentológicas indican la existencia de encharcamientos efímeros con sedimentación carbonatada marcada generalmente por la impronta meteórica (texturas grumoso-peletoidales, karstificación), en torno a los cuales se desarrollaba una sedimentación de llanura aluvial distal, sometida a continuos procesos de calcretización en relación con un manto freático.

Este encuadre paleogeográfico está apoyado por la relación lateral que esta unidad calcárea del Páramo superior presenta hacia el NE, donde se interdigita con facies lutíticas y localmente arenosas, correspondientes a los sistemas de abanicos aluviales del borde ibérico (anticlinal de Tejada).

La edad del Páramo superior corresponde al Mioceno superior, muy probablemente al Vallesiense superior, sin descartar que puedan llegar al Turoliense, y en algunas áreas fuera de la Hoja, incluso se ha llegado a asignarle una edad pliocena, aunque su datación exacta está por el momento abierta a nuevas especificaciones.

2.3. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios en la Hoja no alcanzan una gran extensión superficial, salvo en la parte más meridional, donde el Duero presenta un buen desarrollo de depósitos fluviales (terrazas); todos ellos tienen una edad comprendida entre el Pleistoceno y el Holoceno.

Habitualmente se considera que el paso del Plioceno al Pleistoceno se hace a lo largo de un proceso de cambio de régimen fluvial (endorreico a exorreico) de las mesetas. De este modo, las terrazas altas de los ríos de la península Ibérica pueden asignarse al Pleistoceno (AGUIRRE, 1989).

MARTÍN-SERRANO (1988b, 1991), considera sin embargo que no se puede pensar en un paisaje finineógeno sincrónico, ya que la progresión de la nueva red fluvial no puede alcanzar a todos los lugares al mismo tiempo. La aplicación de esta hipótesis explica el diferente grado de disección de las distintas cuencas terciarias, que habrían sido capturadas en distintas épocas, determinando así el inicio del "Cuaternario", con un límite cronológico arbitrario y propio de cada cuenca e incluso de cada sector de la misma.

A pesar de todas estas ideas, y puesto que no existen dataciones, consideramos como Cuaternario todo sedimento que se relaciona directa o indirectamente con la red fluvial actual.

PÉREZ GONZÁLEZ *et al.* (1994) describen la evolución cuaternaria del sector de la Cuenca de Almazán (al E de Peñafiel, donde se abre el pasillo terciario de Aranda de Duero-El Burgo de Osma, que comunica el centro de la cuenca con este sector) marcada por la construcción de los valles de los ríos principales como es el Duero. Los sistemas de terrazas de este río se describen en diversos perfiles con unos 8 o 9 niveles en la zona que se denomina "codo del Duero" (CABRA, *in litt.*), llegando a conservarse aguas abajo un número menor de terrazas, entre 5 y 7 (MOLINA y ARMENTEROS, 1986). Ya en el curso de San Esteban de Gormaz a Peñafiel (es decir, en las proximidades de la Hoja de Aranda de Duero), HERNÁNDEZ-PACHECO, F (1932), define 6 plataformas aluviales, y otros autores como HOYOS *et al.* (1974) menos niveles.

MOLINA y PÉREZ GONZÁLEZ (1989) indican que el río Duero es a partir de su confluencia con el Pisuerga cuando tiene un importante desarrollo de terrazas (14 niveles), lo que implica que en esta zona que se estudia los niveles de terrazas del Duero son pocas y además las que afloran en esta Hoja siempre son las últimas depositadas por dicho río.

La mayoría de los depósitos cuaternarios presentes en la Hoja son de origen fluvial, correspondiendo a las terrazas del río Duero, además de algunas pertenecientes a sus ríos tributarios como son los ríos Arandilla, Bañuelos y Gromejón. Otros depósitos frecuentes son el fondo de valle, las llanuras de inundación del río principal, los conos de deyección y abanicos aluviales junto con otros sedimentos más recientes asociados a la evolución de las laderas, como los coluviones, y también se encuentran algunos depósitos de origen kárstico (no representados en el Mapa geológico).

Aunque no existe una cronología precisa para los depósitos cuaternarios, a falta de datos paleontológicos, se realiza una cronología relativa, como se expresa en las leyendas de los mapas geológico y geomorfológico. Las terrazas se asignan en parte al Pleistoceno, y al resto de depósitos cuaternarios se les ha asignado una edad correspondiente al Holoceno.

2.3.1. Pleistoceno-Holoceno.

2.3.1.1. *Gravas cuarcíticas, arenas y limos. Terrazas medias y bajas (9). Pleistoceno-Holoceno*

En la Hoja aparecen distintos niveles de terrazas que pertenecen al río Duero. También existe alguna terraza de rango menor perteneciente a los ríos Esgueva, Arandilla, Aranzuelo, Bañuelos y Gromejón.

El principal curso de agua que discurre por la Hoja es el río Duero, el cual da nombre a la cuenca en la que nos encontramos, discurre con una dirección E-O en la zona más meridional de la Hoja. En ella están representados varios niveles de las terrazas del Duero, pero dentro del marco general de la cuenca se han separado como terrazas medias y bajas.

ARMENTEROS (1986a) describe en los alrededores de la ciudad de Aranda de Duero varios afloramientos de terrazas del Duero (la más baja): a) Estación de ferrocarril: terraza formada por conglomerados de cuarzo y cuarcita, con estratificación horizontal difusa (2 m de potencia). b). Afloramiento Aranda II (trinchera O de la N-I, próximo a la ermita de la Virgen de las Viñas: tiene una potencia de 3-1 m, es una terraza del Duero compuesta de arenas de grano grueso con muchos niveles de cantos silíceos y con estratificación cruzada en surco. Dirección de eje de los surcos en la base de la terraza es SE-NO, que concuerda con la dirección actual del río en la región.

También atraviesa el noroeste de la zona el río Esgueva, con una dirección ENE-OSO, este río no ha dejado importantes terrazas, al menos en extensión superficial, apareciendo una de ellas en la esquina más noroccidental del mapa, con una cota de unos +4 m sobre el nivel del cauce actual.

Con unas direcciones similares a la del río Esgueva se encuentran desde el NO al SE los ríos Gromejón, Bañuelos y Aranzuelo, el cual se une al río Arandilla que trae una dirección E-O, a la altura de la localidad de Quemada, para seguir hasta la ciudad de Aranda de Duero, donde vierte sus aguas al Duero.

En el río Gromejón se observan tres escarpes de terraza, a unas cotas del cauce actual de menos de 5 m.

En el río Bañuelos las terrazas existentes son dos: una al S de Villanueva de Gumiel, con +5 m, y más al S ya en la confluencia con el río Arandilla (por lo tanto compartida por los dos ríos) otra con una cota sobre el cauce actual de +3 a +4 m. Esta última terraza hacia el O pasa a ser una terraza del Duero. En el río Arandilla existen varios niveles de terrazas, situados entre los +17 m y los +3 m.

El nivel más alto de terrazas que se registra en esta Hoja pertenece al río Arandilla, situado a +18-17 m al S de la localidad de Quemada, instalada sobre los materiales terciarios de la Unidad detrítica de Aranda.

El resto de las agrupaciones de terrazas que se observan en el mapa geológico se disponen siempre sobre diferentes materiales terciarios de la serie inferior; sin embargo, en algunos puntos, sobre todo en el caso de las terrazas bajas y la llanura actual del Duero, pueden situarse sobre otra terraza previa, pudiendo hablarse de "terrazas solapadas", ya que no se observa el sustrato.

La carga fluvial transportada por estos ríos ha sido de gravas y arenas muy gruesas, de la misma manera que ha sucedido en otras partes de la cuenca (MOLINA y PÉREZ GONZÁLEZ, 1989).

Las cargas transportadas tienen un alto porcentaje (60-70%) de cantos y gravas, con características litológicas bastante comunes en términos generales, ya que presentan un alto contenido en clastos de cuarcita, de areniscas, litarenitas, y en menor proporción, de conglomerados, sedimentos del Terciario, calizas y cuarzo. Los tamaños oscilan entre 4 y 25 cm de diámetro, correspondiendo los mayores centiles a las terrazas del Duero; la matriz es arenosa, amarillenta y mayoritariamente silíceo.

Estos materiales proceden de los sedimentos terciarios del borde este de la Cuenca del Duero, del reciclaje de terrazas más antiguas, y otra parte importante procede de las rocas mesozoicas de la Cordillera Ibérica y otras paleozoicas de la Sierra de la Demanda, donde se encuentran las cabeceras de dichos sistemas fluviales, como son los Picos de Urbión, donde, como ya es sabido, nace el Duero. La matriz, si existe, suele ser arenosa, con granos de cuarzo y feldespatos; otras veces es microconglomerática. Así pues, la mayoría son terrazas siliciclásticas, con un color amarillento-rojizo predominante.

Como se ha comentado anteriormente, la extensión superficial de algunas de las terrazas no es grande, su potencia en general es variable, así las terrazas del Duero pueden sobrepasar los 5 m, pero las terrazas de sus tributarios se sitúan normalmente entre los 2 y 1 m de potencia. Su espesor no siempre es fácil de observar, ya que no suele aflorar su base o se encuentran sobre facies silíceas miocenas, siendo difícil discernir entre ambas, dada la similar naturaleza litológica y de facies que presentan ambos depósitos.

Se tratan de depósitos de carácter fluvial, en los que se observan estructuras internas como estratificaciones cruzadas a gran escala, estratificación cruzada planar, bases erosivas, cicatrices internas de relleno de canal, laminaciones cruzadas y paralelas, barras longitudinales, transversales y de acreción lateral, imbricaciones de cantos; predominando las facies de gravas (conglomeráticas) sobre las facies de arenas; las gravas son preferentemente de naturaleza cuarcítica, con algunos clastos de cuarzo, areniscas y escasas calizas. Los cantos se encuentran bien redondeados.

La edad de estos depósitos es muy problemática, por la práctica ausencia de flora y fauna datable. Aunque se pueden realizar algunas precisiones, partiendo del hecho de que la red fluvial se encaja a partir del aluvial finieógeno, produciéndose la jerarquización de dicha red; así, con las debidas reservas, todas o la mayoría de las terrazas altas de los ríos principales se pueden asignar al Pleistoceno.

2.3.2. Holoceno

2.3.2.1. Arcillas, limos, arenas, cantos y gravas silíceas. Llanura de inundación (10). Holoceno

En este apartado se incluyen los depósitos fluviales sobre los que se encuentra encajada la red actual. Los más significativos son los que constituyen la ribera del Duero, con anchuras de más de 1 km, a una altura de 2-5 m sobre el cauce actual.

La litología de estos depósitos es similar a los que presentan los niveles de terraza, aunque texturalmente suelen presentar un mayor contenido de finos. A techo aparecen los limos y arcillas de inundación, sobre los que se desarrollan los fértiles suelos pardos de vega (Entisoles).

En la vega del río Duero existen meandros y cauces abandonados, aunque a primera vista no se observen por la explotación de las gravas y arenas, por la repoblación forestal (chopo) o bien por los cultivos de regadío desarrollados en la llanura. Además encontramos las llanuras de inundación de los Ríos Esgueva, Gromejón, Puentevilla, Aranzuelo, Bañuelos y Arandilla.

En la Hoja se puede destacar las observaciones realizadas en las proximidades de Tubilla del Lago, en el valle del río Gromejón, donde afloran unos 2-2,5 m de sedimentos fluviales en un corte del valle con fondo plano. Se trata de capas decimétricas, de arenas finas y limos de color gris oscuro, con mucha materia orgánica.

2.3.2.2. *Limos, arenas y cantos. Abanicos y conos aluviales (11). Holoceno*

Estos depósitos responden a una misma génesis, diferenciándose en la morfología que presentan. Los conos de deyección son de dimensiones pequeñas y generalmente con bastante pendiente, aparecen localizados preferentemente en la salida de pequeños barrancos a un valle de fondo plano de orden superior; buenos ejemplos aparecen en las márgenes de los ríos Esgueva y Gromejón, algunos en el río Bañuelos y otros en arroyos.

Los abanicos aluviales, más amplios, aplanados y con una pendiente más baja que los conos. Se desarrollan sobre las llanuras de inundación sobre las que progradan, como los que aparecen en las riberas del río Arandilla y Aranzuelo.

El espesor de estos depósitos es variable, pero por lo general de orden métrico, y la composición litológica muy heterogénea, con gran porcentaje de finos y cantos de naturaleza muy diversa, aunque básicamente silíceo en los que aparecen en la parte sur y de naturaleza carbonatada los que se encuentran al norte de la Hoja.

2.3.2.3. *Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas. Puntualmente turba. Fondo de valle (12). Holoceno*

Son depósitos actuales y subactuales. Se considera fondo de valle todos aquellos depósitos asociados a pequeños valles de fondo plano y barrancos de funcionamiento estacional formados por materiales de carácter aluvial o por la combinación de éstos con los aportes de las laderas (aluvial-coluvial); destacando en la Hoja de Aranda de Duero los de los arroyos de Sotillo de la Ribera, de Valdegumiel, de Gumiel del Mercado, de Valdecarrera, del Cristo de Reveche, de Valdequintanillas, de Langunavieja, de Laguna, de la Recorva, y al Sur los arroyos de Madre, de la Vega de Narejo, de Valdearados y de Pozuelo.

En general presentan una morfología de valles de fondo plano, con perfil en "U" heredados de otra época anterior con un clima más frío que el actual.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1918, 1947) describe una serie de afloramientos de depósitos

de turba en el término municipal de Gumiel de Hizán, que o bien son capas de turba que afloran en las cabeceras y en las vegas de los valles de este entorno, como sucede en un arroyo subsidiario del arroyo del valle del Cristo de Reveche, o bien las observó en pozos realizados en su época, en lugares cercanos al anterior.

Actualmente no se han observado estos depósitos en ningún punto (afloramiento natural) de este término municipal, tapados por la abundante vegetación; aunque tenemos constancia de su existencia por los detalles que nos han ofrecido los lugareños, los cuales nos han confirmado los datos expresados por SAN MIGUEL DE LA CÁMARA y algún afloramiento más en la zona denominada Valdelolmo (al E de la ermita del Cristo de Reveche). Así pues, describimos estos depósitos de turba con la referencia del autor citado anteriormente.

Se trata de una capa de turba musgosa superficialmente y más compacta en profundidad, su espesor no sobrepasa los 2 m; se encuentra entre dos capas de margas grises con muchos restos fósiles (moluscos, troncos de enebro y otros restos vegetales).

En general los depósitos de fondo de valle tienen un espesor menor a 2-3 m y se tratan en general, aunque dependiendo de las rocas terciarias que existen en sus cabeceras y a lo largo de su recorrido, de arcillas de tonos amarillo-anaranjado, limos grises y/o gravas carbonatadas, a veces tobas calizo-arcillosas.

2.3.2.4. Barras de arenas y gravas. Lecho aparente (13). Holoceno

Estos depósitos estrictamente fluviales se han diferenciado asociados al curso permanente del río Duero y al último tramo del río Arandilla, separándose de los de la llanura de inundación exclusivamente por su actual funcionamiento.

El lecho actual del Duero se encuentra encajado o escavado entre 2-4 m por debajo de la llanura de inundación del río, en él a veces se encuentran los depósitos de barras de grava y arenas relacionados con las últimas crecidas, así como también algún cauce abandonado.

3. TECTÓNICA

3.1. TECTÓNICA ALPINA

La Hoja de Aranda de Duero se ubica en el sector oriental de la cuenca terciaria del Duero, concretamente en el límite del corredor de Aranda-Osma, que sirve de enlace entre la Cuenca del Duero s.s. y la Cuenca de Almazán.

Esta Hoja limita al NE con la cadena ibérica (Macizo Demanda-Cameros), al E con la depresión de Almazán y al S con el macizo de Honrubia-Pradales (Sistema Central) y con la rama castellana de la Cordillera Ibérica (Fig. 1).

En general, los procesos tectónicos enmarcados dentro de la orogénesis alpina han sido los causantes de un rejuvenecimiento del relieve, que han dado lugar al actual afloramiento de la Cor-

dillera Ibérica y Sistema Central. La tectónica de esta Hoja está relacionada con los episodios de construcción de la depresión terciaria del Duero y por lo tanto con la evolución de sus bordes.

La Cuenca de Almazán, y también el corredor de Aranda-Burgo de Osma, se interpreta como una depresión sedimentaria con geometría de semigraben, con el borde NO más subsidente (BOND, 1996), generada en régimen compresivo.

El borde NE o sector de Cameros de la Cordillera Ibérica se generó debida a la compresión pirenaica durante el Paleógeno al Mioceno inferior-medio (MAS *et al.*, 1993). La etapa más importante de deformación tuvo lugar entre el Paleoceno y el Mioceno inferior, Ageniense MN 2 (MAESTRO y CASAS, 1995).

En la estructuración alpina del Sistema Central (extremo SE) y zonas adyacentes, CAPOTE *et al.* (1990) consideran que han actuado tres grandes etapas.

Los materiales del Mioceno superior-Plioceno que aparecen en este sector de la Cuenca del Duero apenas presentan deformaciones importantes a escala macroestructural; sin embargo, existe una zona donde excepcionalmente se aprecian algunas macroestructuras que afectan a materiales neógenos, según NOZAL (1998, *in litt.*) en la Hoja de San Esteban de Gormaz (376), al SE de la que tratamos.

La más importante aparece en la margen derecha del Duero, junto a la localidad de Langa de Duero, y es el pliegue denominado anticlinal de Langa (NOZAL, *in litt.*, 1998). Se presenta como una gran flexión monoclinal de orientación aproximada E-O y vergencia sur, afectando a materiales del Mioceno medio. Las referencias a dicha estructura son de PHILLIPS OIL CO-ESPAÑA (1962-1963) investigando la estructura mediante sísmica de reflexión y realizó el sondeo profundo Alcozar-1. MORENO y NOZAL (1991) identifican esta estructura. Y NOZAL (1998, *in litt.*) describe en detalle el pliegue de Langa dentro de la Hoja 376.

Así pues, en la Hoja de Aranda de Duero la disposición de los materiales terciarios que en ella afloran es indeformada, con disposición horizontal o subhorizontal, con una ligera pendiente deposicional (0,5%) hacia el SO. Aunque se ha de tener en cuenta la estructura anticlinal anteriormente citada de la Hoja 376, ya que la formación del pliegue de Langa ha podido condicionar la sedimentación en el Mioceno en este sector entre Aranda de Duero y Burgo de Osma.

Como ya se ha comentado, la naturaleza del contacto existente entre las unidades cartográficas diferenciadas en el Neógeno, en principio, es normal y paraconforme entre los dos ciclos neógenos considerados en la zona (intramioceno), mostrando paralelismo de capas a nivel de afloramiento y a nivel cartográfico.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIGRÁFICA

La Hoja de Aranda de Duero se sitúa en el sector sudoriental de la depresión del Duero, al E se observa su límite con la Cordillera Ibérica y con la depresión de Almazán (Fig. 1); al S se encuentra la sierra de Honrubia-Pradales (Sistema Central).

En el sector meridional está el valle del Duero, teniendo como relieves más próximos las Peñas de Cervera al E y la Sierra de Honrubia al S.

Como ya se ha mencionado en la introducción, el relieve es en general suave, salvo en el tercio septentrional; construido a partir de las plataformas del páramo calcáreo. La altura media está entre los 830 y 920 m, situándose las cotas más altas 960-980 m en el sector NE y el vértice de El Mortero con 1.002 m. En los interfluvios, las cotas van descendiendo del nordeste suavemente hacia el sudoeste, donde se encuentran las cotas más bajas, 780 m en el cauce actual de parte del Duero y 800 m en la llanura aluvial del mismo. Como vértices geodésicos más importantes, podemos citar, entre otros, Mortero (1002 m), San Lorenzo (981 m), Villalbilla de Gumiel (910 m), Quemada (839 m), Gumiel del Mercado (826 m) y Aranda de Duero (797 m).

La red fluvial se encuentra bien desarrollada. Existe una divisoria principal de aguas en la Hoja (Fig. 3), que separa dos "subcuencas" hidrográficas, una situada en el extremo más septentrional, cuyos tributarios, como el arroyo de Valdegumiel, arroyo de Oquillas, etc., van a desembocar al río Esgueva, que discurre de E a O, el cual confluye con el Pisuerga a la altura de Valladolid, aportando a su vez sus aguas al colector principal que es el río Duero.

La otra subcuenca ocupa el resto de la Hoja, donde todas las aguas corren desde el E-NE hacia el suroeste, donde se encuentra la arteria principal, que es el río Duero, con un trazado E-O; así se observan el río Puentevilla y el río San Pedro, que se unen a la altura de Gumiel de Hizán para seguir como río Gromejón. Hacia el E el río Bañuelos, el río Aranzuelo y el río Arandilla, la mayoría de ellos con una dirección NE-SO, los cuales desembocan en la margen derecha del Duero.

Fisiográficamente, en la Hoja se pueden distinguir tres sectores: el valle del Duero al S, la campiña en la mayor parte de la zona y al N los páramos.

El valle del Duero está representado por parte del curso de dicho río con una dirección prácticamente E-O el cual ha dejado una serie de plataformas escalonadas en ambas márgenes que corresponden a diferentes niveles de terrazas (aunque en esta Hoja se observan mayoritariamente las terrazas de la margen derecha), con cotas entre 800-790 m.

La campiña se extiende por la mayoría de la zona hasta las localidades de Sotillo de la Ribera, Gumiel de Hizán y Baños de Valdearados, presentando un relieve suave y alomado, con cotas entre los 900-810 m.

La parte más septentrional del área de estudio viene representada por los páramos calcáreos, con un relieve más o menos plano, ya que en algunos puntos presenta suaves ondulaciones provocadas por sedimentos detríticos que están a techo del páramo, interrumpidos por una serie de valles encajados en él, con cotas entre 900 y 1.000 m. También existe algún relieve residual, que se conserva como "montes islas" con elevaciones próximas a los 981 m, como el del alto de San Lorenzo, con cima plana, o bien otros a cotas inferiores, con cima redondeada dentro del paisaje alomado que produce la erosión de los materiales detríticos del Terciario, como los de Gumiel de Hizán (859 m).

Según el *Atlas Climático de España* (FONT TULLOT, 1983), que establece una división en regiones climáticas basada en las variaciones en la circulación atmosférica general, en los índices de

continentalidad e hídricos y en los regímenes pluviométricos, esta comarca de la mitad sur de la campiña burgalesa se halla incluida en la denominada Iberia Parda Continental Extremada (Meseta Norte). Se caracteriza por su clima "mediterráneo" del interior, con inviernos severos y veranos calurosos y secos (zona semiárida) insolación abundante, y precipitaciones muy irregulares distribuidas entre el otoño, invierno y primavera.

Los parámetros climatológicos más significativos de la zona señalan unas precipitaciones medias anuales de 400 a 700 mm, apreciándose una tendencia al incremento en dirección NE. Las temperaturas medias muestran una tendencia similar, cifrándose entre los 10,5-11 °C al N y entre 11-12 °C en la mitad S; variando entre los 23°-37 °C de Julio a los -10°- +2 °C de Enero. Se puede destacar el fenómeno microclimático que afecta a los valles, donde las condiciones son más suaves que en los páramos que existen al N, fenómeno que tiene su aprovechamiento agrícola en el cultivo de la vid en la denominada Ribera del Duero.

La elevada altitud media de la región, cifrada en unos 930 m., junto con la situación de aislamiento y resguardo de los rebordes montañosos de la Cordillera Ibérica, actúan como pantalla frente a los sistemas nubosos, limitando considerablemente las precipitaciones. En cambio, la humedad del río Duero y sus afluentes, con anticiclones estables de irradiación y marcada inversión térmica en la vertical, favorecen la generación de nieblas durante gran parte de los 105 días al año de cielos cubiertos que se contabilizan en la zona. De acuerdo con todo expuesto y siguiendo la clasificación agroclimática de PAPADAKIS, (1966), la zona se incluye dentro de la unidad climática "mediterráneo semiárido continental", con un régimen térmico semi-cálido, con precipitación invernal mayor que la estival.

La vegetación autóctona se encuentra bastante degradada en la mayor parte de la Hoja, salvo en pequeñas manchas boscosas donde existe arbolado de coníferas: pinos y enebros de la especie *Juniperus thurifera* sobre los materiales calcáreos terciarios y algunas concentraciones de carrascas en algunas laderas de los interfluvios (matas bajas de *Quercus rotundifolia*) y jaras (*cistus*), con presencia esporádica de robles, plantas herbáceas, aulagas y tornillo, preservada fundamentalmente en donde la competencia del sustrato rocoso y la inclinación de las vertientes no han permitido el laboreo agrícola. En el resto de la Hoja predominan los cultivos de secano, cereales (cebada, centeno, trigo...) y oleaginosas, junto con la importancia que tienen los viñedos.

En las vegas del Duero y de otros ríos aparecen extensas plantaciones de chopos y las características asociaciones de ribera con olmos (en extinción por la grafiosis), fresnos, chopos, álamos blancos, sauces y especies arbustivas fundamentalmente espinosas.

Los cultivos que se desarrollan se pueden agrupar en dos tipos. Los de regadío, concentrados en las llanuras aluviales, dedicados a remolacha azucarera, maíz grano y forrajero, patatas, y de forma puntual hortalizas (pimientos, col, cebollas, ajos, etc.). El resto de la superficie cultivada corresponde al secano con dos producciones clásicas, los cereales como trigo, cebada, avena y la vid, esta última con gran auge, ya que la zona está incluida en la denominación de origen vitivinícola "Ribera del Duero".

En cuanto a la ganadería, destaca el ganado vacuno, ovino y le sigue el de cerda.

Destaca en la Hoja la ciudad o villa de Aranda de Duero, capital de la Ribera del Duero, que sigue siendo la localidad más importante del entorno entre Burgos capital al N y Valladolid, desde el

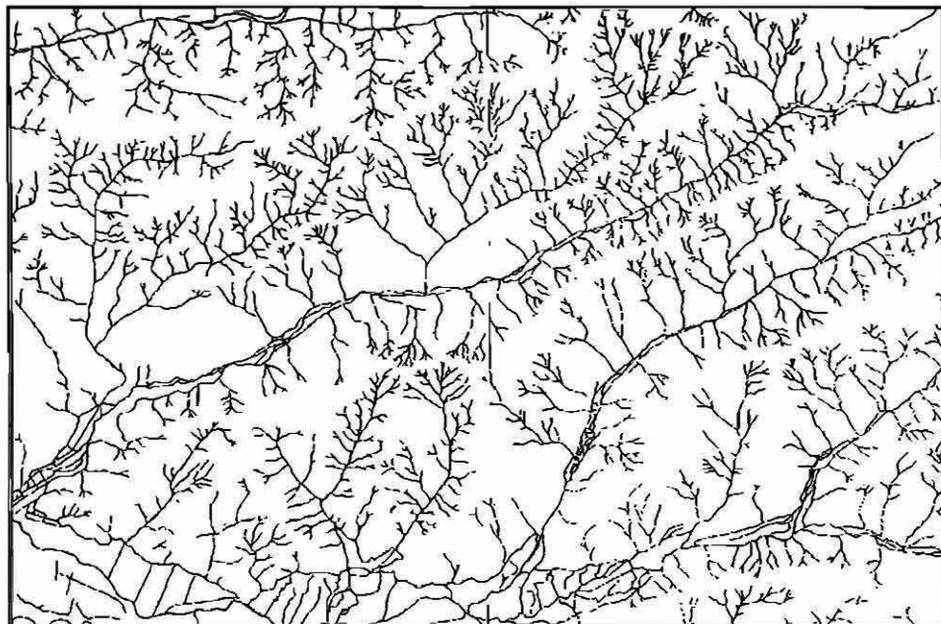


Figura 3. Esquema hidrológico

siglo xvi. Esta villa es uno de los grandes centros industriales de la provincia, ya considerada en la segunda mitad del siglo xviii como un rico centro comercial diversificado, que polarizaba las comunicaciones de la Ribera del Duero. Además en esta ciudad se puede destacar de interés histórico-artístico la iglesia de Santa María la Real (siglo xv, con fachada gótica, estilo isabelino).

Otras localidades destacadas dentro de la Hoja n.º 346 son Gumiel de Hizán, Gumiel del Mercado, La Aguilera, Sotillo de la Ribera, Zazuar, Villalba de Duero y Baños de Valdearados, y otros pueblos como Tubilla del Lago, Cabañes de Esgueva y Oquillas, por donde transcurre la autovía N-I (Madrid-Burgos), etc., la mayoría de ellas son pequeñas localidades situadas a lo largo de los valles que atraviesan la Hoja o en sus cercanías.

La Hoja está atravesada por vías de comunicación importantes a nivel nacional, como es la autovía I, que la cruza de N a S, asimismo lo hace el ferrocarril (Madrid-Irún) y la carretera (N-122) Valladolid-Soria en el sector meridional. Existe también una densa red de caminos vecinales y pistas agrícolas afirmadas.

Existen dos fuentes principales de riqueza: la industria situada en Aranda de Duero, con un polígono industrial destacado a nivel nacional, donde se encuentra enclavado uno de los complejos lácteos más importantes de España y otro del sector del automóvil. La otra fuente de ingresos en la zona es la agricultura, destacando en primer lugar la vid (zona importante en la denominación de origen "Ribera del Duero"), siguiéndole el cultivo de los cereales y algunos cultivos de regadío, sin olvidar la ganadería de vacuno y de cerda.

4.2. ANTECEDENTES

La bibliografía que existe sobre la zona, relativa a aspectos geomorfológicos concretos, es escasa y de ámbito regional. Los primeros trabajos corresponden a HERNÁNDEZ-PACHECO (1932) sobre las terrazas del Duero y a SCHWENZER (1936, 1943) que trata sobre los arrasamientos y las diferentes superficies escalonadas en el Sistema Central y su piedemonte; ideas rebatidas posteriormente por BIROT y SOLE (1954).

Más recientemente, los trabajos de ORDÓÑEZ *et al.* (1976), MOLINA y ARMENTEROS (1986); MOLINA y PÉREZ-GONZÁLEZ (1989) y GRACIA *et al.* (1990), abordan problemas relacionados con los depósitos fini-neógenos y las superficies de erosión, desarrolladas tanto sobre los páramos como en la periferia montañosa de la cuenca. Por último, PÉREZ-GONZÁLEZ *et al.* (1994) abordan una descripción general, basada fundamentalmente en una exhaustiva revisión bibliográfica de los grandes dominios que desde el punto de vista geomorfológico se establecen en la Cuenca del Duero.

Por otro lado, ITGE-ENRESA (1991) realiza el Mapa neotectónico y sismotectónico de España a escala 1:100.000.

Un significativo avance se produce en las últimas décadas, con la realización para el proyecto MAGNA de mapas geomorfológicos a escalas 1:100.000 y 1:50.000 con sus respectivas memorias.

4.3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.3.1. Estudio morfoestructural

La totalidad de la Hoja pertenece al gran dominio morfoestructural de la Cuenca del Duero, encuadrada dentro del sector sudoriental o depresión de Almazán de PÉREZ GONZÁLEZ (1989) y PÉREZ GONZÁLEZ *et al.* (1994). Está ubicada en el límite entre el corredor de Almazán y el sector central de la depresión del Duero s.s., al NE de la misma se encuentra la sierra de Cameros de la Cordillera Ibérica, y al S y SE se encuentran los relieves de las ramas norte aragonesa y la rama sur castellana de la Cadena Ibérica, de donde procede el sistema fluvial más importante como es el río Duero.

La actuación de la red fluvial durante el Cuaternario (s.l.), mediante importantes procesos erosivos, ha proporcionado la morfología actual de la zona estudiada (morfogénesis fluvial), la cual ha actuado sobre un sustrato de rocas con diferente competencia, como son las rocas carbonatadas alternantes con las detríticas (constituídas fundamentalmente por arenas y limos con intercalaciones discontinuas de conglomerados), todas ellas en una disposición horizontal o subhorizontal.

En la Hoja de Aranda de Duero se pueden separar dos áreas con diferencias morfoestructurales importantes, así el relieve de tipo estructural, con formas planas, predominan en la parte septentrional de la Hoja, ya que es en esta zona donde afloran mayoritariamente las rocas competentes carbonatadas que forman los páramos. En el resto de la zona, debido a la heterogeneidad y variaciones en la competencia de las distintas litologías del sustrato terciario, destaca un modelado de campiña, con formas alomadas suaves, con cerros aislados y algunos

replanos estructurales donde existen niveles más compactos o cementados, como son los conglomerados, areniscas y caliches.

Las formas planas de la zona norte presentan al menos dos o tres niveles principales de referencia. Por un lado el aplanamiento culminante (calizas superiores), las cuales se encuentran escasamente representadas en este Mapa geomorfológico, ocupando las posiciones topográficas más altas 1.002 m-980 m-957 m de Este a Oeste, asociados a la etapa final de construcción del piedemonte neógeno. Por otro lado, el nivel de aplanamiento más importante viene definido por el nivel de calizas inferiores o bien la agrupación de éstas con otros niveles carbonatados superiores, que conforma altiplanicies intermedias (900-920 m) y que en esta Hoja se observan en el tercio superior de la misma. Y por último, el tercer elemento correspondería al/los nivel(es) calcáreos situados estratigráficamente por encima de las calizas inferiores, que presenta unas cotas entre 910 m y 920 m, observable en la parte nororiental y centro de la zona.

Además de estos tres elementos de referencia destacados, existen otros muchos niveles, también competentes, aunque de menor entidad y/o continuidad, intercalados en la serie y que aportan multitud de pequeñas formas derivadas: cornisas, replanos, cerros testigo.

El otro elemento dominante en la parte más meridional son las terrazas fluviales del río Duero, la cuales tienen una representación limitada en el ámbito de la Hoja se tratan, la mayoría de ellas, de terrazas encajadas, con mayor desarrollo en su margen derecha, que, a grandes rasgos, forman parte de lo que normalmente se denomina llanura aluvial, sobre las que se encuentra encajado el cauce actual. Estas plataformas presentan escaso espesor (menor a 5-4 m).

La arteria principal de drenaje corresponde al río Duero, localizado en el entorno de la ciudad de Aranda de Duero, que transcurre por un amplio valle. En el sector septentrional discurre el río Esgueva y en la parte central, el río Gromejón y el Bañuelos, que junto con el Aranzuelo y el Arandilla, en la esquina sudoriental, desagúan en el Duero a la altura de la ciudad de Aranda de Duero. Estos ríos subsidiarios tienen escasa representación de depósitos de terrazas, dejándolos en ambas márgenes, básicamente en la margen derecha, con poca extensión superficial.

El río Esgueva se encuentra totalmente encauzado en su recorrido dentro de esta Hoja, y presenta un resalte de terraza en la esquina noroccidental de la misma. El río Arandilla actualmente tiende a erosionar su margen izquierda, como se observa en las proximidades de Aranda de Duero. Este río ha dejado una importante representación de depósitos fluviales en su margen derecha, cerca de su confluencia con el río Bañuelos y el Duero, entre la localidad de Quemada y Aranda de Duero.

La distribución y morfología de la red secundaria de drenaje puede considerarse a grandes rasgos como un drenaje dendrítico, aunque se observa más bien un drenaje paralelo, respecto a los ríos más importantes, con una dirección predominante E-O (Fig. 3). Este tipo de red mixta es típica de regiones con litologías uniformes y ausencia de controles estructurales, discurriendo por superficies de pendientes uniformes.

4.3.2. Estudio del modelado y formaciones superficiales

Como ya se ha comentado anteriormente, el encajamiento y jerarquización de los ríos, situados al oeste de la Cordillera Ibérica y norte del Sistema Central sucede desde hace millones de años y prosigue en la actualidad. Se produce sobre materiales terciarios, provocando una pérdida de volumen en la cuenca, además del reciclaje de los materiales cuaternarios previamente depositados.

Así pues, una vez conocidas las características litoestructurales de los materiales detríticos y carbonatados alternantes que aparecen en la Hoja; éstos se pueden considerar homogéneos a nivel de capa, pero en conjunto dan lugar a una neta erosión diferencial, donde se resaltan los niveles más competentes y/o cementados con disposiciones estructurales subhorizontales según las unidades morfoestructurales diferenciadas.

Por otro lado, ha de tenerse en cuenta que el agente principal, que ha condicionado el modelado de la Hoja ha sido la morfogénesis fluvial, pasando a describirse a continuación las diferentes morfologías (formas), tanto de acumulación como de erosión, bajo el plano de los agentes externos.

Ya se ha apuntado que son las formas estructurales las que tienen mayor significado y desarrollo. Otras formas son las fluviales, con llanuras aluviales, abanicos y terrazas, además de otras con génesis diferentes, glaciares y coluviones, junto con las ligadas a la actividad kárstica y las antrópicas, completan el conjunto de formas presentes en la Hoja, que se describirán agrupadas según el proceso generador.

— **Formas estructurales (1 a 6)**

Estas formas se observan en toda la Hoja, teniendo más importancia en la parte septentrional de la misma, al N de Gumiel del Mercado-Valle del Esgueva y N de Gumiel de Hizán hasta el entorno de Hontoria de Valdearados.

Las formas estructurales están determinadas por las interrelaciones entre la litología, la disposición de las capas sedimentarias y la erosión, ya que la estructura del sustrato resalta por la acción de la incisión fluvial.

En este caso, al estar las capas sedimentarias del Mioceno prácticamente horizontales, estas formas dependen básicamente de la litología (calizas y caliches, conglomerados y areniscas cementadas, arcillas y limos), donde la erosión diferencial entre las capas resistentes y las poco consolidadas han producido el típico modelado tabular o en plataformas de los interfluvios, con rellanos estructurales escalonados y resaltes en graderío sobre las vertientes, conservados donde existe una capa competente o dura a techo.

Niveles competentes de menor entidad (caliches, calizas, areniscas, conglomerados), intercalados a distintas alturas en la serie, dan lugar a las mismas formas pero a menor escala, como cerros cónicos, a veces con techo plano, como sucede en el entorno de Gumiel del Mercado-Sotillo de la Ribera y otros lugares de la Hoja.

Los rellanos estructurales más destacados son subhorizontales al estar contruidos sobre capas con esa misma disposición, sobre capas calcáreas en el caso de las calizas del páramo inferior

y superior. Las "calizas superiores" conforman la superficie estructural con retoques erosivos del denominado Páramo superior, en este caso con escasa representación en la Hoja y apareciendo como cerros testigo de techo plano en el Alto de San Lorenzo (981 m) y el Alto de la Tova (979 m).

Como se observa en el Mapa geomorfológico y sus cortes, la superficie estructural del Páramo 1 se encuentra sobre las "calizas inferiores", las cuales definen llanos o rellanos de mayores dimensiones; a una cota de unos 900-910 m, se extiende por gran parte del sector septentrional de la Hoja (La Alameda, 910 m; Los Llanos-Carrallanos, 900 m; Llanos, 907 m). En la zona noroccidental los rellanos se forman a partir de la agrupación de las calizas inferiores junto con otros niveles superiores carbonatados (Los Majanos, 930 m; Las Rejadas, 920 m etc.). Otro llano importante viene representado por un nivel carbonatado intermedio entre las calizas inferiores y las superiores, como se puede observar en el centro de la Hoja, en el lugar denominado Llano del Cajo (900 m).

Además existen hombreras y cornisas adosadas y escalonadas a media altura (20-40 m) por debajo y por encima del Páramo inferior, o más alejadas y casi aisladas, como se presentan sobre la serie detrítica de Aranda.

En la parte sudoccidental de la zona se han representado sectores con superficies estructurales degradadas, es decir, se supone que en su momento han podido existir dichas superficies, pero por efecto de la erosión sobre materiales relativamente deleznable (areniscas con o sin cemento carbonatado, alternando con capas de conglomerados y limos), no se conservan en toda su extensión, dando un aspecto suavemente alomado.

— Formas de laderas (7, 8)

Se han separado dentro de este tipo de formas exógenas los coluviones, originados por la acción conjunta de la gravedad, soliflucción y arroyada laminar en las laderas; cartográficamente se ha limitado su representación, pues gran parte de las vertientes de la Hoja se encuentran regularizadas, estando recubiertas de cantos y material fino que enmascara el sustrato terciario, de ahí que solo se encuentren representados algunos de ellos en el Mapa Geomorfológico.

Los coluviones están constituidos por elementos litológicos derivados del terciario, predominando los cantos angulosos y subangulosos silíceos, cuando se desarrollan a partir de los sedimentos de la Unidad Detrítica de Aranda. En otras ocasiones en general se tratan de acumulaciones limo-arenosas con cantos de distinta naturaleza de angulosos o subangulosos, poco coherentes, con cierta ordenación interna.

En la parte noroccidental se han representado depósitos aluvial-coluviales, considerados así, ya que en ellos se identifican conjuntamente características propias de los coluviones y de la acción de la dinámica fluvial.

Existen además puntualmente fenómenos gravitacionales asociados a las vertientes, consistentes en desprendimiento de bloques o caídas de bloques, aunque en el Mapa geomorfológico no se han representado, debido a su escasa extensión superficial; éstas suceden en los valles de laderas acusadas debido a la fuerte pendiente y diaclasado, que se produce en las mesas de las calizas del páramo inferior, en las cuales por zapamiento dan lugar a los desplomes de bloques carbonatados, como sucede en el valle del río Esgueva.

— Formas fluviales (9 a 22)

Dentro de las formas fluviales, destacan las terrazas del Duero y sus escarpes; también están presentes las terrazas secundarias de otros ríos de menor rango, junto con la llanura de inundación (con meandros abandonados), el lecho actual, el fondo de valle, abanicos aluviales, conos de deyección, cauce activo, barras de acreción lateral, erosión lateral del cauce, las cárcavas y la incisión lineal.

Las terrazas (junto con sus escarpes) representan los distintos momentos de estabilidad entre las sucesivas etapas de encajamiento del sistema fluvial. La llanura aluvial o llanura de inundación y el lecho actual representan los depósitos más recientes de los cursos fluviales mayores.

La numeración y ordenación de estas terrazas corresponde a la homologación que se ha hecho en el Mapa Geomorfológico para el sistema de terrazas del río principal, de acuerdo con sus cotas respecto a su cauce actual, considerando todas las terrazas del sistema, aunque no afloren en la Hoja.

	DUERO
T. MEDIA	+20m, +30m
T. BAJAS	+17 m, +15m
	+12 m, +10m
	+8 m, +6 m
	+3 m, +2 m

El río Duero, en su proceso de encajamiento, ha dejado en el tramo bajo una serie de niveles de terrazas escalonadas colgadas o solapadas preferentemente en la margen derecha. Para este río aparecen niveles de terrazas escalonadas (como se observa en los cortes geomorfológicos), situadas a +17 m, +12 m, +8 m. Desarrolla una llanura aluvial situada entre +2 m y +5 m sobre el lecho actual. La terraza media del río (T_a: +30-20m) tiene escaso desarrollo en la Hoja, ya que sólo aflora en la esquina sudoccidental de la misma.

Dentro de las terrazas bajas del Duero, la terraza T_b, se encuentra bien desarrollada en la margen derecha, con una cota de +17-15 m. La terraza T_c se encuentra entre los +12 m y los +10 m, desarrollándose en ambas márgenes, pero con más extensión en la margen izquierda. La terraza T_d con cotas +8 m y +6 m tiene escasa representación en este sector del Duero. La llanura de inundación se encuentra entre los +2-3 m, presentando poca extensión superficial a lo largo de toda la Hoja.

El río Arandilla por su parte, también presenta una serie de terrazas bajas preferentemente en su margen derecha. Al igual que el Duero, presenta buen desarrollo en las terrazas T_b (+19 m), T_c (+12 m), T_d (+8 m) y T_e (+4, +3 m).

Además, también existen terrazas de otras redes secundarias, como son las de los ríos Esgue-

va, Aranzuelo, Bañuelos y Gromejón, a las cuales se les ha asignado la letra (e) en función de la terraza del curso principal con la cual podrían enlazar (terrazas bajas del Duero).

Respecto al apartado de las terrazas y llanuras de inundación como formaciones superficiales, a continuación se expresaran los datos de que se disponen respecto a su litología, textura consolidación y ordenamiento.

Los depósitos de las terrazas de los diferentes sistemas fluviales tienen una litología bastante parecida. En general, se tratan de gravas, arenas y limos; diferenciándose en los porcentajes de cada uno de ellos, tipos de cantos predominantes, y estructuración interna más o menos acusada. Las terrazas presentan ordenamientos internos: estratificaciones cruzadas, imbricaciones de cantos, barras laterales discontinuas, a veces con moderada clasificación de cantos, y otras veces su aspecto es másivo, sin clasificación de cantos y sin gradaciones. En general el grado de cementación es bajo a medio en las terrazas más bajas y algo mayor en las terrazas medias. El grado de redondeamiento varía entre subanguloso a muy redondeado.

La llanura aluvial del Duero, se sitúa a unos 2-5 m por encima del lecho actual (canal de aguas altas); aparece bien delimitada por el escarpe existente en las riberas, conformado una amplia vega. La llanura aluvial y el lecho actual son los depósitos aluviales más recientes de los cursos mayores. Los depósitos de vega o de llanura de inundación presentan similares características que el cauce, pero con una heterometría menos marcada, dando muestras mal clasificadas en la cabecera y normalmente clasificadas en el resto del curso. En esta llanura de inundación como en las de otros, presentan un horizonte a techo de limos grises o pardos (y arcillas) que por su fertilidad constituyen las llamadas "vegas" de los ríos, de interés agrícola.

El lecho actual o canal de aguas altas "*bankfull*" del Duero aparece bien delimitado por sus márgenes, es decir, se encuentra totalmente encajado (en el ámbito de la Hoja), presentando un escarpe de 3 a 5 m. Prácticamente estas llanuras aluviales no son funcionales hoy en día, al menos en toda su extensión, ya que en las épocas de mayores escorrentías son los lechos actuales de cada río los que recogen la totalidad del caudal, desbordándose e inundándose solo en determinados puntos.

Sobre el lecho actual o "lecho aparente" discurre de forma encajada el cauce activo del Duero, yendo de una orilla a otra, dejando escasas barras tanto longitudinales como laterales, de gravas y arenas, con cicatrices de acreción poco marcadas y huellas de antiguas zonas de circulación de agua, cauces o meandros abandonados, a menudo conservados como zonas encharcadas.

Las formas denudativas son poco importantes en la Hoja. Entre ellas se encuentra la erosión lateral del cauce, que se produce en algunos puntos del curso del río Arandilla, formando un escarpe erosivo de más de 3 m sobre el cauce actual.

El fondo de valle son aquellos depósitos que ocupan y tapizan las partes bajas de los valles y barrancos de la red secundaria. Su génesis puede ser puramente fluvial y más frecuentemente mixta, con aportes generados en las vertientes (soliflucción). Los depósitos más representativos se encuentran en la red secundaria repartidos por la Hoja, pero básicamente destacan los de la parte septentrional de la misma. Son pequeños valles de fondo plano y barrancos de funcionamiento estacional formados por materiales de carácter aluvial o por la combinación de

éstos con los aportes de las laderas (aluvial-coluvial); destacando los arroyos de Sotillo de la Ribera, de Valdegumiel, de Gumiel del Mercado, de Valdecarrera, del Cristo de Reveche, de Valdequintanillas, de Langunavieja, de Laguna, de la Recorva, y al Sur los arroyos de Madre, de la Vega de Narejo, de Valdearados y de Pozuelo.

En general presentan una morfología de valles de fondo plano, con perfil en "U" heredados de otra época anterior con un clima más frío que el actual, donde la incisión lineal actual excava en estos depósitos previos de carácter aluvial-coluvial.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1918, 1947) describe una serie de afloramientos de depósitos de turba en el término municipal de Gumiel de Hizán en valles de fondo plano. Además, existe otro depósito de turba en la zona denominada Valdelolmo (al E de la ermita del Cristo de Reveche). Pero al no haber encontrado ningún afloramiento de los citados, ocultos por la vegetación actual, describimos estos depósitos con la referencia de este autor. En general, los depósitos de fondo de valle tienen un espesor menor a 2-3 m, y aunque dependiendo de las rocas terciarias que existen en sus cabeceras y a lo largo de su recorrido, su composición suele ser arcillas de tonos amarillo-anaranjado, limos grises y/o gravas carbonatadas, a veces tobas calizo-arcillosas.

Sobre las llanuras de inundación, las terrazas, el fondo de valle y en la desembocadura de cursos de orden menor aparecen otras formas de acumulación, como son los abanicos aluviales y los conos de deyección. Estas formas tienen un mismo origen, diferenciándose por la mayor dimensión de los primeros, su menor pendiente longitudinal y un perfil convexo más suave.

Otras formas denudativas son las cárcavas, formas que con diferente desarrollo están presentes en toda la Hoja, siendo las más destacadas las situadas en la vertiente norte de la misma, consecuencia de la incisión lineal por barrancos en aquellas laderas y/o escarpes de formas planas colgadas.

A la vez, la incisión lineal es patente en las vertientes de los arroyos de la red secundaria, que afecta a las plataformas de la caliza y a los sedimentos detríticos de la Hoja de Aranda. En estas laderas, a veces muy verticalizadas, se desarrolla un conjunto de regueros más o menos cortos, todos ellos convergen, conformando con el colector principal un drenaje dendrítico (Fig. 3).

—Formas poligénicas (23 a 26)

Dentro de este grupo se encuentran todas aquellas formas en cuya génesis ha intervenido más de un proceso. En el caso de la Hoja Aranda de Duero estas formas están representadas por los glaciares y por la Superficie de erosión fundamental situada, entre 1.000 m y 960 m de NE a NO.

En los glaciares intervienen procesos de arroyada difusa y otros relacionados con la evolución de las vertientes; en las superficies de erosión se dan procesos de disolución (karstificación) y de arroyada en manto, de manera reiterada.

El glacis se encuentra situado en la esquina sudeste del Mapa geomorfológico; se puede definir como glacis acumulativo y se presenta inclinado y colgado respecto a la red fluvial, situado sobre la llanura de inundación del río Arandilla.

La Superficie de erosión fundamental aparece aquí desarrollada sobre las calizas superiores de los páramos, en puntos aislados, como son el alto del Mortero (esquina NE), Montecillo, Alto

de San Lorenzo, alto la Tova, Terradillos y La Isilla (esquina NO). En general está bien conservada y prácticamente corresponde a una superficie estructural con retoques erosivos. Los estratos de calizas más altos se presentan karstificados, dando cavidades verticales irregulares, incluso a veces se observan bolsones, rellenos y recubiertos por "*terra rossa*" y detríticos como limos arcillosos rojos. Esta superficie, por los rasgos morfológicos y mineralógicos que presenta, se correlacionaría con la superficie superior de MOLINA y ARMENTEROS (1986), a la que atribuyen una edad pliocena (MOLINA, 1977; ORDÓÑEZ *et al.*, 1976; AGUIRRE *et al.*, 1976).

— Formas antrópicas (27, 28)

Las formas que se han diferenciado en este apartado pertenecen a los asentamientos y actividades humanas más destacadas: Canteras y núcleos urbanos. Las canteras se encuentran en las riberas o llanuras de inundación de los grandes ríos, donde se extraen materiales para áridos, que más tarde comentaremos en el apartado de Geología económica.

Como es normal, en la cartografía geomorfológica se han señalado todos los núcleos urbanos, destacándose la ciudad de Aranda de Duero.

— Formas kársticas

Aunque no se han separado en el Mapa geomorfológico por la escasa representación cartográfica que presentan las formas kársticas, sobre la superficie de algunos niveles de calizas se pueden identificar algunas formas de disolución como son pequeñas acanaladuras "*rillenkarren*" incipiente y pequeños conductos subverticales "*holenkarren*", más antiguos y actualmente expuestos, originados probablemente por la acción de raíces.

No se han observado depresiones irregulares de dimensiones destacadas, como auténticas dolinas s.s., sino más bien en algún punto podría considerarse que existen cubetas de disolución, puesto que se han originado por disolución de las delgadas calizas superficiales, deteniéndose el proceso cuando se alcanzan los limos arcillosos impermeables.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA (HISTORIA GEOMORFOLÓGICA)

Si se considera la ubicación de la Hoja y las características litológicas del sustrato, la evolución dinámica se caracteriza por una morfogénesis de disección fluvial.

La Cuenca del Duero constituye un dominio sedimentario bien individualizado durante todo el Neógeno. Hacia el final del ciclo tiene lugar, al menos en gran parte de la misma (sector centro-oriental), la generalización de un ambiente lacustre representado por las calizas superiores del páramo, claramente expansivas sobre la periferia, de tal modo que el sediplano calcáreo enrasa (y fosiliza) hacia los bordes con pedimentos más o menos extensos, pero siempre bien desarrollados, correspondientes a la denominada superficie de erosión finineógena (que ya venía elaborándose desde antes).

Esta disposición indicaría una gran estabilidad tectónica en los bordes, sin desnivelaciones generadoras de relieve y constituiría la última y clara manifestación del endorreísmo de la cuenca. Con posterioridad al desarrollo de esos ambientes lacustres carbonatados, tiene lugar la desecación de los mismos y la exposición subaérea de los depósitos (calizas) bajo

un clima húmedo que favoreció el desarrollo de procesos de alteración y de karstificación notables.

A partir de ese instante, y de ese paisaje de pedillanura finineógena, definida por la presencia de una superficie de erosión que arrasa un sediplano calcáreo y de una suave llanura de piedemonte que enlaza con ella, podemos considerar que cambian las condiciones geodinámicas, dominando otros procesos distintos que van modificando ese paisaje.

Esta evolución se iniciaría a partir de un paisaje finineógeno dominado por la sedimentación, en un contexto de abanicos aluviales húmedos de alta eficacia de transporte (no visibles en la Hoja de Aranda de Duero). Estos abanicos aluviales fosilizan la superficie de karstificación elaborada sobre el sediplano de las calizas superiores en aquellas áreas donde tiene lugar el "offlap" aluvial, manteniéndose sobre el resto de la superficie, las condiciones de exposición subaérea y por tanto de disolución y karstificación. Sobre los abanicos rojos, y ligeramente encajados en ellos, se depositan los abanicos cuarcíticos conocidos como "rañas", progradando hacia el interior de la cuenca.

Simultáneamente a la implantación de las condiciones húmedas y lluviosas que originan este conjunto de abanicos aluviales periféricos, debió, tener lugar la captura de la cuenca por retroceso de la red atlántica (MARTÍN-SERRANO, 1988a y b), favorecida sin duda por un aumento de los caudales, y por tanto de una mayor capacidad de erosión y transporte de la misma. Es decir, posteriormente al depósito finineógeno, se produce la disección y jerarquización de la red fluvial, ya que la disposición de los principales cursos de agua es prácticamente la misma que la de los abanicos que existieron durante el Neógeno, para dar lugar a la red de sistemas fluviales que se observan hoy en día.

El inicio del proceso de disección o del encajamiento fluvial, que habitualmente se ha considerado el tránsito Neógeno-Cuaternario (AGUIRRE, 1989), de acuerdo con MARTÍN-SERRANO (1991), es consecuencia, como ya hemos comentado, de la captura de la Cuenca del Duero por la red fluvial que progresa desde el Atlántico, con diferente grado de disección de los diversos sectores de la cuenca. Necesariamente se trata de un proceso progresivo a nivel cuencial, dejando de ser un límite cronológico preciso, sino más bien heterócrono.

Con el inicio de la gliptogénesis fluvial, queda concluido el ciclo endorreico de la Cuenca del Duero y comienza su erosión y vaciado hacia el Atlántico. Simultáneamente o con posterioridad a las rañas (observables al sur de la Hoja) de este sector de la cuenca, tiene lugar el inicio del encajamiento del paleo-Duero ya como curso exorreico. A lo largo de este proceso (que abarcaría todo el Pleistoceno) se va definiendo la red fluvial, a la vez que se produce el desmantelamiento de los materiales terciarios y el modelado de las diferentes formas.

Así se define un relieve de tipo estructural en base a las características litológicas de la serie neógena y de la disposición (estructura) de la misma, exhumándose numerosos niveles competentes que constituyen replanos, conformando una serie de plataformas horizontales o inclinadas, aisladas y/o escalonadas (páramos) a partir del techo del piedemonte.

En determinados momentos de la gliptogénesis fluvial se desarrollan, principalmente en los cauces de los grandes ríos, niveles de acreción lateral que constituyen las terrazas fluviales, que posteriormente abandona mediante sucesivos encajamientos del cauce, quedando dispuestas

escalonada y subparalelamente a los cursos fluviales. Ligeramente retardada en el tiempo, se originaría y encajaría la red secundaria constituida por arroyos y barrancos.

En el Holoceno la morfogénesis fluvial continúa, reflejándose en los depósitos más recientes de los ríos, y que junto con otros procesos morfodinámicos que tienen lugar en las vertientes, tienden también a rebajar los interfluvios.

4.5. LA MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

En la Hoja de Aranda de Duero la estabilidad tectónica, la naturaleza de los materiales que aparecen en ella y por último el clima imperante en la misma, son los factores principales de la práctica inexistencia de procesos geológicos recientes, tanto denudativos como sedimentarios de importancia.

De cara a un futuro próximo, no se prevén cambios sustanciales en los procesos actuales ni desequilibrios morfológicos.

La incisión en barrancos, algunas cárcavas y los procesos de ladera tienden a rebajar los interfluvios con el fin de conseguir un mayor equilibrio y homogeneización del relieve. En los niveles de materiales más competentes (cementados), que forman cornisas y resaltes en estas vertientes escarpadas propias de este tipo de relieve (al N de la Hoja), son frecuentes la caída de bloques, debido a la inestabilidad de estas formas por zapamiento de su base o por deslome a favor de diaclasas.

La erosión lateral del Duero y del Arandilla existe actualmente, a nivel local, por migración lateral del cauce en las zonas de meandro, produciendo socavamiento en los márgenes cóncavos. Los procesos fluviales de sedimentación actual se pueden reconocer en el fondo de valle con formación de pequeños conos de deyección, los cuales pueden ser activos estacionalmente, y en zonas activas de los cauces mayores, con formación de barras.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica de la Hoja de Aranda de Duero se corresponde estrechamente o está relacionada con la evolución tectosedimentaria del borde oriental de la Cuenca del Duero-Cuenca de Almazán y la Cordillera Ibérica; así como con la de su borde suroriental, el Sistema Central.

En la Hoja no existe registro sedimentario ni del Mesozoico ni del Paleógeno, pero sí del Neógeno de la Cuenca del Duero. A partir de los datos obtenidos de los materiales neógenos y siempre correlacionándolos con otros de carácter regional y zonas próximas, se intenta reconstruir y entender la evolución geológica alpina de la Hoja y su entorno.

Durante el Mesozoico se instaura una etapa distensiva, ligada a la apertura del Golfo de Vizcaya, en la que se alternan periodos de extensión mecánica o "*rifting*" (durante el Triásico y el Cretácico inferior) con otros de subsidencia térmica (en el Jurásico y Cretácico superior). En los periodos de extensión cortical se depositan materiales en ambientes continentales y de transición, mientras que en los dos periodos de subsidencia térmica predominan los

ambientes marinos de plataformas someras, en las que se desarrolla una sedimentación carbonatada.

A finales del Cretácico y sobre todo a partir del Maestrichtiense comienza a instalarse en la región un régimen diferente al marino de plataforma. El contexto geodinámico de este cambio se relaciona con el comienzo de las fases alpinas compresivas y el final de la apertura del Golfo de Vizcaya. El paso de condiciones marinas a continentales se pone de manifiesto mediante la instalación de ambientes litorales salobres restringidos, que evolucionan a depósitos continentales.

A comienzos del Paleógeno la definición de áreas emergidas (relieves) queda establecida, creándose subcuencas en un ambiente continental, que va a caracterizar a toda la zona a lo largo del Terciario. De este modo se van perfilando como tales los relieves de la Demanda (C. Ibérica) y el Sistema Central.

En el Eoceno superior se inicia, en sectores más septentrionales, la etapa compresiva conocida como orogénesis alpina, ligada a la convergencia de las placas europea e ibérica. Así, durante el Eoceno-Oligoceno la cuenca sedimentaria mesozoica de Cameros es deformada e invertida compresivamente, dando lugar como relieve estructurado a la Cordillera Ibérica, con la Cuenca del Duero como cuenca de antepaís por delante del frente orogénico.

Esta estructuración queda reflejada a lo largo del borde NE mediante la deformación de los sedimentos continentales paleógenos. Dicha estructuración está fosilizada por los conglomerados miocenos subhorizontales, en cuya base se desarrolla una discordancia angular con solapamiento expansivo sobre sedimentos paleógenos y mesozoicos deformados. A partir de este momento (Mioceno inferior-medio) tiene lugar una sedimentación en ambientes aluviales-fluviales y palustre-lacustres.

Las facies fluviales corresponderían a sistemas de baja sinuosidad, con amplias llanuras lútficas expuestas, que facilitan el desarrollo de calcimorfos; con paleocorrientes dirigiéndose al OSO, hacia zonas más internas de la Cuenca del Duero. Este conjunto de materiales aparece involucrado en la deformación del pliegue de Langa (Hoja de San Esteban de Gormaz, 376, al sudeste de la que tratamos). Según NOZAL (1998, *in litt.*) el crecimiento del mismo es sincrónico con la sedimentación, observándose discordancias sintectónicas en los flancos del mismo, condicionando de esa forma los aportes y los medios sedimentarios. Esto significa la entrada de un sistema fluvial arenoso, con paleocorrientes hacia el N-NE en el flanco norte del anticlinal (al sudeste de la Hoja de Aranda), que se indenta con una red fluvial trenzada con corrientes episódicas y efímeras procedentes del E (RAMOS MARTÍN y ALONSO GAVILÁN, *op. cit.*) y que dio lugar a la "serie detrítica de Aranda"

Esta serie detrítica se interdigita con episodios palustres y lacustres que culminan con un predominio de términos carbonatados que dan lugar a las "calizas inferiores del páramo" (Aragoniense Superior). Estas calizas presentan un marcado carácter expansivo sobre el pliegue de Langa, fosilizándolo en parte, marcando una etapa de cierta estabilidad tectónica. Así, la distribución de los ambientes lacustres está condicionada por el umbral de Langa, de tal modo que se configuran dos surcos lacustres al norte y sur de este (Hojas de Peñaranda y Ayllón), siendo este último el más importante.

Según algunos autores (GARCÍA del CURA, op cit.; ALONSO GAVILÁN *et al.*, 1983; MEDIAVILLA y DABRIÓ, 1988; ARMENTEROS, 1991), sobre la superficie de esta unidad calcárea se aprecian disoluciones kársticas que marcarían una discordancia a nivel cuencial. Por nuestra parte, y en este ámbito de estudio sólo hemos observado brechificaciones y otros rasgos de exposición subaérea similares en todo a los que aparecen sobre otros niveles carbonatados, por lo que se considera una simple paraconformidad, marcada sobre todo por el brusco cambio litológico.

A partir de los rasgos sedimentarios y de los restos de fauna asociados, se deduce un clima semiárido, o más bien con estacionalidad marcada, en un ambiente parecido al de la "savana" africana actual.

Sobre las "calizas inferiores del páramo" se inicia un nuevo ciclo sedimentario que comienza por la instalación de una nueva red fluvial de baja sinuosidad que discurriría en sentido ESE-ONO. Al sur de la Hoja se instalan orlas de abanicos aluviales de clastos carbonatados con escasa capacidad de transporte, mientras que en el NE se disponen depósitos de gravas y arenas cuarcíticas procedentes de un gran abanico aluvial enraizado en el borde septentrional (al NE Cordillera Ibérica) y que va a funcionar durante el resto del Mioceno, impidiendo o desplazando los ambientes lacustres hacia el S y O.

En algunos sectores, los ambientes fluviales intercalan episodios palustres-lacustres, para culminar con carácter expansivo con la sedimentación de las "calizas superiores del páramo". Correspondientes a lagos someros carbonatados con mayor o menor desarrollo de facies palustres. La estabilidad tectónica a nivel general es patente, manifestándose en el carácter expansivo de las mismas sobre las orlas aluviales marginales e incluso sobre relieves cretácicos. La edad de la serie "intercalizas" de los páramos es aragoniense superior-vallesiense inferior, sin que existan dataciones directas, en este entorno, de las calizas superiores. Depósitos similares en el centro de la Cuenca del Duero han proporcionado edades comprendidas entre el Vallesiense inferior y el Turolense inferior (MEDIÁVILLA *et al.*, 1995).

Posteriormente, en el Mioceno superior-Plioceno tiene lugar la desecación de los ambientes lacustres-palustres y el desarrollo de apreciables procesos de karstificación, asociados a una superficie de erosión de ámbito regional que originaría un potente manto de alteración roja en la periferia de la cuenca.

Un cambio climático a condiciones más lluviosas causa la destrucción de estos suelos rojos y el transporte de los mismos mediante corrientes fangosas "mud-flows", dando lugar a los depósitos limo-arcillosos rojos que rellenan y fosilizan las calizas karstificadas en la etapa anterior.

En el Mioceno superior-Plioceno tiene lugar el depósito de lo que distintos autores han englobado bajo el término de "rañas", de discutible edad (MARTÍN-SERRANO, 1988a y b). Estos depósitos, con cierto carácter progredante, representarían las últimas acumulaciones con expresión morfológica conservada.

Con el comienzo de la gliptogénesis fluvial, queda concluida la etapa endorreica de la cuenca, y comienza su exorreísmo hacia el Atlántico. Este proceso se verifica al progresar la red

fluvial desde el Atlántico sobre el zócalo hercínico, llegando a alcanzar las cuencas endorreicas de la Meseta Castellana (MARTÍN-SERRANO, 1988a, b, 1991). Indicando, de acuerdo con este autor, un cierto desfase de la erosión y vaciado de la cuenca, lo que determina el heterocronismo de las rañas y de las terrazas altas de los grandes ríos del oeste hacia el este.

Tradicionalmente, el inicio del encajamiento fluvial se atribuye al tránsito neógeno-cuaternario (AGUIRRE, 1989), aunque, como ya se ha mencionado, debe de tratarse de un proceso progresivo a nivel cuencal y por tanto heterócrono. De todo ello, se deduce lo problemáticas que resultan en la actualidad las dataciones de los últimos episodios neógenos y las correspondientes al nuevo ciclo fluvial cuaternario, convencionalmente fijado en el Pleistoceno inferior.

Durante el Pleistoceno se fue definiendo la red fluvial actual, que además de dismantelar los depósitos mesozoicos y terciarios, construye y abandona mediante sucesivos encajamientos del cauce extensas plataformas correspondientes a las terrazas.

En esta Hoja no se ha detectado ningún accidente tectónico cuaternario de interés.

En el Holoceno la morfogénesis fluvial continúa, reflejándose en los depósitos más recientes de la red fluvial, y que junto con otros procesos morfodinámicos tienden también a rebajar los interfluvios.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. RECURSOS MINERALES. ROCAS INDUSTRIALES

En la Hoja de Aranda de Duero existe un total de 31 indicios mineros de diferente índole, tanto en función de la intensidad extractiva desarrollada como del tamaño de las mismas. No obstante, sólo las gravas y las arenas han sufrido procesos extractivos de una cierta importancia, empleándose dichos materiales como áridos naturales de interés comarcal y regional.

Igualmente, aunque de una forma mucho más reducida, se ha aprovechado otro tipo de sustancias diversas: margas y calizas margosas, calizas, areniscas, etc.

En el ámbito de la Hoja existen actualmente cinco explotaciones en funcionamiento (dos de ellas con carácter intermitente), las cuales aprovechan las gravas y las arenas del Pleistoceno y los niveles de cantos del Mioceno para, tras un lavado y una clasificación, comercializarlos como áridos naturales o refuerzo de hormigones.

Estas litologías son las más representadas en el área, pues suponen la totalidad de las explotaciones activas (3) y de las intermitentes (3) y el 57% de las abandonadas (21). Se trata de explotaciones de un tamaño medio a grande, dotadas de plantas de lavado y clasificación en la misma explotación o en las proximidades de la misma.

La ubicación de estas explotaciones activas se halla en los municipios de Aranda de Duero (2), Castrillo de la Vega, Gumiel del Mercado y Villalba del Duero mientras que las que han abandonado la explotación, bien por agotamiento del producto o bien por la mala calidad del afloramiento o por haber sufrido transformaciones de tipo antrópico, se extienden sobre los diferentes niveles miocenos a lo largo y ancho de la Hoja Aranda de Duero, Gumiel

de Hizán, La Aguilera, Quemada, Quintana del Pidio, Sotillo de la Ribera y Villalba del Duero; representando, en conjunto, una actividad pequeña y de incidencia únicamente local en la mayoría de los casos.

Aparte de las referencias a explotaciones de gravas y arenas, existe constancia del aprovechamiento de calizas, calizas margosas y margas, del Aragoniense superior-Vallesiense inferior, para su empleo como áridos de machaqueo (3) y como roca de construcción (2), en función de las características del material.

La mayoría de las explotaciones abandonadas, dado su pequeño tamaño, están siendo reabsorbidas por el paisaje de una manera natural sin demasiados problemas existen algunas que han sufrido un proceso de restauración (reforestación mediante chopos y pinos) y, finalmente, otras que han sufrido procesos antrópicos diversos.

Un resumen de lo expuesto anteriormente queda reflejado en la Tabla 1.

6.2. HIDROGEOLOGÍA

6.2.1. Hidrología superficial

La superficie de esta Hoja se encuentra dentro del sector oriental del tramo medio de la Cuenca Hidrográfica del Duero y corresponde en más del 80% a la Zona I (subcuenca D-3) y el resto a las subcuencas 231 y 232 de la Zona II, por las que discurre el río Esgueva, según MOPU-DGOH (1988).

Los cursos fluviales más importantes de la Hoja son, de N a S, el Esgueva, Gromejón, Bañuelos y Arandilla-Aranzuelo. Todos ellos discurren, con cauces generalmente rectilíneos, en sentido E-O, hasta desembocar en el Duero, el cual circula junto al borde S de la misma (cuadrante SO), describiendo amplios meandros. A todos los ríos citados van a parar multitud de arroyos tributarios originando subcuencas de tipo ortogonal o dendrítico, según se trate del curso medio-bajo o de la cabecera. Hay que destacar el carácter marcadamente asimétrico de las subcuencas del Gromejón y el Bañuelos. Estos ríos reciben a sus principales afluentes por la derecha, los cuales drenan los acuíferos de los Páramos calcáreos de la mitad N de la hoja, que regulan de manera natural los recursos generados a partir de la infiltración originando numerosos manantiales.

Las aguas del río Duero se encuentran reguladas en su cabecera por el embalse de La Cueda del Pozo (Soria), lo que garantiza una disponibilidad de recursos hídricos superficiales durante los períodos de mayores demandas. Los datos foronómicos consultados (MOPU-DGOH, *op. cit.*, y MOPTMA, 1994) hablan de unas aportaciones medias para el Duero de 18,4 m³/s a la entrada de Aranda (estación E-13) y de 1,1 m³/s para el Esgueva, en la localidad de Cabañas de Esgueva (estación E-49).

En toda la Ribera del Duero existe una fuerte demanda hídrica para la agricultura de regadío, siendo los mayores consumidores de agua. Dichas necesidades se cubren en más del 90% mediante aguas superficiales procedentes de los embalses de regulación y distribuidas por las terrazas bajas del Duero mediante un sistema de canales que parten de los

Tabla 1. Indicios mineros d

Punto	UTM (X)	UTM (Y)	Denominación	Municipio	Provincia
1	430425	4631025	-	Terradillos de Esgueva	Burgos
2	437750	4613400	-	Villalba del Duero	Burgos
4	437400	4624400	-	Quintana del Pidío	Burgos
5	436750	4619800	-	La Aguilera	Burgos
6	452200	4615900	-	Quemada	Burgos
7	435800	4613850	La Cascajera ⁴	Castrillo de la Vega	Burgos
8	439900	4614425	Los Monjes ⁴	Aranda de Duero	Burgos
9	431800	4625100	-	Sotillo de la Ribera	Burgos
10	432300	4624500	-	Sotillo de la Ribera	Burgos
11	442375	4620550	-	Gumiel de Hizán	Burgos
13	431475	4630800	-	Sotillo de la Ribera	Burgos
14	442100	4624250	-	Gumiel de Hizán	Burgos
15	437950	4624800	-	Quintana del Pidío	Burgos
17	439150	4616300	-	Villalba del Duero	Burgos
18	435800	4620700	-	La Aguilera	Burgos
19	441200	4614875	-	Aranda de Duero	Burgos
20	439550	4616000	-	Aranda de Duero	Burgos
21	439550	4626950	-	Gumiel de Hizán	Burgos
22	448650	4629000	-	Villalba de Gumiel	Burgos
23	451450	4628350	-	Tubilla del Lago	Burgos
24	455650	4627000	-	Baños de Valdearados	Burgos
26	441325	4615325	Portillejo	Aranda de Duero	Burgos
27	439950	4613550	-	Aranda de Duero	Burgos
28	436750	4614925	-	Villalba del Duero	Burgos
29	433000	4614100	La Ventosilla	Gumiel del Mercado	Burgos
30	436500	4613700	-	Villalba del Duero	Burgos
32	434200	4631150	-	Cabañas de Esgueva	Burgos
33	432050	4630600	-	Sotillo de la Ribera	Burgos
34	455350	4627200	-	Baños de Valdearados	Burgos
35	442600	4621000	-	Gumiel de Hizán	Burgos
36	452425	4615375	-	Quemada	Burgos

¹ Numeración empleada en la Cartografía MAGNA de la Hoja nº 346. ² EA= Explotación activa, EI= Explotación intermitente;

Hoja Nº 346 (Aranda De Duero)

Sustancia	Edad	Ud. geológica ¹	Aplicación	Tipo de explotación ²	Tamaño ³
Arena y limos	Aragoniense	1		EB	P
Grava y arena	Pleistoceno	10	Áridos naturales	EB	P
Grava y arena	Aragoniense	2		IN	
Grava	Aragoniense	1	Áridos naturales	EB	P
Grava	Pleistoceno	10		IN	
Grava y arena	Pleistoceno	10	Áridos naturales	EA	M
Grava y arena	Pleistoceno	10	Áridos naturales	EA	G
Grava	Aragoniense	1	Áridos naturales	EB	P
Grava	Aragoniense	1	Áridos naturales	EB	P
Marga y arena	Vallesiense inferior	6	Áridos naturales	EB	P
Arena	Aragoniense	2	Áridos naturales	EB	P
Arena	Aragoniense	2	Áridos naturales	EB	P
Grava y arena	Aragoniense	2		IN	
Arena	Aragoniense	2	Áridos naturales	EB	P
Arena y limos	Aragoniense	1	Áridos naturales	EB	P
Grava y arena	Aragoniense	2	Áridos naturales	EB	P
Arena y limos	Aragoniense	2		EB	P
Caliza	Aragoniense superior	4	Áridos de machaqueo	EB	P
Caliza	Aragoniense superior	4	Roca de construcción	EB	P
Caliza margosa	Aragoniense superior	4	Áridos de machaqueo	EB	P
Caliza	Aragoniense superior	4		EB	P
Grava y arena	Aragoniense	2	Áridos naturales	EI	P
Grava y arena	Pleistoceno	10	Áridos naturales	EB	P
Grava	Aragoniense	2	Áridos naturales	EI	P
Grava y arena	Pleistoceno	10	Áridos naturales	EA	M
Grava y arena	Pleistoceno	10	Áridos naturales	EB	P
Arenisca y limos	Aragoniense	2		EB	P
Grava y arena	Aragoniense	2		IN	
Caliza margosa	Aragoniense superior	4	Roca de construcción	EB	P
Marga	Vallesiense inferior	6	Áridos de machaqueo	EB	P
Grava	Aragoniense	1		IN	

EB= Exploración abandonada; IN= Indicio ³ G= Grande; M= Mediano; P= Pequeño ⁴ Existe planta de lavado y clasificación

dos principales, que son los de Guma y Aranda, para las márgenes izquierda y derecha, respectivamente. Este sistema de riego se ha aplicado también a las vegas bajas de los ríos Gromejón, Bañuelos, Aranzuelo y Arandilla.

Asimismo, la comarca de Aranda de Duero presenta un importante desarrollo industrial, concentrando la mayor densidad poblacional de la mitad sur de la provincia (236,6 hab/km²). En este caso, las demandas hídricas generadas se satisfacen mediante aguas subterráneas procedentes de pozos o sondeos (ITGE, 1998a).

La calidad de las aguas en los cursos superficiales de la Hoja se considera "excelente" en los cursos altos de todos los ríos citados, deteriorándose progresivamente a medida que atraviesan los núcleos urbanos. Las aguas del Duero presentan buena calidad hasta llegar a Aranda, donde los vertidos contaminantes de origen urbano e industriales las convierten en "intermedias", de acuerdo con los valores del Índice de Calidad General (MOPTMA, *op. cit.*).

6.2.2. Características hidrogeológicas

Los acuíferos localizados en la Hoja de Aranda de Duero están comprendidos dentro de dos de las unidades hidrogeológicas establecidas para la Cuenca del Duero (DGOH-ITGE, 1988): la U.H. 02.09 Burgos-Aranda y la U.H. 02.12 Aluviales del Duero y Afluentes. Éstas, a su vez, se incluyen dentro del antiguo sistema acuífero n.º 8 o terciario detrítico central del Duero, según IGME (1980).

—Unidad Hidrogeológica 02.09 Burgos-Aranda

Tiene una superficie de total de 6.262 km², de los cuales unos 472 km² corresponden a esta Hoja. Comprende los acuíferos constituidos por las series detríticas y carbonatadas (páramos) del Mioceno medio-superior, de la denominada Región hidrogeológica Este o de la Ibérica (IGME, 1980), facies que en conjunto pueden alcanzar más de 300 m de potencia en la zona, según se desprende de las columnas de los sondeos. Dentro de esta U.H. se pueden distinguir tres acuíferos principales (Fig. 4) que, en orden de interés hidrogeológico decreciente, presentan las siguientes características:

—*Acuífero terciario detrítico*: Está constituido principalmente por conglomerados, arenas, areniscas, limos y arcillas correspondientes a la denominada "serie detrítica de Aranda", de edad Mioceno medio-superior. Estos materiales se caracterizan por sus frecuentes cambios laterales de facies, de granulometría gruesa (conglomerados y arenas) y fina (lutitas y limos). En términos generales, la Serie detrítica de Aranda constituye un acuífero detrítico, con porosidad intergranular, de tipo multicapa, heterogéneo y anisótropo, y que se comporta como confinado o semiconfinado, según las zonas.

Los sondeos que lo explotan tienen un rendimiento hidráulico relacionado directamente con la cantidad de paquetes de arenas y conglomerados que atraviesan. Sin olvidar otros aspectos, como pueden ser el método de perforación empleado, siendo recomendable el de rotación con circulación inversa de lodos; la granulometría de la grava del macizo filtrante; el tipo filtro y su superficie de paso, y el tiempo dedicado a la limpieza y desarrollo del sondeo. Muchos de los sondeos ubicados en los alrededores de Aranda son surgentes o tienen su nivel estático

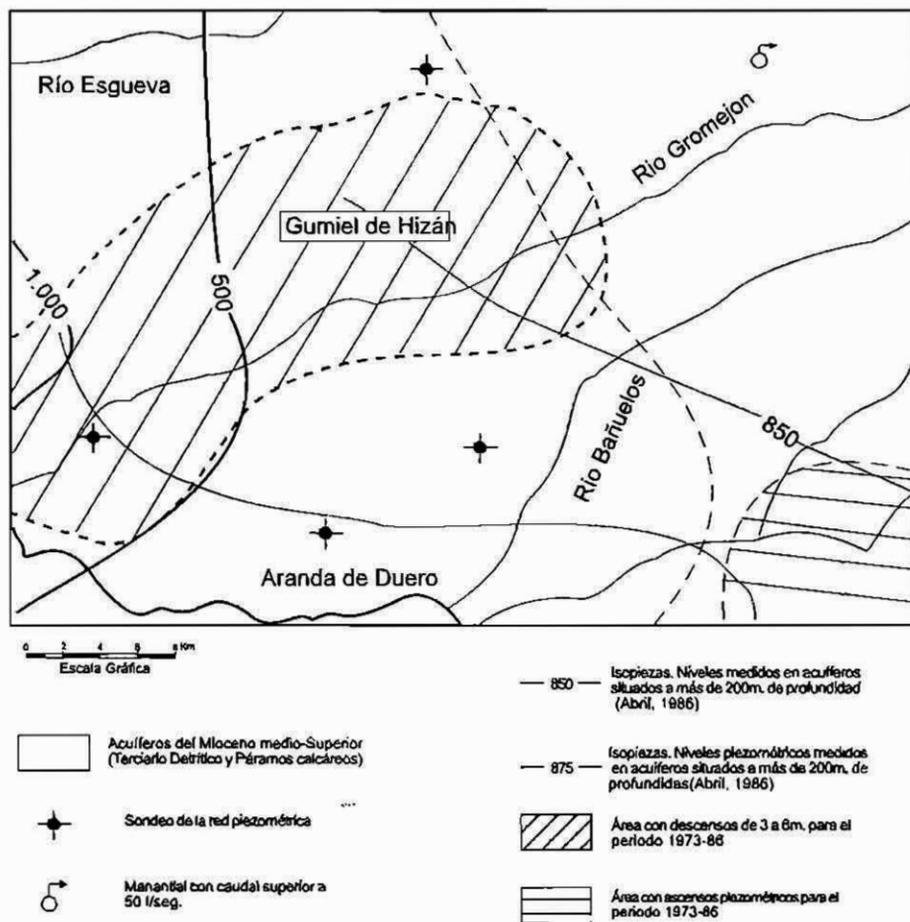


Figura 4. Esquema hidrogeológico general. Zonas con variaciones piezométricas para el período abril 1973-abril 1986 (IGME, 1991).

muy próximo a la superficie. Los caudales que aportan en este régimen no suelen superar 2 l/s, por lo que para mejorar su rendimiento se recurre al bombeo.

La existencia de un área surgente entre Aranda y Roa (Hoja 345) se atribuye a la existencia de recargas laterales profundas procedentes de los acuíferos calcáreos de la Ibérica (IGME, 1980 e ITGE, 1992), unido al carácter confinante del paquete limo-arcillosos situado a techo de los primeros niveles acuíferos importantes, localizados a partir de los 60-70 m de profundidad.

Los bancos de areniscas de la Serie detritica de Aranda presentan unas potencias de 3 a 6 m, mientras que las arenas aparecen en cuerpos de hasta 10 m de espesor y su desarrollo lateral no alcanza 1 km. Estas facies, que soportan una importante explotación hidrogeológica, afloran aproximadamente en los dos tercios meridionales de la Hoja, donde mediante sondeos de unos 200 m de profundidad, es muy posible extraer caudales superiores a los 25 l/s (IGME, 1984, e ITGE, 1998b), como se deduce de la Tabla 2.

TABLA 2

Intervalos de profundidad	N.º en el inventario del ITGE	Profundidad del sondeo (m)	Uso del Agua	Caudal (l/s)
De 0 a 50 m	19144002	33	Agricultura	<0,1
	19144004	20	Agricultura	1
	19145005	48	Abastecimiento	0,25 (*)
	19147008	17	Abastecimiento	0,6
De 50 a 100m	19145002	84	Ganadera	0,2
	19146006	85	Ganadera	0,6
	19146015	80	Industria	0,25 (*)
	19146016	100	Agricultura	10
	19147002	65	Agricultura	3
	19148003	51	Agricultura	7
De 100 a 200m	19145001	102	Industrial (**)	1,7 (**)
	19146014	160	Abastecimiento	3
	19146017	113	Agricultura	7
	19147003	160	Abastecimiento	35
	19147012	160	Agricultura	5,5
Más de 200 m	19147004	207	Agricultura	23
	19148001	315	Ninguno	53
	19148002	300	>	1 (*)

(*) Caudal surgente. (**) Aguas minero-medicinales

Las aguas subterráneas de este acuífero se emplean para el abastecimiento urbano, por su buena calidad, o bien para ciertos usos industriales o agropecuarios (regadíos eventuales o explotaciones ganaderas).

—*Acuífero de los páramos*. Es el que forman los bancos de calizas, calizas margosas y margas que constituyen los Páramos inferior, intermedio y superior, cuya porosidad se debe a fisuración y karstificación. Estos niveles se hallan separados entre sí por arcillas, limos y limos carbonatados de baja permeabilidad (acutardo), que se asimilarían a las denominadas “facies cuesta”.

Debido a la gran variedad de materiales sedimentarios descritos, el acuífero que se origina en esta área (tercio norte de la Hoja) es de tipo multicapa, en el que cada tramo presenta unas características hidrodinámicas diferenciales. Así, el nivel permeable más alto desde la superficie lo constituyen las calizas del páramo superior que dan lugar a un acuífero libre colgado, cuya recarga se realiza mediante la infiltración directa de aguas pluviales. Dentro de la Hoja se localiza en los altos de Terradillos, en su límite occidental, y en los altos del Mortero y Montecillo, en la esquina nororiental.

Los materiales intercalados entre la caliza “superior” y la “inferior” son arcillas y limos fundamentalmente, de baja permeabilidad, por lo que actúan como un acutardo que recarga por goteo los niveles infrayacentes. Su explotación es prácticamente nula y su interés hidrogeológico se reduce a las zonas donde presentan niveles calcáreos intercalados (Páramo “intermedio”).

La base de la serie está formada por un nuevo tramo carbonatado, las calizas del Páramo inferior, que aflora en la mitad septentrional del área. Forman un acuífero que puede funcionar como libre o semiconfinado, que se recarga por infiltración de agua de lluvia (a partir de la cota 900 m) o bien por goteo, cuando están cubiertas por las facies detríticas intermedias. La descarga del acuífero se efectúa a través de numerosos manantiales que surgen en el contacto con la unidad limoso-arcillosa inferior (la Serie detrítica de Aranda), y alimentan a los arroyos tributarios de los ríos Esgueva, Gromejón y Bañuelos. Sus caudales suelen ser escasos (menos de 0,1 l/s), salvo en el caso del inventariado con el n.º 19144001, cuyo caudal es de 70 l/s.

La explotación hidrogeológica en el tercio septentrional de la Hoja es muy baja, en consonancia con la demanda y debido a la disponibilidad de recursos hídricos superficiales, que se toman directamente de los cursos fluviales para abastecimiento urbano y regadío. Los únicos sondeos inventariados en este sector son los siguientes: Tabla 3

TABLA 3

N.º en el inventario del ITGE	Término municipal	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	Uso del agua	Observaciones
19142001	Oquillas	87	8,5	Agricultura	Nivel estático: -12,3 m.
19143001	Villalbilla de Gurniel	80	16	Abastecimiento y ganadería	Conductividad: 474 m ³ /cm

Los métodos de perforación más adecuados para la ejecución de sondeos en estos materiales son los de percusión y rotopercusión, pudiendo obtenerse caudales de más de 10 l/s sin superar

los 100 m de profundidad. Conviene situar los filtros a la altura de los niveles calcáreos atravesados, puesto que si se intenta explotar las facies "cuesta" el agotamiento de sus reservas será muy rápido, ya que la extracción de agua no podrá compensarse mediante la recarga por goteo.

— *Acuíferos aluviales*. Están asociados a los depósitos detríticos recientes de los principales ríos y arroyos que atraviesan la unidad, con excepción del Duero, cuya llanura de inundación y terrazas constituyen la U.H. 02.12. Litológicamente, se encuentran formados por gravas, arenas y limos, y su espesor generalmente no supera los 10 m. Originan acuíferos libres con porosidad intergranular, que se explotan mediante pozos de gran diámetro, con profundidades de 3 a 10 m y que aportan caudales que oscilan entre 1 y 15 l/s, dependiendo del espesor saturado y de la interconexión río-acuífero. Su recarga procede principalmente de las numerosas descargas locales del acuífero de los páramos y, en menor medida, de las salidas del Terciario detrítico y por la infiltración directa del agua de lluvia.

La U.H. Burgos-Aranda 02.09 es una de las más extensas de la Cuenca del Duero, por lo que cualquier dato sobre su balance hídrico, referido únicamente a la Hoja de Aranda, puede resultar poco representativo.

Según lo expuesto en DGOH-ITGE (1988) y en ITGE (1998a y b), hay que considerar una recarga anual por infiltración del agua procedente de precipitaciones de 130 hm³, de los cuales unos 10 hm³ corresponden exclusivamente a esta Hoja, y unas entradas subterráneas procedentes del Mesozoico de la Ibérica (U.H. 02.10) de 106 hm³/año.

Aparte de estos recursos renovables, esta unidad cuenta con unas reservas importantes, aunque no cuantificadas. En cuanto a sus salidas, se han estimado en 220 hm³/año a través de manantiales y cursos de agua superficiales unas extracciones por bombeos de 10 hm³/año y una descarga profunda de 6 hm³/año hacia la U.H. Región Central (02.08).

El funcionamiento hidrogeológico de la unidad considera un flujo tridimensional complejo, con una componente general en sentido E-O. El área de recarga del acuífero profundo se sitúa junto a la Cordillera Ibérica y sus zonas de descarga se localizan en las inmediaciones del río Duero. En este sector se detectan los flujos ascendentes que dan lugar a sondeos surgentes en el corredor Aranda-Roa, sobre todo en el caso de los que cortan los niveles más profundos del acuífero "Terciario detrítico".

La explotación de aguas subterráneas puede considerarse moderada en esta parte de la Ribera del Duero, con un área de gran concentración de sondeos en la Comarca de Aranda y, aunque hasta el momento no se han detectado problemas de sobreexplotación, es posible acotar, dentro de la Hoja, dos sectores con descensos acumulados de niveles piezométricos para el período abril 1973 a abril 1986 (ITGE, 1991), cuya evolución futura deberá ser controlada (Fig. 4). A escala de toda la U.H. 02.09, se aprecia una tendencia general descendente de los niveles piezométricos en relación con las precipitaciones, para el período 1980-1996, de acuerdo con ITGE (1998a).

Los datos de calidad referentes a las aguas subterráneas de esta unidad permiten clasificarlas dentro del tipo bicarbonatado cálcico-magnésico, con excepción de las relacionadas con facies yesíferas (hacia el O de la Hoja), que son de tipo sulfatado (IGME, 1987). Suelen presentar una mineralización débil y una dureza intermedia a baja. Su conductividad es de 300 a 400 mS/cm. en el Terciario Detrítico y de 400 a 500 m³/cm en los acuíferos del páramo, incrementándose

hasta los 1.000 m³/cm hacia el borde E de la Hoja. Por lo cual, son aptas para abastecimiento y regadío, hallándose incluidas dentro de los grupos C₁S₁ y C₁S₂.

Hasta el momento actual no se han citado problemas graves de contaminación en las aguas subterráneas de esta Hoja. Las concentraciones de nitratos procedentes de actividades agropecuarias suelen ser aceptables en los acuíferos detríticos profundos, mientras que en el páramo se ha localizado un punto con 44 mg/l (sondeo n.º 19143001). Esto se debe a la mayor vulnerabilidad de los acuíferos libres carbonatados frente a las actividades agrícolas que se desarrollan sobre ellos. Por tanto, se recomienda adoptar medidas de protección en dichas zonas, sobre todo en lo referente al empleo en la agnicultura de productos fitosanitarios y abonos nitrogenados, así como de cara a la ubicación de actividades potencialmente contaminantes, como vertederos, ganadería intensiva o determinadas industrias.

μ Unidad Hidrogeológica 02.12 Aluviales del Duero y Afluentes

En esta unidad se han incluido todos los acuíferos libres superficiales desarrollados en los depósitos detríticos de la llanura de inundación y terrazas bajas del Duero que ocupan una franja de 41,3 km² en el límite sur de esta Hoja. Su litología está formada por arenas, gravas, limos y arcillas, con una potencia de 3 a 15 m y un espesor saturado de 1 a 6 m. La porosidad de dichos materiales es de tipo intergranular, y presentan unos valores de transmisividad de entre 300 y 2.000 m²/día y un coeficiente de almacenamiento del 10%. Su explotación, muy reducida, se efectúa generalmente con fines agrícolas, mediante pozos de gran diámetro y no más de 2 a 6 m de profundidad, que proporcionan caudales de 5 a 15 l/seg. con elevados caudales específicos (1 a 10 l/seg/m).

El río Duero drena los acuíferos terciarios de la región recibiendo a través de su llanura de inundación la descarga subterránea procedente de la U.H. Burgos-Aranda. Existen numerosas surgencias ligadas al contacto entre los materiales detríticos del Mioceno (Serie detrítica de Aranda) y las terrazas cuaternarias. Son los denominados manantiales de tipo M-III en ARMENTEROS *et al.* (1996), de caudales generalmente elevados y regulares a lo largo del año. Sus aguas presentan una alta mineralización debido a los procesos fisicoquímicos causados por su mayor tiempo de residencia en el acuífero (CUSTODIO *et al.*, 1983), como se observa en el análisis expuesto a modo de ejemplo en la Tabla 4:

TABLA 4

TIPOS	CONCENTRACIONES
Salinidad (ppm TSD)	1084
Dureza (ppm CaCO ₃)	766
Sulfatos (ppm)	430
Bicarbonatos (ppm)	337
Nitratos (ppm)	17
pH	7,3

El manantial más importante de los mencionados es el n.º 19146008, situado junto a la Central de la Recorba, en el término municipal de Aranda. Su caudal es de 1,4 l/s y se utiliza para

el abastecimiento urbano. Otras surgencias de menor importancia se emplean como fuentes públicas (fuente de Villalba de Duero) o de uso tradicional (fuente de la ermita de San Pedro). Aunque en ocasiones el consumo de estas aguas no es recomendable, debido a la presencia de sustancias nocivas, como sucede con el n.º 19147005, en el que se detectan coliformes fecales.

A su vez, la presente unidad se recarga mediante infiltración directa de agua de lluvia, por retornos de riego y por las pérdidas de los canales que distribuyen las aguas del Duero por toda la vega arandina.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AEROSERVICE LTD. (1967). *Mapa Geológico de la Cuenca del Duero, E. 1:250.000*. Inst. Nacional de Colonización e IGME. Madrid.
- ALBERDI, M.T.; LÓPEZ, N.; MORALES, J.; SESE, C., y SORIA, D. (1981). "Bioestratigrafía y biogeografía de la fauna de mamíferos de los Valles de Fuentidueña (Segovia)". *Estudios Geol.*, 37, 503-511.
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, E. y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1976). "Datos paleontológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central Española". *Trab. Neógeno Cuaternario*, 5, 1-29.
- Aguirre, E. (1989). "El Límite Inferior del Pleistoceno", en *Mapa del Cuaternario de España. E. 1: 1.000.000*, 87-94. ITGE. Madrid.
- ALONSO, J. L.; PULGAR, J. A.; GARCÍA-RAMOS, J. C., y BARBA, P. (1995). "Tertiary Basins and Alpine tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain)", en *Tertiary Basins of Spain*. P. F. Friend & C. J. Dabrio, Eds. Cambridge University Press.
- ALONSO, J. L.; SUÁREZ RODRIGUEZ, A.; FERNANDEZ, L. P.; GARCÍA-RAMOS, J. C.; ARMENTEROS, I.; HERRERO, A.; PULGAR, J. A., y GALÁN DE FRUTOS, L. A. (1997, *in litt*). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, N.º 314 (Cilleruelo de Abajo)*. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- ALONSO GAVILÁN, G.; ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; DABRIO, C.; JIMÉNEZ, E.; LÓPEZ, A.; DEL OLMO, P.; POL, C., y PORTERO, J. M. (1983). "La depresión del Duero". *Libro Jubilar J.M. Ríos "Geología de España"*. IGME, T II. 487-489.
- ALONSO GAVILÁN, G.; ARMENTEROS, I.; DABRIO GONZÁLEZ, C. J., y MEDIAVILLA LÓPEZ, R.M. (1987). "Depósitos lacustres terciarios de la Cuenca del Duero (España)". *Studia Geologica Salmanticensis*, 1, XXIV, 3-47.
- ALONSO GAVILÁN, G.; VALLE, M. F., & SUÁREZ, F. J. (1997). "The Tertiary of the Duero Basin (Spain)", en *The Neogene continental of the Duero Basin (Spain), Field trip guide*. Second Congress R.C.A.N.S. Salamanca (Spain). sep 29-oct. 6, 1997.
- ARMENTEROS, I. (1986a). *Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector Suroriental de la Depresión del Duero. (Aranda de Duero-Peñañiel)* Tesis Doctoral Ediciones de la Diputación de Salamanca. Serie Castilla y León, 1; 471 págs.
- ARMENTEROS, I. (1986b). "Evolución Paleogeográfica Miocena en el sureste de la Depresión de Duero". *Studia Geológica Salmanticensis*, XXIII, 325-337.
- ARMENTEROS, I. (1989). "Alteración del sustrato y encostramientos carbonáticos ligados a la discontinuidad cretácico-terciaria en el borde este del Sistema Central (España)", *Stvd. Univ. Salamanca*, Vol. Esp. 5, 13-54.
- ARMENTEROS, I. (1991). "Contribución al conocimiento del Mioceno lacustre de la cuenca terciaria del Duero (Sector centro-oriental, Valladolid-Peñañiel-Sacramenia-Cuellar)". *Acta Geol. Hisp.*, 26, 97-131.
- ARMENTEROS, I. (1994). "Síntesis del Paleógeno del borde oriental de la Cuenca de Almazán (Soria). Geología del yacimiento de Mazaterón". *Stvd. Geol. Samant.* Univ. Salamanca, 29. 145-156.

- ARMENTEROS, I.; CORROCHANO, A. (1983). "El Neógeno del sector suroriental de la Depresión del Duero", en *Libro Jubilar J. M. Ríos, Geología de España*. IGME, Tomo II, IV.2.7, 521-526.
- ARMENTEROS, I., y ALONSO GAVILAN, G (1984). "Génesis y evolución de los caliches miocenos del sureste de la Depresión del Duero". *Estudios Geológicos*, 40: 153-163.
- ARMENTEROS, I.; CORROCHANO, A. (1994). "Lacustrine record in the continental Tertiary Duero Basin (northern Spain)", en *A global geological record of lacustrine basin*. (E. Gierlowski and K. Kelts, Eds.) Cambridge University Press. 1, 47-52.
- ARMENTEROS, I.; DALEY, (1998). "Pedogenic modification and structure evolution in palustrine facies as exemplified by the Bembridge Limestone (late Eocene) of the Isle of Wight, southern England". *Sedimentary Geology*, 119, 263-274.
- ARMENTEROS, I.; LÓPEZ-SAMANIEGO, E., y HERRÁEZ, I. (1996). *Geología e Hidrogeología del Terciario en el sector Aranda de Duero (Burgos)-Peñañiel (Valladolid), sureste de la Cuenca del Duero*. Serie Aranda. 66 págs.
- ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; CORRALES, I.; ALONSO GAVILÁN, G. (1982). "Los abanicos aluviales terciarios del flanco norte de la Sierra Honrubia-Pradales". *Temas Geol. Min. Inst. Geol. Min.*, España, 6 (1), 109-123.
- ARMENTEROS, I.; FERNÁNDEZ MACARRO, B.; RECIO, C.; BLANCO, J.A. (1986a). "Análisis sedimentológico y paleogeografía en el Mioceno del sector de Sacramenia (Segovia)-Peñañiel (Valladolid)". *Stvd. Geol. Salmant.* Univ. Salamanca, 22. 247-262.
- ARMENTEROS, I.; GONZÁLEZ, J. A.; CIVIS, J., y DABRIO, C. (1986b). "El problema del Neógeno superior en la Cuenca del Duero: Nuevos Datos Paleontológicos (invertebrados) en el sector Peñañiel-Almazán". *Estudia Geológica Salmanticensi*, 22, 277-291
- ARMENTEROS, I.; DABRIO, C. J.; GUISSADO, R.; SÁNCHEZ DE LA VEGA, A. (1989). "Megasecuencias sedimentarias del Terciario del borde oriental de la Cuenca Almazán (Soria-Zaragoza)". *Stvd. Geol. Salmant.* Univ. Salamanca, Vol. Esp. 5, 107-127.
- ARMENTEROS, I.; VALLE, M. F.; ALONSO GAVILÁN, G.; RIVAS-CARBALLO, M. R., & HERRERO, A. (1997). "Continental Neogene of Peñañiel-Valles de Fuentidueña (Valladolid-Segovia) area. Biostratigraphic problems", en *The Neogene continental of the Duero Basin (Spain), Field trip guide*. Second Congress R.C.A.N.S. Salamanca (Spain). Sep 29-Oct. 6, 1997.
- BERGOUNIOUX, F. y CROUZEL, F. (1958). "Les Mastodontes de l'Espagne". *Est. Geol.*, 14, 223-365.
- BOILLOT, G y MALOD, J. (1988). "The north and north-west spanish continental margin: a review". *Rev. Soc. Geol. España*, 1 (3-4), 295-316 pp.
- BOND, J. (1996) "W 4 Tectono-sedimentary evolution of the Almazán Basin, NE Spain, en *Tertiary basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics*. (P. F. Friend and C. J. Dabrio eds.). Cambridge University Press, 203-213.
- BREWER, R. (1964). *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. J. Wiley, New York, 470 págs.
- CALVO, J. P., DAAMS, R.; MORALES, J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; AGUSTI, J.; ANADÓN, P.; ARMENTEROS, I.; CABRERA, L.; CIVIS, J.; CORROCHANO, A.; DÍAZ-MOUNA, M.; ELIZAGA, E.; HOYOS, M.; MARTÍN-SUÁREZ, E.; MARTÍNEZ,

- E.; MOISSENET, E.; MUÑOZ, A.; PÉREZ-GARCÍA, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; PORTERO, J. M.; ROBLES, F.; SANTISTEBAN, C.; TORRES, T.; VAN DER MEULEN, A. J.; VERA, J. A. y MEIN, P. (1993). "Up-to-date Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation". *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4), 29-40.
- CAPOTE, R.; DE VICENTE, G., y GONZÁLEZ CASADO, J. M. (1990). "Evolución de las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español (SCE)". *Geogaceta*, 7, 20-22.
- CORTES, A. L., y MAESTRO, A. (1997). "Análisis de los estados de esfuerzos recientes en la Cuenca de Almazán (Provincias de Soria y Zaragoza)". *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (1-2), 183-196.
- CRUSAFONT, M., y VILLALTA, J. F. (1954). "Ensayo de síntesis sobre el Mioceno de la Meseta Castellana". *Esp. Hist. Tomo extr. de la Real Soc Nat.*, 215-227.
- CRUSAFONT, M., y CELORRIO, J. M. (1959). "Sobre un yacimiento de mamíferos fósiles en Aranda de Duero". *Estudios Geológicos* núm. 25, 541-44.
- CRUSAFONT, M., y TRUYOLS, J. (1960). "Sobre la caracterización del Vallesiense". *Not y Com. Inst. Geol. y Min. España*, 60, 109-126.
- CUSTODIO, E., y LLAMAS, M. R. (1983). *Hidrología Subterránea. Vol. I y II*. Omega, Barcelona.
- DÍAZ DE NEIRA, J. A.; MUÑOZ DEL REAL, J. L.; CABRA GIL, P.; LÓPEZ OLMEDO, F.; LENDINEZ GONZÁLEZ, A.; SOLÉ PONT, J., y HERNÁIZ HUERTA, P. P. (1995, *in litt*). *Mapa Geológico de España, 402 (Olombrada), E. 1:50.000. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.*
- DGOH-ITGE (1988). *Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas del Territorio Peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características: 02 Cuenca del Duero. Estudio 07/88. Memoria, planos y fichas. Inédito*
- ESTEBAN, M., y KLAA, C. F. (1983). "Subaerial Exposure Environment", en *Carbonate depositional environments* (P.A. Scholle, D.G. Bubout y C.H. Moore, Eds.), Amer. Assic. Petrol. Geol. Mem. 33, 1-55.
- FOLK, R. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Ed. Hemphill's, Austin, Texas.
- FONT TULLOT, I. (1983). *Atlas Climático de España*. Inst. Nac. de Meteorología.
- GARCÍA DEL CURA, A., (1974). "Estudio sedimentológico de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero)". *Estudios Geológicos*, 30, 579-597.
- GARCÍA DEL CURA, A., (1975). "Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Terciario continental de la Cuenca del Duero (zona oriental)". *Actas I Coloquio internacional sobre Bioestratigrafía Continental del Neógeno superior y Cuaternario inferior*. Montpellier, 25-IX- Madrid, 11-X, 1974. (M.T. Alberdi y E. Aguirre eds.): Actas I: 77-82.
- GARCÍA DEL CURA, M. A., y LÓPEZ AGUAYO, F. (1974). "Estudio mineralógico de las facies detrítico-calcáreas del Terciario de la Zona centro-Oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero)". *Estudios Geológicos*, vol. XXX, 503-513.

- GARCÍA DEL CURA, M. A., y ORDÓÑEZ, S. (1975). "Les roches carbonatées continentales du Bassin du Duero". *IX Congr. Int. Sédim. Nice*, 10, 49-55.
- GARCÍA DEL CURA, M. A., y ORDÓÑEZ, S. (1982). "Texturas y estructuras en calizas continentales: un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero". *Temas Geológicos-Mineros*, IGME. 6 (1), 227-252.
- GARCÍA DE DOMINGO, A., CABRA GIL, P., SOLÉ PONT, J., G. GARCÍA DE ANDOÍN, B. R., CAMERO BENITO, Y., REY DE LA ROSA, J., ALAMEDA REVALDERIA, J., GALÁN PÉREZ, G., y PALACIO SUÁREZ, J. (1997). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, N.º238 (Villagonzalo-Pedernales)*. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- GIL SERRANO, G. y ZUBIETA, J. M. (1978). *Mapa Geológico de España, E. 1. 50.000, 277 (Salas de los Infantes)*. 2.ª Serie Primera Ed. MAGNA. IGME. Madrid.
- GOUDIE, A. S. (1973). *Duricrusts in Tropical and Subtropical Landscapes*. Clarendon Press, 173 págs.
- GOUDIE, A. S. (1983). Calcrete. En: *Chemical sediments and geomorphology. Precipitates and residua in the near surfac environments*. (A. S. Goudie y P. Kenneth, Eds). Academic Press. 93-131. London.
- GRACIA PRIETO, F. J.; NOZAL MARTÍN, F.; PINEDA VELASCO, A., y WOUTERS DE VRIES, P.F. (1990). Superficies de erosión neógenas y neotectónica en el borde NE de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7, 38-40.
- GUIMERA, J.; ALONSO, A.; RAMÓN MAS, J. (1995). "Inversion of an extensional-ramp basin by a newly formed thrust: the Cameros basin (N. Spain)", en *Basin Inversion*. Buchanan, J. G. & Buchanan, P. G. (eds.). Vol. Esp. 88: 433-453.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Memorias de la Comisión de Investigación Paleontológica y Prehistórica*. Madrid, 5, 75 págs.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1930). "Fisiografía, Geología y Paleontología del territorio de Valladolid". *Com. Inv. Paleont. y Prehist. Mem.* 37, 1-205.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1932). "Las terrazas cuaternarias del Duero en su tramo medio". *Bol. R. Soc. Esp. His. Nat.* 32, 479-487
- HIBBARD, M. J., 1995. *Petrography to Petrogenesis*, Prentice-Hall, New Jersey, 587 págs.
- HOYOS, M.A.; LEGUEY, S., y RODRIGUEZ, J. (1974). "Las terrazas del río Duero desde Gormaz hasta Peñafiel". *Anal. de Edaf. y Agrobiol.* 33, 185-198.
- HOYOS, M.; GARCÍA DEL CURA, M. A., y ORDÓÑEZ, S. (1981). "Características Geológicas del yacimiento de los valles de Fuentidueña (Segovia)". *Estudios Geol.*, 37, 345-351.
- IGME (1970). *Mapa Geológico de España a E: 1:200.000, Aranda de Duero (n.º 30)*. 1ª Serie. Minist. de Industria. Madrid.
- IGME (1980). "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12" *Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. Colección Informe*. Servicio de Publicaciones del MINER, Madrid. 75 pp. y 21 planos

- IGME (1984). "Informe sobre la infraestructura Hidrogeológica del municipio del Gran Área de Expansión Industrial de Aranda de Duero (Burgos) y protección del mismo". *Informe del Fondo de Documentación N.º 33689*. 2 tomos.
- IGME (1987). *Calidad química de las aguas subterráneas de la Cuenca del Duero. Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos*. Colección Informe. Servicio de Publicaciones del MINER, Madrid. 43 págs. y 16 planos.
- ITGE (1990). *Documentación sobre la geología del subsuelo España*. Tomo V. Duero-Almazán (Tomo V de 13 volúmenes códigos 29036:29044). Informe interno N.º 29040.
- ITGE (1991). *Mapa Hidrogeológico de España a E. 1:200.000. 30 (Aranda de Duero)*. Primera Edición. Madrid.
- ITGE (1992). *Las Aguas Subterráneas en España*. Capítulo VIII: Cuenca del Duero. Informe de Síntesis. 2.ª Edición, 197-216.
- ITGE (1998a). *Atlas del Medio Hídrico de la provincia de Burgos*. Memoria. Excm. Dip. Prov. de Burgos, 148 págs.
- ITGE (1998b). *Aprovechamiento de los Recursos Hídricos de la provincia de Burgos*. Excm. Dip. Prov. de Burgos, 132 págs.
- ITGE-ENRESA (1991). *Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España a escala 1:100.000*. (no publicado).
- LÓPEZ MARTINEZ, N.; BORJA SANCHÍZ, F. (1982). "Los primeros microvertebrados de la Cuenca del Duero: listas faunísticas preliminares e implicaciones biostratigráficas y paleofisiográficas". *Temas Geol. Min. Inst. Geol. Min.*, España, 6 (1), 341-353.
- LÓPEZ OLMEDO, F.; ENRILE ALBIR, A.; CABRA GIL, P. (1997). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, N.º 198 (Osorno)*. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- LÓPEZ OLMEDO, F.; ENRILE ALBIR, A.; CABRA GIL, P. (1997). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000 N.º 313 (Antigüedad)*. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- LÓPEZ OLMEDO, F.; ENRILE ALBIR, A.; CABRA GIL, P., SOLÉ PONT, J., G. GARCÍA de ANDOÍN, B. R., CAMEIRO BENITO, Y., REY DE LA ROSA, J., ALAMEDA REVALDERIA, J., GALÁN PÉREZ, G., y PALACIO SUÁREZ, J. (1997). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000 345 (Roa)*. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- MABESOONE, J. M. (1961). "La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (provincia de Palencia)". *Estudios Geol.*, 17, 101-130.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1988a). "Sobre la posición de la raña en el contexto morfodinámico de la Meseta. Planteamiento antiguos y tendencias actuales". *Bol. Geol. Min.*, 99 (6), 21-36.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1988 b). "Sobre la transición Neógeno-Cuaternario en la Meseta. El papel morfodinámico de la Raña". *Comunicaciones vol. 1. III Congres. Geol. de España*. Salamanca.

- MARTÍN-SERRANO, A. (1991). "La definición y el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica Alpina". *Rev. Soc. Geol.-España*, 4, (3-4), 337-351.
- MAS, J. R.; ALONSO, A.; GUIMERA, J. (1993). "Evolución tectosedimentaria de una cuenca extensional intraplaca : La cuenca finijurásica-eocretácica de los Cameros (La Rioja-Soria)". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 6 (3-4), 129-144.
- MAZO, A.V., y JORDA PARDO, J. F. (1994). "Los Proboscideos Neógenos de Piquera de San Esteban (Cuenca del Duero, Soria). Implicaciones bioestratigráficas". *Estudios Geol.* 50, 239-245
- MAZO, A. V., VAN DER MADE, J, JORDA, J. F., HERRAEZ, E., y ARMENTEROS, I. (1998). "Fauna y Bioestratigrafía del yacimiento aragoniense de Montejo de la Vega de la Serrezuela (Segovia)". *Estudios Geológicos*, 54, 231-248.
- MEDIAVILLA, R. M. (1986). "Sedimentología de los yesos del Sector Central de la Cuenca del Duero". *Acta Geol. Hisp.*, 21-22 (1), 35-44.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J.(1986). "La sedimentación continental del Neógeno en el sector Centro-Septentrional de la Depresión del Duero (provincia de Palencia)". *Studia Geologica Salmanticensis*, 22, 111-132.
- MEDIAVILLA, R. M. y DABRIO, C. J. (1987). "Tectonics as a major control of sedimentation and facies distribution in the Neogene of the Duero Basin (Spain)". *Inst. Ass. Sedim. 8th Reg. Meeting of sedimentology*. Abstr, 346-347
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J.(1988). "Controles sedimentarios neógenos en la depresión del Duero (sector central)". *Rev. Soc. Geol. España*, 1 (1-2), 187-195.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1989). "Las calizas del Páramo en el sur de la provincia de Palencia". *Studia Geologica Salmanticensis*, Vol. 5. Ediciones Universidad de Salamanca, "273-291.
- MEDIAVILLA, R. M.; ALCALÁ, L.; SANTISTEBAN, J. I.; ALBERDI, T.; LUQUE, L.; MAZO, A.; DE MIGUEL, Y.; MORALES, J., y PÉREZ, B. (1995). "Estratigrafía y Paleontología del Mioceno Superior del Sur de la Provincia de Palencia (Sector central de la Cuenca del Duero)" *XIII Congreso Español de Sedimentología*. Teruel. 153-154.
- MEDIAVILLA, R.; DABRIO, C. J., MARTÍN-SERRANO, A., and SANTISTEBAN, J. I. (1996). "W 6 Lacustrine Neogene systems of the Duero Basin: evolution and controls", en *Tertiary basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics*. (P. F. Friend and C. J. Dabrio eds.). Cambridge University Press.
- MOLINA, E. (1977). "Estudio micromorfológico de las alteraciones que afectan a las calizas de facies Páramo en antiguos perfiles pliocenos. Lab. Micromorfología". Departamento de suelos. Inst. De Edafología y Biología Vegetal (CSIC). Madrid. *Acta Geológica Hispánica*, T. XII, n.º 1/3, 38-41.
- MOLINA, E., y ARMENTEROS (1986). "Los arrasamientos Plioceno y Plio-pleistoceno en el sector suroriental de la cuenca del Duero". *Studia Geologica Salmanticensis*, 22, 293-307.

- MOLINA, E., y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1989). "Depresión del Duero", en *Mapa del Cuaternario de España*. E. 1: 1.000.000. I.T.G.E. Madrid. 153-163.
- MORENO y NOZAL F. (1991). *Memoria y Mapa Neotectónico de España E: 1/ 1.000.000*. ITGE-ENRESA. (Doc. reservado, inédito).
- MOPTMA (1994). *Plan Hidrológico del Duero*.
- MOPU-DGOH (1988). *Plan Hidrológico del Duero. Directrices*
- MUÑOZ, A. y CASAS, A.M. (1996). "The Rioja trough: tecto-sedimentary evolution of a foreland symmetric basin". *Basin Research* (submitted).
- NOZAL F. (1998, *in litt*). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, 376 (San Esteban de Gormaz)*. 2.ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- NUÑEZ, A., COLODRON, I., ZAZO, C., GOY, J. L., CABAÑAS, I., y URALDE, M. A. (1975). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, 275 (Sta. Maria del Campo)*. 2ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- OLMO, P. del (1978). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, 343 (Cigales)*. Serie MAGNA. IGME. Madrid.
- OLMO, P. del (1979). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, 372 (Valladolid)*. Serie. MAGNA. IGME. Madrid.
- ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ F., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1976). "Estudio Geológico de las "facies rojas" pliocuaternarias del borde SE de la Cuenca del Duero (provincia de Segovia)". *Estudios geológicos* 32, 215-220
- ORDÓÑEZ, S., LÓPEZ F., y GARCÍA DEL CURA, M.A. (1980). "Contribución al conocimiento sedimentológico del sector centro-oriental de la Cuenca del Duero (Sector Roa-Baltanás)". *Estudios Geológicos*, 36, 361-369.
- ORDÓÑEZ, S.; GARCÍA DEL CURA, M. A., y BRELL, J. M. (1982). "Relación entre las facies de abanico aluvial y facies carbonáticas del sector SE de la Cuenca del Duero". *Temas Geológico-Mineros*, IGME, 6, (2), 463-482.
- PAPADAKIS, J. (1966). *Climates of the world and their agricultural potentialities*. Ed. por el autor, Buenos Aires.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982). *Terciario y Cuaternario de la llanura manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*. Tesis doctoral. Universidad Complutense. Madrid.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1989a). "Submeseta Meridional", en *Territorio y Sociedad en España, I. Geografía física*. BIELZA, V. (Coord.), 176-187
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1989b). "Depresión del Duero", en *Territorio y Sociedad en España*. (V. Bielza ed.). Ed Taurus, 162-175.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A.; MARTÍN-SERRANO A. y POL MÉNDEZ. C. (1994). "Depresión del Duero". *Geomorfología de España*. Ed. Rueda, 351-388.

- PORTERO, J. M.; GUTIÉRREZ ELORZA, M., y MOUNA, E. (1982a). *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 273 (16-129) (Palencia)*. Segunda Serie MAGNA, IGME. Madrid. 64p.
- PORTERO, J. M.; DEL OLMO, P.; RAMÍREZ, J., y VARGAS, I. (1982b). "Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero". *Temas Geol. Min.* 6, IGME, 11-37.
- PORTERO, J. M.; DEL OLMO, P., y OLIVE, A. (1983). "El Neógeno de la transversal Norte-sur de la Cuenca del Duero", en *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*. T. II. IGME, 492-502.
- QUINTERO AMADOR, I., MANSILLA IZQUIERDO, H., y MARTÍNEZ DÍAZ, C. (1982). *Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000, 315 (Santo Domingo de Silos)*. 2ª Serie. MAGNA. ITGE. Madrid.
- RAMOS MARTÍN, M. C., y ALONSO GAVILÁN, G. (1990). "Sedimentología y paleogeografía del Terciario en el área de San Esteban de Gormaz-El Burgo de Osma (Soria)". *Rev. Soc. Geol. España*, 3, (1-2), 167-179.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1926). "Terciario continental de Burgos". *XIV Congreso Geológico Internacional*, Madrid. Excursión A-6. IGE, 1-67
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1934). "Algunos vertebrados fósiles de la Cuenca del Duero". *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* 30, 501-511.
- RUST, B. R. (1978). "Depositional models for braided alluvium", en *Fluvial Sedimentology*. (Miall, A. D. Ed.). *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 5, 605-625.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1918). "Nota acerca de una extensa formación de turba en Guzmil de Izán (Burgos)". *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat.* T. 18. Madrid.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1946). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 346 (Aranda del Duero)*. Primera serie. Madrid IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.M. (1947). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 314 (Cilleruelo de Abajo)*. Primera serie. Madrid IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1952). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 375, (Fuentelcéspedes)*. Primera serie. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953a). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 276 (Lerma)*. Primera serie. Madrid IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953b). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 345, Roa (Burgos)*. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953c). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 313 (Antigüedad)*. Primera serie. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1954). *Mapa Geol. de España. 1:50.000. 347 (Peñaranda del Duero)*. Primera serie. Madrid. IGME.
- SANTISTEBAN, J. I.; MEDIAVILLA, R. M.; MARTÍN-SERRANO, A., and DABRIO, C. J. (1996). "W 1 The Duero Basin: a general overview", en *Tertiary basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics*. (P. F. Friend and C. J. Dabrio eds.). Cambridge University Press.

- SCHWENZNER, J. E. (1936). (Trad. C. Vidal Box, en *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 14, 121-147, 1943).
- SCHWENZNER, J. E. (1943). La morfología de la región montañosa central de la meseta española. (traduc. de C. Vidal Box). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* T. XLI, 121-147.
- WRIGHT, V. P. & TUCKER, M. E., (1991). Calcretes: an introduction. *Calcretes*, V.P. Wright and M.E. Tucker, Eds, Int. Assoc. Sedimentol. Reprint Series, 2, 1-22



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

ISBN 978-84-7840-736-7



9 788473 407361