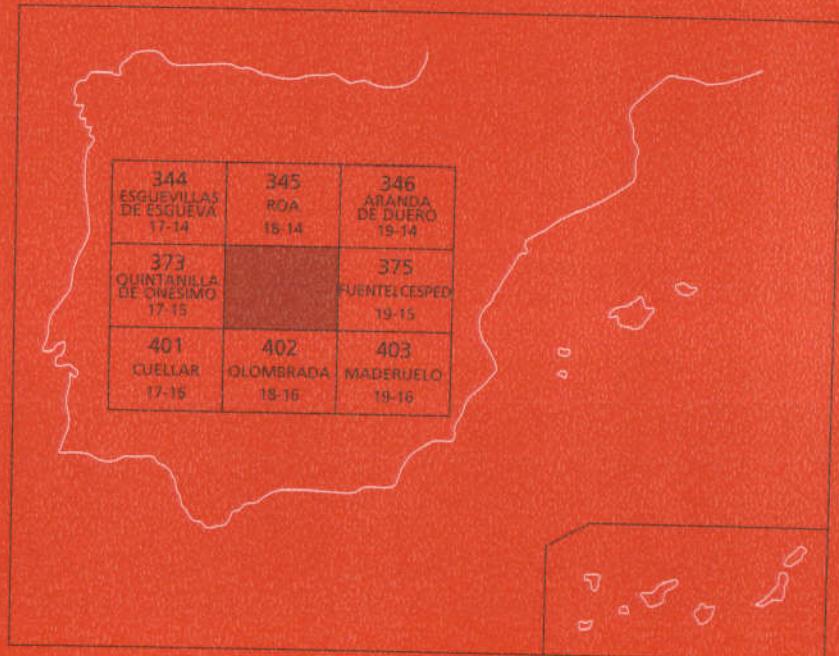




## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# PEÑAFIEL



# **MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**Escala 1:50.000**

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

# **PEÑAFIEL**

### ***Puntos de Interés Geológico***

J. Palacio (INYPSA)

### ***Teledetección***

(INYPSA)

### ***Jefe del Proyecto***

E. Piles (EPTISA)

### **NORMAS Y DIRECCION (ITGE)**

#### ***Dirección y Supervisión del Proyecto***

A. Martín-Serrano (ITGE)

#### ***Recursos Minerales***

J. M. Baltuille (ITGE)

#### ***Hidrogeología***

A. Ballester (ITGE)

### ***Puntos de Interés Geológico***

E. Elízaga (ITGE)

En el Centro de Documentación del ITGE existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes y fichas petrográficas, paleontológicas y sedimentológicas de dichas muestras.
- Columnas de detalle.
- Álbum de fotografías.
- Informes complementarios.
- Puntos de interés geológico.

## ÍNDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	9
1. ESTRATIGRAFIA .....	10
1.1. Mioceno .....	14
1.1.1. Lutitas rojas, areniscas y conglomerados (1), Areniscas y/o conglomerados (2). Astaraciense .....	15
1.1.2. Limos calcáreos y margas blancas (3). Astaraciense .....	18
1.1.3. Margas blancas, a veces con yesos, y margocalizas con intercalaciones de calizas o dolomías. "Facies Cuestas" (4). Astaraciense superior-Vallesiense inferior .....	19
1.1.4. Dolomías y/o calizas a veces con intercalaciones margosas (5). "Facies Cuestas". Astaraciense sup.-Vallesiense inf. ....	22
1.1.5. Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas (6). Astaraciense superior	23
1.1.6. Calizas, dolomías y margas (7). Margas y margocalizas blancas (8). "Calizas inferiores del Páramo". Astaraciense superior-Vallesiense inferior .....	23
1.1.7. Arcillas rojas con areniscas y/o conglomerados y margas (9). Vallesiense inferior .....	24
1.1.8. Margas blancas, margocalizas y calizas margosas con intercalaciones de arcillas ocres y verdes. Ocasionalmente niveles discontinuos de areniscas y oncoides (10). Vallesiense inferior .....	25
1.1.9. Calizas grises con algunas intercalaciones margosas (12) y Margas blancas (11). "Calizas superiores del Páramo". Vallesiense-Turoliense ..	28
1.2. Bioestratigrafía del Neógeno .....	30
1.2.1. Introducción .....	30
1.2.2. Antecedentes .....	30
1.2.3. Análisis y discusión sobre la bioestratigrafía del Terciario .....	32
1.2.4. Ensayo de subdivisión cronoestratigráfica del Neógeno por medio de charofitas y ostrácodos .....	34

1.3. Cuaternario .....	39
1.3.1. Gravas cuarcíticas con arcillas rojas (13). Plio-Pleistoceno .....	39
1.3.2. Gravas cuarcíticas, arenas y arcillas. Terrazas (14, 15 y 16) .....	40
1.3.3. Gravas calcáreas cementadas (17) .....	41
1.3.4. Arcillas y margas con cantos (Glacis) (18) .....	41
1.3.5. Arcillas rojas de calcificación. Fondos de dolina (19) .....	42
1.3.6. Lutitas grises. Fondos endorreicos (20) .....	42
1.3.7. Arcillas y margas blancas con cantos y bloques. Coluviones (21) .....	42
1.3.8. Arcillas y margas blancas con cantos. Conos de deyección (22) .....	43
1.3.9. Arenas eólicas (23) .....	43
1.3.10. Arcillas y limos con cantos. Llanura de inundación (24) .....	43
1.3.11. Arcillas y limos oscuros con cantos. Fondos de valle (25) .....	44
2. TECTONICA Y NEOTECTONICA .....	44
2.1. Tectónica alpina .....	44
2.1.1. Descripción estructural .....	44
2.1.2. Evolución tectosedimentaria y neotectónica .....	45
3. GEOMORFOLOGIA .....	48
3.1. Descripción fisiográfica .....	48
3.2. Antecedentes .....	50
3.3. Análisis morfológico .....	50
3.3.1. Estudio morfoestructural .....	51
3.3.2. Estudio del modelado .....	51
3.3.2.1. Formas fluviales .....	51
3.3.2.2. Formas de gravedad .....	53
3.3.2.3. Formas kársticas .....	53
3.3.2.4. Formas endorreicas .....	53
3.3.2.5. Formas eólicas .....	53
3.3.2.6. Formas poligénicas .....	54
3.4. Formaciones superficiales .....	56
3.5. Evolución dinámica .....	58
3.6. Morfodinámica actual .....	59
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	60
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	64
5.1. Recursos minerales .....	64
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos .....	64
5.1.2. Minerales energéticos .....	64
5.1.3. Rocas industriales .....	64
5.1.3.1. Aspectos generales e históricos .....	64
5.1.3.2. Descripción de los materiales .....	65

	<i>Páginas</i>
5.2. Hidrogeología .....	68
5.3. Geotecnia .....	73
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO (PIG) .....	80
6.1. Relación de puntos inventariados .....	80
6.2. Testificación de la metodología .....	81
7. BIBLIOGRAFIA .....	82

## **0. INTRODUCCION**

La Hoja de Peñafiel nº 374 (18-I5) se encuentra situada en el sector centro oriental de la Cuenca del Duero y próxima a los relieves de la Sierra de Honrubia-Pradales (Fig. 1).

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, confluendo en ella parte de las provincias de Burgos, Segovia y Valladolid. Destacan como poblaciones más importantes además de Peñafiel, que da nombre a la Hoja: Pesquera del Duero, Fompedraza, Rábano y Castrillo del Duero en la provincia de Valladolid, Cuevas de Provanco en la de Segovia, y San Martín de Rubiales, Nava de Roa, Fuentecén y Hoyales de Roa en la de Burgos.

Desde el punto de vista fisiográfico, el área se enmarca en la Ribera del Duero, quedando delimitada al sur por los páramos de Campaspero y Sacramenia.

La red fluvial se encuentra bien desarrollada, siendo el río Duero y sus afluentes Riaza y Duratón los cursos principales, confluendo este último en las proximidades de Peñafiel.

El relieve en general es suave y aparece caracterizado por páramos disectados por valles encajados que confieren una morfología característica a la región, si bien el valle del Duero es de relieve aplanado y escalonado como consecuencia de los diferentes niveles de terrazas que aparecen en él desarrollados.

La mayor cota se localiza al noreste del páramo de Sacramenia (Alto del Redondillo, 947 m.), destacando además como vértices geodésicos o mayores elevaciones el Alto de Caquera (932 m.), Cabeza Vieja (940 m.), Valdelagar (917 m.), La Vela (910 m.), Pico Alto (894 m.) y un sinfín de pequeñas elevaciones con las que culminan los páramos de la Hoja.

Desde el punto de vista geológico (Fig. 1) la Hoja se ubica muy próxima a los relieves paleozoicos y mesozoicos de la Sierra de Honrubia-Pradales y aparece caracterizada por materiales continentales terciarios y cuaternarios, en general con buena calidad de afloramientos.

La Cuenca del Duero posee en términos generales una configuración asimétrica debido al comportamiento geodinámico de sus bordes (ALONSO *et al.* 1983), constatándose en ella la existencia de fracturas de gran salto que condicionan subsidencias importantes, como es el caso de sus bordes septentrional o meridional en las proximidades al Sistema Central (Fig. 1).

La construcción y relleno de la Cuenca del Duero en términos generales resulta compleja, ya que comenzó en el Paleógeno con una configuración muy diferente de la actual, siendo en el Neógeno cuando adquiere una geometría bastante parecida a la que hoy día presenta.

Los datos disponibles sobre la zona objeto de estudio corresponden por una parte a los trabajos regionales de HERNANDEZ PACHECO, E. (1915, 1930) y ROYO GOMEZ (1926), así como los de SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1946-1955) referentes a la primera serie del mapa geológico de esta Hoja y de las limitrofes. También son de destacar los trabajos de AEROSERVICE (1967), GARCIA DEL CURA (1974, 1975) y ARMENTEROS (1986) en la zona de Aranda del Duero-Peñaflie y de ORDONÉZ *et al.* (1976-83) en zonas próximas.

Por último es de destacar que no existe información sobre la Geología del Subsuelo en la Hoja de Peñaflie, a excepción hecha de los datos ya publicados y referentes a nivel regional de la Cuenca sobre la profundidad a la que se encuentra el zócalo paleozoico.

Para la realización de los trabajos, al margen de las técnicas convencionales para la confección de Hojas MAGNA, y conforme al Plan de Trabajo especificado por el ITGE en el Pliego de Condiciones para el Proyecto, se han desarrollado y llevado a cabo los siguientes estudios, algunos de los cuales se adjuntan en la Documentación Complementaria de la Hoja:

- Cartografía y estudio geológico. Mapa Geológico 1:50.000.
- Cartografía y estudio geomorfológico. Mapa Geomorfológico 1:50.000.
- Estudio neotectónico. Mapa Neotectónico 1:50.000.
- Estudio de los Recursos Naturales. Representación cartográfica 1:50.000 de los indicios, yacimientos y rocas industriales.
- Estudio hidrogeológico 1:50.000.
- Estudio geotécnico, con descripción de las características geotécnicas de las distintas unidades litológicas de la Hoja.
- Estudios sedimentológicos de campo, con levantamientos de series, descripción de la geometría de los litosomas, estructuras, texturas, secuencias de cuerpos sedimentarios, paleocorrientes, etc.
- Estudios de laboratorios: láminas delgadas, granulometrías, morfometrías, minerales pesados, estudio de la fracción ligera, difracción de R-X, petrografía microscópica y levigados.
- Inventario de Puntos de Interés Geológico por Hoja 1:50.000.

## 1. ESTRATIGRAFIA

La Cuenca del Duero es, en términos generales, una amplia depresión terciaria rellena de materiales depositados en ambientes continentales y recubiertos en parte por sedimentos cuaternarios.

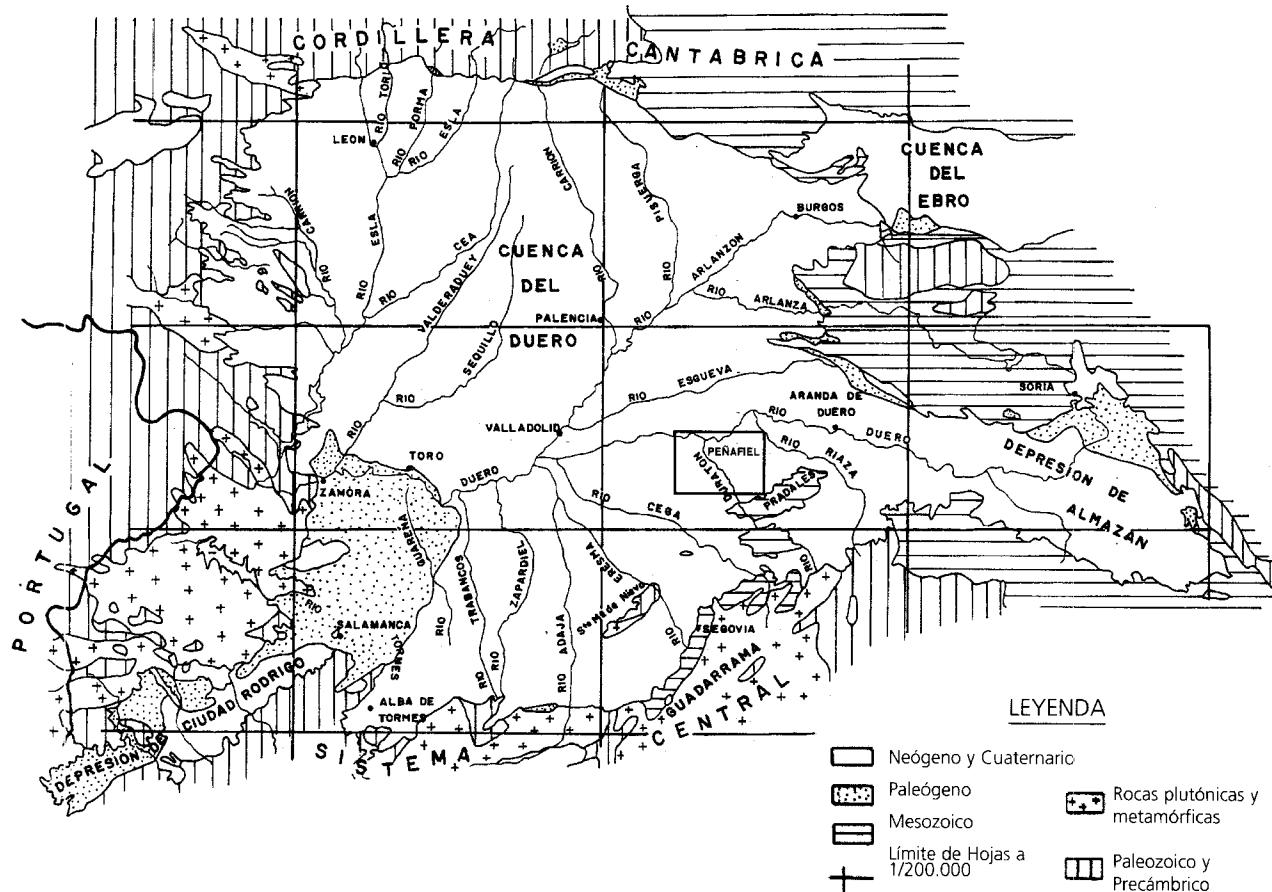


Fig. 1 Esquema de situación de la Hoja en el contexto geológico de la Cuenca del Duero

Al norte se encuentra limitada por la Cordillera Cantábrica, en la que afloran materiales paleozoicos y mesozoicos, predominando los primeros en su mitad occidental, mientras que los segundos se extienden por su franja oriental desde Santander hasta San Sebastián (Cuenca Vasco-Cantábrica). El borde oriental lo constituyen los afloramientos mesozoicos de las estribaciones de la Sierra de la Demanda, mientras que el borde meridional está delimitado por las rocas metamórficas e ígneas del Sistema Central, así como por los materiales mesozoicos y paleozoicos de las sierras de Honrubia-Pradales.

El área objeto de estudio se sitúa en concreto en el sector centro-oriental de la Cuenca del Duero (Fig. 1).

El Paleógeno aflora preferentemente y de forma discontinua adosado a los bordes de la cuenca junto a los materiales mesozoicos, aunque a veces se encuentra soterrado bajo depósitos más modernos.

El Neógeno rellena la Depresión en todo este sector, apoyándose en los bordes de la misma tanto sobre los materiales mesozoicos como sobre los paleógenos.

La construcción y el relleno de la cuenca se inició a principios del Terciario, a partir de la instalación de aparatos sedimentarios del tipo "sistemas de abanicos aluviales", más o menos desarrollados, con sus ápices localizados en los bordes, dando lugar a su vez a distintos ambientes sedimentarios que vienen caracterizados por sus facies. El relleno de la depresión no fue continuo a lo largo de todo el Terciario, sino que se presentan diferentes discontinuidades, marcadas por una serie de interrupciones o rupturas de carácter estratigráfico, originadas como consecuencia de la actividad en los márgenes o bordes de cuenca, debido a procesos diastróficos y cambios climáticos, como principales factores alocílicos.

SANCHEZ DE LA TORRE (1978) propuso para la Cuenca del Duero y durante el Neógeno un modelo de evolución de abanicos y sistemas fluviales que comenzaron en el Mioceno inferior y continuaron con ambientes lacustres situados en el centro de la cuenca ya en el Mioceno superior.

La estratigrafía del Neógeno para el sector centro-oriental se inicia con los trabajos de H. PACHECO (1915, 1930), ROYO GOMEZ (1926) y SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1946-1955). Posteriormente es desarrollada por AEROSERVICE (1967), GARCIA DEL CURA (1974, 1975), DEL OLMO *et al.* (1988), PORTERO *et al.* (1982), ORDONEZ (1976, 1983), ARMENTEROS (1986) y MEDIAVILLA y DABRIO. (1986, 1987, 1988, 1989).

Los materiales neógenos más antiguos aflorantes en el área objeto de estudio corresponden al Aragoniense superior (Astaraciense). Los términos más modernos datados en este sector son Vallesienses y corresponderían a los términos calcáreos superiores de las "Calizas de los Páramos".

El intento de correlación de facies y de las distintas unidades a nivel cuencal, en sentido Norte-Sur, en la Cuenca del Duero se lleva a cabo por primera vez por PORTERO *et al.* (1982).

Posteriores trabajos toman como punto de partida dicho documento. Durante la ejecución de las Hojas MAGNA en la Cuenca del Duero se definen nuevas facies y se establecen correlaciones entre las distintas unidades y los sistemas deposicionales que las han originado, situándose isocronas en los paneles de correlación. Recientemente, los trabajos de MEDIAVILLA y DABRIO (1988, 1989) aportan nuevos datos sobre la evolución sedimentológica de los materiales en el sector central de la Cuenca.

A continuación se realiza una breve descripción de las unidades o facies más representativas para el Mioceno en el sector centro-oriental de la Cuenca del Duero, en las provincias de Burgos, Valladolid y Segovia.

#### *"Facies Dueñas"*

Su definición se debe a DEL OLMO *et al.* (1982), tratándose de una unidad detrítico-carbonatada formada por margas y arcillas calcáreas grises con intercalaciones de calizas ricas en gasterópodos, ostrácodos y charáceas. Se extienden a lo largo del valle del Pisuerga al norte de Valladolid, y en la provincia de Burgos, donde adquieren una gran representatividad. Algunos autores las han considerado en parte como cambio lateral de la "Facies Tierra de Campos" (MEDIAVILLA y DABRIO 1988) y de la "Unidad de Pedrajas de Portillo", situada mucho más al sur o este, fuera del sector en cuestión.

#### *"Facies Tierra de Campos"*

Fue definida por HERNANDEZ PACHECO (1915), siendo una de las unidades más características de la Cuenca del Duero. En este sector se caracterizan por la presencia de lutitas (fangos) ocres con niveles discontinuos de suelos calcimorfos y pequeños canales formados por arenas y gravillas, cuyos aportes parecen proceder del noroeste.

Esta facies se extiende hacia el sur hasta la parte central de la cuenca y resultarían equivalentes de la "Facies de Grijalba-Villadiego". Se corresponde con parte de la unidad 1 de MEDIAVILLA (1986).

#### *"Facies Santa María del Campo"*

Definida por AEROSERVICE (1967), corresponde esta facies a un conjunto de materiales detríticos constituidos por arcillas rojas y ocres en las que se intercalan niveles de arenas y conglomerados poligénicos, aunque con una proporción bastante alta de cantos de cuarzo y cuarcita. Equivale esta facies a la "Unidad Inferior" GARCIA DEL CURA (1974) y de ARMENTEROS (1986). Estos materiales se localizan en la mitad sur-oriental de la Cuenca del Duero al este del río Pisuerga y al sur del paralelo de Burgos. Lateralmente y en la vertical pasan a la "Facies Cuestas", resultando pues equivalente en el espacio y tiempo de la "Facies Grijalba-Villadiego" aflorante al norte de la provincia de Burgos y relacionadas con los aportes del dominio mesozoico de la Cantábrica.

### *"Facies de las Cuestas"*

Fue definida inicialmente por HERNANDEZ PACHECO (1915) y ha sido objeto de estudios posteriores por numerosos autores desde los de ROYO GOMEZ (1926) a los más recientes de SANCHEZ DE LA TORRE (1978), PORTERO *et al.* (1983), MEDIAVILLA (1986) y MEDIAVILLA y DABRIO (1989).

Litológicamente, está caracterizada por un conjunto detrítico-carbonatado formado por margas, arcillas, arcillas carbonosas, yesos, margas yesíferas y calizas margosas que imprimen una tonalidad blanca a los afloramientos. Morfológicamente, esta unidad constituye la parte media-baja de las denominadas "mesas" coronadas por las "Calizas de los Páramos".

Es de resaltar el contenido faunístico (micromamíferos) que a veces presenta esta facies, localizándose en ella numerosos yacimientos, distribuidos de forma irregular por toda la cuenca, preferentemente en el sector central entre Palencia y Valladolid y que permiten su control cro-noestratigráfico.

### *"Calizas de los Páramos"*

Se encuentran coronando las series miocenas. HERNANDEZ PACHECO (1915) las definió como el último resalte morfológico donde se construye la superficie del Páramo de naturaleza caliza.

En los últimos años han sido estudiadas y descritas por DEL OLMO *et al.* (1982), PORTERO *et al.* (1982), ORDOÑEZ *et al.* (1981), MEDIAVILLA (1986) y MEDIAVILLA y DABRIO (1988, 1989).

La serie carbonatada del Páramo, caracterizada por calizas con gasterópodos y margas, se encuentra muy bien representada al norte de Valladolid, Palencia y Burgos. En numerosos puntos se observan dos paquetes perfectamente individualizados, que se hacen corresponder con las denominadas "Calizas inferiores y superiores de la superficie del Páramo". Los eventos y procesos sedimentarios que separan y afectan a ambas coinciden en parte con los definidos por AGUIRRE *et al.* (1976) y PEREZ GONZALEZ (1979, 1982) en la submeseta meridional a finales del Neógeno.

Recientemente MEDIAVILLA y DABRIO (1989) estudian más en detalle estos niveles carbonatados al sur de la provincia de Palencia, diferenciando dos ciclos, correspondientes ambos a los dos niveles del "Páramo", separados entre sí en algunas zonas de la Cuenca del Duero por un episodio detrítico de génesis fluvial (ORDOÑEZ *et al.* 1981). Ambos ciclos representan dos unidades tectosedimentarias diferentes, separadas por una importante discontinuidad.

#### 1.1. MIOCENO

En la Hoja de Peñafiel el Mioceno aparece caracterizado a grandes rasgos por tres unidades que ARMENTEROS (1986) denomina:

- Unidad inferior.
- Unidad media.
- Unidad superior.

La Unidad inferior está formada por sedimentos detríticos (lutitas, areniscas y conglomerados) en proporciones muy variables. Lateralmente y hacia el oeste, los términos más superiores de esta unidad pasan a las facies carbonatadas y yesíferas que caracterizan a la "Facies Cuestas" en el sector suroriental de la Cuenca del Duero.

La Unidad media está constituida, según dicho autor, por materiales carbonatados (calizas, dolomías y margas) que por lo general configuran el resalte morfológico de los páramos en la mitad norte de la Hoja.

La Unidad superior resulta algo más compleja y estaría formada por una serie detrítica basal o detrítica-carbonatada culminada por las calizas de los páramos.

Estas tres grandes unidades miocenas con sus litofacies corresponden a dos ciclos sedimentarios o episodios deposicionales separados entre sí por una importante discontinuidad de rango cuencal o de primer orden. En líneas generales, en el sector central y suroriental de la Cuenca del Duero se distinguen tres ciclos sedimentarios.

El ciclo inferior de edad Orleaniense-Astaraciense correspondería a las denominadas Facies Dueñas, en este caso no aflorantes en la Hoja aunque sí en zonas próximas situadas más al oeste en el mismo valle del Duero.

El ciclo medio de edad Astaraciense superior-Vallesiense inferior incluiría la Unidad inferior y media de ARMENTEROS (1986) y culminaría en las "calizas inferiores del Páramo".

El ciclo superior de edad Vallesiense inferior-Turoliense? incluiría la Unidad superior de ARMENTEROS (1986) y culminaría con las "calizas superiores del Páramo".

### **1.1.1. *Lutitas rojas, areniscas y conglomerados (1). Areniscas y/o conglomerados (2). Astaraciense***

Estas unidades afloran en casi la totalidad de la Hoja, localizándose en las zonas bajas de los valles, dada la posición estratigráfica que éstas ocupan en la serie.

La calidad de afloramiento en general es buena, localizándose los mejores cortes en la margen derecha del río Duero entre San Martín de Rubiales y Peñafiel. No obstante, son numerosos los afloramientos puntuales por toda la Hoja donde se pueden llevar a cabo buenas observaciones (Fuentecén, Valdezate, Valdearcos, etc., y valles del Duratón y Botijas).

Litológicamente están constituidas por un conjunto detrítico caracterizado fundamentalmente por lutitas de color rojo que intercalan frecuentemente niveles discontinuos de areniscas y conglomerados de cantos cuarcíticos, imprimiendo todo este conjunto una peculiar

característica que la hace fácilmente reconocible. El espesor máximo observado es del orden de los 60 m.

Los niveles detriticos más gruesos (arenas y gravas) presentan un grado de cementación relativamente alto, con una coloración que fluctúa del rojo al amarillo. La relación anchura-espesor es alta, con base erosiva, y "lag" de cantos. Son frecuentes las amalgamaciones entre los cuerpos detriticos por lo que a veces el espesor de estos niveles puede alcanzar casi la escala decamétrica. En cuanto a longitud se refiere, ésta es función del afloramiento y de la orientación de los cuerpos arenosos, llegando a observarse niveles con continuidad a veces casi del centenar de metros.

El análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera puede observarse en los cuadros adjuntos (nº 1 y nº 2).

Las lutitas son las rocas más abundantes dentro de esta unidad. Destacan por su color rojo y aspecto masivo así como por el relativo contenido en limo que pueden llevar a imprimir ligeros cambios en la coloración a veces hacia tonalidades más ocres.

La relación entre los detriticos gruesos (arenas y gravas) y los más finos (lutitas) es muy variable, presentándose áreas donde el porcentaje de los primeros es más alto, como es el caso del sector septentrional y oriental entre Peñafiel y Roa. Hacia el oeste o el sur parece disminuir el contenido en arena y grava, predominando más sobre el paisaje la litología arcillosa.

El análisis mineralógico por difracción de Rayos X de una de las muestras estudiadas presenta un contenido en cuarzo del 16%, calcita 8%, dolomita 5% y de filosilicatos 71%. Dentro de este grupo destaca la presencia de la illita en un 78% y de la caolinita con el 22%.

Hacia el techo esta unidad presenta una mayor abundancia en términos arenosos así como intercalaciones margosas de color blanco y de limos calcáreos a techo de las arenas y que en general son de espesor métrico. También es frecuente observar niveles discontinuos de arenas yesíferas de colores claros en la misma posición estratigráfica. Lateralmente y hacia el oeste estas facies pasan a margas, margocalizas y calizas, litologías típicas de la Facies Cuestas.

Desde el punto de vista sedimentológico estos materiales corresponden a un sistema de abanicos fluviales con aportes procedentes del este de acuerdo con una salida localizada en la zona oriental en el corredor del Burgo de Osma y procedente de la cuenca de Almazán.

En general se reconocen dos tipos de canales: "braided" y rectilíneos, si bien hacia el sector más occidental se observan cauces de mayor sinuosidad.

La presencia de barras de gravas, desarrollo de "sets" tabulares con estratificación cruzada y canales menores amalgamados propios de los "braided", destaca en ocasiones de los cuerpos de menor complejidad que a veces se observan con una secuencia de relleno típica de canales rectilíneos y frecuentemente formadas por un solo "set" de estratificación cruzadas.

Las paleocorrientes tienen un sentido preferencial hacia el este y una mínima dispersión en las medidas.

**CUADRO N° 1**  
**MINERALES PESADOS**  
**Composición mineralógica de la unidad inferior (Astaraciense)**

Nº Muestra	Afloramiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9001		64,2	32,9	0,8	-	2,1	58,6	21,8	4,6	1,5	1,9	-	-	-	2,9	0,8	2,0	2,0	2,0	-	2,0
9003		65,0	32,8	1,1	-	1,1	61,5	12,1	5,4	2,9	6,2	0,4	0,8	-	4,1	-	1,2	2,9	0,4	-	1,6
9008		52,1	42,1	0,8	-	5,0	67,0	7,4	7,4	1,5	3,3	8,9	-	-	-	-	-	-	4,4	-	-
9012		62,4	32,1	1,8	-	3,7	59,6	17,6	2,0	1,1	9,0	4,4	0,8	-	-	-	0,4	0,8	0,6	-	3,2
9021		55,2	40,5	2,9	1,4	-	37,9	28,7	9,5	4,7	3,0	0,3	-	-	1,3	0,7	3,0	1,0	1,0	-	8,1
9023		75,9	21,0	2,5	0,5	-	56,8	14,2	4,0	5,8	8,9	2,2	0,8	-	2,6	1,6	-	0,8	1,9	-	-

- |                  |                 |                 |                |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1. Opacos        | 6. Turmalina    | 11. Andalucita  | 16. Esfena     |
| 2. Transparentes | 7. Círcón       | 12. Distena     | 17. Epidota    |
| 3. Biotita       | 8. Rutilo       | 13. Sillimanita | 18. Brooquita  |
| 4. Clorita       | 9. Granate      | 14. Hornblenda  | 19. Anatasa    |
| 5. Moscovita     | 10. Estaurolita | 15. Apatito     | 20. Carbonatos |

Datos expresados en %

Los canales de alta sinuosidad sólo se reconocen en el sector más occidental. Están caracterizados por arenas con apreciable contenido en finos como consecuencia de corrientes con abundante carga en suspensión, lo que hace que se dificulte en parte la observación de estructuras internas, apreciándose no obstante en algunos casos superficies de acreción lateral y raramente "cosets" de "climbing ripples" producidos por flujos helicoidales.

Resulta también interesante destacar las frecuentes edafizaciones y procesos de bioturbación a techo de los canales, borrándose las estructuras primarias o tractivas relacionadas con los procesos de colmatación y abandono del canal.

Las lutitas están relacionadas de forma general con los depósitos de frente distal del sistema de abanicos fluviales así como con zonas de llanura de inundación, ya que su origen se debe tanto a desbordamientos de canales como a inundaciones a escala de todo el sistema. Es de destacar el escaso desarrollo de suelos calcimorfos y sí de suelos rojos, por lo que parece que no debían existir buenas condiciones de hidromorfia.

La existencia de facies de desbordamiento en estos depósitos está relacionada con la presencia de canales en zonas próximas, observándose cuerpos tabulares de espesor decimétrico de arena y limo bioturbado, que corresponden a depósitos de "crevasse splay".

Hacia el techo, además de existir una relativa reactivación del drenaje, es frecuente la presencia de zonas de encarcamiento y edafización de canales, intuyéndose la presencia de ambientes lacustres y zonas salinas en áreas próximas.

Este conjunto litológico equivale a la Unidad inferior de GARCIA DEL CURA (1978) y de ARMENTEROS (1986), y a la "Facies Santa María del Campo", de AEROSERVICE (1967) y a la "Unidad 1" de MEDIAVILLA y DABRIO (1989) en sectores más centrales de la Cuenca del Duero.

En estos materiales se localiza el yacimiento de vertebrados de Aranda de Duero de edad Astaraciense, por lo que estos depósitos se sitúan cronológicamente en el Mioceno medio, siendo perfectamente correlacionables con los episodios detriticos aflorantes en otros sectores de la Cuenca del Duero.

#### **1.1.2. Limos calcáreos y margas blancas (3). Astaraciense**

Intercalados en la serie detrítica roja correspondiente a la unidad anterior se observan en algunas ocasiones pequeños niveles de color blanco que destacan en el horizonte y presentan un carácter discontinuo.

En detalle estos niveles tienen un espesor métrico y escasa continuidad lateral. Litológicamente están formados por margas y limos calcáreos blancos bioturbados, a veces con huellas de raíces y organizados en secuencias negativas que corresponden, dentro del contexto fluvial, a episodios de encarcamiento aislados, con precipitación de carbonatos en época de estiaje.

Tales características son observables en algunas zonas como al norte de Peñafiel, en la margen derecha del río Duero, concretamente en las laderas meridionales del Alto de los Pinos.

## CUADRO N° 2

### UNIDAD INFERIOR (ASTARACIENSE) Composición de la fracción ligera comprendida entre 0,25 mm. y 0,50 mm.

	9001	9003	9008	9012	9021	9023
CUARZO MONOCRISTALINO						
Extinción recta	56,1	43,9	59,8	50,4	41,1	30,5
Extinción ondulante	21,6	20,8	10,5	22,7	18,9	19,5
CUARZO POLICRISTALINO	6,1	8,2	4,6	10,5	11,7	12,9
FELDESPATO K	11,1	12,2	8,3	3,9	3,9	7,2
CHERT	0,5	4,1	1,1	0,5	–	0,5
F. R. SEDIMENTARIAS						
Carbonatos	–	–	13,3	1,6	17,3	11,3
Areniscas	4,4	6,3	0,5	3,8	3,2	7,2
Arcillas	–	–	–	–	–	1,2
F. R. PLUTÓNICAS	–	–	–	–	0,4	–
F. R. VOLCÁNICAS	–	–	–	–	–	–
F. R. METAMÓRFICAS						
Pizarras	–	–	–	–	0,6	1,0
Esquistos	–	0,4	–	1,6	–	–
Metacuarцитas	4,4	4,1	1,1	4,4	11,1	7,2
F. R. AUTÓCTONAS						
Carbonatos	–	–	–	–	–	–

Datos expresados en %.

#### 1.1.3. **Margas blancas, a veces con yesos y margocalizas con intercalaciones de calizas o dolomías. "Facies Cuestas" (4). Astaraciense superior-Vallesiense inferior**

Bajo este epígrafe se engloba un conjunto de materiales detrítico-carbonatados y yesíferos de color blanco-grisáceo y denominados por HERNANDEZ PACHECO (1915) como "Facies Cuestas", litofacies característica que se extiende de forma amplia por el sector central y surooriental de la Cuenca del Duero.

Esta unidad se sitúa estratigráficamente por encima de la serie detrítica roja, base del ciclo (unidad 1) anteriormente ya descrita, por lo que sus afloramientos se localizan por lo general en la parte media-alta de las laderas que configuran los valles en la región, como se puede observar en los valles de los ríos Duratón y Botija, aunque si bien y puntualmente existen excelentes cortes en el propio valle del río Duero (Valdezate, Bocas de Duero, Curiel, etc.).

Es de destacar la gran variedad litológica que caracteriza a esta unidad, ya que se trata de un conjunto detrítico-carbonatado, de colores blancos, que intercala con frecuencia niveles de rocas carbonáticas (calizas y/o dolomías, unidad 5) que han sido diferenciadas, ya que en ocasiones constituyen importantes resaltes estructurales con entidad cartográfica, motivo por el cual son tratadas en epigrafe aparte.

Desde el punto de vista litológico bajo la denominación de "Facies Cuestas" se engloba un conjunto margo-yesífero de color blanco y/o gris muy característico que incluye niveles de arcillas carbonosas, por lo general de espesor decimétrico, arcillas verdes y yesos de origen diagénético, todos ellos distribuidos en la vertical de forma irregular, aunque con un claro control sedimentario secuencial de carácter retroactivo.

Las arcillas verdes aparecen en paquetes métricos con horizontes enrojecidos a techo y a veces bioturbados que se interpretan desde el punto de vista sedimentológico como ciclos de oxidación-reducción en ambientes perilacustres y marginales, tipo palustre fangoso. El contenido en carbonato es muy bajo (5-10%) y alto en filosilicatos, del orden del 75%, siendo dentro de éstos la esmectita el componente mayoritario (50%), seguido de la illita (42%) y caolinita (8%).

Los niveles de arcillas carbonosas son de espesor centimétrico a decimétrico, ricos en materia orgánica, aunque con un contenido relativo y variable. Desde el punto de vista paleontológico contienen gran cantidad de restos o fragmentos de gasterópodos así como ostrácodos y characeas. Corresponden a depósitos de ciénagas en ambientes lacustres marginales con fondos reductores, ricos en materia orgánica y aguas aciduladas que impiden la precipitación de carbonatos.

Las margas blancas, por lo general, tienen un contenido variable en carbonatos y en ocasiones presentan niveles de yesos dispersos. Hacia techo pasan a margocalizas, también de color blanco, más compactas, y finalmente niveles de caliza y/o dolomía de color gris y espesores de decimétrico a métrico que en ocasiones responden a procesos de dolomitización y dedolomitización.

Las margas de colores pardos, aunque de poco espesor, decimétrico a métrico, son muy bioclásticas ricas en fragmentos fósiles (gasterópodos, etc.) y suelen presentar base plana y techo ondulado. El contenido en limos es variable, observándose estructuras tractivas, como estratificación cruzada ondulada, y "ripples" de ola. Se trata de depósitos de media-alta energía producidos por fenómenos tormentosos y en áreas donde existen aportes de terrígenos.

Las margas y margocalizas blancas son los depósitos más característicos, presentando un relativo aspecto masivo, a veces, y frecuentemente bioturbado, aunque por lo general se organi-

zan en bancos métricos a decimétricos y en ciclos de carbonatación producidos por el descenso y calentamiento de la lámina de agua, y el incremento en la misma de la concentración de carbonatos. Los términos más altos incluyen intervalos nodulizados, como consecuencia de los procesos pedogenéticos, así como niveles de margas calcáreas y/o margocalizas de aspecto tableado y lajoso propios de ambientes de mayor batimetría.

Las margas yesíferas presentan un relativo contenido en dolomita así como una coloración diversa (de verde oscuro a beige claro). Aparecen en paquetes masivos que en ocasiones pueden llegar a alcanzar la decena de metros.

Por lo general estas margas incluyen cristales microlenticulares de yeso, generados por crecimiento intersticial. Cuando se observan megacristales (punta de flecha) obedecen a procesos diagenéticos. En el cuadrante suroccidental de la Hoja estas margas pueden incluir algunos niveles de yeso microgranular de potencia métrica a decimétrica. En ocasiones, aparecen niveles de gypsarenitas generalmente afectados por procesos de calcificación posteriores, así como se puede observar crecimientos irregulares de carbonatos secundarios con pseudomorfos de evaporitas.

El contacto con la serie detrítica infrayacente es transicional, realizándose un paso gradual, aunque en pocos metros, entre ambas unidades. Este paso se lleva a cabo bien mediante la presencia de niveles de arenas yesíferas, arcillas rojas y margas blancas o por la existencia de un tramo de arcillas verdes de 1 ó 2 m y un nivel de megacristales de yeso bien desarrollado. Este tránsito en ocasiones no es observable ya que a veces se encuentra enmascarado por derrubios y coluviones.

Lateralmente y hacia el este las "Facies Cuestas" pasan a las facies detríticas rojas en el sector de Aranda de Duero-Roa. Hacia techo existe un enriquecimiento en carbonatos pasando a las calizas y margas que constituyen la unidad "calizas inferiores del páramo".

En detalle, esta unidad presenta características petrológicas muy diferentes de unos sectores a otros según se trate de zonas lacustres propiamente dichas o áreas marginales. En las primeras predominan los sedimentos margosos, arcillas carbonosas, margocalizas, calizas y dolomías, a veces acarnioladas, organizados todos ellos en secuencias somerizantes y retractivas. En las áreas marginales son más frecuentes las intercalaciones detríticas, fundamentalmente de arcillas rojas de espesor métrico (1 ó 2 m), que cuando presentan una mayor continuidad lateral e intercalan arena han sido representadas cartográficamente (unidad 6).

Este hecho es observable en el sector oriental de la Hoja, en las proximidades de San Martín de Rubiales o en Valdezate y Fuentecén, así como en las proximidades de Cuevas de Provano. En la mitad occidental de la Hoja, y por el contrario, predominan las facies detrítico-carbonatadas (margas, margocalizas, etc.) con frecuentes intercalaciones de niveles calizos o dolomíticos.

En resumen, la tónica dominante y característica de esta unidad son las facies detrítico-carbonatadas de margas y margocalizas blancas con niveles de yesos diagenéticos, localizados éstos preferentemente en la parte baja de la serie. Asimismo, son muy frecuentes las intercalaciones de calizas y/o dolomías de espesor métrico a decamétrico, que destaca morfológicamente en

el paisaje (unidad 5). Los niveles calcáreos cuando no se encuentran dolomitizados corresponden a veces a calizas fosilíferas (biomicritas) o calizas intraclásticas ricas en gasterópodos, ostrácodos y charáceas, con estructuras algales y huellas de raíces que se disponen con las margas y margocalizas en orden secuencial negativo.

Desde el punto de vista paleontológico se trata de una unidad fosilífera rica en ostrácodos, charofitas y gasterópodos, habiéndose determinado entre otros: *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Candonia cf. ciceronis* CARBONNEL *Pseudocandonia* sp. La edad para todo este conjunto litológico estaría comprendida entre el Astaraciense superior y el Vallesiense inferior.

#### 1.1.4. Dolomías y/o calizas a veces con intercalaciones margosas (5). "Facies Cuestas". Astaraciense sup.-Vallesiense inf.

Se trata de una subunidad cartográfica diferenciada dentro de la "Facies Cuestas" que destaca tanto por su litología como por su morfología en el paisaje.

El espesor de estos litosomas diferenciados fluctúa desde los pocos metros a la decena, siendo la relativa continuidad lateral de éstos una de las principales características, así como su naturaleza carbonática. Predomina en el sector central de la Hoja, desapareciendo lateralmente tanto hacia la parte oriental y suroriental (sector de Sacramenia) como hacia el sector occidental, al oeste de Peñafiel.

Los mejores afloramientos se localizan en el valle del Duratón entre las poblaciones de Peñafiel y Rábano y en el valle del río Botija, entre Castrillo del Duero y Peñafiel.

Litológicamente se trata de rocas carbonáticas (calizas y/o dolomías) de espesores métricos afectadas a veces por procesos de dolomitización y dedolomitización, así como por disolución de yesos. El contenido en margas es muy bajo y aparecen asociados secuencialmente a las calizas y/o dolomías. Dada la escala de trabajo, y por necesidades de representación, han sido incluidos dentro de esta unidad.

Dentro de las calizas, y al margen de los procesos diagenéticos a los que se ha hecho referencia y más en detalle, aparecen diferentes tipos de facies.

Así se observan wackstones a packstones, con abundantes componentes asociados a margas bioclásticas ricas en fragmentos de gasterópodos, charáceas, ostrácodos y cuarzo y que han sido descritas ya en el anterior epígrafe. Se presentan en niveles decimétricos a métricos, que pueden organizarse en secuencias negativas con morfología de barra o en secuencias positivas, presentando entonces la base canalizada con estructuras tractivas. A veces hay packstones y grainstones intercalados, con estructuras de oleaje y que corresponden a niveles de capas de tormenta.

Los mudstones y wackstones presentan escasos componentes tales como estructuras algales. Se trata de dismicritas a veces parcialmente recristalizadas con texturas peletoidales o grumulares, tubos de raíces, huellas de disolución y huecos circungranulares, todo ello típico de ambiente palustre.

Las calizas secundarias presentan pseudomortos de yesos y afloran bien en paquetes métricos o desarrollados dentro de las facies calcáreas.

De visu, en campo, a veces se reconocen huellas de raíces ("juncáceas") a techo de estos paquetes y relacionados siempre con momentos de retracción en el lago.

Desde el punto de vista sedimentológico estos episodios carbonatados, organizados de forma secuencial, culminan los ciclos o subciclos que conforman la Facies Cuestas y corresponden a secuencias de somerización, de carácter retractivo de tipo palustre dentro del contexto lacustre-palustre que caracteriza a la Facies Cuestas, quizás a finales del Astaraciense superior o el Vallesiense inferior.

#### **1.1.5. Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas (6). Astaraciense superior**

En el sector oriental de la Hoja y a partir del meridiano de Castrillo del Duero se observan intercalados en la Facies Cuestas diferentes episodios detríticos de color rojo.

Estos niveles detríticos por lo general tienen espesores entre los 2 y 10 m, y están formados por arcillas y/o limos rojos, areniscas, niveles de oncolitos retrabajados, y a veces arenas y arcillas verdes.

Los mejores afloramientos corresponden al sector de Valdezate o al sur de Fuentelisendo y Fuentecen, así como en las proximidades de Cuevas de Provano. También se ha incluido en Este epígrafe los dos niveles detríticos aflorantes en la mesa de San Martín de Rubiales-Membrilla del Castejón, situados por encima de los primeros niveles carbonatados, asimilables a la Facies Cuestas aunque correspondientes a ambientes marginales.

Esta unidad abarca o incluye los depósitos terrígenos generados por aportes fluviales a los márgenes lacustres, por lo que desde el punto de vista sedimentológico presenta variedad de subambientes, predominando las facies fluviales canalizadas con desarrollo de estructuras (canales) así como los de llanura de inundación.

En ocasiones algunos depósitos canaliformes presentan estructuras onduladas y *ripples* de olas, representando canales colectores en régimen intermitente subacuático. Otras veces llegan incluso a observarse morfologías tabulares con base plana y techo ondulado. Distalmente se relacionan con arcillas y margas verdes y rojas así como con arcillas negras.

La edad de estos materiales se sitúa en el Astaraciense probablemente superior por su posición estratigráfica y relación con la serie roja infrayacente (Unidad detrítica de Aranda) datada como Astaraciense (Yacimiento de Aranda del Duero).

#### **1.1.6. Calizas, dolomías y margas (7) Margas y margocalizas blancas (8). "Calizas inferiores del Páramo". Astaraciense superior-Vallesiense inferior**

Estas unidades representan el final del ciclo de sedimentación de la Facies Cuestas en el sector oriental de la Cuenca del Duero, constituyendo sus afloramientos, en muchas ocasiones, el

resalte superior que configura las mesas de los páramos en este área. Resultan equivalentes al techo de la Unidad 3 de MEDIAVILLA y DABRIO (1988) para el sector central de la Cuenca del Duero en Palencia y a la Unidad Media de ARMENTEROS (1986), así como a la "caliza de los páramos" de GARCIA DEL CURA (1974).

Para llevar a cabo las observaciones hay que procurar elegir siempre zonas donde estén representados por encima los materiales correspondientes al segundo ciclo, ya que con frecuencia el desarrollo de una superficie de erosión sobre esta unidad restringe la potencia real de la serie, rebajando tanto el espesor real como las características de las mismas. Contribuye además a esto los materiales suprayacentes, que se sitúan en discordancia sobre estos términos finales del ciclo "calizas inferiores del Páramo".

Los mejores afloramientos se localizan en la mitad occidental de la Hoja, en las mesas de la margen derecha del Duero o a ambos márgenes de los valles del Duratón y Botijas, como p.e. en las proximidades de Melida, Castrillo del Duero, Peñafiel o Rábano.

Desde el punto de vista litológico las características petrológicas son similares a las descritas para la unidad 5, es decir, se trata de calizas y/o dolomías, en bancos de 0,5 a 1 m. de espesor, de colores grises, con intercalaciones de margas y margocalizas que en algunos casos han sido diferenciadas cartográficamente (unidad 8) y que se encuentran organizadas generalmente en secuencias negativas y afectadas por procesos diagenéticos. Algunos niveles calcáreos, en ocasiones, contienen abundante fauna de gasterópodos. También se observan procesos de dolomitización y dedolomitización y estructuras de disolución de sales, huellas de raíces y niveles de capa de tormenta con estratificación producida por oleaje.

En detalle se trata bien de *wackstones*-*packstones*, o de *mudstones* con huellas de disolución, estructuras algales, texturas peletoidales, tubos de raíces, etc., todo ello típico de un ambiente palustre.

Estos materiales, lateralmente, pasan a facies margosas blancas típicas de la Facies Cuestas. Representan el episodio final de sedimentación lacustre-palustre de carácter retractiva en este sector de la Cuenca del Duero. Las variaciones laterales de esta unidad, y en particular de la facies, ponen de manifiesto, de acuerdo con lo anteriormente expuesto, "una migración de los ambientes desde los márgenes hacia el centro del lago" (MEDIAVILLA y DABRIO 1989).

Por último, la edad de esta unidad parece situarse entre el Astaraciense superior (yacimientos de Montejo de la Vega y Fuentelisendo) y probablemente base del Vallesiense inferior de acuerdo además con otro yacimiento de micromamíferos existente en facies similares en los alrededores de Palencia y en las calizas que culminan también los páramos en el sector.

#### **1.1.7. Arcillas rojas con areniscas y/o conglomerados y margas (9). Vallesiense inferior**

Esta unidad representa la serie detrítica basal del ciclo de las "calizas superiores del páramo" que morfológicamente constituyen los páramos de la mitad meridional de la Hoja de Peñafiel ("Páramos de Campaspero y Sacramenia").

Se corresponde estatigráficamente con la parte basal de la Unidad Superior (Serie detrítico-carbonatada) de ARMENTEROS (1986) y con el episodio detrítico-carbonatado de GARCIA DEL CURA (1975), así como con la base de la "Unidad 4" de MEDIAVILLA y DABRIO (1989). También se correlaciona con la serie detrítica basal de las "calizas superiores del Páramo" en el sector de Antigüedad.

Se trata de una unidad del orden de 30 a 40 m de espesor aunque hacia el norte disminuye y se dispone discordantemente sobre las "calizas inferiores del Páramo". Se localiza en el sector central de la Hoja en la margen izquierda del Duero. Los mejores afloramientos se localizan en Castrillo del Duero y en el cerro Torruelo cerca de Melida, ambos en el valle del río Botija.

Generalmente la calidad de los afloramientos no es buena, por lo que las observaciones cuando se realizan suelen tener carácter puntual.

Litológicamente está formada por arcillas rojas y areniscas, poco cementadas y arenas de grano medio a grueso a veces con "lag" de cantos de tamaño medio a fino y de color amarillo con tonalidades muy características, en ocasiones de varios metros de espesor. Ocasionalmente intercalan niveles de margas, de colores claros, y cuando esto ocurre, generalmente se localizan hacia la base de la unidad. Lateralmente y hacia el sur, estos depósitos pasan a una serie detrítico-carbonatada, heterogénea litológicamente, que constituye la unidad 10.

Los análisis de minerales pesados y ligeros llevados a cabo en la fracción arena han arrojado los resultados que se observan en los cuadros nºs 3 y 4.

Desde el punto de vista sedimentológico esta unidad representa el inicio de un ciclo sedimentario ("calizas superiores del Páramo"), marcado por una discontinuidad al menos bastante importante en la mitad septentrional de la Hoja y en general en el sector central y centro-oriental de la Cuenca del Duero.

Estos depósitos se corresponden a un sistema fluvial, de carácter arenoso, de alta sinuosidad, que procedente del NE discurriría por el sector central de la Hoja. Este hecho se pone de manifiesto por las estructuras y tipo de afloramiento que a veces se observan en las facies canalizadas (escasos "lag" de cantos, frecuentes acrecciones laterales, dirección de paleocorrientes, etc.).

La edad de estos materiales correspondería al Vallesiense inferior, ya que lateralmente pasan a la serie detrítico carbonatada que caracteriza a la base de este ciclo en el sector meridional y donde se ubica, fuera de la Hoja pero en áreas próximas, el yacimiento de mamíferos de los valles de Fuentidueña, de edad Vallesiense inferior (ALBERDI *et al.* 1981).

#### **1.1.8. Margas blancas, margocalizas y calizas margosas con intercalaciones de arcillas ocres y verdes. Ocasionalmente niveles discontinuos de areniscas y oncolides (10). Vallesiense inferior**

Este conjunto litoológico constituye la base y parte media del ciclo "calizas superiores del Páramo" en el sector meridional de la Hoja, concretamente en la margen izquierda del valle del Duero entre Fuentecén y Peñafiel al sur de Castrillo del Duero.

## CUADRO N° 3

**MINERALES PESADOS**  
**Composición mineralógica de la unidad detrítica base ciclo**  
**"Calizas superiores del páramo"**

Nº Muestra	Afloramiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9002	Castrillo del Duero	64,0	33,5	1,4	-	1,1	58,5	13,3	15,8	1,3	1,9	-	-	-	3,3	-	0,8	2,0	2,2	-	-
9015	Cerro Lotero	61,4	35,7	2,9	-	-	61,6	13,7	6,0	-	7,7	-	2,1	-	1,8	-	-	0,8	2,1	-	3,8
9022	Fuenteligeno	52,1	40,6	5,0	-	2,3	41,5	18,5	8,6	1,1	2,7	1,5	1,1	-	2,2	0,3	-	-	1,1	-	20,5

- |                  |                 |                  |                |
|------------------|-----------------|------------------|----------------|
| 1. Opacos        | 6. Turmalina    | 11. Andalucita   | 16. Esfena     |
| 2. Transparentes | 7. Circón       | 12. Distena      | 17. Epidota    |
| 3. Biotita       | 8. Rutilo       | 13. Sillimanita  | 18. Brooquita  |
| 4. Clorita       | 9. Granate      | 14. Hornblendita | 19. Anatasa    |
| 5. Moscovita     | 10. Estaurolita | 15. Apatito      | 20. Carbonatos |

Datos expresados en %

Se sitúa generalmente sobre los términos finales de las "calizas inferiores del Páramo" aunque en ocasiones también lo hace sobre la serie detrítica basal (unidad 9), con la que lateralmente se relaciona por cambio de facies que marca la "discontinuidad intrapáramos" y el inicio del nuevo ciclo de sedimentación.

Se trata de una unidad muy heterogénea denominada inicialmente "episodio detrítico carbonatado" por GARCIA DEL CURA (1974) o "serie detrítico carbonatada" de la Unidad Superior, por ARMENTEROS (1986).

Los mejores afloramientos se localizan en el cuadrante sur-oriental de la Hoja, principalmente en el valle de Cuevas de Provano, en la zona de cabecera, así como en el sector de Sacramenia, concretamente en el límite meridional de la Hoja y a pocos metros de dicha localidad.

También es observable en los alrededores de Molpeceres, cerca de la carretera de Peñafiel a Cuéllar o en las proximidades de Canalejas de Peñafiel, ya en el páramo de Campaspero.

#### CUADRO Nº 4

##### **UNIDAD DETRITICA BASE CICLO "CALIZAS SUPERIORES DEL PARAMO" Composición de la fracción ligera comprendida entre 0,25 mm. y 0,50 mm.**

	9002	9015	9022
CUARZO MONOCRISTALINO			
Extinción recta	43,5	42,7	47,0
Extinción ondulante	20,0	22,2	24,8
CUARZO POLICRISTALINO	14,0	10,0	9,8
FELDESPATO K	2,1	5,5	2,6
CHERT	4,2	1,6	1,3
F. R. SEDIMENTARIAS			
Carbonatos	-	0,5	1,9
Areniscas	7,1	6,4	0,6
Arcillas	-	-	-
F. R. PLUTONICAS	-	-	-
F. R. VOLCANICAS	-	-	-
F. R. METAMORFICAS			
Pizarras	-	1,6	0,6
Esquistos	1,7	3,8	-
Metacuarctas	6,4	5,0	11,1
F. R. AUTOCTONAS			
Carbonatos	-	-	-

Datos expresados en %.

Litológicamente se trata de un conjunto heterogéneo de colores claros, blanco principalmente, y formado por margas, margocalizas, arcillas ocres o verdes y en ocasiones niveles carbonosos, así como a veces tramos arenosos, calizas y ocasionalmente niveles de oncolitos generalmente retrabajados, que se sitúan por lo general inmediatamente por debajo de las calizas superiores de los páramos, y que hacia el oeste pasan a facies más carbonatadas, perdiéndose los episodios detríticos que caracterizan al sector oriental.

Estos niveles oncolíticos, de color blanco generalmente, no superan los 1,5-2 m de espesor aunque su continuidad lateral en el afloramiento es bastante notable (15 a 30 m). Llama la atención el tamaño de los oncoídes, que pueden superar incluso los 15 cm de diámetro. Todos ellos están rodeados por una matriz calcárea (micrita) y detrítica de granos de cuarzo, y bien cementados. Generalmente, además de la base canalizada, estos niveles se presentan en secuencias granodecrescentes con estratificación cruzada planar o muy tendida a media-gran escala. Hacia techo se observa un paso a arenas o margas y/o calizas que representan episodios palustre-lacustre de paleosuelos una vez finalizado el funcionamiento del canal.

El resto de los materiales detrítico-carbonatados generalmente están formados por margas blancas, masivas, a veces con intercalaciones de niveles de arcillas rojas u ocres y pasadas de arenas de grano muy fino. Ocasionalmente se localizan delgados niveles calizos y margocalizos que representan el techo de las secuencias margosas.

Desde el punto de vista sedimentológico toda esta unidad, en líneas generales, es fácil de integrarla en un contexto fluvio-lacustre donde predominan la sedimentación carbonatada palustre-lacustre somera, que se ve interrumpida por efímeros episodios fluviales y donde los niveles de oncolitos representarían probablemente pequeños canales divagantes, que de forma esporádica atravesarían llanuras de fangos, lutíticas, generalmente carbonatadas, arrastrando oncoídes sedimentados previamente en etapas de baja actividad fluvial (lacustre-palustre).

Todo este ambiente fluvio-lacustre se situaría, según ORDOÑEZ *et al.* (1982), en un contexto paleogeográfico situado entre los abanicos aluviales de Honrubia-Prádales situados más al Sur, fuera de la Hoja, y las facies detríticas canalizadas y sus llanuras de fangos (unidad 9) que se localizarían en el sector central y septentrional de la Hoja cuyas paleocorrientes denuncian aportes procedentes del NE y E.

En esta unidad, aunque fuera de la Hoja se sitúa el yacimiento de los valles de Fuentidueña objeto de numerosos trabajos (ALBERDI 1974 y ALBERDI *et al.* 1981) y que fue datado como Vallesiense inferior, por lo que la edad de estos depósitos se sitúa, al menos, en la zona MN9 de Mein. Representan el inicio de un nuevo ciclo de sedimentación en el Neógeno superior caracterizado por un ambiente lacustre-palustre con esporádicas entradas fluviales en la mitad meridional del área ocupada por la Hoja.

#### **1.1.9. Calizas grises con algunas intercalaciones margosas (12), y Margas blancas (11). "Calizas superiores del Páramo". Vallesiense-Turolense**

Estas unidades representan la unidad terminal carbonatada del ciclo del neógeno superior o ciclo de las "calizas superiores del Páramo".

Sus afloramientos se localizan en la mitad meridional de la Hoja a partir de la margen izquierda del río Duero, configurando por lo general las extensas planicies de los páramos en la región ("Páramos de Campaspero o Sacramenia").

En ocasiones, y como consecuencia de los procesos erosivos actuales o subactuales, se localizan pequeñas mesas (Cabezuela) o cerros testigos (Lotero) que destacan de forma característica en el horizonte sobre el paisaje mesetario.

Las mejores observaciones se pueden llevar a cabo en la carretera de Cuevas de Provano a Sacramenia, en el valle del río Botijas, y en ambas márgenes del valle del Duratón, tanto en las proximidades de Rábano como en Fompedrosa o Canalejos de Peñafiel. También existen buenos cantiles en la margen izquierda del río Duero entre Valdezate y Fuentecen, al suroeste de Fuentemolinos.

Litológicamente se trata de un conjunto carbonatado compuesto fundamentalmente por calizas, de color gris a blanco o beige, en general bastante potentes y karstificadas y con variedad de facies, constituyendo el resalte morfológico somital de las mesas. Con frecuencia hay secuencias que intercalan niveles margosos de poco espesor, aunque en ocasiones constituyen afloramientos con entidad cartográfica (unidad 11). Este es el caso de los afloramientos del valle de Cuevas de Provano (río Botijas), donde el espesor y la variedad de facies de esta unidad así lo han permitido.

En detalle se trata de calizas intraclásticas, *wackstones* a *packstones* o *mudstones* con abundantes gasterópodos. Se observan, a veces, bases erosivas en los cuerpos calcáreos, así calizas o calizas margosas de aspecto noduloso y calizas brechificadas.

Al microscopio se presentan como dismictitas, a veces algo arenosas con estructuras muy heterogéneas y abundantes rasgos pedogénicos, con huecos fenestrales y tubos de raíces llenos con pseudomorfos lenticulares de yesos, peloides de origen palustre y formación de intraclastos por desecación.

La parte superior de esta unidad aparece afectada por procesos erosivos con desarrollo de superficies de erosión y formación de suelos rojos arcilloso-calcáreos con una composición mineralógica rica en illita, algo de esmectita y bajo contenido en caolinita.

Desde el punto de vista sedimentológico se trata de depósitos claramente típicos de ambientes lacustres-palustres, de alta a media energía en aguas ricas en carbonatos, sometidos a constantes cambios del nivel de agua y posición paleogeográfica, siempre bajo unas relativas condiciones de aridez, como lo demuestra la existencia de cristales de yeso, generalmente disueltos, y de los procesos de dolomitización que a veces se observan.

Todos estos materiales carbonáticos representan el episodio final de un ciclo inicialmente expansivo y posteriormente retractivo y que corresponde al último ciclo de sedimentación establecido en la región, que se inició en el Vallesiense interior (unidades 9 y 10), y debió abarcar hasta parte quizás del Turoliense, aunque esta datación casi probable resulta difícil de demostrar por falta de argumentos paleontológicos fiables, por lo que para su datación hay

que correlacionar otros sectores de la Cuenca del Duero, como el central, en la parte de Palencia, donde depósitos de similares características y posición estratigráfica parecen llegar al Turoliense (LOPEZ et al. 1982, 1985).

## 1.2. BIOESTRATIGRAFIA DEL NEOGENO

### 1.2.1. Introducción

Hasta el presente, la secuencia conocida en el sector central y meridional de la Cuenca del Duero comprende exclusivamente gran parte del Mioceno medio y la parte inferior del Mioceno superior, reconociéndose cuatro unidades bioestratigráficas para este tiempo (ALVAREZ et al. 1985):

1. Zona con *Megacricetodon lopezae* correlacionable con la zona G de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), edad Aragoniense superior (dataaría como tal la "Facies Tierra de Campos").
2. Zona con *Megacricetodon ibericus* correlacionable con la zona H de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), edad Vallesiense inferior (dataaría la base de la "Facies Cuestas").
3. Zona con *Cricetulodon hartenbergeri* correlacionable con la zona I de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), edad Vallesiense inferior (dataaría el techo de la "Facies Cuestas" y la base de la "Caliza del Páramo").
4. Zona con *Progonomys hispanicus* correlacionable con la biozona NM 10 de MEIN (1975) edad Vallesiense superior (dataaría parte de las "Calizas del Páramo").

Para GARCIA MORENO (1988) estas dos últimas biozonas (*Cricetulodon hartenbergeri* y *Progonomys hispanicus*) aún se encontrarían en la "Facies Cuestas", quedando las "Calizas del Páramo" inmediatamente por encima, con lo que su edad sería Vallesiense superior.

### 1.2.2. Antecedentes

A continuación se hace un resumen de los datos bibliográficos que hay, con la localización, edad y cita bibliográfica más importante del yacimiento.

#### **Guardo: Hoja 132**

Yacimiento: Guardo: Karst. Pleistoceno medio.  
LOPEZ MARTINEZ y SANCHIZ, 1982; SEVILLA, 1988.

#### **Carrión de los Condes: Hoja 197**

Yacimiento: Itero: Vallesiense inferior (Mioceno superior).  
LOPEZ MARTINEZ y SANCHIZ, 1982.

### **Palencia: Hoja 273**

Yacimientos:

Miranda (varios): Vallesiense inf./Turolense medio (Mioceno superior).

Otero: Aragoniense superior (Mioceno medio).

LOPEZ MARTINEZ y SANCHIZ, 1982.

### **Dueñas: Hoja 311**

Yacimientos: Autilla 1 y 2: Vallesiense inf. (Mioceno superior).

Cerrato (varios): Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Dueñas: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Frausilla (varios): Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Cubillas: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Ampudia (varios): Vallesiense (Mioceno superior).

Torremormojón (varios): Aragoniense sup. y Vallesiense (Mioceno medio y superior).

LOPEZ MARTINEZ y SANCHIZ, 1982; LOPEZ MARTINEZ *et al.* (1986).

### **Saldaña: Hoja 164**

Yacimiento clásico de Relea con *Hippurion*, Vallesiense, al menos Mioceno superior.

### **Cigales: Hoja 343**

Yacimiento Fuensaldaña: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

LOPEZ MARTINEZ en informe a Hojas del MAGNA.

### **Valladolid: Hoja 372**

Yacimientos:

Duredos: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Cistiérniga: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Valladolid: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Girón 1: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Zaratán: Aragoniense sup./Vallesiense inf.

Simancas: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

LOPEZ MARTINEZ en informe a Hojas del MAGNA y LOPEZ MARTINEZ, GARCIA MORENO y ALVAREZ SIERRA, 1986.

### **Arévalo: Hoja 455**

Yacimiento:

El Lugarejo: Vallesiense inf. (Mioceno superior).

LOPEZ MARTINEZ, Informe Complementario Hoja MAGNA.

### **Villadiego: Hoja 166**

Yacimiento de Sandoval de la Reina.

Citado por CRUSAFONT y TRUYOLS (1960), ALBERDI (1974) y MAZO (1977). Se desconoce su ubicación exacta, si bien estos autores atribuyen a ese yacimiento una probable edad Astaraciense superior.

## **Burgos: Hoja 200**

A 15 km al Este de Burgos, en la Sierra de Atapuerca, hay un complejo kárstico con numerosos yacimientos de macro, micromamíferos y homínidos que abarcan una edad comprendida entre los comienzos del Pleistoceno medio y el Pleistoceno superior. Un estudio completo de las características geológicas y paleontológicas de estos yacimientos se encuentra en la monografía: AGUIRRE, CARBONELL y BERMUDEZ DE CASTRO edit.

## **Aranda de Duero: Hoja 346**

Yacimiento de vertebrados del Mioceno medio. ("Vindoboniense"), equivalente actualmente al Aragoniense sup. CRUSAFONT PAIRO y CELORRIO (1959).

## **Olombrada: Hoja 402**

Yacimiento de vertebrados en los Valles de Fuentidueña del Mioceno superior (Vallesiense inferior). ALBERDI, 1974 y ALBERDI *et al.* (1981).

### **1.2.3. Análisis y discusión sobre la bioestratigrafía del Terciario**

Las dataciones paleontológicas existentes en la actualidad y realizadas sobre restos de vertebrados en el sector central y septentrional de la Cuenca del Duero datan desde comienzos de siglo.

Las primeras investigaciones y datos se iniciaron con las visitas de HERNANDEZ PACHECO (1923 y 1926) al Yacimiento de Saldaña y continuaron a lo largo del siglo con estudios de algunos investigadores más, como HERNANDEZ PACHECO, 1930; CRUSAFONT y VILLALTA (1954); CRUSAFONT y TRUYOLS (1960), etc.

A finales de la década de los setenta y principios de los ochenta se da un fuerte impulso con motivo de la realización de las Hojas del Plan MAGNA en la Cuenca del Duero, ya que comienza una recopilación exhaustiva de datos y puesta al día de ellos (PORTERO *et al.*, 1982) con objeto de establecer una estratigrafía más precisa y actualizada acorde con los trabajos a desarrollar.

A partir de esas fechas se suceden una serie de publicaciones sobre la bioestratigrafía de los terciarios en base a las nuevas prospecciones: ALBERDI *et al.* (1981), LOPEZ y SANCHIZ. (1982), LOPEZ *et al.* (1985). En estos trabajos se recopilan los yacimientos principales de micromamíferos, así como se intenta llevar a cabo una correlación entre dichos yacimientos y su situación litoestratigráfica dentro de la columna tipo del Terciario.

Con posterioridad a estas publicaciones comienzan a desarrollarse estudios de tipo sedimentológico donde se intenta estudiar en detalle la evolución de diferentes sectores de la Cuenca del Duero. Corresponden a esta nueva fase los trabajos de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1989), ARMENTEROS (1986) y ARMENTEROS *et al.* (1986). Paralelamente se incorporan también nuevos datos bioestratigráficos: LOPEZ *et al.* (1986) y ARMENTEROS *et al.* (1986).

La revisión de los últimos trabajos sobre edades en el sector central de la Cuenca del Duero, plantean varios problemas en cuanto a asignación cronológica, principalmente de los niveles correspondientes a las calizas inferiores y superiores del páramo.

Los primeros problemas que se plantean son de carácter puramente paleontológico. Un hecho de sobra conocido es que algunas asociaciones faunísticas de vertebrados que se utilizan para dataciones presentan una ligera diacronía, por problemas migratorios de unas cuencas continentales a otras, dentro de la propia Península Ibérica.

Por otro lado, a veces algunos yacimientos son sometidos a revisión y la bioestratigrafía y/o escala cronoestratigráfica sufre una actualización. También son de sobra conocidos los problemas de correlación entre las diferentes escalas cronoestratigráficas propuestas por distintos autores y que con frecuencia se utilizan para este tipo de trabajos.

Por último el problema se acentúa un poco más cuando se intenta establecer una relación entre las escalas de vertebrados (macro y micromamíferos) con las utilizadas para los ostrácodos foraminíferos, polen, etc., ya que entonces existe un claro diacronismo y resulta casi imposible establecer tal correlación. Todo esto ha llevado consigo a enfocar este trabajo utilizando como instrumento principal los diferentes ciclos sedimentarios y rupturas intracuencas, correlacionando entre sí estos ciclos y apoyados por un soporte paleontológico, conscientes de la problemática que conlleva.

Así, por ejemplo, en las "calizas inferiores del Páramo" el problema se plantea al atribuir además de Vallesiense inferior una edad Turolense (MEDIAVILLA y DABRIO 1989), ya que estos autores se basan en la propuesta de LOPEZ y SANCHIZ (1982), Yacimiento de Miranda-2, Hoja de Palencia. Sin embargo posteriormente LOPEZ *et al.* (1985) reconoce que para la "Unidad Caliza de los Páramos su edad no se conoce y ha sido asignada al Turolense".

MEDIAVILLA y DABRIO (1986), en un trabajo sobre el sector centro-septentrional de la Cuenca del Duero en la provincia de Palencia, considera a los dos ciclos de los páramos integrados en la "Unidad Superior" definida por ella en ese trabajo y la asigna una edad Vallesiense superior-Plioceno?

Un hecho es evidente: estas calizas parecen ser sin duda de edad Vallesiense inferior, como lo corroboran los yacimientos de Miranda-1 y Autilla 1 y 2. No obstante, bien pudiera ocurrir que el yacimiento de Miranda-2 quedase situado en las calizas del Páramo superior, paraconformes con las del inferior, hecho a veces observable, lo que justificaría la datación como Turolense, al estar este incluido en el segundo ciclo de caliza de los páramos, por otro lado difícil a veces de reconocer en campo.

Lateralmente las calizas inferiores del páramo pasarían a la "Facies Cuestas". Hacia el norte de Palencia se intercalan con las facies detriticas procedentes de la Cantábrica ("Facies de la Serna"), cuyos yacimientos corroboran la edad de Vallesiense inferior (Itero, LOPEZ *et al.* 1975) asignada en el sector central. Hacia el este y sureste se mantendrían estas facies carbonatadas (sector Roa-Peñaflor).

Si respecto a la unidad "calizas inferiores del Páramo" el problema se plantea en la asignación dudosa al Turolense, en los niveles correspondientes al segundo ciclo del páramo diferencia-

do o "calizas superiores del Páramo" el problema en cuanto a su edad es mucho más difícil de resolver o aclarar.

En la actualidad no existe ningún argumento paleontológico que justifique la edad más alta atribuida en este trabajo (Plioceno), excepción hecha del yacimiento de Miranda-2 (Hoja de Palencia) con sus condicionantes y problemática expuestos, ya que cuando se intentan recopilar los datos sobre las edades asignadas a este ciclo, las dataciones se realizan por correlación con otras cuencas continentales y/o autores, así como por los sucesos, eventos y procesos sedimentarios-kársticos acaecidos en general a finales del Neógeno tanto en la submeseta norte como en la meridional.

Así, las primeras dataciones de las "calizas superiores del Páramo" corresponden a PORTERO et al. (1982), atribuyéndolas al Plioceno medio por la similitud de procesos con los de la Cuenca del Tajo y Llanura Manchega. Posteriormente LOPEZ et al. (1985) atribuyen al Plioceno, sin argumentos faunísticos, las calizas de este ciclo. Algo después LOPEZ et al. (1985), en una síntesis sobre las cuencas continentales de la península, las incluyen sin argumentos definidos en el ciclo Vallesiense superior-Turolense inferior, ciclo que se caracteriza por la presencia de una marcada discontinuidad en la base y que está puesto de manifiesto en todas las cuencas de la Península Ibérica.

Este hecho contrasta en parte con la asignación de edades de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1988 y 1989), ya que estos autores la consideran como de edad pliocena, asignación cronológica sin soporte o argumento paleontológico hasta la fecha (MEDIAVILLA 1991, com. personal).

El yacimiento de los valles de Fuentidueña (ALBERDI, et al. 1981), situado junto a la Sierra de Pradales, tiene una edad Vallesiense inferior y aparentemente parece situarse sobre los tramos detríticos-carbonatados correspondientes a la base de este segundo ciclo. Esta datación invita a pensar en la posibilidad de que la ruptura que marcaría el inicio de este segundo ciclo estaría situada en el mismo Vallesiense inferior. Otra hipótesis a manejar es que podría existir una ligera diacronía en el inicio de los procesos de un sector a otro dentro de la propia Cuenca del Duero. Este hecho justificaría la traslación de los depocentros de los lagos y la nueva creación a lo largo del tiempo de pequeñas cuencas lacustres separadas entre sí, aunque comunicadas por una red fluvial efímera.

Finalmente existen una serie de procesos sedimentarios y morfogenéticos en el ciclo calizas superiores del páramo que en principio invitan a pensar en una edad bastante amplia y dispersa en la vertical, no controlable, por desgracia, por criterios paleontológicos. Todo ello ha llevado a considerar en este trabajo una edad Vallesiense superior-Turolense para todo el conjunto de materiales incluidos en el ciclo del páramo superior.

#### **1.2.4. Ensayo de subdivisión cronoestratigráfica del Neógeno por medio de charofitas y ostrácodos**

Como es sabido, el establecimiento de escalas cronoestratigráficas se ha llevado a cabo siempre a partir de secuencias marinas, y sus límites se han apoyado en las transgresiones y regressiones, que no pueden identificarse en las cuencas de sedimentación continental.

La definición de Unidades Tecto-Sedimentarias o U.T.S. (MEGIAS, 1982) por rupturas sedimentarias de primer orden, que permiten la correlación entre series marinas y continentales y pueden detectarse mediante perfiles sísmicos, constituyen una buena herramienta para llevar a cabo subdivisiones de mayor escala, válidas para el estudio y correlación de ambos tipos de cuencas. En la síntesis sobre el Neógeno continental español (LOPEZ MARTINEZ, et al. 1985) se ponen de manifiesto ocho rupturas que, en opinión de los autores, son generalizables para el Neógeno de las distintas cuencas. De ellas, en este sector de la Cuenca del Duero pueden identificarse la que sitúan en el Aragoniense medio (ruptura 3 de los mencionados autores), que pondría en contacto las Unidades "Tierra de Campos" y la "Facies de Dueñas", y la que se localiza en el Vallesiense (ruptura 4) y que se sitúa en el techo del primer nivel del Páramo. Estas rupturas se identifican, en muchos casos, por niveles de karstificación o erosión.

Una síntesis bibliográfica sobre el estado de conocimientos que hasta 1979 se tenía de la Cuenca del Duero se lleva a cabo en PORTERO et al. (1982), mientras que en los trabajos de MEDIAVILLA y DABRIO (1988, 1989) sobre el sector central de la Depresión del Duero, se subdivide al Neógeno en cuatro unidades que no coinciden exactamente con las aquí establecidas.

Los mencionados autores ponen de manifiesto que algunas líneas de fallas antiguas han jugado durante la sedimentación neógena, produciéndose a uno y otro lado de las fracturas cambios de facies entre materiales de ambientes fluviales, lacustres marginales y lacustres profundos, así como controlando los espesores de las distintas unidades, lo que da lugar a subsidencias diferenciales dentro del relleno terciario.

La correlación entre las escalas cronoestratigráficas o pisos marinos y las escalas continentales, tanto de zonas (MEIN, 1973) como de "Edades de Mamíferos" es todavía controvertida y sus equivalencias no están definitivamente establecidas. Por otra parte la distribución estratigráfica de las diferentes especies de ostrácodos lacustres y charofitas que se da en la bibliografía se refiere siempre a los pisos marinos, lo que dificulta todavía más su asignación a la escala de "Edades de Mamíferos".

Para la definición cronoestratigráfica o asimilación a las "Unidades de Mamíferos" se han tenido en cuenta los datos disponibles sobre los yacimientos de micromamíferos conocidos (LOPEZ MARTINEZ, et al. 1982, 1986), aunque se han encontrado discrepancias importantes entre unos sectores y otros de la cuenca. Así, la "Facies Tierra de Campos" es atribuida, por micromamíferos, al Aragoniense superior, mientras que la "Facies de las Cuestas" (unidades 2 y 3 de MEDIAVILLA Y DABRIO) se data como Aragoniense superior-Vallesiense. En el sector central de la cuenca al primer páramo se le asigna una edad Vallesiense y Turoliense y, en cambio, en el sector suroriental (los Valles de Fuentidueña) (ALBERDI et al., 1981) se data como Vallesiense inferior. Respecto al segundo páramo su edad es desconocida por el momento, aunque, por su posición, se le asigna una edad que va del Vallesiense al Turoliense e incluso a un posible Plioceno (en principio inferior).

El método de trabajo ha consistido en establecer una subdivisión por asociaciones de ostrácodos y charofitas, mediante el estudio del mayor número posible de muestras, tanto de secciones estratigráficas como aisladas, pero en todos los casos conociendo la unidad litoestratigráfica a la que pertenecen y en un área lo más amplia posible (Hojas 1:50.000 de Baltanás, Antigüedad, Esguevillas de Esgueva, Roa y Peñafiel).

Las asociaciones y distribución de ostrácodos en el sector de la cuenca donde se ubican las hojas estudiadas son relativamente distintas de las que se han mencionado en el borde occidental (CIVIS *et al.*, 1982), en el oriental (sector de Peñafiel-Almazán) (ARMENTEROS *et al.*, 1986; GONZALEZ DELGADO *et al.*, 1986) o en la zona nororiental (SANCHEZ BENAVIDES *et al.*, 1986). En general en los estudios sobre ostrácodos realizados hasta ahora en la Cuenca del Duero no se han distinguido la unidades litoestratigráficas, excepto el trabajo de CIVIS *et al.* (1982) sobre la Facies Cuestas del borde occidental.

Tanto los ostrácodos como los oogonios de charofitas se presentan en buen estado de conservación y, en muchas muestras, son bastante abundantes, lo que denota que no han sufrido transporte, excepto las que se encuentran en la "Facies Tierra de Campos".

Como se sabe, hay una documentación muy reducida, tanto sobre los ostrácodos del Neógeno como sobre las charofitas del Mioceno medio y superior, lo que dificulta la determinación específica y hace que tenga que emplearse, en ocasiones, una nomenclatura abierta. Por otra parte es muy probable que muchas especies sean nuevas por no estar todavía descritas.

Por lo que a los gasterópodos se refiere, muy abundantes en los niveles de margas y calizas lacustres, se ha realizado una determinación, a nivel de género, de los principales taxones, siendo frecuente que estén muy fragmentados. También suelen ser muy abundantes los opérculos de *Bithynia*, sobre todo a partir de la unidad de "Tierra de Campos".

El establecimiento de biozonas por medio de ostrácodos en las series continentales tiene el inconveniente de que la distribución vertical de muchas especies puede variar regionalmente debido a las condiciones ambientales o de facies, cambios de salinidad, etc., que localmente podrían presentarse en los distintos puntos de la cuenca. Por ello, el ensayo de subdivisión, que se acompaña en el cuadro adjunto, se basa en la definición de asociaciones y no de biozonas, aunque también se indica la distribución vertical de las principales especies de ostrácodos, observándose cómo algunos taxones, en el estado actual de conocimiento, parecen ser característicos de determinadas unidades litoestratigráficas. Hay que destacar que un buen número de las especies de ostrácodos encontrados ha sido descrito originalmente por CARBONNEL (1969) en el Mioceno superior y Plioceno lacustres de la Cuenca del Ródano.

La subdivisión propuesta debe ser considerada como provisional, esperándose que a medida que se disponga de más información pueda perfeccionarse y precisarse más la distribución vertical de los taxones. No obstante se puede, a partir de la información ahora disponible, hacer las siguientes observaciones:

En la unidad "Facies Dueñas" hay varias especies de ostrácodos que no se encuentran en unidades superiores (*Lineocypris molassica* [STRAUB] *invaginata* CARBONNEL, *Cyclocypris cf. ovum* [JURINE] y *Cavernocandona roaixensis* CARBONNEL). Otras especies de ostrácodos aparecen en esta unidad aunque se extienden hasta la base de la unidad "Facies de las Cuestas" (es el caso de *Alatocandona sp.* [prob. nov. sp.] y *Limnocythere acquensis* CARBONNEL). Para la "Facies Dueñas" se propone una edad Orleaniense-Astaraciense inferior.

En la unidad "Facies Tierra de Campos" no suelen encontrarse microfósiles, aunque en la vecina hoja de Baltanás se han reconocido algunos ostrácodos con señales de transporte, entre los que se han identificado los taxones *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR) (se encuentra en todo el Neógeno estudiado), *Pseudocandona* sp. y *Cyprideis heterostigma heterostigma* CARBONNEL (que se extiende por la parte inferior de la "Facies de las Cuestas". Una edad Astaraciense (probablemente inferior-medio) para esta unidad parece la más indicada, no sólo por el contenido micropaleontológico sino también por los datos disponibles sobre vertebrados.

La parte inferior de la "Facies de las Cuestas" es, probablemente, el tramo del Neógeno más fosilífero. Además de muchos taxones mencionados en unidades inferiores, aparecen varias especies de ostrácodos, algunas parecen ser exclusivas de este tramo inferior de la "Facies Cuestas" (*Paralimnocythere rostrata* [STRAUB], *Candona* cf. *Kkirchbergensis* STRAUB, *Haplocytheridea* sp.) mientras que otras aparecen en la mitad de este tramo (*Cyprinotus semiinflatus* CARBONNEL, *Candonopsis* cf. *kingsleii* [BRADY Y ROBERTSON]). La especie *Cyprinotus salinus bressanus* CARBONNEL parece ser exclusiva de toda la Unidad de las Cuestas. La mayoría de las especies se encuentran en la Cuenca del Ródano, en el Mioceno lacustre de Alemania, procediendo de niveles del Mioceno medio y superior.

En la parte superior de la unidad de las Cuestas aparecen foraminíferos de pequeño tamaño (*Ammonia tepida* [CUSHM.] y *Astrononion granosum* [d'ORB.]) junto a algunos ostrácodos que ya se reconocieron en los tramos más inferiores (*C. salinus bressanus* CARBONNEL, *Potamocypris gracilis* [SIEBER], *Candonopsis* cf. *kingsleii* [BRADY Y ROBERTSON]).

Respecto a la distribución de charofitas en el tramo de las Cuestas hay que señalar que la mayoría de las especies son las mismas que se encuentran en otros niveles del Mioceno. Sólo hay que destacar que en la parte inferior aparece *Stephanochara berdotensis* FEIST-CASTEL (se extiende hasta el Orleaniense inclusive) y en la parte superior del tramo de las Cuestas se ha identificado *Lamprothamnium* sp. y *Chara* cf. *rochettiana* HEER (ésta alcanza hasta el segundo nivel de Páramo). El resto de charofitas encontradas aparecen prácticamente en todas las unidades, por lo que su valor cronoestratigráfico es casi nulo.

La edad que se asigna a la "Facies de las Cuestas" es Astaraciense medio-superior para su parte inferior y Astaraciense superior-Vallesiense inferior para su parte alta.

En el primer nivel del Páramo (cuyo paso a la "Facies Cuestas" es por cambio lateral y por tanto no muy neto) aparecen nuevos taxones de ostrácodos, algunos parecen exclusivos de este primer Páramo (*Cyprideis tuberculata* [MEHES], *Candona neglecta* SARS) mientras otros se extienden también en el segundo nivel de Páramo (*Pseudocandona* aff. *marchica* [HARTWIG], *Potamocypris pastoiri* CARBONNEL, *Subulacypris parvus* CARBONNEL). Se propone una edad Vallesiense para el primer páramo, aunque, como se ha señalado anteriormente, hay discrepancias en la datación por Micromamíferos.

En el segundo nivel del páramo se han encontrado algunas especies de ostrácodos que no han sido observadas en niveles inferiores. Es el caso de *Cyprideis torosa* (JONES) y *Henryhowelia asperrima* (REUSS). Conviene destacar que las especies de ostrácodos encontradas en los dos niveles del páramo proceden o han sido descritas originalmente en el Mioceno superior o

## *Ensayo de subdivisión cronoestratigráfica del Neógeno del sector central de la Cuenca del Duero por medio de charofitas, foraminíferos y ostrácodos.*

## **DISCONTINUIDADES DE PRIMER ORDEN**

Plioceno. En la Hoja de Antigüedad se ha encontrado en alguna muestra el foraminífero *Ammonia tepida* (CUSHM.), lo que probablemente esté relacionado con un aumento local de la salinidad del medio.

A este segundo nivel del páramo se le ha asignado una edad Vallesiense-Turolense y en algunas áreas fuera de la zona, incluso Plioceno, aunque su datación exacta es todavía discutida.

### 1.3. CUATERNARIO

La mayor parte de los depósitos cuaternarios de la Hoja de Peñafiel se encuentran relacionados con dos procesos principales: Por un lado el desarrollo y encajamiento de la red fluvial cuaternaria cuyo principal protagonista es el río Duero y sus afluentes Riaza, Duratón y Botijas y, por otro, los procesos kársticos desarrollados desde finales del Neógeno que han dado como consecuencia la formación de numerosas áreas de diferente tamaño y configuración, que afectan generalmente a los tramos carbonatados superiores de la serie neógena.

Finalmente es de destacar la casi reciente actividad eólica que sobre este sector de la Cuenca del Duero viene afectando y que ha motivado el desarrollo de acumulaciones de arenas fundamentalmente en áreas deprimidas en la mitad occidental de la Hoja.

#### 1.3.1. **Gravas cuarcíticas con arcillas rojas (13). Plio-Pleistoceno**

Esta unidad aparece en el ángulo suroriental de la Hoja en los alrededores del Caserío de San José, quedando restringidos a sus afloramientos manchas de reducidas dimensiones que se sitúan de forma discordante y erosiva por encima de las "calizas superiores del Páramo".

Estos depósitos en la literatura geológica fueron ya descritos por ORDOÑEZ *et al.* (1976) y posteriormente por ARMENTEROS (1986) y MOLINA y ARMENTEROS. (1986), siendo conocidos con la denominación de "las facies rojas pliocuaternarias" o como las "Lutitas y conglomerados de Aldeanueva de la Serrezuela" por ser en esa localidad segoviana uno de los puntos donde mejor se encuentran representados.

Desde el punto de vista litológico se trata de una unidad de poco espesor en el área estudiada y formada por arcillas rojas y gravas cuarcíticas muy lavadas en superficie, con tamaños de canto entre 3 y 10 cm y que constituyen extensos canturrales que se sitúan sobre las "calizas de los páramos" en las proximidades de Sacramenia.

Los análisis mineralógicos llevados a cabo sobre la fracción arena han proporcionado la siguiente composición mineralógica: turmalina 56,9%, circón 10,6%, rutilo 6,5%, granate 1,1%, estaurolita 4,1%, distena 0,3%, hornblenda 2,0%, esfena 2,0%, epidota 2,6%, anatasia 0,4%, actinolita 0,4% y glaucofona 0,2%. Respecto a la fracción arcillosa, MOLINA y ARMENTEROS (1986) hacen referencia a la composición mineralógica de estas arcillas señalando un relativo alto contenido en caolinita.

Desde el punto de vista sedimentológico, los materiales aflorantes en la Hoja hay que relacionarlos con un sistema de abanicos aluviales situados en áreas más meridionales y con sus ápicenes instalados sobre los relieves de la Sierra de Honrubia-Pradales. Dicho sistema resulta más complejo de lo que *a priori* parece observarse, reconociéndose al menos dos episodios encajados o fases durante su funcionamiento. No obstante en la Hoja corresponderían a partes distintas de abanicos, en un ambiente de alta energía, con desarrollo de barras de gravas y cursos anastomosados.

La edad de estos depósitos resulta difícil de precisar, tanto por el carácter azoico de los depósitos como por su relativa compleja ubicación con respecto al sistema general de abanicos descritos y la red fluvial actual, así como por su relación con las superficies morfológicas desarrolladas en este sector de la Cuenca del Duero.

Para MOLINA y ARMENTEROS (1986) la base de los abanicos de la segunda etapa o fase más reciente se correspondería con el desarrollo de la denominada "superficie inferior" de dichos autores, por lo que la edad de estos materiales estaría comprendida entre el Plioceno y el Pleistoceno, desarrollándose y encajándose a partir de estos depósitos la red fluvial actual. No obstante en la zona de Peñafiel se observa cómo la superficie inferior afecta a los niveles más altos de las terrazas del Duero, por lo que la edad de esa superficie sería relativamente algo más reciente que los depósitos aquí descritos.

Para MARTIN SERRANO (1988-1991) la "Raña" sería "el final de un episodio y/o inicio de otro, una articulación sin ruptura de ambos", "representando las primeras acumulaciones del piedemonte con expresión morfológica conservada" y que en muchas ocasiones coincidiría con parte de las "series ocres" del sector septentrional de la Cuenca del Duero, por lo que existiría una diacronía de unas regiones a otras con respecto a la asignación de edades para la "Raña". Este planteamiento pone de manifiesto aún más la problemática de datación de estos depósitos en el área estudiada.

### 1.3.2. **Gravas cuarcíticas, arenas y arcillas. Terrazas (14, 15, 16)**

Tienen una gran representación cartográfica dentro de la Hoja, encontrándose asociados su mayoría al curso actual del Duero, si bien en el río Duratón y en las proximidades de Peñafiel se localizan depósitos aluviales colgados que se pueden asociar a dicho curso, en zonas próximas a su confluencia con el primero.

El río Duero atraviesa de este a oeste la Hoja en su mitad septentrional, dando lugar en líneas generales a valles de tipo asimétrico con desarrollo de terrazas colgadas en la margen izquierda.

Se han cartografiado hasta nueve niveles de terrazas, agrupándose en tres niveles: altos, medios y bajos sin implicación cronológica alguna y de acuerdo con las cotas y su relación con la red. Así, en las terrazas bajas se incluyen las situadas a +3-10 m, +15 m, +20-25 m (unidad 16), en los medios 28-30 m, +35 m y +45-50 m y por último las terrazas altas son las que se encuentran más desconectadas a cotas de +70-80 m, +100-110 m y +130 m (unidad 14) sobre el curso actual del río.

Litológicamente las terrazas están formadas por gravas, y arena y arcillas en menor proporción, si bien en las altas éstas se encuentran muy lavadas y la fracción arena apenas existe. Las de las gravas son en su mayoría de naturaleza cuarcítica, si bien el cuarzo también es relativamente abundante. Los cantes de arenisca y caliza están presentes aunque como componente minoritario. El espesor no supera los 3-4 m y a veces las gravas se encuentran cementadas.

Una buena zona de observación para la caracterización de los diferentes niveles se puede llevar a cabo en la carretera de Fuentecen a Roa de Duero, ya que a lo largo de dicha carretera y entre el río Duero y esa población se localizan hasta siete niveles de terrazas.

En general el mejor desarrollo de terrazas corresponde a los niveles bajos que orlan el curso actual del Duero, mientras que los niveles altos se localizan de forma más dispersa y a veces se encuentran bastante degradadas, como llega a ocurrir con la terraza más alta (+100-110 m), que se encuentra además afectada por los procesos de construcción de una superficie de erosión cuaternaria que afecta a gran parte de la Cuenca del Duero en este sector.

### **1.3.3. Gravas calcáreas cementadas (17)**

Se trata de unos depósitos que se localizan en la mitad occidental de la Hoja y se ubican preferentemente en la salida de valles, estando en relación con la formación de los mismos.

Los mejores afloramientos se localizan en Pesquera del Duero y en las proximidades de Peñafiel, próximo a la carretera a Valladolid, y en Langayo.

Litológicamente están formados por cantes generalmente subredondeados a veces subangulosos, incluso angulosos calcáreos (caliza o dolomía), procedentes del desmantelamiento de las calizas de los páramos y de la Facies Cuestas. Se encuentran empastadas en matriz arenoso-arcillosa, y cementado todo el conjunto por carbonato, lo que hace que morfológicamente destaque del resto de los depósitos que por lo general es la serie detrítica basal miocena sobre la que se sitúan discordantemente. Tienen poco espesor, no superándose los 2 m de potencia.

Se trata de antiguos depósitos de tipo abanicos aluviales efímeros así como cursos fluviales que situarían sus ápices en las cabeceras de los valles (Curiel, Roturas) o en las laderas de los mismos, encontrándose éstos relacionados directamente con la génesis y formación de los relieves actuales.

Se les ha asignado una edad Pleistoceno medio-sup.-Holoceno por su posición relativa con respecto a los depósitos fluviales (terrazas medias y bajas) del río Duero.

### **1.3.4. Arcillas y margas con cantes (Glacis) (18)**

Se localizan estos depósitos sobre las laderas de los valles contribuyendo a la configuración morfológica de los mismos, dando suaves pendientes y perfiles característicos con depósitos asociados, poco potentes, de arcillas y/o margas blancas con cantes dispersos y sin cementar.

Se les considera lógicamente ligados a la génesis del relieve, por lo que su edad estimada es la de Pleistoceno-Holoceno.

### **1.3.5. Arcillas rojas de descalcificación. Fondos de dolina (19)**

Son los depósitos detríticos que en la actualidad rellenan las cubetas de disolución y que aparecen asociados a los niveles calcáreos de los páramos.

Son materiales principalmente arcillosos, producto de la descalcificación de las "calizas de los Páramos", es decir, "terrás rossas" aunque con frecuencia incluyen materiales coluvionados, procedentes de los pequeños escarpes de la propia dolina, apareciendo a veces fragmentos de calizas e incluso arenas y cantos procedentes de depósitos subyacentes.

El contenido mineralógico, tanto de estos materiales como las características de las arcillas, es muy variable, ya que depende del grado de evolución de la propia dolina, las características de los mismos y la naturaleza del sustrato sobre el cual se encuentra instalado.

Se les ha asignado una edad finineógena (Plioceno) hasta Holoceno, ya que en realidad estos depósitos se encuentran relacionados desde el momento de formación de las dolinas hasta casi los procesos actuales, pues en la actualidad la formación de este tipo de depósito continúa.

### **1.3.6. Lutitas grises. Fondos endorreicos (20)**

Se encuentran relacionados por lo general con fondos de dolinas y áreas de drenaje deficiente, funcionales solamente en épocas de lluvia.

Los sedimentos suelen ser arcillas y limos con desarrollo de suelos grises de carácter vérico.

Los mejores ejemplares se sitúan al norte de la Hoja, en la Hoya de las Navas, en la mesa entre Curiel y Valdearcos.

### **1.3.7. Arcillas y margas blancas con cantos y bloques. Coluviones (21)**

Son depósitos de pie de vertiente asociados a las laderas de los valles y frecuentemente enmascarando el contacto entre unidades o morfológicamente sirviendo de enlace entre las formas de ladera y los fondos de valle en sentido amplio.

Se localizan frecuentemente y de forma irregular en los valles del Duero, Botijas y Duratón, en el cuadrante suroccidental de la Hoja.

Se caracterizan por ser depósitos en general arcillosos, poco coherentes, que engloban cantos y bloques angulosos y de forma heterogénea procedente de los materiales que configuran las laderas.

Su edad es relativamente reciente, motivo por el cual se incluye a estos depósitos en el Holoceno.

#### **1.3.8. Arcillas y margas blancas con cantos. Conos de deyección (22)**

Se ubican en las salidas de los pequeños valles y barrancos a los valles principales. Están formados estos depósitos por arcillas y/o margas blancas que incluyen bloques de los niveles carbonáticos del entorno que rodea a estos aparatos fluviales. La matriz suele ser arcillo-limosa y con frecuencia se generan, sobre estos materiales, suelos, aunque en general poco desarrollados. La extensión y espesor, es decir, la geometría de estos materiales, es muy variable, por lo que se pueden encontrar desde pequeños conos asociados a barrancos con fuerte pendiente a grandes depósitos, relacionados con salidas principales de valles, a veces difíciles de reconocer *de visu* en el campo.

#### **1.3.9. Arenas eólicas (23)**

Se localizan principalmente en la mitad occidental de la Hoja y en las zonas más bajas o deprimidas del valle del Duero, aunque también en la superficie del "Páramo de Campaspero" se encuentran vestigios algo degradados de la acción eólica.

La reciente actividad eólica en este sector de la Cuenca del Duero ha motivado importantes acumulaciones de arena, transportadas por el viento y que en la actualidad, aunque con menor intensidad, aún se mantienen.

Se diferencian, de acuerdo con la morfología, en campos de dunas degradadas, dunas y acumulaciones de arena importantes, así como dunas actualmente fijadas por la vegetación.

Litológicamente y de acuerdo con su génesis se trata de arenas finas a muy finas acumuladas por vientos procedentes del SO que se sitúan preferentemente sobre las terrazas bajas del Duero y ocasionalmente en las cotas más altas (superficie del páramo).

#### **1.3.10. Arcillas y limos con cantos. Llanura de inundación (24)**

Estos depósitos se localizan asociados a los cursos fluviales secundarios, hoy día de carácter bastante efímero al estar controlado su funcionamiento por las obras hidráulicas. Tal es el caso de los ríos Duratón y en menor proporción el Botijas, que presentan unos depósitos correspondientes a llanura de inundación de su actual curso.

Litológicamente están formados por arcillas y limos con cantos y se localizan a lo largo de una franja de cerca a veces de 1 km paralela a la red. Por su posición estratigráfica se trata de los depósitos más recientes registrados en relación con la red fluvial actual.

### **1.3.11. Arcillas y limos oscuros con cantos. Fondos de valle (25)**

Dentro de este apartado se incluyen todos los depósitos asociados a los fondos de los valles que configuran los relieves de la Hoja.

Se trata de depósitos de origen aluvial, asociados en la actualidad a pequeños arroyos, a veces incluso sin escorrentía superficial. Los aportes laterales se entremezclan y llegan a constituir un "todo uno" de arcillas y limos, a veces de colores oscuros, que incluyen cantos, generalmente calcáreos, de diferente tamaño, aunque el predominio por lo general es de finos.

## **2. TECTONICA Y NEOTECTONICA**

### **2.1. TECTONICA ALPINA**

La Hoja de Peñafiel se encuentra ubicada en la Cuenca del Duero y su configuración estructural está relacionada con los episodios de construcción de esta depresión neógena y en particular con la evolución de su borde suroriental y del sector central.

Las unidades miocenas que afloran en la Hoja presentan una disposición aparentemente subhorizontal, dando un relieve en mesas, si bien el análisis detallado de la cartografía pone en evidencia la presencia de estructuras de plegamiento a escala kilométrica y discordancias mayores junto a alineaciones a las que se adapta la red fluvial actual, lo que sugieren la existencia de importantes fracturas. Las observaciones detalladas de los afloramientos muestran la existencia de una deformación a pequeña escala, que se manifiesta en forma de pliegues y fallas de poco salto, además de una red de diaclasas a veces bastante densa en litologías favorables.

La observación detallada de las características sedimentológicas del límite de algunas unidades cartográficas evidencia la presencia de paraconformidades que en otros puntos de la Hoja se manifiestan como discordancias cartográficas.

El establecimiento de la evolución tectónica del área está limitado por la carencia de afloramientos de materiales neógenos, premiocenos y miocenos basales, por lo que los datos de referencia deben de ser tomados de áreas próximas o a nivel regional.

#### **2.1.1. Descripción estructural**

Las estructuras de plegamiento a gran escala que pueden observarse en la región son el Sinclinorio del Esgueva (Hoja de Roa, al norte) y el Anticlinorio del Duero, situado éste en el límite con la Hoja de Roa. Son dos estructuras de orden kilométrico, que se ponen de manifiesto por criterios cartográficos, ya que sus flancos poseen un buzamiento muy bajo, menor de 5°. La dirección del eje de estos grandes pliegues es de E-O a ENE-SSO. En estas estructuras se encuentran implicadas las unidades miocenas más altas estratigráficamente de la Hoja (calizas superiores del Páramo), por lo que la edad de formación de estas estructuras puede ser Turoliente superior e incluso Plioceno, si bien la dificultad de datación del techo de la unidad superior del Páramo impide conocer la edad de esta deformación con certeza.

Este tipo de grandes estructuras F-O puede observarse al norte de la Hoja, en donde se observan pliegues menores asociados al Anticlinorio del Duero, y en el centro de la Hoja entre el valle del río Botijas y el del Duero, donde se dispone el Sinclinal de Cabezuela.

En la Hoja la red fluvial se dispone en muchos puntos siguiendo alineaciones que parecen sugerir la existencia de importantes fracturas de escala kilométrica. Las más importantes se disponen en el valle del Duratón con una orientación NO-SE, o en el Valle del Duero al sur de Roa, con orientación NE-SO, prolongándose esta alineación por la vecina Hoja de Roa. En general estas alineaciones parecen cortar a las grandes estructuras de plegamiento descritas anteriormente, por lo que su actividad es posterior y previa al encajamiento fluvial, situándose su edad en un momento no preciso del Plioceno.

Fuera de la Hoja, ya más al norte y entre Hérmedes de Cerrato y Castrillo de Don Juan, la base de la "Unidad superior del Páramo" se dispone en discordancia cartográfica sobre los materiales infrayacentes, lo que pone en evidencia la existencia de una fase de deformación en la base del Vallesiense, manifestándose claramente en este área, mientras que en otras zonas a esta altura estratigráfica se observa una importante paraconformidad, relacionada con una interrupción sedimentaria y el desarrollo de una importante karstificación. La estructuración que produce esta fase a comienzos del Vallesiense se observa con dificultad, si bien en la zona a la que se hace referencia se puede pensar en la existencia de estructuras de plegamiento kilométricas y con ejes orientados al NE-SO, oblicuos a los pliegues posteriores y subparalelos a los accidentes tardíos.

Las estructuras menores que se encuentran en la Hoja son pliegues métricos y decamétricos con flancos buzando normalmente menos de 30°. La dirección de sus ejes es muy variable, predominando las orientaciones N-S, NE-SO y ENE-SSO. Las fallas de pequeña escala y salto métrico se observan bien en el borde de los escarpes calizos. En estas mismas litologías se observa bien la presencia de una densa red de diaclasas que condiciona la geometría de los escarpes de las mesas; la dirección predominante es NE-SO con una red conjugada NO-SE. Estas estructuras menores apenas se han distinguido en la cartografía por su escasa importancia a escala 1:50.000 y porque su traza ocultaba en muchas ocasiones la separación de las unidades diferenciadas.

Por último cabe citar la existencia de basculamientos de la superficie del Páramo, cuyo basculamiento al sur del río Duero es hacia el SO.

### 2.1.2. Evolución tectosedimentaria y neotectónica

El análisis de la evolución estructural de la Hoja debe de tener en cuenta, además de los datos que pueden ser extraídos de las estructuras de la misma (escasos y limitados), el contexto regional.

La Cuenca del Duero, en cuyo sector central y suroriental se encuentra la Hoja, comenzó a configurarse en el Paleógeno-Mioceno inferior, estructurándose sus bordes tanto el septentrional (Cordillera Cantábrica) como el meridional (Sistema Central) y el oriental (Peñas de Cervera-Sierra de la Demanda), unidades más relacionadas con el contexto de la Hoja.

En las zonas septentrionales se produce una importante estructuración con direcciones de los pliegues NO-SE y ONO-ESE, a la que sucede una imbricación de vergencia sur, que implica tanto a la cobertura mesozoica como al Paleógeno y al Mioceno inferior en las zonas de borde. Posteriormente se produce una importante movilización de fracturas con componentes en dirección dextrales para los accidentes NO-SE y sinestrales para los NE-SO. Como consecuencia de estos movimientos se originó la distensión relativa que dio lugar a la apertura de la Cuenca del Duero.

En el sector oriental, es decir, en las estribaciones de las Peñas de Cervera, Cuenca de Cameros y en parte de la Sierra de la Demanda, los materiales mesozoicos aparecen estructurados según ejes de dirección NO-SE. Se encuentran depósitos paleógenos plegados en los bordes más meridionales (sector de Covarrubias), fosilizados por sedimentos neógenos en disposición horizontal o subhorizontal, aunque con deformaciones locales en zonas de borde, debidos probablemente a accidentes de zócalo.

Las primeras manifestaciones tectónicas que prefiguran la estructuración o arquitectura de la Cuenca del Duero debieron comenzar a finales del Cretácico y/o principios del Paleoceno (Fase Larámica), con diferentes eventos en el tiempo e intensidad. El resultado de esta tectogénesis es el final de la sedimentación marina mesozoica en la cuenca y la acumulación de sedimentos detriticos que orlan los relieves construidos.

Se desconoce si la zona objeto de estudio tuvo un comportamiento como área positiva, es decir, levantada, o si en ella tuvo lugar una sedimentación durante el Paleógeno. Los datos proporcionados por los sondeos del río Franco 1 al norte, en la Hoja de Antigüedad, y Don Juan-1 en la Hoja de Roa, no indican claramente la presencia de materiales de esta edad.

Los diferentes autores que han trabajado en la Cuenca del Duero parecen estar de acuerdo en reconocer que es a finales del Mioceno inferior cuando se configura la cuenca y comienza a adoptar una geometría en sus límites muy parecida a la actual.

La arquitectura de los bordes del edificio continental durante esos tiempos es atribuible a la fase Neocastellana (límite Ageniense-Aragoníense) (AGUIRRE *et al.*, 1976), si bien la actividad tectónica en relación con este nuevo ciclo se debió iniciar antes, a finales del Oligoceno, durante la fase Castellana (Sueviense-Arverniense) (PEREZ GONZALEZ *et al.*, 1971).

Durante el Neógeno parece iniciarse una etapa distensiva a nivel cuencal que, aparentemente y según la mayoría de los trabajos, durante el Mioceno medio-superior, no va a tener ninguna repercusión e implicación en cuanto a deformación se refiere. Sólo las zonas de borde se verían afectadas por fallas inversas de tipo compresivo que pueden llegar a afectar localmente a los depósitos conglomeráticos adosados a la orla mesozoica. Estas reactivaciones se producen en varias fases, separadas por etapas de relajación distensivas que profundizan y amplían la cuenca.

Algunos autores sitúan la siguiente fase tectónica a finales del Mioceno (ARAGONES, 1978). Otros denuncian movimientos intravallesienses con reactivaciones en los marcos montañosos en la zona de borde (GARCIA RAMOS *et al.*, 1982), basados en la presencia de abanicos de

composición litológica diferente a los infrayacentes, lo que implicaría cambios de procedencia tanto en las direcciones de aporte como del área madre. Esta actividad intravallesiense (Fase Atica) se pone de manifiesto en la zona de la Hoja de Roa, deformando el ciclo sedimentario Unidad detrítica de Aranda-Calizas inferiores del Páramo. Estos movimientos podrían relacionarse con la tectónica finiserravallense que se detecta en las cordilleras alpinas de la Península.

La presencia de distintas unidades deposicionales o tectosedimentarias, marcadas por diferentes discontinuidades en el Neógeno aflorante, concretamente en el Mioceno medio-superior del sector central de la Cuenca del Duero, ponen en evidencia una serie de movimientos y reactivaciones que marcarían las diversas interrupciones sedimentarias y ciclos deposicionales.

No obstante estas discontinuidades que tienen un carácter regional, presentan manifestaciones diferentes de unos puntos a otros, resultando a veces difícil de ser localizadas, bien por la convergencia de facies de los depósitos infra y suprayacentes o por la homogeneidad de los ambientes sedimentarios en los que ambos se depositaron.

Los materiales más antiguos aflorantes en la región y al oeste de la Hoja (Facies Dueñas) son de edad Orleaniense-Astaraciense. En clara discontinuidad se sitúa una serie detrítica que marca el inicio de un nuevo ciclo sedimentario (Unidad detrítica de Aranda). Al margen de un posible cambio en las condiciones climáticas ambientales y de una reestructuración paleogeográfica, hay que atribuir esta ruptura sedimentaria a un evento tectónico que se manifestaría por una fracturación y deformación de gran radio a nivel regional de esta unidad basal, creándose zonas descompensadas topográficamente. Aunque resulta difícil observar la posible discordancia a nivel puntual a veces se aprecia en la región, y a techo de la unidad, fenómenos de fracturación sinsedimentarios y cuerpos "slumpizados" que serían indicadores y precursores de una inestabilidad en la cuenca. En otros sectores, como p.e. en las proximidades de Burgos (Castrillo del Val) SANCHEZ BENAVIDES *et al.* (1989) señala una discontinuidad a techo de esta unidad, con procesos de karstificación asociados, que indicarían la interrupción a la que se ha hecho referencia y que se situaría en el Aragoniense superior.

A comienzos del Vallesiense parece tener lugar otro episodio tectónico también importante que va a motivar la deformación de las series detríticas y carbonatadas que constituyen el ciclo de las calizas inferiores del páramo y que tiene distintas manifestaciones como la discordancia de Castrillo del Val o de Tórtoles de Esgueva en la Hoja de Roa.

Esta discontinuidad intravallesiense, atribuible a la fase Atica, podría relacionarse, como ya se ha dicho, con la citada por otros autores en diferentes cuencas continentales de la submeseta meridional. En este caso, esta fase tectónica se manifestaría además de con una deformación regional y con una configuración paleogeográfica algo diferente, a la hasta que entonces existía, con procesos de erosión y karstificación asociados y afectando a la serie miocena infrayacente. A continuación se produce una distensión instalándose sistemas fluviales a favor de depresiones tectónicas enmarcadas por grandes fracturas.

La presencia de una unidad sedimentaria suprayacente con un segundo nivel de calizas del páramo, de carácter geográfico algo más restringido, implica deformaciones y fracturaciones locales que actuarían como condicionantes paleogeográficos de este segundo ciclo.

La superficie de colmatación del ciclo "calizas superiores del páramo" se ve afectada de nuevo por una fase de deformación, que daría lugar a geometrías de gran radio sobre las calizas de los páramos, acompañadas de procesos de fracturación y elevaciones en los relieves del borde. Esta fase compresiva podría ser una pulsación tardía de la fase Atica o bien podría relacionarse con la fase Iberomanchega I de AGUIRRE *et al.* (1976). Según esto la edad de la deformación podría ser Turoliense superior-Plioceno basal o situarse en el Plioceno medio.

Todo ello trae consigo el desarrollo de una superficie de erosión con procesos de karstificación incluidos (superficie del Páramo). Al mismo tiempo, hacia el interior de la cuenca predominarían los procesos atectónicos de carácter erosivo (PEREZ GONZALEZ, 1979).

Una nueva reactivación tectónica así como un cambio climático, difícil de precisar en la escala del tiempo (Fase Iberomanchega II), daría lugar al desarrollo de un nuevo ciclo sedimentario, que marcaría el inicio del Cuaternario, y de carácter fluvial y exorreico, con el consiguiente desarrollo de la red fluvial, cada vez más restringida y encajada. Estos últimos movimientos serían responsables de la fracturación previa al encajamiento de la red fluvial y al basculamiento de la superficie del Páramo en la región hacia el Oeste. Los sedimentos detriticos afines a la "Raña" que se encuentran al sureste de la Hoja podrían estar ligados a esta actividad tectónica, con lo que estarían relacionados con las etapas iniciales del establecimiento del exorreismo en la Cuenca del Duero.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja, a escala 1:50.000, de Peñafiel (nº 374) se encuentra situada en el sector centro oriental de la Cuenca del Duero, teniendo como relieve más próximo la Sierra de Pradales.

Pertenece, administrativamente a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, incluyendo parte de las provincias de Burgos, Valladolid y Segovia. Fisiográficamente pertenece a la Ribera del Duero, curso fluvial que atraviesa la mitad septentrional de la Hoja, encajándose profundamente al norte de los páramos de Campaspero y Sacramenia.

El relieve, desarrollado sobre materiales terciarios del Neógeno, es suave con cotas que oscilan entre los 950 m en la superficie de los páramos y 730 m en el valle del río Duero, al norte de la Hoja. Entre las máximas alturas que culminan los páramos se pueden destacar Cotarro Pelado (945 m), Cabeza Vieja (940 m), Cotarro Melgar (934) y el Alto de Baldomero (927); entre las mínimas, son los valles de los ríos los que ofrecen los valores más bajos, como sucede en Cueva de Roa y Estación de San Martín de Rubiales, con 760 m, y en el Pinar de San Pablo, con 733 m.

Morfológicamente se pueden diferenciar dos tipos de relieves: las plataformas o páramos y los valles. En el caso de los páramos la topografía es prácticamente llana, con pequeñas irregularidades y desarrollándose alrededor de los 900 m.

En el caso de los valles, destaca el del río Duero, siguiéndole en importancia el Duratón y el Riaza. De menor rango destaca el río Botijas y los arroyos de la Castellana, Prádena de Carramonte, Molpeceres de la Vega, etc.

El río Duero, dentro del ámbito de la Hoja, penetra en la misma por el borde septentrional, junto a la localidad de Cueva de Roa. Con una dirección NO-SE primero y E-O después, describe una amplia curva, saliendo por el borde oeste de la Hoja, en las proximidades de Pesquera del Duero. Posee un carácter marcadamente disímétrico, desarrollándose en la margen izquierda la mayor parte de las terrazas. En los sectores donde se desarrollan los diferentes niveles de terrazas, el río da lugar a un valle amplio de laderas escalonadas, mientras que en otros segmentos el río se encaja dando una garganta, como sucede en los alrededores de la Casa del Empecinado.

El siguiente valle en importancia es el Duratón, que entra en la hoja por el sur, con una dirección SE-NO primero y S-N después, para unirse con el valle del Duero a la altura de Peñafiel. El curso actual es de carácter meandriforme, instalándose sobre una amplia llanura de inundación.

El resto de los ríos y arroyos se encajan profundamente en los materiales terciarios, produciendo grandes entalladuras en las plataformas de los páramos, con laderas acusadas como muestra el mapa de pendientes, a escala 1:200.000, que acompaña al mapa geomorfológico.

Climatológicamente el área se sitúa en el dominio mediterráneo, con influencia continental, con precipitaciones medias de 400-500 mm/año, y una temperatura media anual de 11-12°C, con máximas de hasta 36°C en los meses de Julio y Agosto y -10°C en Enero.

La vegetación es escasa, pues la mayor parte del territorio se dedica a cultivos de secano (vid), destacando también algunos productos de huerta, en las vegas de los ríos. Pueden encontrarse además enclaves de pinos (*Pinus pinaster*), fijando las acumulaciones de arenas eólicas, de encinas (*Quercus ilex*) en las laderas bajas de los valles y de chopos (*Populus*) en las vegas principales.

La principal fuente de riqueza es la agricultura, seguida de la ganadería. En cuanto a la primera de ellas, los cultivos de secano se dedican fundamentalmente a los cereales y forrajes, mientras que los de regadío se centran principalmente en la remolacha, cebada y la patata.

De gran importancia, como ya se ha mencionado con anterioridad, es el cultivo de la vid, constituyendo este sector una de las zonas de mayor importancia vitivinícola de España, habiendo alcanzado la Denominación de Origen de "Ribera del Duero", con los principales centros en Pesquera de Duero y Peñafiel, ambos dentro del ámbito de la Hoja.

En cuanto a la ganadería, es de destacar el ganado caprino y ovino, con escasa o nula importancia del vacuno.

El principal núcleo de población es Peñafiel, con una densidad de 75-125 habitantes por km<sup>2</sup>. Le siguen en importancia Fuentecén y Nava de Roa con 15-30 habitantes por km<sup>2</sup> y por último

una serie de núcleos de menor importancia como son Pesquera de Duero, San Martín de Rubiales, Membrilla de Castejón, Hoyales de Roa, Castrillo de Duero, Valdezate, Rábano y Cuevas de Provano, que no superan los 15 habitantes por km<sup>2</sup>.

Por último, señalar que las comunicaciones son buenas, estando atravesada la Hoja de este a oeste por la carretera nacional nº 122 (Valladolid-Soria). El resto de las vías, tanto comarcas como locales, se encuentran en buen estado de conservación y se puede acceder a prácticamente todos los núcleos de población. Existe además una amplia red de caminos que permiten el acceso a la mayor parte de la superficie de la Hoja.

### 3.2. ANTECEDENTES

Los trabajos de carácter geomorfológico sobre este sector de la Cuenca del Duero son más bien escasos por no decir inexistentes. Este motivo ha llevado a recurrir a estudios de carácter regional que sirvan de punto de partida. Entre los más clásicos se destacan los de F. HERNANDEZ PACHECO (1932) sobre los arrasamientos de las tierras orientales del Sistema Central y los de SCHWENZER (1937) y GLADFELTER (1971) también sobre el mismo tema, distinguiendo hasta cuatro superficies de erosión que han servido de referencia para numerosos autores en el estudio de la relación cuenca sedimentaria-marcos montañosos.

Otro trabajo de carácter amplio y de gran interés es el de ALIA (1976) sobre la "bóveda castellano-extremeña", de gran utilidad en el estudio de las mesetas.

Un gran avance se produce en las últimas décadas, con motivo de la realización de las hojas geológicas a escala 1:50.000, para el Proyecto MAGNA, aportando nuevos datos sobre el Terciario y Cuaternario de la Cuenca del Duero.

Más recientemente los trabajos de ARMENTEROS (1986), MOLINA y ARMENTEROS (1986) y GRACIA *et al.* (1989), de índole regional, abordan el problema de la existencia de dos superficies de erosión, desarrolladas sobre los sedimentos terciarios y más concretamente sobre las calizas del Páramo. Estos últimos trabajos son los que ofrecen mayor interés en relación a la evolución y características geomorfológicas del sector de Peñafiel.

Por último, la realización por el ITGE-ENRESA del "Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España, escala 1:1.000.000" aporta algunos datos más sobre este sector de la Cuenca del Duero.

### 3.3. ANALISIS MORFOLOGICO

Se consideran aquí dos aspectos fundamentales: uno morfoestructural, en el que se analiza el relieve como una consecuencia del sustrato geológico y la disposición del mismo, y otro morfogenético, relativo al relieve que se obtiene como consecuencia de la actuación de los procesos exógenos sobre el sustrato.

### **3.3.1. Estudio morfoestructural**

La Hoja de Peñafiel se sitúa en su totalidad en el dominio de la Cuenca del Duero, concretamente en su sector centro oriental, donde las facies carbonatadas, representadas principalmente por las calizas del Páramo, alcanzan un gran desarrollo. HERNANDEZ PACHECO (1915) señala que estas calizas se encuentran coronando las series miocenas y las define como "el último resalte morfológico donde se construye la superficie del Páramo de naturaleza caliza".

La naturaleza de los materiales, con diferente competencia, y su disposición horizontal y subhorizontal, imprimen al relieve un carácter singular de amplias plataformas, interrumpidas por una serie de valles, producto de la instalación de la red fluvial cuaternaria.

Aunque las grandes plataformas son consecuencia de una serie de procesos complejos de erosión-sedimentación, el carácter competente de los materiales que constituyen estas plataformas controla sin lugar a dudas el desarrollo de las mismas.

La diferente competencia de los materiales también condiciona la morfología de los valles dando lugar a una serie de replanos y escarpes estructurales, más o menos festoneados, en las laderas, producidos en el proceso de incisión y que corresponden a los niveles más duros, tanto detriticos como carbonatados.

La disposición y morfología de los valles, a excepción del Duero, ofrecen tramos muy rectilíneos lo que parece indicar una influencia de la tectónica en la instalación de la red fluvial. Así, en la margen izquierda del río Duero, al este del Duratón, las principales direcciones del drenaje son NO-SE y al oeste del mismo NE-SE. Existe una tercera dirección N-S, que aparece dispersa por toda la Hoja, localizándose principalmente en la margen derecha del Duero y del Duratón.

La morfología general de la red de drenaje es de carácter mixto, entre los tipos dendrítico y paralelo, como corresponde, por un lado, a una cierta homogeneidad litológica y estructural, y por otro a la influencia de una serie de accidentes paralelos y al basculamiento generalizado que tiene lugar hacia el E y SE, durante el Plioceno.

### **3.3.2. Estudio del modelado**

En este apartado se describen y definen el conjunto de formas, tanto deposicionales como erosivas, y se agrupan según el proceso que las origina, es decir, según el sistema morfogenético al que pertenecen.

En la Hoja de Peñafiel son las formas fluviales las que alcanzan mayor desarrollo, distinguiéndose además formas de gravedad, kársticas, estructurales y poligénicas.

#### **3.3.2.1. Formas fluviales**

Dentro de este grupo, son las terrazas las formas más representativas, apareciendo en los valles del Duero, Duratón y Botijas.

El sistema de terrazas del río Duero se encuentra bien desarrollado dentro del ámbito de la Hoja, y se han distinguido hasta nueve niveles con cotas que van desde +3-10 m a +130 m y alturas intermedias de +15 m, +20-25 m, +28-30 m, +35 m, +45-50 m, +70-80 m, +100-110 m. Se localizan en la mitad sur-oriental de la Hoja, y la mejor secuencia puede observarse en la esquina NE por la carretera que une Roa con Fuentecén. Los cortes son buenos y permiten la observación de sus características.

Se trata de gravas cuarcíticas principalmente con algunos elementos de cuarzo y areniscas, y raramente calizas. El tamaño de los cantos se sitúa mayoritariamente entre 4 y 8 cm con tamaños máximos entre 120-190 cms. La matriz es fundamentalmente arenosa con cierto contenido en finos. No conviene insistir más en este apartado, puesto que las características texturales se detallan en el apartado correspondiente a las Formaciones Superficiales.

En casi todos los cortes realizados se observan barras de cantos, estratificaciones cruzadas e imbricaciones, presentando a techo una acumulación de finos, sobre todo en los niveles más bajos, que corresponderían a facies de desbordamiento e inundación.

El dispositivo morfológico es el tradicional de una zona con cierta estabilidad tectónica, donde las terrazas medias, de gran amplitud y desarrollo, aparecen solapadas o encajadas, y las medias y altas, colgadas, dejando ver el sustrato terciario. En los niveles más altos, en el contacto de las terrazas con los materiales subyacentes, se producen procesos de pseudogleyización, detectados por las tonalidades gris-verdosas que aparecen en el límite entre ambos.

Aparecen también terrazas en los ríos Duratón y Botijas, pero sólo el nivel más bajo, en el que se encaja la llanura de inundación o el fondo de valle. En el río Duratón, entre las localidades de Aldeayuso y Peñafiel, se observa un corte de la terraza, constituida por gravas de caliza y cuarcita con la matriz arenoso-arcillosa de color blanco amarillento. A techo tiene de 0,5-1 m de limos de llanura de inundación con desarrollo de un suelo pardo marrón. Pueden verse también interdentaciones con depósitos de procedencia lateral, como coluviones y conos de deyección.

Dentro de las formas fluviales, son frecuentes los conos de deyección, desarrollados a la salida de pequeños barrancos y arroyos menores en su salida a cauces de rango mayor. La naturaleza de la matriz que los forma depende del sustrato, por lo que la mayoría los clastos son calcáreos, pues proceden de los diferentes niveles de calizas del Páramo. La matriz es arcillosolimosa y, en general, ofrecen suelos poco evolucionados pardos y pardo rojizos.

Los fondos de valle y la llanura de inundación son los depósitos de carácter fluvial más comunes, encontrándose en la parte inferior de cualquier valle.

Las formas erosivas se localizan en las laderas y consisten en incisión vertical con formación de barrancos, cárcavas y retroceso de cabeceras. En algunos meandros del río Duero se dan procesos de erosión lateral del cauce con verticalización de paredes y consecuentes desplomes. Por último, en zonas de poca pendiente se producen, en temporada de lluvias, fenómenos de arroyada difusa y erosión en regueros.

### *3.3.2.2. Formas de gravedad*

Se reducen a coluviones y caídas de bloques. Dentro del primer grupo se han diferenciado dos tipos. Los primeros son de origen más reciente, y aparecen en el fondo de los valles a modo de franjas alargadas y alternando con los conos de deyección. Se trata de depósitos poco coherentes limo-arcillosos con cantos de calizas y cuarcítas angulosos-subangulosos. Los segundos se encuentran colgados a media ladera dando cuenta de un momento de estabilización en el encajamiento fluvial. Morfológicamente dan lugar a una pequeña hombrera y sus depósitos de carácter caótico, con clastos angulosos, ofrecen un cierto grado de cementación. Su edad es pleistocena, sin poder especificar más, aunque por su altura relativa es probable que se puedan situar en el Pleistoceno inferior-medio o incluso sólo en el Pleistoceno medio.

Las caídas de bloques son frecuentes en estos valles de laderas acusadas, dando en ocasiones acumulaciones importantes, como sucede en la cabecera y curso alto del río Botijas y del arroyo Madre. Su génesis se debe a la pendiente acusada y a la fracturación que se produce en los bordes de las mesas por expansión, al originarse un vacío de material en los procesos de encajamiento. Si además se añaden el agua y fuertes cambios de temperatura, no es de extrañar la proliferación de fenómenos como éste.

### *3.3.2.3. Formas kársticas*

Se originan por la instalación de un karst de llanura sobre las "Calizas del Páramo Superior y las del Inferior". Las formas resultantes son: dolinas, uvalas y depresiones kársticas de grandes dimensiones como las que aparecen en el Alto de Tres Fuentes, la Acera, la Lobera y el Corral de los Mayorga. El extremo de algunas de estas depresiones llegan a conectar con la cabecera de algún arroyo, por lo que es posible que su génesis (si no en origen, pero sí en su desarrollo) sea mixta, de carácter fluvio-kárstico y estén relacionadas con los primeros estadios del encajamiento de la red, sobre la superficie del Páramo, a favor de depresiones ya existentes. Son muy frecuentes en la mitad sur de la Hoja y presentan algunas alineaciones preferentes que coinciden con las regionales.

### *3.3.2.4. Formas endorreicas*

Se localizan en el seno de las dolinas y de las depresiones kársticas al embalsarse las aguas de lluvia. La dimensión de estos fondos depende del tamaño de las formas kársticas pero pueden llegar a ser de carácter kilométrico, como las de la Acera y Carrabocos, y suelen tener formas más o menos redondeadas y ovoides. Se alimentan a partir de la escorrentía de sus vertientes acumulando en el fondo materiales limo-arcillosos y algunos cantos procedentes de la caliza del Páramo. Están secos en época estival y desarrollan a techo suelos grises de carácter vertical.

### *3.3.2.5. Formas eólicas*

Los depósitos de carácter eólico son muy abundantes en la Hoja y ofrecen cierta diversidad diferenciándose dos tipos: mantos eólicos y arenas eólicas. Dentro del primero, el aflojamiento de mayor importancia por su desarrollo y dimensiones se ubica al oeste de Peña-

fiel, instalándose sobre las terrazas bajas del río Duero a lo largo de varios kilómetros. Otros afloramientos se localizan sobre la Superficie del Páramo como se observa al SO de la Hoja.

Dentro de lo que se ha cartografiado como manto eólico se incluyen: campos de dunas degradados en los que se ha perdido la morfología original, acumulaciones de arenas de cierta importancia y dunas ascendentes.

Por lo que se refiere al segundo grupo, se han considerado dentro del mismo acumulaciones de arenas de poco espesor, no fijadas por vegetación y por tanto de gran inestabilidad. A este respecto algunas manchas detectadas en la fotografía aérea del año 1956 no existen en la actualidad, mientras que han aparecido otras nuevas.

Todo el conjunto de estos depósitos indica una actividad eólica muy importante a partir del Pleistoceno superior y principalmente durante el Holoceno. No se descarta la posibilidad de que las depresiones existentes sobre la superficie del Páramo, aunque de origen kárstico, hayan modificado sus dimensiones y su morfología por procesos de deflacción.

Las dunas y arenas eólicas son frecuentes en toda la Cuenca del Duero, constituyendo el complejo eólico más importante de la España interior. Los afloramientos ocupan centenares de km<sup>2</sup> y han sido motivo de estudio ya en el siglo pasado (CASIANO DEL PRADO, 1854; CORTAZAR, 1890). En época reciente, diversos autores han estudiado y cartografiado algunas áreas de distribución de estos arenales, tales como LEGUEY (1971), LEGUEY y RODRIGUEZ (1972) y ALCALA DEL OLMO (1972, 1974). Este último autor aporta numerosos datos acerca de las características texturales y mineralógicas de estos sedimentos. PEREZ GONZALEZ (1982), en la parte central de la Cuenca del Duero, encuentra manifestaciones antiguas y actuales de la acción eólica, señalando que los vientos procedentes del SO han dejado su huella sobre terrazas, superficies, cuestas y páramos con material derivado del sustrato terciario y cuaternario inmediato.

Dentro de este esquema incluimos las manifestaciones eólicas de la Hoja de Peñafiel.

### 3.3.2.6. *Formas poligénicas*

Este grupo está representado por los glacis, la "Raña" y las superficies. Dentro de los primeros se han diferenciado dos tipos con características diferentes: por un lado, los glacis más recientes, localizados en las laderas de los valles, con suaves pendientes y perfiles característicos y, por otro, una serie de glacis encostrados, colgados en relación al cauce actual, y que se sitúan a la salida de algunos valles, están conectados con la formación de los mismos. Algunos de los mejores afloramientos se localizan en Pesquera de Duero y en la carretera de Peñafiel a Sacramenia, cerca de la desviación a Canalejos de Peñafiel y en Mélida.

El depósito consta de cantos de angulosos a subredondeados, en general calcáreos, embutidos en una matriz arenoso-arcillosa con un alto grado de cementación, lo que hace que morfológicamente destaque sobre los materiales blandos subyacentes.

En segundo lugar se consideran aquí los depósitos de arcillas rojas y gravas cuarcíticas que aparecen en el cuadrante sureste de la Hoja, conocidos como "Raña" o "Rañas". Estos materiales han sido descritos con anterioridad por ORDOÑEZ (1976), ARMENTEROS (1986) y MOLINA *et al.* (1986) y MOLINA y ARMENTEROS (1986) y se conocen como "facies rojas pliocuaternarias" y conglomerados de Aldeanueva de la Serrezuela.

El afloramiento de la Hoja, sedimentológicamente hablando, corresponde a facies distales de abanicos aluviales procedentes de la Sierra de Honrubia-Pradales, más al sur. MOLINA y ARMENTEROS (1986) reconocen dos episodios de funcionamiento en estos abanicos, correspondiendo, el que aquí aparece, con la fase más reciente, de claro encajamiento. La edad asignada a estos depósitos es Plio-pleistoceno o Pleistoceno basal.

Por último, las superficies de erosión, que aunque desarrolladas mayoritariamente sobre materiales calizos, se consideran de génesis poligénica. Se han cartografiado dos superficies, situadas a cotas diferentes y con características algo distintas.

La superficie más antigua, conocida en la literatura como "Superficie del Páramo", ocupa gran parte de la mitad meridional de la Hoja y se sitúa sobre las denominadas "Calizas superiores del Páramo". Se localiza entre los 947 y 900 m, estando suavemente inclinada hacia el SO con una pendiente del 2-3%, inclinación que según diversos autores se debe a un basculamiento generalizado, a escala peninsular, de edad post-miocena.

Está muy bien conservada y prácticamente constituye una superficie estructural con retoques erosivos, representados principalmente por la acción kárstica, la acción fluvial y la acción eólica.

La Superficie Pleistocena se desarrolla al N de la Hoja en el Alto de Atanares y se sitúa entre las cotas de 910 y 880 m. Está algo más degradada que la anterior, al desarrollarse sobre ella un karst de llanura que da lugar a numerosas dolinas, uvalas y depresiones fluvio-kársticas.

Se instala sobre las "calizas inferiores del Páramo", sobre las que ya existe una superficie anterior, fosilizada por el ciclo de las "calizas superiores del Páramos. El problema que se plantea es si se trata de una superficie intravallesiense exhumada por los procesos de erosión cuaternarios o si se trata de una superficie claramente cuaternaria. En este trabajo se apuesta por la segunda hipótesis por varias razones:

La inclinación de esta superficie hacia los principales valles, hecho que puede observarse también en las hojas contiguas por el N de Roa (345) y Antigüedad (313).

La superficie afecta no sólo a las "Calizas inferiores del Páramo", sino a niveles inferiores de la serie.

El suelo que se desarrolla sobre dicha superficie es menos evolucionado que el de la Superficie del Páramo.

En el sector de la Calvacha y la Isilla, en el centro de la Hoja, retoca el nivel superior de terrazas (+ 120 m).

### 3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

GOY *et al.* (1981) definen las Formaciones Superficiales como todos aquellos materiales, coherentes o no, que han podido sufrir una consolidación posterior y que están relacionados con la evolución del relieve observable en la actualidad.

La característica indispensable para todas ellas es que tienen que ser cartografiadas a la escala de trabajo, quedando definidas por una serie de atributos como geometría, textura, génesis, potencia y cronología. Algunos de estos aspectos han sido ya descritos, por lo que aquí se prestará especial atención a la textura y a la potencia.

Se consideran en primer lugar las formaciones superficiales de carácter fluvial por ser las más importantes de la Hoja. Dentro de este grupo son las terrazas las que alcanzan mayor desarrollo. Se han cartografiado nueve niveles a alturas de + 3-10 m, + 15 m, + 20-25 m, + 28-30 m, + 35 m, + 45-50 m, + 70-80 m, + 100-110 m y 130 m. A excepción de la más alta, se ha realizado diversos análisis como cantometrías, granulometrías y composición de la fracción pesada y ligera. Algunos de estos resultados se expresan a continuación.

Como es frecuente, las terrazas están constituidas por gravas y cantes, en su mayoría cuarcíticos (76-91%) seguido de cuarzo (7-24%) y areniscas cuarcíticas (0-2%). Puntualmente puede aparecer algún componente calizo.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las cantometrías (eje mayor) y los espectros litológicos, realizados en los diferentes niveles de terrazas.

Nº Terraza/cota	% 20-40 mm	% 40-60 mm	% 60-80 mm	% 80-100 mm	% 100 mm	Tamaño máximo en mm	% CU	% QZ	% AR	% CA
T <sub>1</sub> = +130 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sub>2</sub> = +100-110 m	20	62	17	1	0	127	85	13	2	-
T <sub>3</sub> = +70-80 m	15	65	16	2	2	112	93	6	1	-
T <sub>4</sub> = +45-50 m	11	47	30	12	0	124	81	15	2	2
T <sub>5</sub> = +35 m	8	49	32	10	1	124	93	7	0	-
T <sub>6</sub> = +28-30 m	7	48	36	6	3	150	91	7	2	-
T <sub>7</sub> = +20-25 m	8	46	38	6	2	165	91	7	2	-
T <sub>8</sub> = +15 m	10	48	32	8	2	185	75	24	1	-
T <sub>9</sub> = +3-10 m	7	53	31	7	2	132	79	20	1	-

Algunas apreciaciones pueden insinuarse al observar el cuadro. La primera es el mayor porcentaje, en las terrazas más altas, de los tamaños inferiores en los que las modas sobresalen claramente sobre el resto de los valores. A medida que descendemos hacia las terrazas bajas la moda principal desaparece, dando paso a dos modas, una de ellas con un valor más alto en la cantometría. Este hecho resulta lógico, pues al disminuir las dimensiones del cauce, la capacidad de transporte es menor.

En cuanto a la composición, los porcentajes de cuarzo aumentan considerablemente hacia los niveles más bajos, pudiendo llegar hasta un 24%. El grado de redondeamiento es alto y varián de subangulosos a muy redondeados. En los tamaños mayores se detecta un alto grado de aplanamiento.

La matriz es arenosa con algunos finos. Se trata de una arena media-gruesa cuyos mayores porcentajes se acumulan en las fracciones de 0,25-0,50 mm y de 2-8 mm.

El estudio composicional de la matriz arroja los siguientes valores: cuarzo mayoritario (63,6-69 %) seguido de feldespato potásico (14,2-17,6 %) y carbonatos (0-11,9 %). También se han identificado fragmentos de areniscas, chert y rocas metamórficas.

Los minerales pesados son turmalina (17,6-34,9 %), circón (11,7- 25,9 %), rutilo (4,7-8,8 %), granate (2,3-6,2 %), andalucita (9,9-47,5 %) y además estaurolita, distena, silimanita, hornblendita, apatito, epidota y anatasita.

Hay que señalar, por último, que a techo de los diferentes niveles de terraza, se desarrolla un suelo cuyo grado de madurez se relaciona con la antigüedad del depósito, variando desde suelos aluviales, o pardos de vega, hasta suelos rojos feosialíticos con colores que van desde 2,5 YR en los suelos rojos menos evolucionados a 10 YR 4/8, 1,5 YR 4/8, en la más madura.

Con independencia de estas diferencias, casi todos presentan un suelo con un horizonte A, pedregoso a techo, de espesor variable; a continuación un B, de acumulación de arcillas, y por último un C<sub>ea</sub> donde se observan, aunque pobemente, algunas concentraciones de carbonatos.

El resto de los depósitos fluviales no alcanzan mayor interés. Sólo la llanura de inundación del Duratón ofrece un alto porcentaje de finos (limo + arcilla), desarrollando a techo suelos pardos y grises con potencia visible de 3-5 m y los conos de deyección, constituidos por materiales poco coherentes con niveles de gravas calcáreas procedentes de las calizas de los páramos. La potencia de 2 a 10 m dependiendo de su proximidad a la zona apical.

Se consideran también como formaciones superficiales las relacionadas con las depresiones kársticas. En el fondo de la mayoría de ellas pueden encontrarse arcillas arenosas rojas con contenido ocasional de fragmentos de calizas de los páramos. A veces, y debido a la presencia de arcillas, se forma en el seno de las cubetas una capa impermeable, embalsándose las aguas de lluvia. A partir de este momento se convierte en un medio lacustre con acumulación de arcillas, limos y materia orgánica. Con posterioridad se desarrollan a techo, dado el carácter reductor del medio, suelos grises de carácter vertical. La potencia de estos depósitos no supera los 0,50 m.

Finalmente se expresan los datos texturales de las formaciones de carácter eólico, de gran desarrollo en la Hoja. Los análisis realizados en el afloramiento de Peñafiel dan un tamaño de grano muy uniforme con un 95%, aproximadamente, de los granos comprendidos entre 0,125 mm y 1 mm, con un 3% menor de 0,125 m y un 2% entre 1-8 mm.

La naturaleza de los granos es mayoritariamente de cuarzo (59,2%), seguido de feldespato potásico (35,4%) con pequeñas cantidades de chert, areniscas y fragmentos de rocas metamórficas.

Los minerales pesados reconocidos son, por orden de abundancia: granate (58,7%), circón (12,1%), rutilo (10,8%), estaurolita (6,8%), andalucita (4,6%), sillimanita (2,3%) y epidota (1,1%). El resto, hasta completar el 100%, lo constituyen el rutilo, el apatito y la anatasia.

### 3.5. EVOLUCION DINAMICA

En este apartado se hace una breve consideración sobre dos aspectos fundamentales: la situación de la Hoja en el sector centro oriental de la Cuenca del Duero y la edad de los materiales aflorantes en el área. En este sentido, la edad más antigua de los mismos corresponde al Aragoniense superior (Astaraciense) y los más modernos, datados en este sector como Vallesiense y probable Turoliense, corresponden a los términos calizos superiores de las denominadas "Calizas de los Páramos".

A partir de este momento tienen lugar una serie de procesos de diversa índole, ya relacionados con la morfogénesis del relieve que se observa en la actualidad.

Dentro de los materiales neógenos, cartográficamente se han diferenciado dos grandes unidades de rango cuencal:

"Facies Cuestas", cuyo techo está constituido por la "Caliza inferior del Páramo". La edad de este conjunto es Astaraciense superior-Vallesiense inferior.

"Caliza superior del Páramo" de edad Vallesiense-Turoliense, que corona las series miocenas y que constituyen el último resalte de las series neógenas.

Entre la "Caliza inferior del Páramo", y la "Caliza superior del Páramo" existe una discordancia a nivel regional. Sobre el techo de la caliza inferior se desarrolla una superficie de erosión compleja con procesos de karstificación, formación de costras, etc., que queda fosilizada por el último ciclo y no siempre permite su reconocimiento.

Después de la sedimentación del último ciclo, que como ya se ha señalado su techo lo constituye la "caliza superior del Páramo", se producen una serie de movimientos de amplio radio que pliegan suavemente estos materiales. Sobre ellos se desarrolla una superficie de erosión, denominada "Superficie del Páramo", cuyas características generales son definidas por MOLINA y ARMENTEROS (1986), que la denominan "Superficie superior del Páramo".

En la Hoja de Peñafiel esta superficie se localiza entre los 947 y 900 m, con una suave pendiente hacia el SO. Se instala sobre la "Caliza superior del Páramo", biselando varios términos de la serie. Cuando está bien conservada se pueden identificar formas kársticas que llegan a afectar a los 5 m superiores, aunque en otros puntos pueden alcanzar mayor profundidad (MOLINA y ARMENTEROS, 1986). Se observan huecos y tubos de disolución llenos de arcillas rojas con limo y arena. El color rojo es muy oscuro y según la tabla de colores Munsell ofrece HUES de 10 YR 2,5 YR.

Sincrónica o inmediatamente después tiene lugar la instalación de los abanicos plio-pleistocénicos o "Rañas" que aparecen en la esquina SE de la Hoja, procedentes de la Sierra de Honrubia-Pradales. A partir de este momento se inician los procesos de incisión cuaternaria como consecuencia de un cambio de morfogénesis (endorreísmo-exorreísmo). En los primeros estadios y probablemente en un momento de estabilidad, se desarrolla una segunda superficie de erosión y es la "Superficie Pleistocena". Se localiza fundamentalmente en la mitad norte de la Hoja entre las cotas de 880-910 m y se instala sobre el techo de la "Facies Cuestas" (Caliza inferior del Páramo), biselando, al igual que la anterior, términos inferiores de la serie. En las Hojas contiguas por el norte, Roa (345) y Antigüedad (313) alcanzan gran extensión, llegando, por el este, hasta la localidad de Lerma. El proceso kárstico afecta sólo a los 2-3 metros superiores, debido al carácter margoso de los materiales que constituyen este ciclo.

Los colores del suelo y de la alteración de esta superficie son menos rojos que la "superficie del Páramo", y según MOLINA y ARMENTEROS (1986), las arcillas de calcificación nunca llegan a constituir una auténtica "terra rossa". Los colores medidos varían de 2,5 YR a 7,5 YR, pasando por 5 YR. Según los autores anteriormente citados, en el estudio que han realizado en otros perfiles de esta misma superficie, siempre es característica la presencia de esmectitas en mayor o menor proporción.

Se plantea un problema a la hora de datar esta superficie, pues podría considerarse como una superficie intravallesiense, exhumada por los procesos de erosión cuaternarios o una superficie claramente cuaternaria. En este trabajo se considera pleistocena, como se indica en el nombre asignado. Las razones que apoyan esta hipótesis están detalladas suficientemente en el apartado correspondiente al "Estudio del modelado".

A partir de esta superficie sigue el encajamiento de la red de drenaje, dejando, en el mismo, una serie de plataformas escalonadas, correspondientes a los niveles de terraza.

Ya en el Holoceno tiene lugar la instalación de los últimos depósitos aluviales como: fondos de valle, llanuras de inundación, conos de deyección, etc., que determinan el modelado fluvial característico del sector. Los procesos de gravedad, kársticos y eólicos contribuyen a modificar y alterar la morfología local de algunos sectores.

### 3.6. MORFODINAMICA ACTUAL

Atendiendo a las características litológicas y estructurales de la zona y el carácter prácticamente atectónico de la misma, no se reconocen procesos actuales de gran magnitud.

Pero como ya se ha señalado en el apartado anterior, existen algunas acciones que pueden contribuir a modificar de forma local el relieve. Entre ellas puede destacarse la acción fluvial que actúa en los barrancos y valles secundarios, dando lugar a procesos de incisión lineal, y formación de cárcavas con escarpes muy verticalizados en sus cabeceras.

También en el valle del Duero puede observarse erosión lateral del cauce y formación de pequeñas barras.

Los procesos de gravedad actuales se limitan a la caída de bloques, muy frecuentes en estos valles de laderas escarpadas, debido a la inestabilidad topográfica y al agrietamiento sufrido por las calizas en las zonas marginales de las mesas por descompresión lateral.

El viento también constituye un motivo de modificaciones actuales, pero no de acusada importancia. Sus efectos son aparición y desaparición de pequeñas acumulaciones eólicas y una cierta participación en el ensanchamiento y profundización de las depresiones kársticas. En relación con estas últimas, otros procesos activos son los referidos al endorreismo. Tanto en las pequeñas lagunas originadas en la superficie del Páramo como en los encarcamientos relacionados con la red fluvial, se produce actividad sedimentaria típica de estos medios, siendo funcionales en época de lluvia.

Por las características del sector y por la serie de procesos descritos con anterioridad, no se prevén cambios importantes de carácter geomorfológico en un futuro.

#### **4. HISTORIA GEOLOGICA**

La historia geológica de la Hoja de Peñafiel aparece ligada a la evolución regional de la Cuenca del Duero y en particular al sector central y sur-oriental.

Por otro lado, en el área objeto de estudio no existe un registro sedimentario continuo y aflorente como para establecer una cronología de los hechos acaecidos durante todo el Terciario y mucho menos en el Mesozoico.

La existencia de sondeos en áreas próximas (Don Juan-1 y Río Franco-1) al norte fuera ya de la Hoja ponen de manifiesto que existe una serie atribuida al Neógeno de 1.907 m para el primero y 1.000 m de espesor para el segundo, aunque bien pudiera ocurrir que en los metros más bajos estuviese representado también el Paleógeno. Por debajo se localiza un Mesozoico representado por el Cretácico y un Triásico detrítico que se apoya sobre el Paleozoico.

Las características del sondeo Río Franco-1 (Hoja de Antigüedad nº 313) se mantiene en otros sectores de la cuenca, aunque por ejemplo el sondeo Don Juan 1, situado más al sur, en las proximidades de Roa de Duero (Hoja de Roa nº 345), sólo corta 1.000 m de Terciario.

El hecho de que los materiales más antiguos aflorantes sean de edad Astaraciense limita e impide la reconstrucción de los sucesos acontecidos, previos al Mioceno medio.

En términos generales, la Cuenca del Duero comienza a formarse a principios del Terciario, ya que es a finales del Cretácico o en el Paleoceno cuando se pasa de un régimen marino a uno continental que va a permanecer a lo largo de todo el Cenozoico.

A partir del Paleógeno es cuando comienza la sedimentación continental en la Cuenca del Duero, si bien la configuración paleogeográfica de la misma distaba entonces mucho de la actual. Los datos de los sondeos no aportan información exacta sobre la presencia del Eoceno-Oligoceno en el área. Admitiendo, pues, que no existe registro sedimentario para esos tiempos en la región, la sedimentación se inició en el Mioceno probablemente con depósitos correspondientes a facies fluviales y distales de abanicos y ambientes lacustres confinados, con una importante subsidencia y acúmulo de sedimentos, como lo denuncian los registros de los sondeos existentes.

Los sedimentos neógenos más antiguos aflorantes se localizan en las proximidades de la Hoja, al oeste, correspondiendo a depósitos de ambientes lacustres y fluvio-lacustres del Orleaniense y parte del Astaraciense desarrollados de forma amplia en el sector central y septentrional de la Cuenca del Duero.

Los afloramientos existentes en la zona más occidental y fuera de la Hoja aportan pocos datos acerca de la configuración paleogeográfica de las áreas lacustres y los sistemas aluviales y fluviales que confluyan en esas zonas endorreicas durante el Aragoniense, si bien para buscarlas hay que desplazarse más al norte a zonas próximas a los relieves de la Cordillera Cantábrica, donde afloran tanto las facies fluviales como sus equivalentes lacustres (Facies Dueñas).

No obstante se puede asegurar que en los sectores central y oriental de la Cuenca del Duero se desarrolló durante el Mioceno medio un importante episodio lacustre con importante acúmulo de sedimentos y diferentes ambientes y subambientes, conectados físicamente con el borde norte de la Cuenca del Duero y con el actual corredor de la Bureba, situado ya más al noreste en la provincia de Burgos. Se desconocen en el resto de las áreas los equivalentes laterales en facies detríticas, ya que aparecen soterrados bajo sedimentos más moder- nos.

Una vez finalizada esta etapa sedimentaria a la que se ha hecho referencia se inicia un nuevo ciclo de sedimentación que se pone de manifiesto con la presencia de un importante sistema fluvial de procedencia oriental en líneas generales, aunque en el sector de Roa de Duero se localizan paleocorrientes de dirección y procedencia NE. Este sistema de características tipo "braided" en las zonas más orientales adopta una configuración meandriforme en las zonas más occidentales de la Hoja. Hacia techo de las series detríticas rojas en el valle del Duero, se observa una reactivación en el sistema fluvial que parece estar controlado por fracturas del basamento de dirección NE-SO. Todo ello, debió de acontecer al menos en el Astaraciense medio-superior (Aragoniente), como lo ponen de manifiesto los yacimientos de Aranda de Duero y Montejo de la Vega, que se localizan en estas facies fluviales.

A partir del meridiano de Nava de Roa y de Anguix se observa un tránsito a facies lacustres marginales. El paso a este ambiente lacustre es transicional y marca el inicio de un amplio desarrollo de sistemas lacustres, motivados probablemente por cambios en las condiciones climáti-

cas ambientales. Este hecho lleva consigo la formación de lagos someros con pequeña lámina de agua, y de carácter discontinuo con frecuentes fluctuaciones del nivel del agua.

Todo esto implica la formación de depósitos margosos y carbonáticos, así como de yesos dia-genéticos (Facies Cuestas). Los niveles carbonáticos muestran importantes rasgos pedogenéticos, con importantes procesos de dolomitización secundarios. La presencia de yesos se localiza más frecuentemente en el sector de Peñafiel, es decir, en la zona más occidental de la Hoja.

En sectores más septentrionales, como en el valle del Esgueva, se localizan, intercalados con las series margo-yesíferas o margosas, frecuentes niveles detríticos rojos, lo que pone de manifiesto una cierta influencia fluvial probablemente relacionada con los relieves próximos situados al NE de las Peñas de Cervera. Estas variaciones se observan en las proximidades de Cuevas de Provanco, en el valle del río Botijas, aunque si bien en este sector la relación es simplemente ambiental entre los sistemas fluviales orientales y las propiamente lacustres de este sector, ya que más hacia el Sur los relieves de Honrubia-Pradales presentan una relativa aunque baja actividad de carácter fluvial.

En el meridiano de Pedrosa del Duero (Hoja de Roa) se pone de manifiesto el tránsito a facies lacustres. El cerro Manvirgo es un excelente ejemplo de facies transicionales de medios fluviales a lacustres con predominio de procesos evaporíticos.

El ciclo culmina normalmente en la región con un predominio de términos carbonatados (calizas y dolomías con margas) que por lo general constituyen el resalte morfológico que culmina los relieves de algunas mesas de la zona.

Todo este ciclo sedimentario, de marcado carácter expansivo y caracterizado por secuencias lacustres somerizantes de margas y calizas, tiene lugar desde el Aragoniense superior hasta comienzos de Vallesiense o Vallesiense inferior, momento en el cual en las áreas más septentrionales de la Hoja parece existir una redistribución paleogeográfica y ambiental que va a motivar el inicio de un nuevo ciclo de sedimentación, así como las formaciones de suelos y procesos de karstificación en los materiales hasta ahora depositados y sometidos a exposición subaérea.

Esta interrupción o discontinuidad queda reflejada perfectamente en la base del segundo ciclo, caracterizado inicialmente por la instalación de una red fluvial, efímera y de carácter restringido, que discurriría en sentido ENE a SO y que se localizaría en el sector central de la Hoja de Peñafiel incluso más al norte, en el valle del río Esgueva, desconociéndose si en la franja intermedia limitada por ambas áreas (Hoja de Roa) debió existir depósito, o si por el contrario este área permaneció sometida a procesos erosivos. Por el contrario, hacia el sector más meridional (valle del Duratón), en las proximidades de Sacramenia, parece existir una paraconformidad y cierta conjunción de las facies lacustres de la unidad infrayacente con ésta, aunque se localizan facies detríticas y oncolíticas intercaladas en la serie detrítico-carbonatada basal de esta unidad.

Las facies fluviales de esta unidad presentan paleocorrientes que indican procedencia este y noreste y pasan a facies lacustres hacia sectores orientales o meridionales. En ocasiones y

excepcionalmente, los depósitos carbonatados (episodios palustres-lacustres) se sitúan directamente sobre la unidad inferior ó bien sobre un nivel lutítico rojo (paleosuelos), asociado a los procesos kársticos (valle del Esgueva), ocurriendo esto de forma general entre los meridianos de Castrillo de Don Juan y Hérmedes de Cerrato, más al norte.

En los sectores más meridionales y aunque también fuera de la Hoja (Sierra de Honrubia) predominan también los episodios detríticos, aunque en este caso procedente de los relieves mesozoicos y paleozoicos próximos.

Este segundo ciclo sedimentario, que corresponde a la deposición de las "calizas superiores del Páramo" o ciclo neógeno terminal en esta región, resulta bastante más complejo de lo que aparentemente parece, pues se observan secuencias palustres-lacustres que indican un ambiente con poca lámina de agua bajo condiciones climáticas cálidas y de marcado carácter expansivo.

Todos estos procesos sedimentarios acontecen al menos en el Vallesiense inferior, ya que sobre la serie detrítico-carbonatada basal se sitúa el yacimiento de los Valles de Fuentidueña (ALBERDI *et al.*, 1981), cuya fauna encontrada acredita tal edad.

Posteriormente, y a finales del Mioceno, parece tener lugar un período de arrasamiento con formación de procesos de karstificación y de costras carbonatadas, así como el desarrollo de una importante superficie de erosión de importante extensión regional (superficie del páramo).

Esta fase erosiva trae consigo la formación en los bordes de los relieves próximos de un sistema de abanicos aluviales, afines a la raña, aunque es discutible precisar su edad (MARTIN SERRANO, 1991), y que parecen corresponder ya a cambios climáticos importantes, en este caso lluvioso, significando el paso de un régimen endorreico a otro exorreico que va a caracterizar a la red fluvial cuaternaria.

Durante el Pleistoceno se desarrollan importantes episodios fluviales marcados por un lado por el encajamiento de la red y por otro por el carácter asimétrico de sus arterias principales, con migración de éstas hacia el norte, en líneas generales (valle del Duero).

Los primeros estadios de encajamiento traen consigo el desarrollo de una importante superficie de erosión, que llega a afectar a los niveles más altos de las terrazas y que parece tener también un carácter regional en la Cuenca del Duero, al menos en el sector central y centro-oriental.

Depósitos de valles antiguos a veces relictos y/o colgados, como en el área de Peñafiel-Pesquera del Duero, glacis, coluvianes y demás depósitos de ladera, ponen de manifiesto un antiguo modelado previo a la configuración de la zona.

Por ultimo, procesos recientes de actividad eólica (Holoceno) en la mitad occidental del valle del Duero terminan de configurar la morfología actual de la región y cierran la historia geológica evolutiva del área a estudiar.

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

A pesar de los numerosos indicios existentes (41), solamente puede destacarse la actividad de varias graveras en terrazas, aprovechadas a nivel local y regional, para la obtención de áridos (arenas y gravas de diversos tamaños). Hasta hace varias decenas de años existieron numerosas tejeras en las que se utilizaron las lutitas rojas de la Unidad detrítica de Aranda. En pequeños y artesanales hornos se calcinaron localmente los yesos asociados a la "Facies Cuestas". Se han realizado extracciones puntuales de las "calizas del Páramo" para su utilización como roca de construcción.

### 5. 1. RECURSOS MINERALES

#### 5.1.1. **Minerales metálicos y no metálicos**

No existe referencia alguna en cuanto al aprovechamiento de minerales metálicos o no metálicos, ni en cuanto a una presencia digna de consideración.

#### 5.1.2. **Minerales energéticos**

Sólo cabe considerar las arcillas carbonosas localizadas en la "Facies Cuestas", pero su pequeño espesor (centimétrico a decimétrico) y un poder calorífico muy bajo no permiten incluirlas como indicios mineros.

#### 5.1.3. **Rocas industriales**

##### 5.1.3.1. *Aspectos generales e históricos*

Las terrazas, principalmente bajas, del río Duero proporcionan volúmenes importantes de gravas y arenas que desde hace tiempo son aprovechadas para áridos de construcción, a través de graveras que alcanzan relativa importancia en las zonas de Peñafiel, Nava de Roa y Fuentecén. Aprovechamiento muy local tienen como zahorra los coluviones. Se mantiene activa la producción de materiales cerámicos (ladrillos hoy y tejas antes) a partir de las lutitas rojas de la Unidad detrítica de Aranda, aprovechadas para la obtención de ladrillos en Peñafiel y anteriormente para la de tejas y ladrillo en Pesquera, Valdezate, Cuevas de Provano, Castrillo de Duero, etc.

De manera muy local se han aprovechado las "calizas del Páramo" como roca de construcción.

No han alcanzado explotaciones destacables las extracciones y posterior calcinación de los yesos de la "Facies Cuestas" en hornos que fueron artesanales.

El aprovechamiento local de las arcillas tuvo su importancia hasta hace unos treinta años para la obtención del material de construcción más clásico en la zona: el adobe. Hoy se encuentra totalmente abandonado este producto y sustituido por el ladrillo.

La actividad en la construcción se corresponde con el ritmo existente en las graveras y arenas instalados en las terrazas del Duero y aprovechados en las inmediaciones de los principales núcleos urbanos.

#### 5.1.3.2. *Descripción de los materiales*

##### *Calizas*

Las calizas del Páramo han sido utilizadas como producto de baja calidad para la base de los cimientos de las casas de la zona con el fin de complementar la edificabilidad del adobe con el que se construía el resto del edificio.

Con criterio ornamental se han obtenido puntualmente algunos bloques y piedras, para la construcción de edificios más consistentes, en las "calizas inferiores del Páramo" de Aldeayuso y en las superiores del "Páramo de Valdezate". En la zona se ha intentado frecuentemente su aprovechamiento como roca de construcción, aunque ello sólo ha llegado a establecerse de forma continuada en las inmediatas explotaciones de Campaspero.

Como áridos de machaqueo, para ser empleados en la construcción de carreteras, desde los años 60-70 se han aprovechado las piedras sueltas que abundan en el Páramo, una vez machacadas en molinos, pequeños o medianos, instalados al efecto. Uno de éstos estuvo activo durante pocos años en Cuevas de Provano. En análisis de muestras efectuados por el IGME (1976), en diversos puntos del Páramo, se aportan las siguientes características geomecánicas: peso específico aparente (2,6-2,8), peso específico real (2,72-2,77), coeficiente de desgaste "Los Angeles" (24-31), absorción (1,7-2,2), adhesividad al betún (99,5-99,6).

Como zahorra se aprovecha un material muy heterogéneo, con elevadas reservas y muy bajo valor económico, que suele corresponderse con coluviones de arcillas, margas y calizas, aunque en ocasiones llega a extraerse la formación geológica original subyacente.

Asociados a las margas de la "Facies Cuestas" se han localizado y explotado localmente algunas intercalaciones de yesos, bien cuando se presentan en grandes y característicos cristales o bien cuando se corresponde con yesos lenticulares, de 1-3 m de potencia. La pequeña potencia de estos niveles en los que la calidad pueda ser considerable, hizo que fueran aprovechados en artesanales hornos de calcinación, abandonados cuando fue preciso implantar mayor grado de tecnificación.

Los análisis químicos obtenidos por el IGME (1976) en los yesos del área Peñafiel-Pesquera de Duero proporcionan el siguiente resultado: 5,60% de  $\text{SiO}_2$ , 0,45% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,58% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 32,16% de  $\text{CaO}$ , 3,70% de  $\text{MgO}$ , 0,37% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,16% de  $\text{Na}_2\text{O}$ , 30,78% de  $\text{SO}_3$  y 26,20% de P.p.c.

##### *Arcillas*

Las lutitas rojas de la "Unidad detrítica de Aranda" han sido muy frecuentemente utilizadas para la obtención, inicialmente artesanal, de tejas y ladrillos (Pesquera, Torre de Peñafiel,

ROCAS INDUSTRIALES				HOJA N.º 374 (18-15) PEÑAFIEL		
Número (N.º M.R.I.)	Coordinadas U.T.M.	Sustancia	Término Municipal Provincia	Observaciones		
				Actividad Exploradora	Tipo de explotación	Usos
1 (156)	VM028113	Arcillas comunes (lilitas rojas, Unidad detritica de Aranda)	Pesquero de Duero VALLADOLID	Inactiva	Arcillera. Antigua tejera. Pequeña	Cerámicos
2	VM030084	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Peñafiel (Padilla de Duero) VALLADOLID	Inactiva	Gravera. Pequeña	Aridos naturales
3	VM030082	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Peñafiel (Padilla de Duero) VALLADOLID	Inactiva	Gravera. Mediana. Gravas silíceas (media: 4,5 cm, centil: 1,5 cm)	Aridos naturales
4	VM051105	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Pesquera de Duero VALLADOLID	Inactiva	Gravera. Recubierta. Mediana	Zahorra
5 (158-159)	VM062104	Yeso (Yeos, Facies Cuestas)	Curiel de Duero VALLADOLID	Inactiva	Cortas con horno para calcinar. Pequeñas	Construcción
6	VM046086	Arenas y gravas (Gravas y arenas; Terrazas bajas)	Peñafiel (Padilla de Duero) VALLADOLID	Activa	Cortas. Extracción y clasificación Medianas	Construcción
7 (157)	VM046071	Arcillas comunes (lilitas rojas, Unidad detritica de Aranda)	Peñafiel VALLADOLID	Activa	Corta. Extracción para la cercana ladrillera CERPESA. Pequeña	Cerámicos
8	VM047060	Arcillas comunes (lilitas rojas, Unidad detritica de Aranda)	Peñafiel (Aldeayuso) VALLADOLID	Activa	Corta. Extracción, para la cercana ladrillera CERPESA. Pequeña	Cerámicos
9 (157)	VM049034	Arcillas comunes (lilitas rojas, Unidad detritica de Aranda)	Peñafiel (Aldeayuso) VALLADOLID	Inactiva	Corta. Extracción. Pequeña	Cerámicos
10	VM041029	Calizas (Calizas y dolomitas. Calizas inferiores del Páramo)	Peñafiel (Aldeayuso) VALLADOLID	Inactiva	Cantera. Extracción. Muy pequeña	Construcción (R. ornamental)
11 (197)	VM074027	Arcillas comunes (lilitas rojas, Unidad detritica de Aranda)	Torre de Peñafiel (Aldeayuso) VALLADOLID	Inactiva	Corta. Extracción. Antigua tejera	Cerámicos
12 (198)	VM074027	Gravas y arenas (Gravas y arenas; Terrazas bajas)	Peñafiel (Melida) VALLADOLID	Activa	Cortas. Extracción. Recubierta Medianas	Aridos naturales
13	VM075046	Yeso (Yeos, Facies Cuestas)	Peñafiel VALLADOLID	Inactiva	Cortas. Pequeñas Horno de calcinación	Construcción
14	VM070082	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Peñafiel VALLADOLID	Inactiva	Gravera. Mediana. Extracción	Aridos naturales
15 (160)	VM076079	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Peñafiel VALLADOLID	Inactiva	Gravera. Mediana. Recubierta	Aridos naturales
16 (399)	VM076079	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Curiel de Duero VALLADOLID	Inactiva	Gravera. Pequeña. Extracción	Aridos naturales
17	VM082096	Arcillas (lilitas rojas, (Unidad detritica de Aranda)	Curiel de Duero VALLADOLID	Inactiva	Corta. Muy pequeña. Extracción	
18 (400)	VM082082	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas y arenas eólicas)	Peñafiel VALLADOLID	Intermitente	Gravera. Mediana. Extracción	Aridos naturales
19	VM083078	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas y arenas eólicas)	Peñafiel VALLADOLID	Activa	Gravera. Mediana. Extracción. Gravas silíceas y arenas (apr. 50%)	Aridos naturales
20 (401)	VM086074	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas y arenas eólicas)	Peñafiel VALLADOLID	Activa	Gravera. Grande. Extracción.y clasificación	Aridos naturales

21	VM096080	Gravas y arcillas Arcillas y margas con cantos y bloques [coluvión] y lutitas rojas [Unidad detrítica de Aranda]	Curel de Duero VALLADOLID	Inactiva	Corta. Muy pequeña. Extracción	Zahorra
22 (268)	VM23979	Arenas [y gravas] [Arenas y gravas; Terrazas bajas y coluvión]	Rabano VALLADOLID	Intermitente	Corta. Pequeña. Extracción. Arena (70%) y gravas [media 5cm, centíl 15 cm]	Aridos naturales
23	VM 38968	Gravas y arcillas Arcillas y margas con cantos y bloques [coluvión]	Rabano VALLADOLID	Intermitente	Corta. Pequeña. Extracción.	Zahorra
24	VM64953	Gravas, margas, calizas [Margas, calizas y cantos. Facies cuestas y coluvión]	Sacramenia SEGOVIA	Inactiva	Corta. Pequeña. Extracción.	Zahorra
25 (199)	VM 152033	Arcillas [lutitas rojas, Unidad detrítica de Aranda]	Castillo de Duero VALLADOLID	Inactiva	Arcillera. Pequeña. Antigua tejera	Cerámicos
26 (201)	VM167028	Arcillas [lutitas rojas, Unidad detrítica de Aranda]	Castillo de Duero VALLADOLID	Inactiva	Arcillera. Pequeña. Antigua tejera	Cerámicos
27	VM177023	Arcillas [lutitas rojas, Unidad detrítica de Aranda]	Castillo de Duero VALLADOLID	Inactiva	Arcillera. Muy pequeña. Recubierta Antigua tejera	Cerámicos
28	VM188009	Arcillas [y gravillas] [Arcillas ocreas y gravilla, Coluvión]	Sacramenia [Cuevas de Provano] SEGOVIA	Inactiva	Arcillera. Muy pequeña	Adobes
29 (165)	VM179098	Gravas (Gravas y arenas arenas. Aluvial)	San martín de Rubiales BURGOS	Inactiva	Corta. Pequeña. Recubierta. Gravas (10-50%), gravillas (30-40%) arenas (20-30) Materia orgánica, 0,025% y ocasional presencia de sulfatos y arenas feldespáticas 30%	Aridos naturales
30	VM185072	Gravas (Gravasy arenas. Terrazas medios)	Nava de Roa BURGOS	Inactiva	Corta. Pequeña Extracción Grava cuarcítica 60% (2-4 cm media; 12 cm, centíl y arenas feldespáticas 30%	Aridos naturales
31	VM193084	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Nava de Roa BURGOS	Intermitente	Corta. Muy pequeña Extracción	Aridos naturales
32	VM194086	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	Nava de Roa BURGOS	Intermitente	Corta. Mediana Extracción Grava cuarcítica 60%70% (5 cm media; 15 cm, centíl y arenas feldespáticas 30%)	Aridos naturales
33	VM198680	Arenas (Gravas y arenas. Terrazas medios)	Nava de Roa BURGOS	Intermitente	Corta. Muy pequeña Extracción Arenas finas	Construcción
34	VM 199082	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas medios)	Nava de Roa BURGOS	Inactiva	Corta. Pequeña Extracción	Aridos naturales
35	VM201085	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas medios)	Nava de Roa BURGOS	Intermitente	Corta. Mediana Extracción	Aridos naturales
36 (128)	VM213129	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas bajas)	La Cueva de Roa BURGOS	Inactiva	Corta. Muy pequeña. Recubierta	Aridos naturales
37 (203)	VM225056	Arcillas [lutitas rojas, Unidad detrítica de Aranda]	Valdezate BURGOS	Inactiva	Dos cortas. Medianas. Antigua tejera [indula horne de col con caliza dentro puntos próximos]. Ilita, 15%; caolinita, 5%.	Cerámicos (y construcción)
38 (204)	VM234047	Calizas (Calizas grises; Calizas superiores del Páramo)	Valdezate BURGOS	Inactiva	Cantera. Muy pequeña	Roca de construcción
39 (128)	VM266092	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas altas)	Fuentecén BURGOS	Activa	Corta. Mediana. Extracción y clasificación. Gravas cuarcíticas (70%) (2-4 cm media; 15 cm centíl) y arenas	Aridos naturales
40 (128)	VM274095	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas altas)	Fuentelrién BURGOS	Activa	Corta. Pequeña. Extracción	Aridos naturales
41 (128)	VM277094	Gravas (Gravas y arenas. Terrazas altas)	Fuentecén BURGOS	Activa	Corta. Mediana. Extracción	Aridos naturales

Castrillo de Duero, Cuevas de Provano, Valdezate, etc.) y posteriormente, con carácter industrial, de ladrillos en Peñafiel, donde aún continúa esta actividad.

Un análisis realizado por el IGME (1976) en las lutitas rojas explotadas en Aldeayuso aportó la siguiente mineralogía: 15% de illita-montmorillonita, 17% de micas y 5% de caolinita, con caracterización de arcillas muy grasas. En el estudio correspondiente a la presente Hoja se ha obtenido una composición mineralógica global del 16% de cuarzo, 8% de calcita, 5% de dolomita y 71% de fitosilicatos, los cuales porcentualmente se desglosan en illita (78%), caolinita (22%) e indicios de vermiculita. Su composición es bastante idónea para la obtención de productos cerámicos de cocción roja, cuidando que aquéllas no incluyan materiales calcáreos y a veces siendo precisa su mezcla con especies arenosas.

En la "Facies Cuestas" se ha obtenido la siguiente composición mineralógica: 20% de cuarzo, 6% de calcita y 74% de fitosilicatos. Estos últimos están compuestos por illita (42%), caolinita (8%) y esmectita (50%). Ocasionalmente puede aumentar la presencia de esta última, justificándose los trabajos de investigación llevados a cabo en la exploración de arcillas especiales, hasta ahora poco alentadores.

Las arcillas de descalcificación asociadas a la superficie morfológica del Páramo tienen difícil aprovechamiento industrial, con 16-20% de cuarzo, 13-30% de calcita, hasta 8% de feldespatos y 45-65% de fitosilicatos (74-84% de illita, 10-11% de caolinita, hasta 16% de esmectita y menos de 5% de interestratificados).

#### *Arenas y gravas*

Desde hace varias decenas de años es frecuente la obtención de gravas y arenas, para su utilización como áridos de construcción, principalmente en las terrazas bajas del río Duero próximas a Peñafiel y Nava de Roa, así como en las terrazas altas cercanas a Fuentecén.

En general se trata de graveras con dimensiones de 30 a 80 m en largo o ancho y de 5-7 m. de profundidad. Alguna de ellas ha sido abandonada y posteriormente recubierta. Suele dominar la presencia de arena margo-feldespática, con 40-70%, sobre la de grava. Esta se corresponde con cantos cuarcíticos, a veces incluso cuarzo y más raramente calcáreos o esquistosos de 3-5 cm de media y centímetro de 15 cm.

Próximas a Nava de Roa y a Padilla de Duero existen esporádicas acumulaciones de arena, lo que motiva un aprovechamiento directo como material de construcción. En el entorno de Peñafiel se suele producir machaqueo de las gravas para la obtención de varias fracciones generalmente utilizadas en la elaboración de hormigones.

## 5.2. HIDROGEOLOGÍA

La hoja de Peñafiel pertenece hidrográficamente a la Cuenca del Duero, situándose en su margen izquierdo. El clima predominante en esta zona es de tipo mediterráneo templado con un

régimen de humedad que lo califica de mediterráneo seco y unas temperaturas medias anuales, para el período 1940-85, de 11-12°C, siendo la precipitación media anual para el mencionado período de 500 mm.

La red hidrográfica tiene como eje fundamental al río Duero, que discurre de E a O por su mitad septentrional y recoge las aguas de los ríos Duratón, Botijas y, en el extremo NE, del río Riaza. El régimen de estos afluentes es de carácter marcadamente pluvionival, con aguas altas en Marzo y Abril y fuerte estiaje después del verano.

En la zonificación hidrológica establecida en el Plan Hidrológico del Duero (1988) la Hoja de Peñafiel se encuentra en la Zona V, participando de las subcuencas D-4, 4-4 y D-5 (véase fig. nº 2), que en conjunto presentan un módulo de aportación media anual de 23 hm<sup>3</sup>.

La Hoja de Peñafiel se enmarca en un área de fuerte demanda de aguas, principalmente para usos agrícolas, que supone más de un 90% de la demanda total para las citadas subcuencas. Dicha demanda, estimada por el P.H.D.-1988 en unos 139 hm<sup>3</sup>/a, se satisface a partir de aguas de procedencia superficial en una proporción dos y tres veces superior a la de aguas subterráneas.

La calidad química de las aguas del río Duero en su recorrido por las hojas está calificada como "intermedia" según datos consultados del Plan Hidrológico del Duero (1988).

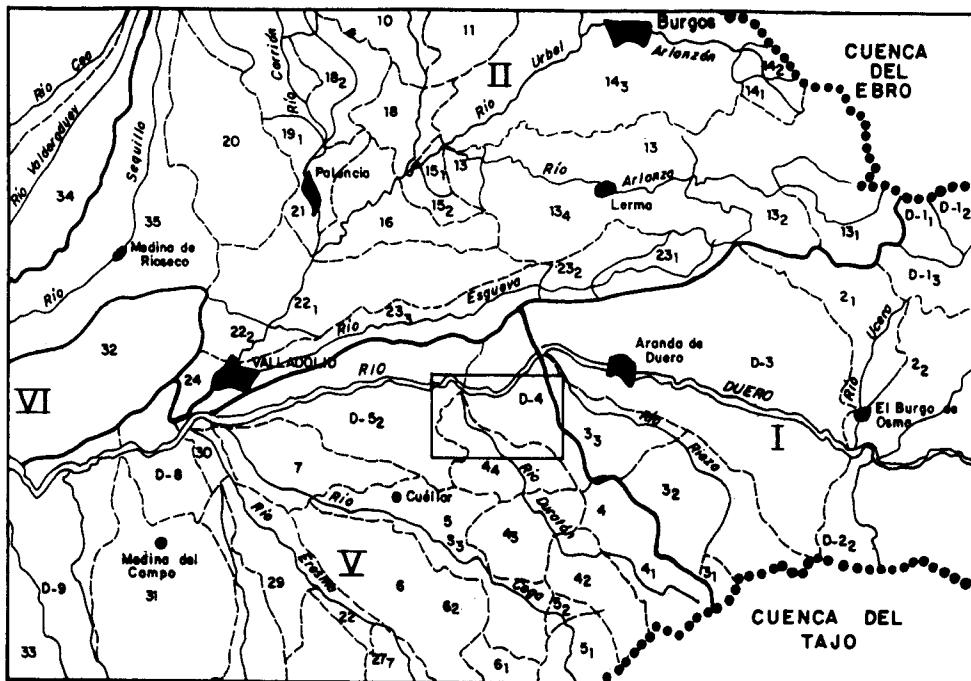
Hidrogeológicamente la Hoja de Peñafiel se ubica íntegramente en el Sistema Acuífero nº 8 "Terciario Detritico Central del Duero" (ver fig. nº 3). Dentro de éste, y según la división de Regiones establecida por el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas del Duero, participa de la Región Central o de los Páramos, salvo una pequeña parte del cuadrante nororiental, que pertenece a la Región Este o de la Ibérica.

El S.A. nº 8 está litológicamente constituido por materiales de carácter detrítico (arcillas y limos arenosos con niveles lentejonares de arenas y gravas) y materiales de carácter evaporítico y químico (yesos y calizas) de edad terciaria. Los depósitos detríticos más gruesos (lentejones de arenas y gravas) constituyen los niveles acuíferos propiamente dichos, mientras que las arcillas y limos arenosos que los engloban se comportan hidráulicamente como un acuitardo.

En la Región de los Páramos los niveles acuíferos se localizan a partir de los 200 m de profundidad, subyaciendo a un potente paquete de arcillas y margas de muy baja permeabilidad. No existe conexión hidráulica natural con la superficie y por tanto, en esta Región, el acuífero se encuentra en régimen confinado, siendo el flujo bidimensional horizontal. La recarga se establece de modo lateral y subterráneo desde la Región de la Ibérica y las descargas se efectúan del mismo modo hacia la región de los Arenales al O, y por bombeo.

Los sondeos inventariados en esta Hoja, que captan los niveles del acuífero regional, alcanzan entre 250 y 500 m, no siendo extraño que presenten carácter surgiante.

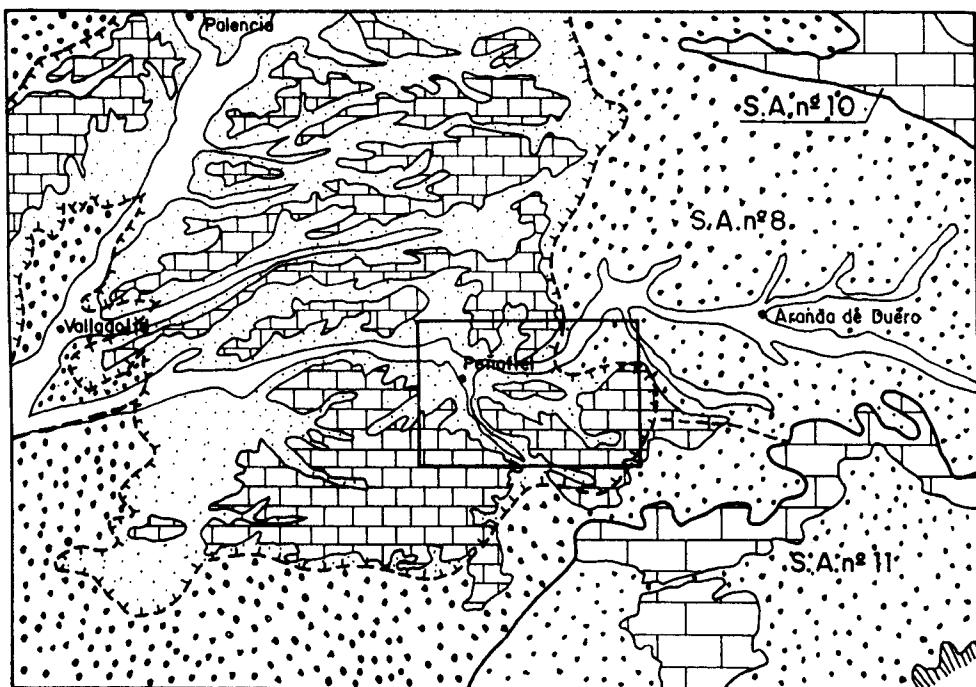
El nivel piezométrico del acuífero profundo en esta Hoja se sitúa entre los 775 y 850 n.s.m. estableciéndose el flujo desde el SE hacia el NO (véase fig. nº 4).



## LEYENDA

- Límite de Zonas
  - - - - Límite de Subcuenca
  - II** Designación de Zonas
  - 143** Designación de Subcuenca
  - Delimitación de cuenca hidrográfica

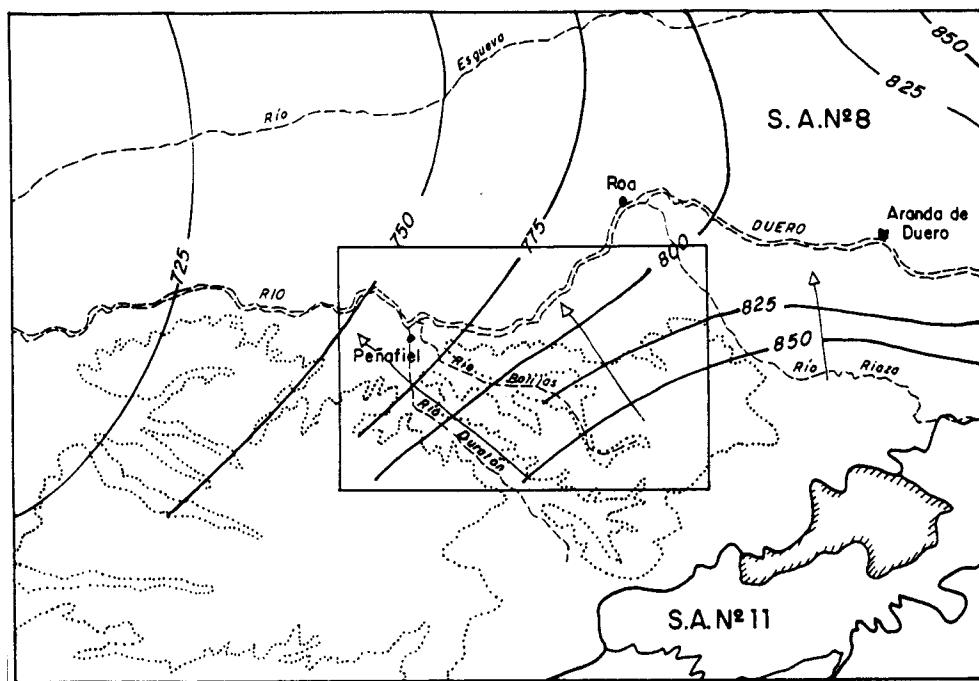
**Figura 2. Zonación hidrológica (según datos P.H.D. 1988)**



#### LEYENDA

- Límite de S. A.
- ||||| Límite de Subsistema de los Páramos
- [Brick Pattern] Caliza cretácica. Acuífero regional
- [Brick Pattern] Caliza terciaria. Acuífero local, superficial
- [Dotted Pattern] Detritico terciario. Acuífero regional
- [Dotted Pattern] Detritico cuaternario. Acuífero local
- [Hatched Pattern] Borde impermeable

**Figura 3. Esquema Hidrogeológico Regional**



#### LEYENDA

- Límite del Sistema Acuífero
- ..... Límite de Páramos Calcáreos
- Borde impermeable
- 725 - Isopieza del acuífero detrítico profundo.  
Periodo abril-mayo 1989
- Línea de flujo del acuífero profundo
- S.A.nº11** N° del Sistema Acuífero
- [Blank box] Hoja 1:50.000

**Figura 4. Isopiezas del acuífero profundo del S.A. n° 18**

Los datos disponibles sobre el químismo de las aguas del acuífero profundo indican una calidad mediocre, con valores de conductividad entre 800 y 1.200  $\mu\text{s/cm}$ . Las facies hidroquímicas predominantes son de carácter sulfatado, probablemente debido al "lavado" de los materiales margoyesíferos que confinan los niveles acuíferos profundos.

Además del acuífero regional profundo existen acuíferos de carácter superficial constituidos por las calizas de los páramos (Inferior y Superior). Estas calizas configuran dos Unidades Hidrogeológicas con entidad propia: Unidad del Páramo de Cuéllar y Unidad del Páramo de Duratón, parcialmente representados en el sector meridional de la Hoja. El funcionamiento hidrogeológico para ambos es muy similar: la recarga se establece a partir de infiltración directa de agua de lluvia (en el Páramo de Duratón se supone que existe además una recarga lateral desde el sistema Acuífero nº 11) y la descarga se efectúa por manantiales perimetrales en el contacto con las margas del muro impermeable, por arroyos que cruzan los páramos y/o por bombeos. Ambas unidades se comportan como acuíferos libres y colgados, con una circulación en régimen kárstico.

El Páramo de Cuéllar es el más conocido, estando sometido a una mayor explotación de sus recursos. La piezometría en dicha unidad oscila entre los 800 y los 885 m.s.n.m., habiéndose detectado en el período 1978-1989 unos descensos acumulados en el sector nororiental (presente en la Hoja) de unos 5 m.

Los caudales de explotación oscilan entre 10 y 35 l/s. siendo los caudales específicos muy variables, entre 0,3 y 1,16 l/s/m. El 95% de las extracciones se utilizan para regadíos.

La calidad química de las aguas de los páramos es buena, siendo las facies hidroquímicas de carácter bicarbonatado cálcico o cálcico-magnésico. En su mayoría son aguas potables, aunque puntualmente se detecta presencia de nitratos ligeramente por encima de los límites de tolerabilidad.

Otros niveles acuíferos, de interés local, presentes en la Hoja son los depósitos cuaternarios (terrazas, fondos de valle y arenas eólicas) que se explotan con finalidad agrícola mediante pozos poco profundos y de gran diámetro.

Tanto las Unidades calizas de los Páramos como los depósitos cuaternarios se encuentran desconectados hidráulicamente de los niveles del acuífero regional profundo, por el mencionado paquete de arcillas y margas, que confina a este último.

### 5.3. GEOTECNIA

Este apartado constituye una síntesis donde se exponen las características geotécnicas de los materiales aflorantes en la Hoja de Peñafiel. Se presenta un Mapa de síntesis geotécnica a escala 1:100.000 en Documentación Complementaria.

Esta síntesis tiene como objeto ser una información complementaria al Mapa Geológico Nacional, que pueda simplificar los futuros estudios geotécnicos.

La superficie de la Hoja se ha dividido en Areas y posteriormente cada Area en Zonas. El criterio seguido para la división de estas Areas ha sido fundamentalmente geológico, entendido como una síntesis de aspectos litológicos, tectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, que analizados en conjunto dan a cada zona una homogeneidad en el comportamiento geotécnico.

Se describe la permeabilidad, el drenaje, la ripabilidad, la posibilidad de deslizamientos, hundimientos y otros riesgos, y por último se valora cualitativamente la capacidad de carga media del terreno. Todas estas definiciones son orientativas, por lo que deben utilizarse a nivel de estudio informativo y/o anteproyecto.

### **División en Areas y Zonas Geotécnicas. Características generales**

En el esquema de síntesis se presentan dos Areas (I y II), que se definen de la siguiente manera:

Area I. *Materiales terciarios*

Area II. *Materiales cuaternarios*

Cada zona se define y agrupa a las siguientes unidades cartográficas del Mapa Geológico Nacional:

**Zona I<sub>1</sub>** Se trata de un conjunto detrítico formado por lutitas rojas donde se intercalan niveles de areniscas, conglomerados, limos calcáreos y margas blancas. Unidades cartográficas: 1, 2 y 3.

**Zona I<sub>2</sub>** Es un conjunto detrítico carbonatado constituido por margas blancas, niveles de yesos, margocalizas y arcillas rojas "Facies Cuestas". Unidades cartográficas: 4, 6 y 8.

**Zona I<sub>3</sub>** Son materiales carbonatados, constituidos por dolomías, calizas y margas. Niveles carbonatados de las "Facies Cuestas" y "Calizas inferiores del Páramo". Unidades cartográficas: 5 y 7.

**Zona I<sub>4</sub>** Se han agrupado los materiales que constituyen la serie basal y media del ciclo "Calizas superiores del Páramo". Son arcillas rojas a veces con areniscas y/o conglomerados, margas, margocalizas y calizas margosas. Unidades cartográficas: 9 y 10.

**Zona I<sub>5</sub>** Son calizas grises y margas, que constituyen las "Calizas superiores del Páramo". Unidades cartográficas: 11 y 12.

Todas estas zonas son de edad neógena (Mioceno medio-superior).

**Zona I<sub>6</sub>** Está constituida por gravas cuarcíticas y arcillas rojas, pertenecientes al Pliocuaternario. Unidad cartográfica 13.

A continuación se citan las zonas del Área II, correspondientes al Cuaternario.

- Zona II<sub>1</sub>** Corresponde a los depósitos de terrazas. Son gravas y arenas. Unidades cartográficas: 14, 15, 16 y 17.
- Zona II<sub>2</sub>** Se han agrupado las litologías ligadas a depósitos de gravedad como son los glacis, coluviones y conos. Son arcillas y margas con cantos. Unidades cartográficas: 18, 21 y 22.
- Zona II<sub>3</sub>** Corresponde a los fondos de dolinas y áreas endorreicas. Son arcillas y lutitas. Unidades cartográficas: 19 y 20.
- Zona II<sub>4</sub>** Son depósitos constituidos por arenas sueltas (arenas eólicas). Unidad cartográfica: 23.
- Zona II<sub>5</sub>** Se han agrupado los depósitos de la llanura aluvial del Duero y los fondos de valle. Son arcillas y limos. Unidades cartográficas: 24 y 25.

## AREA I

### *Zona I<sub>1</sub>*

#### *Características litológicas*

Es un conjunto eminentemente detrítico, en el cual abundan los materiales de granulometría muy fina como son las lutitas, si bien aparecen niveles intercalados de areniscas, conglomerados, limos y margas.

#### *Características geotécnicas*

Es una zona que en conjunto se comporta como impermeable, aunque existen zonas semi-permeables. No obstante, el drenaje principal se efectúa por escorrentía.

Se excavan fácilmente, si bien existen niveles de areniscas y conglomerados de difícil ripado.

Su capacidad de carga es media-baja, si bien son depósitos con un cierto grado de pre-consolidación.

Los análisis por difracción de Rayos X han confirmado la presencia de illita y caolinita, minerales de la arcilla con un componente expansivo bajo.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes son la fácil erosionabilidad que sufren las lutitas, la diferente erosión que se presenta en los diversos niveles, cuya dureza es diferente, y por último la posible presencia de sulfatos que puede dar lugar a agresividad de las aguas y del suelo.

## Zona I<sub>2</sub>

### *Características litológicas*

Se han englobado en esta zona materiales detrítico-carbonatados y yesíferos, constituidos por margas blancas, yesos, margocalizas y arcillas rojas.

Se extienden a lo largo de los valles de los ríos Duratón, Botija y Duero.

### *Características geotécnicas*

En conjunto se definen como impermeables, por lo tanto el drenaje se efectúa por escorrentía.

La ripabilidad en los términos arcillosos está asegurada, mientras que los términos carbonatados presentarán dificultad al ripado.

La capacidad de carga se define entre alta, donde aflora la roca, y media para el resto de materiales.

La presencia de materiales yesíferos puede dar lugar a fenómenos de agresividad por sulfatos e igualmente a hundimientos por disolución.

## Zona I<sub>3</sub>

### *Características litológicas*

Se han agrupado los diferentes términos carbonatados que se encuentran intercalados dentro de las "Facies Cuestas", así como el material que representa el final del ciclo de sedimentación y que se conoce con el nombre de "Calizas inferiores del Páramo". Se trata de dolomías, calizas y margas de colores grises.

### *Características geotécnicas*

Son permeables, siendo su drenaje preferencial por infiltración.

No son ripables, son rocas de elevada dureza que necesitan para su extracción, el uso de explosivos.

La capacidad de carga se define como alta. No obstante el alto grado de karstificación a veces provoca que en ciertas zonas sea más correcto utilizar el término media.

Como se ha mencionado, la alta karstificación puede provocar el colapso de estructuras que se apoyen en esas zonas, siendo un condicionante geotécnico importante.

## *Zona I<sub>4</sub>*

### *Características litológicas*

Son materiales detrítico-carbonatados que constituyen la base y parte media del ciclo de sedimentación "Calizas superiores del Páramo".

### *Características geotécnicas*

Abundan los materiales de fina granulometría (tamaño inferior a 0,002 mm) lo que hace que se comporte el conjunto como impermeable y por lo tanto su drenaje sea por escorrentía superficial.

La ripabilidad está asegurada, aunque pueden existir cuerpos carbonatados o detríticos que sean de difícil ripado. La capacidad de carga, en conjunto, se puede estimar media-baja.

El condicionante geotécnico más relevante lo constituye el diferente comportamiento de los diversos materiales frente a la erosión.

## *Zona I<sub>5</sub>*

### *Características litológicas*

Esta zona está constituida por calizas grises con intercalaciones margosas y margas blancas, correspondientes al final del ciclo de sedimentación denominado "Calizas superiores del Páramo".

Aparecen mayoritariamente en la mitad meridional de la Hoja, configurando las planicies de los páramos de Campaspero y Sacramenia"

### *Características geotécnicas*

Son permeables, principalmente a través de su karstificación y diaclasado, por lo tanto su drenaje es por infiltración.

Son rocas de elevada dureza, por lo tanto no son ripables, siendo necesario para su extracción el uso de explosivos.

La capacidad de carga es alta. No obstante en muchos lugares el alto grado de karstificación hace que este término quede sensiblemente reducido.

El condicionante más relevante, a la alta carstificación que puede originar el colapso de estructuras que se apoyen en estas zonas.

## *Zona I<sub>6</sub>*

### *Características litológicas*

Esta zona corresponde a materiales de edad plio-pleistocena, constituidas por gravas cuarcíticas con arcillas rojas.

Afloran en un área restringida en el ángulo suroriental de la Hoja.

#### *Características geotécnicas*

Son permeables, siendo el drenaje por infiltración.

Se pueden extraer con facilidad con pala mecánica y su capacidad de carga es media-baja.

La escasa compacidad del depósito constituye el principal condicionante geotécnico.

### AREA II

#### *Zona II<sub>1</sub>*

##### *Características litológicas*

Corresponde a los depósitos de las terrazas, estando constituidos por gravas calcáreas cementadas.

##### *Características geotécnicas*

Son materiales permeables, por lo tanto el drenaje se efectúa por infiltración.

Se extraen fácilmente, cuando no están cementados, con pala mecánica y la capacidad de carga se puede catalogar como media.

Los principales condicionantes geotécnicos son la presencia de un nivel freático alto y la posibilidad de asientos diferenciales en cimentaciones.

#### *Zona II<sub>2</sub>*

##### *Características litológicas*

Se han agrupado los depósitos, constituidos por glacis, coluviones y conos.

Son, principalmente, arcillas y margas con cantos y bloques. Se localizan sobre las laderas de los valles y salidas de los barrancos.

##### *Características geotécnicas*

Se presentan los términos de semipermeable e impermeable, por lo tanto el drenaje se efectuará por escorrentía e infiltración.

La ripabilidad se considera fácil, siendo la capacidad de carga media-baja.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes se asocian a posibles deslizamientos, debido a su escasa consolidación, en general poco coherentes y dispuestos en pendiente. Igualmente es posible la presencia de niveles colgados de agua.

#### Zona II<sub>3</sub>

##### *Características litológicas*

Se han agrupado los depósitos que rellenan las cubetas de disolución, así como las áreas con drenaje deficiente.

Son materiales principalmente arcillosos, producto de la calcificación de las calizas, en el caso de las dolinas y sedimentación de limos y arcillas en las áreas con drenaje deficiente.

##### *Características geotécnicas*

Son materiales impermeables, si bien puede existir una lenta percolación del flujo de agua.

El drenaje se efectúa por escorrentía principalmente, si bien también existirá por infiltración, sobre todo en el centro de las dolinas.

La excavabilidad es fácil y su capacidad de carga es muy baja, dado que son depósitos escasamente consolidados.

Los condicionantes geotécnicos más importantes se centran en la inestabilidad del sustrato rocoso, debido a los fenómenos kársticos, así como al drenaje deficiente, que en épocas de lluvias origina encharcamientos temporales.

#### Zona II<sub>4</sub>

##### *Características litológicas*

Producto de la actividad eólica aparecen unos depósitos de arena en las áreas deprimidas de los valles, principalmente en el entorno de Peñafiel.

Litológicamente son arenas finas, acumuladas por vientos de procedencia suroeste.

##### *Características geotécnicas*

Son terrenos permeables, por lo tanto el drenaje se efectúa por infiltración.

Perfectamente excavables, la capacidad de carga se puede catalogar como media-baja.

El mayor condicionante geotécnico que presenta es su escasa consolidación.

#### *Zona II<sub>s</sub>*

##### *Características litológicas*

Corresponde a los depósitos de fondos de valle. Son en general limos arenosos con algunos nivelillos de gravas cuarcíticas y cantes calcáreos.

##### *Características geotécnicas*

En conjunto se considera un depósito permeable y semipermeable, siendo el drenaje por escorrentía más infiltración.

Se excavan fácilmente y su baja consolidación nos indica una capacidad de carga entre baja y muy baja. Estos tipos de depósitos suelen presentar varios condicionantes geotécnicos, como son la baja compacidad y la existencia del nivel freático a escasa profundidad, el cual provocará problemas de agotamiento en las zanjas y excavaciones que le afecten.

La presencia a veces de yesos en las "Facies Cuestas" hace prever una posible concentración de sulfatos, tanto en el terreno como en las aguas que por él circulan, lo que provocará agresividad.

Por último, mencionar que se trata de una zona sometida a un posible riesgo de inundación.

## **6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO (PIG)**

En la Hoja de Peñafiel se han inventariado y catalogado siete Puntos de Interés Geológico, habiéndose seleccionado y desarrollado cuatro de ellos.

No se han observado lugares que precisen de especial protección con vistas a su conservación como patrimonio natural.

### **6.1. RELACION DE PUNTOS INVENTARIADOS**

La relación de puntos inventariados es la siguiente:

- Curso medio del río Duero
- Valle del curso alto del río Botijas
- Sección de Castrillo del Duero
- Sección de Peñafiel
- Sección de Valdezate
- Sección de Sacramenia
- Deformaciones tectónicas en el Neógeno del valle del río Duratón.

## 6.2. TESTIFICACION DE LA METODOLOGIA

La testificación realizada de la metodología que se ha empleado permite afirmar que la relación de puntos seleccionados e inventariados refleja con cierta exactitud las características geológicas y geomorfológicas de la Hoja, ya que los puntos inventariados tienen como interés principal:

Geomorfológico: 29%

Sedimentológico: 29%

Estratigráfico: 29%

Tectónico: 13%

En el cuadro adjunto se exponen los diferentes puntos inventariados atendiendo al tipo de interés principal de cada uno de ellos.

INTERES PRINCIPAL	TIPO DE INTERES
Estratigráfico	Sección de Castrillo del Duero
	Sección de Sacramenia
Sedimentológico	Sección de Peñafiel
	Sección de Valdezate
Geomorfológico	Curso medio del río Duero
	Valle del curso alto del río Botijas
Tectónico	Deformaciones tectónicas en el Neógeno del valle del río Duratón.

Todos estos puntos se han clasificado, además de por su contenido e interés principal, de acuerdo con su utilización (Turística, Didáctica, Científica y Económica) así como, por su repercusión dentro del ámbito local, regional, etc.

Por último se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) existe para su consulta un informe complementario más amplio con descripciones, fecha y documentación gráfica de los puntos inventariados y seleccionados.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AEROSERVICE LTD (1967). Mapa Geológico de la Cuenca del Duero. Escala 1:250.000. Inst. Nacional de Colonización e Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M. y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1976). Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central Española. *Trabajos Neógeno-Cuaternario*; 6, 7-29. I.L.M., C.S.I.C.
- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1974). Estudio edáfico-sedimentológico de los arenales de la Cuenca del Duero. *Tesis Doctoral. Univ. Complutense*. Madrid.
- ALBERDI, M.T. (1974). Las "faunas de Hippurion" de los yacimientos españoles. *Estudios Geológicos*, vol. 30, núm. 2-3 pp. 189-212.
- 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.
- ALIA, M. (1976). Una megaestructura en la Meseta. La bóveda castellano-extremeña. *Estudios Geol.*, 32: 229-238.
- ALONSO GAVILÁN, G. (1989) Paleografía del Paleógeno en el borde suroccidental de la Cuenca del Duero. *XII Congreso Español de Sedimentología. Com.*
- ALONSO GAVILÁN, G.; ARMENTEROS ARMENTEROS, I.; DABRIO GONZÁLEZ, C. J., y MEDIAVILLA LÓPEZ, R. M. (1987). Depósitos lacustres terciarios de la cuenca del Duero (España). *Studia Geologica Salmanticensia*, 1: XXIV: 3-47.
- ALVÁREZ SIERRA, M. A.; GARCÍA MORENO, E., y LÓPEZ MARTÍNEZ, N. (1985). Biostratigraphy and paleoecological interpretation of Middle-Upper Miocene successions in continental sediments of the Duero basin, Northern Spain. *Abstract VIII Congress of the RCMNS*. Budapest, 1985: 56-67.
- ARAGONÉS, E. (1978) Informe sedimentológico sobre las Hojas geológicas MAGNA de la transversal Norte-Sur de la Cuenca del Duero. IGME. Inédito.
- ARMENTEROS ARMENTEROS, I. (1986). Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector Suroriental de la Depresión del Duero. *Ediciones de la Diputación de Salamanca*. Serie Castilla y León, 1: 471 pp.
- ARMENTEROS, I.; GONZÁLEZ, J.A.; CIVIS, J. y DABRIO, C. (1986). El problema del Neogeno superior en la Cuenca del Duero: Nuevos Datos Paleontológicos (invertebrados) en el sector Peñafiel-Almazán. *Estudia Geológica Salmanticensia*, 22: 277-291.
- BIROT, P. y SOLE, L. (1954). Recherches Morphologiques dans le Nord Ouest de la Péninsule Iberique. *Mem. et doc. Centre de Doc. Cartogr. et Geogr.*, 4: 11-61
- CARBONNEL, G. (1969). Les ostracodes du Miocene Rhodien. Systématique, bioestratigraphie écologique, paleobiología. *Doccum. Lab. Geol. Fac. Sci., Lyon*, 32 (1-2): 1-169.

- CASIANO DE PRADO, M. (1854). Note sur la constitution géologique de la province de Segovia. *Bull. Soc. Geol. Fra.* T. 11. pp. 330-338.
- CRY, R. (1939). Etude Géologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, León et Santander. *Bull. Soc. Hist. Toulouse*, 74: 504.
- CIVIS, J.; GARCÍA, J.M. y JIMÉNEZ, E. (1982) Ostracofauna de las facies "Cuestas" en el borde occidental de la Cuenca del Duero. 1<sup>a</sup> Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca. 1979. *Temas Geológico Mineros*, 6 (1): 153-167.
- CORTAZAR, D. (1877). Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valladolid. *Mem. Com. Mapa Geol. de España*. T. 5. pp. 9-211.
- CRUSAFONT, M. y CELORRIO, J.M. (1959). Sobre un yacimiento de mamíferos fósiles en Aranda de Duero. *Estudios Geológicos*, núm. 25, pp. 41-44.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J. (1960). Sobre la caracterización del Vallesiense. *Not. y Com. Inst. Geol. y Min. España*, 60: 109-126.
- CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J.F. (1954). Ensayo de síntesis sobre el Mioceno de la Meseta Castellana. *Tomo extr. de la Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 215-227.
- DAAMS, R. y FREUDENTHAL, M. (1981). Aragonian: the stage concept versus Neogene Mammal zones. *Scripta Geol.*, 62: 1-17.
- GARCÍA DEL CURA, A. (1974). Estudios sedimentológicos 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* (M. T. Alberdi y E. Aguirre eds.), 77-82.
- GARCÍA DEL CURA, A., y LOPEZ 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*, 30: 503-513.
- GARCÍA DEL CURA, M. A., y ORDOÑEZ, S. (1975). Les roches carbonatées continentales du Bassin du Duero. *IX Congr. Int. Sédim. Nice*, 10: 49-55.
- GARCÍA DEL CURA, M. A., y ORDOÑEZ, S. (1982). Texturas y estructuras en calizas continentales: un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero. 1<sup>a</sup> Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca. 1979. *Temas Geológico-Mineros*, 6 (1): 227-252. IGME.

GARCÍA MORENO, E. (1988). The Miocene rodent biostratigraphy of the Duero basin (Spain): a proposition for a new Aragonian/Vallesian limit. *Paleontologia i Evolució*, 22: 103-112.

GARCÍA PRIETO, J. F.; NOZAL MARTÍN, F.; PINEDA VELASCO, A. y WOUTERS DE VRIERS, P. F. (1989). Superficies de erosión neógenas y neotectónicas en el borde NE de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7: 38-40.

GARCÍA RAMOS, J. C.; COLMENERO, J. R.; MANJÓN, M., y VARGAS, I. (1982). Modelo de sedimentación en los abanicos aluviales de clastos carbonatados del borde N de la Cuenca del Duero. *1ª Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca. 1979. Temas Geológico-Mineros*, IGME, 6 (1): 275-289.

GLADFELTER, B.G. (1971). *Meseta and Campiña Landforms in Central Spain*. Univ. Chicago. Dep. Geogr. Research Paper, 130: 204.

GONZÁLEZ, I. A.; VALLE, M.F.; SIERRO, F. y FLORES, J. (1986) Distribución de los foraminíferos, moluscos y ostrácodos en el Neógeno de la Cuenca del Duero. Aspectos más significativos. *Estudia Geológica Salmanticensia*, XXII, 277-291.

GONZÁLEZ, A.; PARDO, G., y VILLENA, J. (1988). El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas. *II Congreso de Geología de España S.B.E. Granada*. 1: 175-184.

GOY, J. L.; PÉREZ GONZÁLEZ, A; PORTERO, J.M. y ZAZO, C. (1980). Aportaciones para un modelo de Mapa de Formaciones Superficiales en España. *1ª Reunión Nacional sobre Geología Ambiental y Ordenación del Territorio (Santander). Comunicaciones*, 1: 111-131

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Memorias de la Comisión de Investigación Paleontológica y Prehistórica*, Madrid, 5: 1-75.

HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1930). Sobre la extensión del Neógeno en el Norte de la alta planicie de Castilla la Vieja. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, 30.

HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1932). Tres ciclos de erosión geológica en las sierras orientales de la Cordillera Central. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 32: 456-460.

IGME (1970). *Mapa Geológico de España a E. 1:200.000. 1ª serie. Burgos (nº 20)*. Minist. de Industria. Madrid.

IGME (1973). *Mapa Metalogenético de España a E. 1:200.000. 1ª serie. Burgos (nº 20)*. Servicio Publicaciones del Minist. de Industria. Madrid.

IGME (1976). *Mapa de Rocas Industriales a E. 1:200.000. Burgos (nº 20)*. Servicio de Publicaciones del Minist. de Industria. Madrid.

LÓPEZ MARTÍNEZ, N.; AGUSTÍ, J.; CABRERA, L.; CALVO, J.P.; CIVIS, J.; CORROCHANO, A., DAAMS, R.; DÍAZ, M.; ELIZAGA, E.; HOYOS, M.; MARTÍNEZ, J.; MORALES, J.; PORTERO, J.M.; ROBLES, F.; SANTISTEBAN, C. y TORRES, T. (1985). Approach to the Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *VIII th Congress of the Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy. Symposium on Late Cenozoic Mineral Resources. Hungarian Geological Survey. Abstracts.*, LXX: 383-391.

LÓPEZ MARTÍNEZ, N.; GARCÍA MORENO, E.; ALVÁREZ SIERRA, M. A. (1986). Paleontología y Bioestratigrafía (Micromamíferos) del Mioceno medio y superior del sector central de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanticensia*, XXII: 191-212.

LÓPEZ MARTÍNEZ, N., y SANCHIZ, F. de B. (1982). Los primeros microvertebrados de la Cuenca del Duero: listas faunísticas preliminares e implicaciones bioestratigráficas y paleofisiográficas. IGME, 1<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, 1979. Temas Geológico Mineros. 6 (1): 339-353.

LÓPEZ MARTÍNEZ, N.; SESE BENITO, C., y SANZ GARCÍA, J. L. (1977). La microfauna (Rodentia, Insectívora, Lagomorpha y Reptilia) de las fisuras del Mioceno medio de Escobosa de Calatañazor (Soria, España). *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 8: 47-73.

LÓPEZ OLMEDO, F. ENRILE ALBIR, A. y CABRA GIL, P. (1991). *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000 2<sup>a</sup> serie. Antigüedad* (313). ITGE. Ministerio de Industria.

MABESOONE, J. M. (1959). Tertiary and Quaternary Sedimentation in a part of the Duero Bassin (Palencia, Spain). *Leidse Geol. Meded.*, 24: 21-180.

MABESOONE, J. M. (1961). La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *Estudios Geol.* 17 (2): 101-130.

MARTÍN SERRANO, A. (1989). Características, rango, significado y correlación de las series ocres del borde occidental de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanticensia*, 5: 239-252.

MARTÍN-SERRANO, A. (1991). La definición en el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica alpina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 4 (3-4): 334-351.

MAZO, (1977). Revisión de los Mastodontes de España. *Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid*, 420 pp.

MEDIAVILLA, R. M. (1986-87). 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. (Prov. de Palencia). *Studia Geologica Salmanticensia*, XXII: 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: 187-195.

MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1989). Las calizas del Páramo en el sur de la provincia de Palencia. *Studia Geologica Salmanticensia*, 5: 273-291.

MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1989). Análisis sedimentológico de los conglomerados de Tariego (Unidad 4. Neógeno de la Depresión del Duero). *Studia Geologica Salmanticensia*, 5: 293-310.

MEGÍAS, A.G. (1982) Introducción al análisis tectosedimentario. Aplicación al estudio dinámico de cuencas. *Actas V congreso latinoamericano de geología*, 1: 385-402.

MEIN, P. (1975). Proposition de biozonation du néogène Méditerranéen à partir des mammifères. *Actas I Col. Int. Biostra. Neog. Sup. Cuat. Inf. Trab. Neog. Cuat.*, 4: 112-113.

MOLINA, E. y ARMENTEROS (1986). Los arrasamientos Plioceno y Plio-pleistoceno en el sector surooriental de la cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanticensia*, 22: 293-307.

OLMO, P. DEL, y GUTIÉRREZ, M. (1982) Hoja MAGNA de Cigales (Nº 343) 1:50.000. IGME.

OLMO, P. DEL, y GUTIÉRREZ, M. (1982) Hoja MAGNA de Valladolid (Nº 372) 1:50.000. IGME.

OLMO, P. DEL, y PORTERO, J.M. (1982) Hoja MAGNA de Dueñas (Nº 311). IGME.

ORDÓÑEZ, S., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1976). Estudio de las facies detríticas del Terciario continental del Sector oriental de la Cuenca del Duero. *Estudios Geol.*; 32: 179-88.

ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1977). Facies oncolíticas en medio continental. Aplicación al sector SE de la Cuenca del Duero. *Estudios Geológicos*, 33: 459-466.

ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1983). Recent and Tertiary fluvial carbonates in Central Spain. In: Modern and Ancient Fluvial Systems. J.D. Collinson y J. Lewin (Eds.). *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.*, 6: 485-497.

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. *1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, 1979. Temas Geológico-Mineros*, IGME, 6 (2): 463-482.

ORDÓÑEZ, S.; GARCÍA DEL CURA, MA. y LÓPEZ AGUAYO, F. (1981). Chemical carbonated sediments in continental basins. The Duero Basin. *I.A.S. 2nd. Eur. Mtg. Abstracts*, 130-133.

ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ AGUAYO, 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 AGUAYO, F., y GARCÍA DEL CURA, MA. (1977). Estudio mineralógico de la secuencia litológica de Torresandino (Terciario continental de la Cuenca del río Duero). *Estudios Geológicos*, 32, 1: 87-42.

PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1979). El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos. *Trabajos Neógeno Cuaternario*, 9: 19-32.

PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982). El cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. *Temas Geol. y Min.*, 6 (2): 717-740.

PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982). *Neógeno y Cuaternario de la llanura manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*. Tesis Doctoral. Editorial de la Univ. Complutense de Madrid. 787 pp.

PORTERO GARCÍA, J. M.; OLMO ZAMORA, P.; RAMÍREZ DEL POZO, J. y VARGAS ALONSO, I. (1979). Síntesis del Terciario Continental de la Cuenca del Duero. IGME, 1<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, 1979 Temas Geológico Mineros, 6 (1): 11-37.

Pozo, M., et al. (1984). Estudio mineralógico, geoquímico y paleontológico de los materiales de transición de facies fluviales a evaporíticas en el sector central de la Cuenca del Duero. *Rev. Mat. Proc. Geol.*; 5 (2): 95-113.

SÁNCHEZ BENAVIDES, F. J.; DABRIO, C. J., y CIVIS, J. (1989). Interpretación paleoecológica de los depósitos lacustres neógenos de Castrillo del Val (Noreste de la Depresión del Duero). *Studia geologica Salmanticensia*, 5: 311-331.

SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1978). Planteamiento provisional de la distribución de facies de la Cuenca del Duero. Proyecto MAGNA. IGME (Inédito).

SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; PAVÓN MAYORAL, I.; GARCIA ARGÜESO, J. M.; MANJÓN, M., y COLMENERO, J. R. (1975). *Mapa Geológico de España*. E. 1:50.000. 2<sup>a</sup> serie. Astudillo (237). IGME. Minist. de Industria. Madrid.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1918). Nota acerca de una extensa formación de turba en Gumiel de Izán (Burgos). *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat.*, 18. Madrid.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1922). Excursiones geológicas por la provincia de Burgos. *Mem de Cienc. y Artes de Barcelona*, vol. 16, núm 11.

SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. (1927). Estudios geológicos en Castilla la Vieja. Asoc. Esp. Prog. Ciencias. Congr. de Cádiz. Abril.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1946). Explicación de la Hoja núm. 346, Aranda de Duero. *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1947). Explicación de la Hoja núm. 314, Cilleruelo de Abajo. *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1952). Explicación de la Hoja núm. 375, Fuentelcésped (Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953). Explicación de la Hoja núm. 345, Roa (Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953). Explicación de la Hoja núm. 313, Antigüedad (Palencia-Burgos) *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1955a). Explicación de la Hoja núm. 374, Peñafiel (Valladolid). *Mapa Geol. de España*, 1:50.000. Madrid. IGME.

SCHWENZNER, J.E. (1986). *Zur Morphologie des zentral spanischen Hochlandes*. Geog. Abh., 3 (10): 128 pp.

SEVILLA GARCÍA, P. (1988) Estudio paleontológico de los Quirópteros del Cuaternario español. *Paleontología i Evolució*, 22: 113-233.