

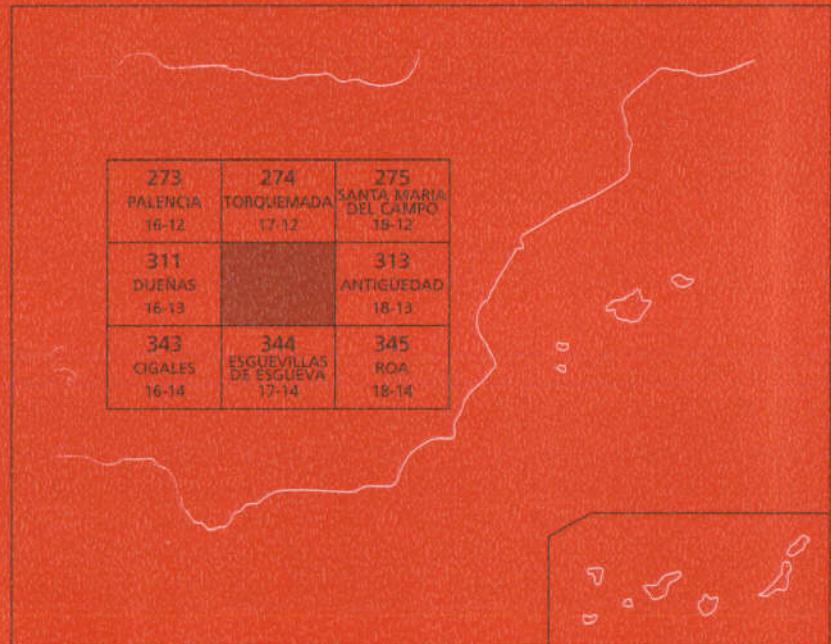


## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición

273 PALENCIA 16-12	274 TORQUEMADA 17-12	275 SANTA MARIA DEL CAMPO 18-12
311 DUEÑAS 16-13		313 ANTIGUEDAD 18-13
343 CIGALES 16-14	344 ESQUEVILLAS DE ESGUEVA 17-14	345 ROA 18-14



# BALTANÁS



# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

# BALTANÁS

© INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M.-35.553-1997  
ISBN: 84-7840-293-4  
NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Lagos Cartografía, S. L.  
Impresión: Graymo, S.A.

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por Estudios y Proyectos Técnicos Industriales, S.A. (EPTISA), dentro del Programa MAGNA, durante los años 1990 y 1991 con normas, dirección y supervisión del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), habiendo intervenido los siguientes técnicos superiores:

***Cartografía Geológica y Redacción de Memoria***

R. Mediavilla  
J. Picart (EPTISA)

***Geomorfología***

P. Wouters (EPTISA)

***Neotectónica***

A. Pineda (EPTISA)

***Sedimentología***

J. Solé Pont (INYPSA)

***Estudio de muestras***

J. M. Brell (U.C.M.). Arcillas  
J. P. Calvo Sorando (U.C.M.). Carbonatos  
I. Armenteros (U. de Salamanca). Carbonatos  
R. Fort, (U.C.M.). Minerales pesados, granulometrías.

***Micropaleontología***

J. Ramírez del Pozo

***Recursos Naturales***

J. Boquera (EPTISA)

***Hidrogeología***

B. R. García de Andoán (EPTISA)  
Y. Camarero (EPTISA)

***Geotecnia***

F. Nestares (EPTISA)

### ***Puntos de Interés Geológico***

J. Palacio (INYPSA)

### ***Teledetección***

J. González Lastra (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
- Informes complementarios
- Puntos de interés geológico
- Álbum de fotografías

## ÍNDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	7
1. ESTRATIGRAFIA .....	10
1.1. Introducción .....	10
1.2. Neógeno .....	12
1.2.1. Unidad A. Astaraciense inferior .....	13
1.2.1.1. Calizas y margas (1). Facies Dueñas .....	13
1.2.1.2. Unidad B. Astaraciense .....	14
1.2.2.1. Margas y calizas (4). ....	14
1.2.2.2. Arenas, limos y arcillas (2). Arenas microconglomeráticas y gravas (3). Facies Tierra de Campos. ....	14
1.2.1.3. Unidad C. Astaraciense-Vallesiense .....	14
1.2.3.1.1. Calizas, margas dolomíticas con megacristales de yeso y dolomías (10) y (13). Facies Cuestas .....	17
1.2.3.1.1.1. Calizas fosilíferas (5) .....	18
1.2.3.1.1.2. Dolomías o margas dolomíticas con macrocristales de yeso (6) .....	18
1.2.3.1.1.3. Dolomías con moldes de raíces (7) .....	18
1.2.3.1.1.4. Dolomías y niveles de yeso microlenticular (8) .....	20
1.2.3.1.1.5. Alternancia de calizas secundarias y margas (9) .....	20
1.2.3.1.1.6. Yesos primarios y yesos retrabajados (11) .....	21
1.2.3.1.1.7. Yesoarenita con estratificación cruzada de gran escala (12) .....	22
1.2.3.1.1.8. Calizas recristalizadas (14). Páramo I. ....	23
1.2.4. Unidad D. Vallesiense-Plioceno .....	23
1.2.4.1. Gravas, arenas y lutitas rojas (15) .....	25
1.2.4.2. Depósitos carbonatados (16) .....	25
1.3. Cuaternario .....	26
1.3.1. Bloques, cantos y gravas con arena y limo (17). Glacis. Pleistoceno-Holoceno .....	27
	28

	Páginas
1.3.2. Gravas, limos y arcillas (18). Conos de deyección. Holoceno .....	28
1.3.3. Gravas, arenas y arcillas (19, 20, 21). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno....	28
1.3.4. Arcillas y gravas (22). Llanura de inundación. Holoceno .....	29
1.3.5. Limos, arenas y gravas (23). Fondos de valle. Pleistoceno-Holoceno .....	29
1.3.6. Limos y arcillas (24). Zonas semiendorreicas. Holoceno .....	29
1.3.7. Bloques calcáreos, limos, yesos y arcillas (25). Coladas de solifluxión deslizamientos). Holoceno.....	29
1.4. Bioestratigrafía .....	30
1.4.1. Vertebrados .....	30
1.4.2. Ensayo de subdivisión cronoestratigráfica del Neógeno por medio de charofitas y ostrácodos .....	32
2. TECTONICA .....	35
2.1. Tectónica alpina .....	35
2.1.1. Fracturación .....	36
2.1.2. Pliegues .....	38
2.2. Neotectónica .....	39
3. GEOMORFOLOGIA .....	42
3.1. Descripción fisiográfica .....	42
3.2. Antecedentes .....	42
3.3. Análisis geomorfológico .....	43
3.3.1. Estudio morfoestructural .....	43
3.3.2. Estudio del modelado .....	44
3.4. Formaciones superficiales .....	51
3.5. Evolución dinámica (historia geomorfológica) .....	52
3.6. Morfodinámica actual .....	53
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	53
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	55
5.1. Recursos minerales .....	55
5.1.1. Rocas industriales .....	55
5.1.1.1. Aspectos generales e históricos .....	55
5.1.1.2. Descripción de los materiales .....	56
5.2. Hidrogeología .....	60
5.2.1. Hidrología .....	60
5.2.2. Hidrogeología .....	62
5.3. Geotecnia .....	64
5.3.1. Introducción .....	64
5.3.2. Características geotécnicas .....	65
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO (PIG.) .....	71
6.1. Relación de puntos inventariados .....	71
6.2. Testificación de la metodología .....	71
6.3. Tipos de interés .....	72
7. BIBLIOGRAFIA .....	73

## 0. INTRODUCCION

La Hoja de Baltanás, Nº 312 (17-13) del Mapa Nacional, se localiza en el extremo meridional de la provincia de Palencia, perteneciendo una pequeña extensión de su superficie a la provincia de Valladolid, en su borde sur. Respecto a la Cuenca del Duero, a la cual pertenece, se sitúa en la zona centro-oriental (Figs. 1 y 2).

Las localidades más importantes son: Baltanás (que da nombre a la Hoja), Castrillo de Onielo, Cevico de la Torre, Baños de Cerrato (Venta de Baños), importante y conocido nudo ferroviario, y Valle de Cerrato, entre otros. En la esquina noroeste se sitúa parte de la ciudad de Palencia.

Fisiográficamente el área no presenta grandes desniveles, variando entre los 910 m de Guijo a los 907 m de Robles y los 730-725 m de cota más baja correspondiente al cauce del río Pisuerga. El paisaje presenta las características de toda la Meseta: zonas bajas alomadas, relieves de antiguos cerros, los cuales al perder la montera protectora de las calizas terminales o calizas del Páramo, se disgran rápidamente, siendo estas suaves elevaciones los últimos testigos de esa morfología; cuestas, que con mayor o menor pendiente, conectan estas "tierras del pan", con las superficies estructurales diseñadas por el Páramo, calizo, o en las que se sitúan las cotas máximas de la región.

Con un trazado siniestro, y atravesando en diagonal el cuadrante noroeste, circula el Pisuerga, el curso fluvial más importante de la Hoja, uniéndose en la hoja colindante de Dueñas con el Carrión, parte del cual discurre por el borde occidental. El resto de la red hidrográfica lo constituye una serie de arroyos y arroyuelos de escasa entidad, pudiendo citar en orden a su longitud y caudal transportado los del Castillo, Tablada y Fuentelacasa, Maderano y Rabanillo, etc.

De acuerdo con el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (1976) de la Hoja de Baltanás, la "distribución de las masas de cultivos" se divide en: cultivos de regadio, de labor intensiva, de viñedo, pastos y matorral, forestales e improductivos.

Existen inventariados un total de 13 sondeos realizados para el aprovechamiento de aguas subterráneas para agricultura. Las cotas alcanzadas van desde los 2 m a los 465 m de pro-

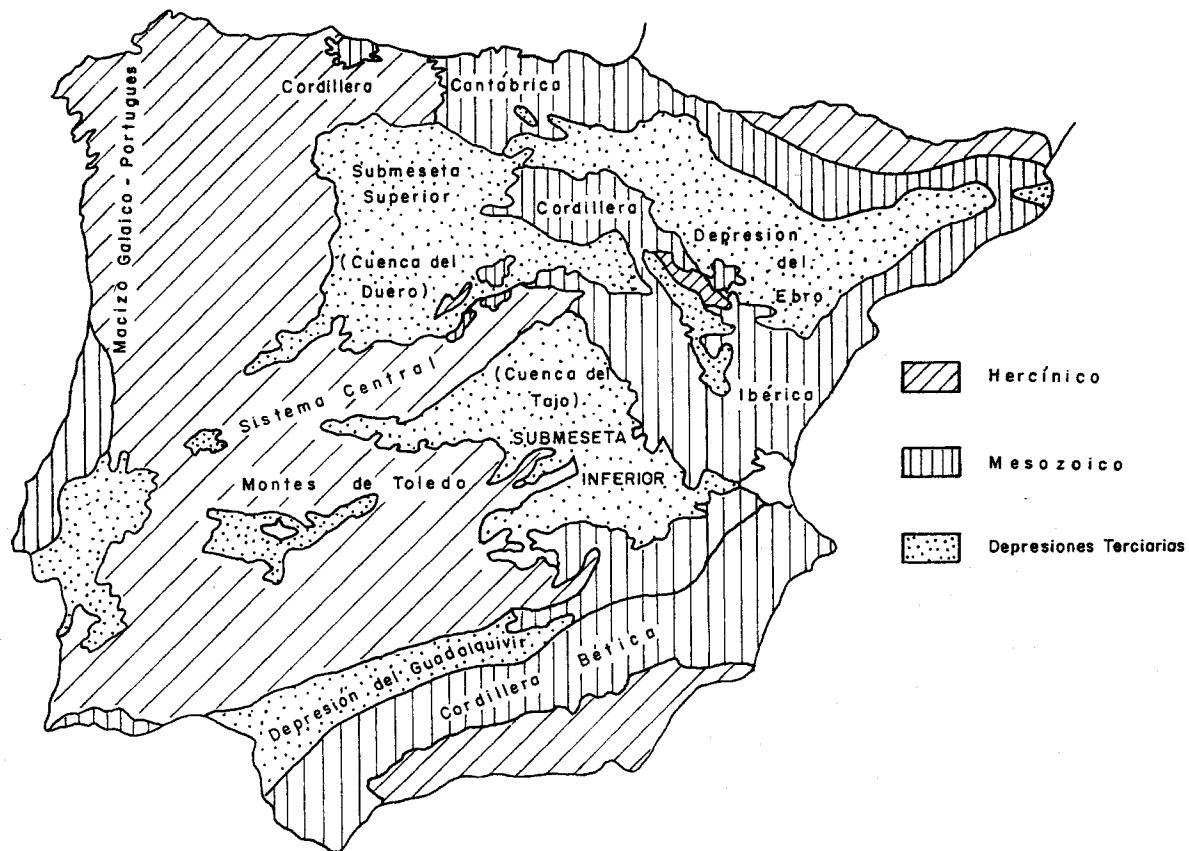


Fig. 1. Localización esquemática de la Cuenca del Duero respecto a las unidades estructurales de la Península Ibérica (según L. S. Sabaris, 1952, modificado)

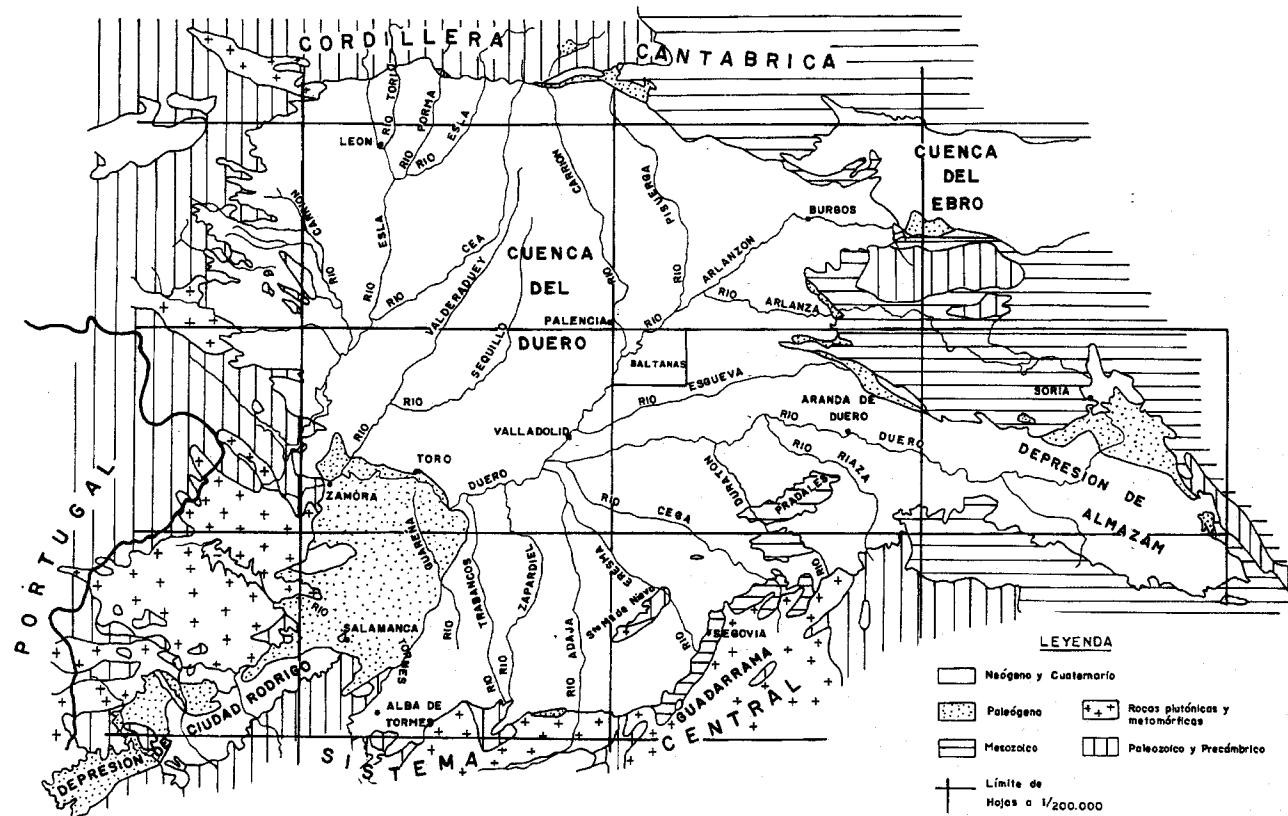


Fig. 2. Enmarque regional de la zona en estudio.

fundidad, disponiéndose de columna de 4 de ellos. Respecto a información de subsuelo, existen dos sondeos localizados en el término municipal de Baltanás, y con referencia 17-13-4-001 y 17-13-7-001, realizados en 1967 y 1976 respectivamente. En ambos casos se alcanzó una profundidad del orden de los 350 m, no llegando a alcanzar el "zócalo" de la Cuenca.

## 1. ESTRATIGRAFIA

### 1.1. INTRODUCCION

La Hoja de Baltanás se sitúa en el sector central de la Cuenca del Duero. Los materiales que constituyen el relleno de dicha cuenca fueron depositados en un ambiente continental durante el Terciario y Cuaternario.

El relleno de la Depresión se inicia en el Paleógeno. En las áreas de borde se acumulan depósitos de abanicos aluviales que lateralmente pasan a facies fluviales y hacia el centro de la Cuenca a facies lacustre-palustre. Las diferentes unidades litoestratigráficas descritas están condicionadas por el comportamiento tectónico de los bordes, que controla en gran medida la dinámica de relleno de la Cuenca.

En los bordes sur y oeste también se encuentran facies de abanicos aluviales, con características distintas a las del borde norte. En estos sectores se depositan materiales conglomeráticos asociados a cuerpos tabulares de un abanico aluvial.

En las zonas centrales de la depresión en las que se sitúa la Hoja de Baltanás, la edad de los sedimentos depositados son del Mioceno medio y superior. Están constituidos, principalmente, por las facies distales de los sistemas fluvio-aluviales, de carácter húmedo, que se generan en los bordes de la depresión. Para algunos autores, durante el Mioceno superior el clima era cálido y seco.

Las facies predominantes que se encuentran en el área estudiada son lacustres y palustres. Se intercalan facies fluviales, con escasa representación en cuanto al conjunto de los materiales, pero con una gran continuidad lateral a lo largo de toda la Hoja.

Los primeros estudios o reconocimientos que se han realizado en esta zona se remontan a finales del siglo pasado. Aunque el primer trabajo que inició unas diferencias cronoestratigráficas, extensibles para el Neógeno de la Cuenca del Duero, fue el de HERNÁNDEZ PACHECO (1915). Este autor establece para la región de Palencia tres horizontes principales: la unidad a muro, llamada "Facies Tierra de Campos", está constituida por lutitas, areniscas y conglomerados. La intermedia, denominada "Facies Cuestas", es esencialmente margoso-yesifera. El horizonte superior, formado por calizas, denominado "Calizas del Páramo". Estas tres unidades estarían en continuidad sedimentaria. A las dos primeras unidades les asignó una edad del Mioceno medio y superior y a las "Calizas del Páramo" una edad pontiense.

Posteriormente ROYO GOMEZ (1926) considera la existencia de un segundo nivel calcáreo (calizas pisolíticas de Judego) situado al norte de la provincia de Burgos. Para este autor únicamente el nivel inferior (calizas del Páramo) se encuentra representado en el centro de la

Cuenca del Duero, mientras que el superior se sitúa únicamente en los bordes de la cuenca. A partir de este trabajo, numerosos autores corroboran la existencia de dos niveles calcáreos.

SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1946 a 1953) apoya la presencia de dos niveles calcáreos en el sector suroriental de la Cuenca del Duero, denominando al más inferior calizas terminales y al suprayacente calizas del Páramo. En la base de las calizas superiores sitúa un nivel de margas.

De la zona de Palencia hacia el norte, MABESSONE (1961) diferencia seis tipos de facies, incluidas en la serie miocena.

En la región de Aranda del Duero, GARCIA DEL CURA (1974 y 1975) incluye, por primera vez, un nivel detrítico de características fluviales entre las calizas del Páramo y las calizas terminales. Como otros autores, corrobora la presencia de dos niveles calcáreos y configura la ordenación de estos materiales en tres unidades litoestratigráficas.

OLMO *et al.* (1982) añade un nivel basal, de carácter principalmente margoso, al cual define como "Facies Dueñas".

Siguiendo las ideas establecidas por ROYO GOMEZ, en el sector norte de Valladolid OLMO *et al.* (1982) y PORTERO *et al.* (1982) describen dos niveles de calizas del Páramo separados por un tramo de sedimentos terrígenos de carácter fluvial. El primer nivel de calizas sería correlacionable al descrito por HERNANDEZ PACHECO (1915).

Las tesis doctorales de JIMENEZ (1969) y CORROCHANO (1977) dan un importante impulso al conocimiento del borde SO de la Cuenca del Duero.

SANCHEZ DE LA TORRE, L. (1978-1982) sitúa en la zona norte y este de la cuenca unas facies carbonosas (fangos gris oscuro) a las cuales denominó Facies Zaratán. Representan niveles de ciénagas situadas entre la Facies Tierra de Campos y la Facies Cuestas. Se encuentran mejor representadas al oeste de Valladolid.

El conocimiento cartográfico que parte de AEROSERVICE (1967) a escala 1:250.000 y del IGME (1970) a escala 1:200.000 presenta sus avances más notorios con el plan MAGNA y en concreto con las hojas realizadas en el centro de la Cuenca a principio de los años ochenta (Palencia, 274; Dueñas, 313; Cigales, 343; Portillo, 460; Olmedo, 428 y Arévalo, 455).

La primera Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero (1979) donde se trataron numerosos temas tanto de ámbito local como general sobre sedimentología, paleontología, petrología, tectónica supuso un punto de inflexión importantísimo en su conocimiento de la Cuenca.

En la década de los años ochenta aparecen numerosos trabajos, en los cuales se intentan aplicar criterios de estratigrafía secuencial. En ellos se diferencian secuencias o unidades tectosedimentarias, las cuales están separadas entre sí por rupturas sedimentarias normalmente asociadas a movimientos tectónicos, que provocan una importante entrada de sedimentos a la Cuenca y por lo tanto un cambio en la sedimentación.

ORDÓÑEZ *et al.* (1981) en la sedimentación Neógena definen cuatro unidades litoestratigráficas, las cuales se encuentran separadas entre sí por discontinuidades sedimentarias.

A partir de restos de micromamíferos, LOPEZ *et al.* (1986) consideran que la Facies Tierra de Campos es de edad Aragoniense superior.

En el borde norte de la Cuenca del Duero GARCIA RAMOS *et al.* (1986), ponen de manifiesto los procesos tectónicos de levantamiento de la Cordillera Cantábrica, que dan sucesivos sistemas de abanicos aluviales. Por otro lado, ALONSO GAVILAN (1989) en el borde suroccidental distingue cuatro unidades litoestratigráficas de carácter fluvial, depositadas en un clima tropical con tendencia a la aridez.

La tesis de ARMENTEROS (1986), de carácter estratigráfico y sedimentológico, fue realizada en la zona de Peñafiel y el sector septentrional de la Sierra de Pradales. Considera la existencia de tres unidades que se corresponden con las descritas por GARCIA DEL CURA (1974). La Unidad Inferior sería equivalente a la Facies Tierra de Campos. La Unidad Media, a la Facies Cuestas y a las calizas del Páramo I. La Unidad Superior tendría su equivalencia con las calizas del Páramo II y sus facies detríticas asociadas. En las áreas de borde añade una nueva unidad a la cual denomina Unidad Marginal.

MEDIAVILLA y DABRIO (1986) describen cuatro Unidades Tectosedimentarias separadas por rupturas sedimentarias. La Unidad 1 incluye a la Facies Tierra de Campos y a la Facies Dueñas. La Unidad 2 equivale a la parte inferior de la Facies de las Cuestas. La Unidad 3 está constituida por la parte superior de la Facies de las Cuestas y el techo se sitúa en las calizas del Páramo I. La Unidad 4 se corresponde con la Unidad superior de ORDOÑEZ *et al.* (1981) y está constituida por los Conglomerados de Tariego y las calizas del Páramo II. Destacan la importante subsidencia que afecta a esta zona durante el Neógeno, y que estaría directamente relacionada con una actividad de carácter tectónico.

CIVIS *et al.* (1989) realizan estudios paleontológicos (moluscos, ostrácodos, foraminíferos, polen) en un área situada al sureste de la provincia de Valladolid.

MEDIAVILLA y DABRIO (1988) proponen que los factores que controlan la sedimentación, durante el Neogeno, en su modelo sedimentario son la tectónica, el tipo y cantidad de sedimento y el clima.

MEDIAVILLA y DABRIO (1989) estudian en detalle la relación existente entre las Unidades 3 y 4 por ellos descritas. Consideran de gran dificultad intentar correlacionar todas las Unidades del área central con la suroriental.

## 1.2. NEOGENO

De todo el conjunto de unidades descritas anteriormente, aparecen en la Hoja de Baltanás durante el Neógeno las siguientes:

- "Facies Dueñas", Astaraciense inferior (1).
- "Facies Tierra de Campos", Astaraciense (2), (3) y (4).
- "Facies Cuestas", Astaraciense-Vallesiense (5) a (13).
- "Facies Páramo I", Vallesiense (14).
- "Facies Páramo II", Vallesiense-Turoliense (15) y (16).

ORDOÑEZ *et al.* (1981) en el sector sudoriental encuentran que la columna estratigráfica puede ser dividida en cuatro unidades separadas por discontinuidades o rupturas sedimentarias, por lo que el proceso de sedimentación no presenta un carácter tan continuo como se había propuesto, a las que denominan Unidad Dolomítica Inferior, Unidad Media, Unidad Superior (cuyo techo vendría dado por el primer nivel de caliza del páramo) y Unidad de Capas Rojas.

MEDIAVILLA y DABRIO (1988) para el sector central encuentran también que la sedimentación está interrumpida por una serie de discontinuidades o rupturas que les permiten establecer cuatro unidades para este sector.

Con todo, MEDIAVILLA Y DABRIO (1989) advierten sobre la dificultad de correlacionar estas unidades del sector central con las del suroriental, en base a la presencia de niveles supuestamente de una posición estratigráfica similar como las calizas del Páramo, ya que en el sector suroriental se le atribuye al primer nivel de caliza del Páramo una edad de Vallesiense inferior (ALBERDI *et. al.* (1981) mientras que en el central, LOPEZ *et. al.* (1982) consideran que este primer nivel de Páramo tiene una edad Turoliense, sin disponer, no obstante, de datos paleontológicos determinantes.

La realización del bloque de hojas geológicas dentro de la que se encuentra la presente, recorre una línea que une ambos sectores, por lo que ha permitido relacionar cartográficamente los niveles estratigráficos de ambos sectores. En base a esto se propone en la presente memoria una división para el Neógeno de estas áreas en cinco unidades, que según el criterio de MEDIAVILLA y DABRIO (1989) constituirían secuencias deposicionales, limitadas por discontinuidades o rupturas sedimentarias, de extensión cartográfica.

### 1.2.1. **Unidad A. Astaraciense inferior**

Representa la unidad más antigua de las existentes en la zona y aflora a lo largo de toda la Hoja.

MEDIAVILLA y DABRIO (1986-1987) han considerado que los depósitos carbonatados que integran la "Facies Dueñas" se disponían en continuidad sedimentaria y se interdigitaban con los depósitos siliciclásticos de la Facies Tierra de Campos. Sin embargo, en las hojas MAGNA de Burgos, Villagonzalo-Pedernales, Antiguedad, Esguevillas de Esgueva y Quintanilla de Onésimo se considera discordante el contacto entre ambas unidades. Por ello, y por razones de homogeneidad con las hojas limítrofes, se refleja esta discordancia en la cartografía.

#### 1.2.1.1. *Calizas y margas (1). Facies Dueñas*

La litología dominante de esta unidad es de arcillas, margas y calizas, siendo frecuente la presencia de cristales de yeso diagenético. Las arcillas son de composición predominantemente illítica con trazas de caolinita y arcillas neoformadas, pudiendo llegar a presentar contenidos en carbonato de hasta el 50%. Las calizas son biomicritas o micritas fosilíferas que se presentan en bancos de 10 a 30 cm con base neta y granoselección.

En algunos niveles de margas blanquecinas y de arcillas verdosas se han encontrado algunos ostrácodos [*Ilyocypris gibba* (RAMDOHR) y *Pseudocandona* sp.] y oogonios de carofitas [*Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB.) y *Sphaerochara* sp.], opérculos de *Bithynia* y restos de vertebrados (normalmente de peces). La edad es Astaraciense inferior, aunque la parte basal de la unidad podría ser Orleaniense.

### 1.2.2. **Unidad B. Astaraciense**

Se sitúa sobre la Unidad A (calizas y margas de la Facies Dueñas) y por debajo de la Unidad C, aflorando a lo largo de toda la Hoja. Está constituida por un conjunto de depósitos silicicálicos (Horizonte de la Tierra de Campos de HERNANDEZ-PACHECO, 1915), que incluye localmente en su parte inferior niveles discontinuos de margas y calizas.

#### 1.2.2.1. *Margas y calizas (4).*

Esta constituida por capas de margas calcíticas o dolomíticas y calizas fosilíferas (con restos de gasterópodos, charáceas y, ocasionalmente, ostrácodos, así como moldes de raíces). Estos depósitos se ordenan en secuencias positivas de somerización. El contenido en dolomita de estos depósitos se encuentra estrechamente ligado a la presencia o no de macrocristales de yeso lenticular de crecimiento intersticial, de tal modo que a medida que aumentan éstos, las margas son más dolomíticas.

Se interpretan como facies lacustre-palustre muy somera que se organizan en ciclos de colmatación y somerización, reconociéndose las siguientes asociaciones de facies:

Ciclos de oxidación-reducción, dentro de un contexto lacustre-palustre marginal muy sensibles a la fluctuación del lago.

Ciclos de carbonatación, secuencias de colmatación generadas por procesos retractivos en contextos palustres y lacustres marginales de baja energía, reflejo de un aumento progresivo en carbonato por disminución de la lámina de agua.

Facies salinas, caracterizadas por la presencia de abundantes megacristales de yeso diagenético en margas dolomíticas y arcillosas verdes. Se interpretan como depósitos muy someros de baja batimetría desarrollados en aguas salinas estancadas.

Facies tractivas, reconocidas en las cercanías de la localidad de Baltanás, representan el resultado de eventos tormentosos excepcionales.

#### 1.2.2.2. *Arenas, limos y arcillas (2). Arenas microconglomeráticas y gravas (3). Facies Tierra de Campos.*

Litológicamente está compuesta por arenas, limos y arcillas de tonos ocres (2), con niveles ocasionales de arenas microconglomeráticas y gravas (3).

Las arenas presentan tamaños que oscilan entre los 0,125 y 0,25 mm y una composición eminentemente cuarzofeldespática rica en fragmentos líticos, acompañada de turmalina, andalucita y estaurolita, circón, granate y distena en menores proporciones.

Los limos y arcillas se concentran en dos intervalos granulométricos, 0,0313 mm y 0,0078-0,002 mm. La composición de la fracción arcillosa en rayos X muestran que la illita es el componente principal, acompañada, en menor grado, de caolinita y escasa clorita como minerales heredados y vermiculitas e interestratificados como minerales de alteración-neoformación.

Los porcentajes de minerales pesados en la fracción comprendida entre 0,16 mm y 0,969 mm de las muestras estudiadas oscila entre 1,112 y 0,481.

Las arenas (3) se presentan como bancos de morfología canalizada cuyo relleno está dominado por estructuras con estratificación cruzada de tipo "épsilon". Cada banco de estratificación cruzada se caracteriza por tener una base neta y erosiva seguida de una pequeña acumulación de material algo más grueso. El resto del banco presenta una secuencia de disminución de la energía que se registra tanto en la disminución del tamaño de grano como en la secuencia de estructuras. El conjunto se interpreta como depósito de barra de meandro en canales de alta sinuosidad que transportaban gran cantidad de sedimento en suspensión. La gran continuidad de las superficies de acreción lateral y la presencia de intercanalizaciones arcillosas entre éstas indicarían importantes fluctuaciones en la descarga y caudal dentro del canal, así como una escasa profundidad de éste.

En otras ocasiones estos bancos canalizados culminan con un paquete de arenas masivas muy bioturbadas, interpretando, en este caso, el depósito como una secuencia de abandono de canal.

También pueden presentarse como cuerpos con una morfología tabular pasando a fangos. Presentan un base netamente erosiva y una clara secuencia de energía decreciente registrada en la disminución del tamaño de grano. Esta secuencia se interpreta como depósito de desbordamiento.

Los fangos se presentan en cuerpos tabulares de gran extensión y en ellos abundan los rasgos edáficos (bioturbación y encostramientos), evidenciando un ambiente de llanura de inundación.

La parte baja de esta unidad se interpreta como un conjunto de contextos lacustres y fluviales. Los lagos eran, probablemente, poco profundos y de escasa entidad, estando rodeados por franjas palustres o pantanosas de inundación vegetadas con pantanos y lagunas (MEDIAVILLA y DABRIO, 1986-1987). Hacia el techo de la unidad se producirá una expansión de los sistemas fluviales sobre los lacustres.

A techo de esta unidad se encuentra un paleosuelo generalizado de potencia métrica (entre 1 a 3 m), caracterizado por una estructura prismática de gran tamaño (más de 4 cm), con abundantes rasgos hidromórficos. La fracción arcillosa en este paleosuelo está compuesta por illita, algo de caolinita, como fracción heredada, y montmorillonita, vermiculita e interestratificados como fracción neoformada o de alteración. Este paleosuelo registra una interrupción en la sedimentación y marca el límite entre esta unidad y la siguiente.

Junto a esta interrupción sedimentaria, POZO et. al. (1984), en el área de Valladolid, consideran que existe disconformidad entre las facies Tierra de Campos y Cuestas. Al norte de la Hoja, en la región de Torquemada-Astudillo, MEDIAVILLA y DABRIO (1986-87) encuentran que la interrupción sedimentaria registrada en el paleosuelo que marca la separación entre estas dos unidades se sitúa, sucesivamente, de norte a sur, a las cotas de 815, 780 y 800 m para distancias de 5-10 km. Estos autores encuentran que los buzamientos de las capas, entre 4° y 6°, apuntan tanto hacia el SO como hacia el NE o NO, considerando que esta unidad de la Tierra de Campos está estructurada en una serie de bloques basculados sobre los que se deposita la Facies Cuestas, por lo que entre ambas unidades media una discordancia.

Los levigados estudiados de arcilla limo-arenosa no han aportado información, ya que la mayoría de las muestras estudiadas han resultado estériles. Sólo en la zona del Castillo de Onielo, y pese a ser en su mayoría restos fragmentados y rotos, producto del transporte, se han reconocido: *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR) y *Cyprideis heterostigma heterostigma* (REUSS) y gasterópodos (*Bithynia*). También se encuentran, aunque en menor proporción, restos de vertebrados y fragmentos de oogonios de charofitas, no clasificables. En base a su posición estratigráfica y correlación con otras áreas, esta Facies de Tierra de Campos se data como Astaraciense.

### 1.2.3. Unidad C. Astaraciense-Vallesiense

Aflora a lo largo de toda la Hoja, con una potencia del orden de 45 a 65 m, e incluye las facies de las Cuestas y del Páramo de HERNANDEZ-PACHECO (1915). Para la zona centro de la Cuenca del Duero, MEDIAVILLA y DABRIO (1987-1988) definen la existencia de una discontinuidad o interrupción sedimentaria que marcaría la presencia de dos ciclos o secuencias deposicionales, dentro de la Facies Cuestas. El límite entre ambas secuencias vendría marcado para estos autores, por una serie de características tales como la abundancia de rasgos de exposición subaérea de desecación, abundantes rasgos edáficos, desarrollo de paleosuelos y depósitos de origen diagenético (calizas secundarias), que se localizan a techo de la primera secuencia deposicional, lugar donde adquieren un mayor desarrollo y es más clara su posición estratigráfica. Por otra parte, la presencia de estas características en áreas limítrofes, (Hoja de Dueñas Nº 311, de Astudillo Nº 236, Torquemada Nº 274 y Palencia Nº 273) induce a los autores a atribuir un carácter regional a dicha discontinuidad.

Para otros autores (SOLE, J., coautor de la presente memoria) las condiciones fisicoquímicas de la cuenca, la distribución de ambientes y muchos de los procesos sedimentarios, así como los rasgos de emersión, cambian sustancialmente de uno a otro lado de la ruptura propuesta. Así, por ejemplo, los depósitos siliciclásticos ocupan posiciones paleogeográficas distintas por encima y por debajo de esta discontinuidad en las Hojas de Astudillo y Torquemada y en la Hoja de Baltanás los depósitos lacustres pasan a ocupar las áreas que anteriormente ocupan los depósitos palustres y viceversa, como se verá dentro de este apartado.

Esta discontinuidad ha sido reconocida y cartografiada por uno de los autores de la presente Hoja (MEDIAVILLA, R.) en el borde occidental, mientras que en el resto de la hoja y otras limítrofes no se ha podido detectar. Por tanto, dado que el estado actual de los conocimientos de

la región no permite determinar ni su presencia a nivel regional ni cuál fue el factor que determinó el desarrollo de dicha interrupción sedimentaria, ni su magnitud, se ha optado por marcar las áreas en que se ha reconocido dicha discontinuidad, aunque como un término en contacto normal con el infrayacente, y en cambio lateral a las zonas donde no ha sido posible determinar su presencia.

Igualmente, y como consecuencia de la adopción de este criterio, hemos de indicar que los términos cartografiados con los números 10 y 13 en la leyenda cronoestratigráfica no presentan grandes diferencias litológicas, siendo únicamente los criterios aducidos en párrafos anteriores los que justifican su presencia.

Hemos de indicar que la opción tomada se basa en que en un futuro trabajos de mayor detalle puedan corroborar la presencia de esta ruptura sedimentaria a nivel cuencal.

Por último, indicar que los niveles cartografiados dentro de la Facies Cuestas presentan potencias que oscilan entre los 3 y 6 a 7 m. habiéndose exagerado su representación cartográfica, ya que representan, entre otros, uno de los criterios que definen la discontinuidad citada.

#### 1.2.3.1. *Calizas, margas dolomíticas con megacristales de yeso y dolomías (10) y (13). Facies Cuestas*

Litológicamente se trata de una serie formada por margas y margas yesíferas, de tonos claros en general, que destacan de los ocres de la infrayacente Tierra de Campos. En su seno comporta numerosos niveles de calizas, dolomías y yesos, que se describen en apartados posteriores. Su potencia oscila entre los 30-70 m para el tramo (10) y los 25 a 35 para el (13).

Petrológicamente presenta variaciones en la vertical, pasando de margas blanquecinas en la base, con limos calcáreos bioclásticos oscuros, a arcillas dolomíticas verdes y margas grises con megacristales de yeso, los cuales aparecen también en las partes inferiores de la serie.

Son abundantes los procesos diagenéticos a lo largo de toda la columna, dando lugar a procesos de dolomitización y génesis de yesos.

En la parte inferior y media (en los niveles de arcillas verdosas, margas blanquecinas y arcillas oscuras carbonosas) de la Facies Cuestas los microfósiles suelen ser muy abundantes en particular los ostrácodos: *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR), *Darwinula stevensoni* (BRANDY y ROBERT), *Pseudocandona* sp., *Candona* cf. *Kirchbergensis* (STRAUB), *Candona bitruncata* (CARBONNEL), *Alatocandona* sp. (prob. nov. sp.), *Haplocytheridea* sp. (Haff. *dacica* HEJAS), *Limnocythere* cf. *acquensis* CARBONNEL, *Cyprideis heterostigma heterostigma* (REUSS), *Cyprinotus salinus bres- sanus* CARBONNEL (éste desde la parte media de la unidad). También son relativamente abundantes los oogonios de charofitas: *Charanotata* GRAMB. y PAUL, *Nitellopis* (*T*) *meriani* (L. y N. GRAMB), *Rhabdchara* sp. y *Lamprothamnium* sp. (desde la parte media). Los gasterópodos lacustres suelen ser muy abundantes, aunque en muchas muestras se presentan fragmentos, habiéndose identificado los géneros *Planorbis*, *Lymnaea*, *Melanopsis*, *Hydrobia* y *Bitinia* (del último suelen ser muy frecuentes sus opérculos).

Los niveles de margas calco-limosas suelen presentar los fósiles muy fragmentados, por corresponder a un medio lacustre de alta energía, con removilización de los materiales.

La parte más alta de la "Facies Cuestas", en los niveles de margas amarillentas y arcillas hojosas oscuras, hay pequeños foraminíferos (*Ammonia tepida* (CUSHM), junto a algunos ostrácodos, normalmente fragmentados (entre los que se reconoce *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR), oogonios de charofitas, también frecuentemente fragmentados (*Chara cf. rochettiana* HEER), fragmentos de gasterópodos y dientes de peces. La salinidad es mayor que en la parte inferior y media de la unidad.

El hecho de no haber encontrado indicios de presencia de vertebrados, y que la fauna citada anteriormente no fuera precisa en cuanto a su edad, nos ha obligado a recurrir a información de otras áreas próximas, tal como los yacimientos de Miranda 1 y Autillo 1, localizados en la vecina Hoja de Palencia, los cuales se sitúan en las facies descritas. Conforme a los datos aportados por estos yacimientos, la edad estaría comprendida entre el Astaraciense superior-Vallesiense.

#### 1.2.3.1.1. Calizas fosilíferas (5)

Estos materiales abundan en la base del Horizonte de las Cuestas de HERNANDEZ PACHECO (1915) y caracterizan a las calizas del Páramo de este mismo autor.

Se presentan en bancos de 0,5 a 1 m de espesor, con una potencia total que no supera los 10 m, compuesto por biomicritas ricas en restos de gasterópodos, caráceas y dientes de peces. De base a techo estos bancos muestran una secuencia compuesta por calizas con abundantes moldes de raíces (en ocasiones llenas por cristales de yeso). Estas últimas pueden presentar, de forma ocasional, rasgos de disolución y moldes de gasterópodos. En otras ocasiones, las calizas margosas de la base del banco pueden estar seguidas por calizas con estratificación cruzada y abundantes superficies erosivas.

Ocasionalmente pueden observarse bancos de margas con cristales de yeso diagenéticos intercalados entre estos bancos de calizas.

Se interpretan como depósitos de origen palustre.

#### 1.2.3.1.2. Dolomías o margas dolomíticas con macrocristales de yeso (6)

Es una facies volumétricamanete muy importante y se distribuye a lo largo de toda la columna estratigráfica, si bien adquiere mayor importancia hacia techo de este primer megacírculo, donde alcanza espesores de 15 a 3 m.

Las dolomías o margas dolomíticas son masivas, compactas, de tonos blanco-verdes y están constituidas por dolomita (40-90%), filosilicatos (0-35%) fundamentalmente illita y sepiolita con trazas de paligorskita muy puntualmente, cuarzo (0-3%) y feldespato (0-2%). Texturalmente son dolomícritas, formadas por una masa homogénea de cristales de dolomita de tamaño infe-

rior a 4  $\mu\text{m}$ , si bien este conjunto puede mostrar una recristalización casi imperceptible a microesparita (cristales de 4 a 8  $\mu\text{m}$ ) que, si no es completa, confiere al sedimento un aspecto grumoso. Son azoicas o muestran de forma muy puntual valvas de ostrácodos dispersas.

Los cristales de yeso, que pueden llegar a construir el 30% del total de la roca, se encuentran embebidos dentro del sedimento dolomítico, mostrando límites netos y zonación de crecimiento, la cual suele estar remarcada por inclusiones de cristales de dolomitas. En función de su tamaño se diferencian:

- Microcristales lenticulares simples, con una longitud máxima inferior a 1,5 mm.
- Megacristales simples o maclados de los siguientes tipos:

*Tipo I.* Cristales simples de hábito lenticular, la longitud máxima de las lenticulas oscila entre 2 y 20 cm, con morfología circular o elíptica. El color de los cristales es tostado, si bien, localmente, son muy oscuros (negros) o incoloros y transparentes.

Cristales de yeso de características similares a las descritas anteriormente son muy frecuentes en la literatura y han sido citados por KINSMAN (1966, 1969), SHEARMAN (1966, 1978), PERTHUISOT (1975), CODY (1979), CARENAS y MARFIL (1979), CARENAS *et. al.* (1982) y CODY y CODY (1988).

*Tipo II.* Maclas de contacto según (101) compuestas de dos individuos de tipo I, generalmente de igual tamaño o subigual y con una longitud máxima que oscila entre 2 y 10 cm.

Maclas de yeso similares han sido comúnmente denominadas como "punta de flecha" y están ampliamente documentadas en MURAT y BARDOT (1971).

*Tipo III.* Maclas de penetración según (100) compuestas de dos individuos de tipo I de igual tamaño o subigual. La longitud máxima más frecuente de cada uno de los individuos oscila entre 2 y 8 cm y sus características son similares a las de los cristales de tipo I. Similares han sido descritas como tipo IVb por CODY y CODY (1988).

*Tipo IV.* Son similares a las clásicamente denominadas rosas del desierto o rosetas y se caracterizan porque los cristales individuales de tipo I se disponen en abanico a partir de un cristal lenticular padre que, en los ejemplares mejor formados, aparece totalmente rodeado. La longitud máxima de la roseta oscila entre 10 y 30 cm. Los cristales generalmente son transparentes y de tono tostado.

Ejemplos similares al descrito han sido citados por CODY (1979), CARENAS y MARFIL (1979), CARENAS *et. al.* (1982) y CODY y CODY (1988), entre otros.

*Tipo V.* Los agregados múltiples que constituyen este tipo son similares a las rosetas, excepto en que los cristales que la componen crecen aleatoriamente en lugar de adoptar la forma de rosa. Su tamaño es de 15 cm y su modo de yacer es similar al citado para las rosetas y son más frecuentes que aquellas.

*Tipo VI.* Maclas según (100) compuestas de dos individuos de hábito en "cuchilla de afeitar" (*sensu* CARENAS *et al.*, 1982) de igual tamaño o subigual. Cada individuo muestra una morfología pseudohexagonal alargada con una longitud que oscila entre 2 y 15 cm. Con frecuencia se han denominado como "cola de golondrina".

Por último, cabe señalar que estos depósitos cuando aparecen a techo megaciclo muestran rasgos de nodulización y brechificación, así como una incipiente dedolomitización con formación de calcita neomórfica en el sedimento dolomítico y la sustitución de los cristales de yeso por calcita.

Se interpretan como depósito de llanuras fangosas. El sedimento carbonatado se acumularía en los momentos de expansión de la lámina de agua del lago, al mismo tiempo que se formaría, de modo prácticamente sinsedimentario, yeso microlenticular. La formación del yeso favorece al aumento de la relación Mg/Ca en las aguas del medio, induciendo así la dolomitización. Durante los episodios de retracción de la lámina de agua los procesos de génesis de yesos lenticulares y dolomitización son más intensos (MEDIAVILLA, 1986, 1987).

En las áreas de llanuras fangosas que frecuentemente estuvieron afectadas por las aguas meteorológicas de lluvias se desarrollaron procesos de dedolomitización y calcitización.

#### 1.2.3.1.3. Dolomías con moldes de raíces (7)

Se observan a lo largo de toda la Hoja, si bien adquieren mayor desarrollo en el área situada entre Hornillos de Cerrato y Baltanás, donde se relacionan tanto lateral como verticalmente con niveles de margas dolomíticas con macrocristales de yeso lenticular.

Forman niveles de geometría lenticular con una longitud del orden de varios centenares de metros y un espesor que oscila entre 1 y 3 m. La superposición de estos niveles origina bancos de 4 a 6 m que han sido representados en la cartografía.

Estas dolomías muestran tonos cremas, son masivas, de fractura concoidea y, en campo, se caracterizan por mostrar moldes de raíces (10-30 cm de longitud y generalmente llenas de yeso) hacia el techo de cada nivel.

Al microscopio son dolomías recristalizadas constituidas por un mosaico doloesparítico con cristales de 5 a 10  $\mu\text{m}$  con un contenido en materia orgánica muy variable. Su composición mineralógica consiste en dolomita (65-80%), calcita (10-20%) y filosilicatos (0-15%).

Se interpretan como depósitos lacustres ligados a sistemas lacustres salinos.

#### 1.2.3.1.4. Dolomías y niveles de yeso microlenticular (8)

Son bancos, con un espesor de 0,5-4 m y una longitud de varios kilómetros, constituidos por niveles de 5-30 cm de dolomías que alternan con otros de 3 a 7 cm de naturaleza yesífera (yeso

microlenticular). Forman la base de la Facies Cuestas en los cuadrantes NO y SO de la Hoja y son muy frecuentes hacia el techo del primer megaciclo sedimentario.

Las dolomías son masivas, de color verde y aspecto pulverulento. Texturalmente son dolomicritas y su composición mineralógica consiste en: dolomita (65-95%), filosilicatos (0-20%) y yeso (0-15%); este último puede ser: (1) microlenticular con una marcada exfoliación según (010) y una gran variedad de tamaños, situándose su longitud máxima entre 90  $\mu\text{m}$  y 1,5 mm; (2) macras de individuos de tamaño centimétrico (véase margas dolomíticas con macrocristales de yeso, tipo III).

Los niveles de yeso, de tonos blancos verdosos, son compactos o deleznables y masivos, aunque ocasionalmente aparecen retocados a techo por *ripples* de oscilación. Están constituidos por un conjunto de cristales de yeso (25-60%), incluidos en una matriz dolomítica (70-40%), ocasionalmente con filosilicatos (0-10%), granos dispersos de cuarzo (0-10%) y/o feldespato. Los cristales de yeso presentan hábitos lenticulares, tabulares y morfologías circulares o pseudohexagonales. Su longitud máxima oscila entre 100  $\mu\text{m}$  y 7 mm y los tamaños más frecuentes se sitúan entre 200  $\mu\text{m}$  y 1,5 mm. Se disponen al azar dentro del sedimento hospedante y raramente aparecen en contacto entre sí.

Estos materiales se interpretan como depósitos lacustres.

#### 1.2.3.1.5. Alternancia de calizas secundarias y margas (9)

Las calizas secundarias que provienen de la dedolomitización y/o calcitización de materiales dolomíticos y/o yesíferos anteriores (MEDIAVILLA, 1986-1987) son los depósitos de origen diagenético más importantes del área de estudio. Forman niveles de 5 a 15 cm de espesor y varias decenas de metros de longitud y aparecen formando alternancias rítmicas con margas (5-20 cm de espesor). Estos materiales son muy frecuentes hacia el techo de la sucesión miocena, donde adquieren espesores del orden de 10-20 m. En estas ocasiones las calizas secundarias aparecen formando alternancias rítmicas con arcillas carbonatadas verdes o pardas, en cuyo caso son predominantes hacia el techo del primer megaciclo sedimentario.

Las margas muestran tonos blancos o verdes, son masivas y de aspecto pulverulento. Presentan una abundante porosidad móldica (de yesos) particularmente rellena por cristales de dolomita o calcita o bien muestran un aspecto laminado, en cuyo caso la laminación está remarcada por la gradación positiva de los cristales. La fracción carbonatada (calcita y dolomita) representa entre el 45 y 65%, los filosilicatos (illita, esmectita, caolinita y trazas de sepiolita) del 30 al 45%, el cuarzo entre el 2 y el 8% y el feldespato de 0 al 2%.

Las calizas secundarias están constituidas por un mosaico de cristales de carbonato con dos poblaciones en función de su tamaño. Ambas poblaciones muestran un mosaico equigranular de cristales de calcita. La más fina está compuesta por cristales de calcita o cristales de hábito romboédrico con un diámetro entre 50 y 125  $\mu\text{m}$ . La primera puede llegar a constituir el 70% del total de la roca, en cuyo caso muestra un aspecto porfirotópico; los cristales de dolomita se agrupan en pequeñas áreas de morfología irregular, si bien éstos pueden estar ausentes y el sedimento carbonatado ser de naturaleza exclusivamente calcítica.

En resumen, los distintos depósitos descritos para el primer megaciclo se ordenan en una megasecuencia negativa de profundidad, o aumento del carácter lacustre (calizas fosilíferas-margas dolomíticas con macrocristales de yeso lenticular y dolomías con moldes de raíces-dolomías y niveles de yeso microlenticular) y, sobre ésta, una megasecuencia de carácter positivo, de somerización (dolomías y niveles de yeso microlenticular-dolomías con macrolentículas de yeso ampliamente desarrolladas, y lateralmente, margas y calizas secundarias) que culmina, en las distintas partes del área de estudio, con niveles que presentan grietas de retracción, un importante desarrollo de los procesos de nodulización, brechificación y dedolomitización (véase "Dolomías con macrolentículas de yeso y calizas secundarias").

En conclusión, consideramos que este megaciclo registra, en primer lugar, una expansión del sistema lacustre y posteriormente la retracción de éste y su desecación.

La distribución espacial de los distintos niveles diferenciados evidencia que las áreas de carácter palustre, (calizas fosilíferas y dolomías con moldes de raíces) se distribuyeron a lo largo de una banda de dirección NE-SO situada entre Hornillos, Baltanás y Hontoria, disponiéndose las áreas lacustres lateralmente a ella.

#### 1.2.3.1.6. Yesos primarios y yesos retrabajados (11)

Forma parte de bancos tabulares, de 1 a 3 m de espesor, de naturaleza yesífera-dolomítica, actualmente en explotación, y ocupan posiciones geográficas similares a las de los niveles de calizas fosilíferas del megaciclo anterior.

Los yesos químicos se presentan en niveles de 1 a 6 cm de espesor y gran continuidad lateral, con límites generalmente netos y planos. Muestran tonos verdes claros y son deleznables y masivos.

Están constituidos por un conjunto de cristales de yeso lenticular (contenido superior al 60%) con dolomita (dolomita o dolomicroesparita), en cantidades inferiores al 30%, emplazada tanto en los espacios intercristalinos como dentro de algunos cristales. En relación a la composición geoquímica cabe señalar el alto contenido en sulfato.

El aspecto más significativo es la disposición fundamentalmente horizontal o subhorizontal de las lentículas (eje c del cristal perpendicular a la estratificación), que confiere al sedimento en lámina delgada un aspecto laminado.

Aunque no siempre, estas capas presentan tubos cilíndricos verticales de hasta 0,3 cm de diámetro y longitud equivalente a la de la capa y su relleno es de naturaleza litológica similar a la del nivel suprayacente a estos depósitos. Asimismo, es frecuente observarlos tapizado por algas.

Finalmente cabe señalar que un aspecto muy frecuente en estos depósitos es la presencia de lutita dentro de las lentículas.

La estructura interna de los bancos con cierta continuidad lateral consiste en laminación cruzada debida a *ripples* de oscilación de cresta recta. En la dirección perpendicular al flujo que

los originó, es frecuente observar dentro de un mismo *set* (longitud de orden decimétrico y espesor de varios centímetros) láminas cruzadas, tangenciales con respecto a la base, de carácter unidireccional y opuestas a las del *set* contiguo, así como *foreset*s que pasan de un *ripple* a otro y se interdigitan con las láminas adyacentes. Mas raramente se observan *sets* individuales con formas de *ripples*, tanto simétrico (índice de simetría 1) como asimétricos (índice de simetría superior a 1,5), de cresta recta y con láminas que buzan en la misma dirección (*ripples* asimétricos) o bien en direcciones opuestas (estructura en sardineta), en cuyo caso las láminas se cortan entre sí. El índice de forma vertical (*sensu* BUTCHER, 1919) varía entre 3.4 y 6.1. en los *ripples* simétricos mientras que va de 4.8 a 11.15 en los asimétricos.

El conjunto de estos materiales se interpreta como depósitos lacustres, donde los yesos químicos registran una sedimentación por debajo del nivel de base del oleaje y los yesos retrabajados se originarían por encima de éste.

#### 1.2.3.1.7. Yesoarenita con estratificación cruzada de gran escala (12)

Se relaciona lateralmente con los niveles de yesos retrabajados y yesos químicos. Constituyen bancos de geometría tabular (0,7-2 m de espesor y una longitud de 10 a 30 m), de límite netos y, a grandes rasgos, planos.

Son arenas de tamaño grueso a muy fino constituidas por granos subangulosos a subredondeados de yeso, con un contenido en matriz dolomítica que oscila entre el 15 y 30% y, ocasionalmente, con granos de feldespato (0-2%).

Su organización interna consiste en estratificación cruzada de gran escala y de bajo ángulo (50 a 200). Las capas, de 10 a 20 cm de espesor, presentan granoselección positiva y, hacia techo, una intensa bioturbación (tubos de 1-2 mm de diámetro y 3-6 cm de longitud).

Se interpretan como depósitos lacustres marginales.

#### 1.2.3.1.8. Calizas recristalizadas (14). Páramo I.

Representando los términos finales del "ciclo Dueñas", se presenta un conjunto alternante de calizas, calizas margosas y margas, con frecuentes cambios laterales de facies. Se encuentran ampliamente representadas en toda la Hoja, así como en toda la zona central de la Cuenca, dando lugar sus afloramientos a amplias mesas conocidas como los páramos en la terminología local.

Con potencias del orden de 25 m, se reconocen tanto por la morfología que generan, como por sus tonos fundamentalmente grises con textura macrocristalina (pseudoesparita). Los bancos de calizas oscilan entre los 0,5 m y 1 m de espesor, siendo frecuente la presencia de gasterópodos, así como ostrácodos, charáceas y huellas de raíces.

Son frecuentes la presencia de procesos cársticos, entre otros concreciones de calcita, y esferulitos radiales, procesos estos que se iniciaron al finalizar el ciclo y continuaron hasta finales del Neógeno y parte del Cuaternario.

En lámina delgada se diferencian dos tipos de textura de recristalización. El primero está constituido por un mosaico de cristales de micrita o dolomictita agrandada, con tamaños del orden de 4-12  $\mu\text{m}$ . Estos cristales muestran una distribución homogénea o bien se diferencian áreas donde los tamaños de los mismos pueden ser algo mayores o menores que el promedio, presentando el sedimento en este caso un aspecto grumoso.

El segundo tipo de textura, claramente inequigranular y de naturaleza calcítica, está constituido por mosaico de cristales con tamaños que oscilan entre 20  $\mu\text{m}$  y 1 mm. Asociado a este segundo tipo ocasionalmente se observa un mosaico de macrocristales de calcita, con tamaños que oscilan entre 200 y 800  $\mu\text{m}$ , con estructura interna radiada o con un aspecto masivo. Estos cristales muestran una distribución irregular, aunque generalmente se disponen formando orlas en torno a mesocristales de calcita de grano más fino.

Al analizar en detalle esta formación, se observa que está constituida por tres ciclos menores que corresponden a pequeños episodios de expansión y retracción lacustre.

El primer ciclo comienza con el desarrollo de yesos (yesos químicos y retrabajados, yesos con estratificación cruzada de gran escala) y culmina con niveles de dolomías con macrolentículas de yeso en el cuadrante NO de la Hoja y con niveles de calizas fosilíferas en el NE. El segundo y tercer ciclo están constituidos por calizas secundarias y margas que pasan, en la vertical, a calizas fosilíferas y calizas recristalizadas. Los dos primeros afloran a lo largo de todas las Hojas mientras que el tercero sólo lo hace en su mitad oriental, de tal forma que el proceso de carstificación que se produce al finalizar este megaciclo se encuentra registrado tanto sobre los depósitos del tercer ciclo de este megaciclo como sobre los del segundo ciclo.

Desde el punto de vista sedimentológico estas calizas y margas organizadas en secuencias negativas con enriquecimiento en carbonatos representan las "calizas terminales del ciclo Cuestas" y reflejan un ambiente palustre-lacustre reformativo. Los niveles inferiores de esta unidad intercalan a veces niveles de carbonatos secundarios con moldes de yesos, indicadores de los últimos episodios salinos del ciclo, así como de un cambio en el químismo del agua del medio con respecto al que debió existir durante la sedimentación de la unidad infrayacente.

Las mayores concentraciones de carbonatos implican un descenso de la lámina de agua, culminando a veces la secuencia con la existencia de rasgos pedogénicos, característicos de ambientes palustres.

Las variaciones laterales de esta unidad y en particular de las facies ponen de manifiesto "una migración de los ambientes desde los márgenes hacia el centro del lago" (MEDIAVILLA y DABRIO, 1989), lo que implica un carácter reformativo del sistema, como ya se ha expuesto anteriormente.

La distribución espacial de los distintos niveles diferenciados evidencia que las áreas de carácter más lacustre se dispusieron hacia el N de la Hoja, áreas de Hornillos y Baltanás (en donde se acumularon los materiales yesíferos), situándose las áreas marginales hacia el S y al E de la misma.

Por último, la edad de esta unidad es de Vallesiense inferior en base a los yacimientos de micro-mamíferos existentes en facies similares en los alrededores de Palencia en las calizas que culminan los páramos en ese sector.

#### 1.2.4. Unidad D. Vallesiense-Plioceno

Esta unidad está compuesta por terrígenos de granulometría variada que lateral y verticalmente pasan a carbonatos. Se sitúa mediante discordancia sobre la Unidad del Páramo I y su distribución viene controlada por la estructuración de la unidad precedente en surcos por pliegamiento y fracturación. De este modo, esta unidad forma una franja de orientación NE-SO, paralela y cercana al río Pisuerga, condicionada por la presencia de un sinclinal de pequeña amplitud y gran longitud de onda. Al alcanzar el sector suroccidental de la Hoja (proximidades de Tariego) esta franja se inflexiona hacia el sur por efecto de la presencia de una futura N20E a la que fosiliza.

Dentro de los depósitos de esta unidad se han diferenciado, cartográficamente, dos conjuntos:

- Depósitos silicicláticos (15).
- Depósitos carbonatados (16).

##### 1.2.4.1. Gravas, arenas y lutitas rojas (15)

Están constituidos por fangos (en ocasiones con concentraciones de carbonato en forma de nódulos y/o costras), arenas y gravas de color ocre.

Las gravas presentan soportes por clastos y están compuestas por cantos de cuarzo, cuarcita, lítita y, en menor proporción, clastos provenientes de las calizas terciarias infrayacentes y cantos blandos. Los clastos van de angulosos (en el caso de los clastos de caliza terciaria) a bien redondeados, con tamaños que oscilan entre 2 y 7 cm, si bien pueden encontrarse algunos con tamaños de hasta 15 cm. Su matriz es arenosa, mal calibrada y presenta una distribución homogénea a lo largo de la capa. Texturalmente serían gravas *clast-supported-bimodal* (*sensu* WALKER, 1975).

Las arenas son litarenitas (*sensu* FOLK, 1968) con un contenido medio en cuarzo del 50-80 %, del 20-25% en fragmentos líticos y 0-8% de feldespato potásico. Los fragmentos de roca están compuestos por cantos blandos y cantos de cuarcita y lítita. Como minerales pesados presentan turmalina, andalucita y círcón como componentes más abundantes, siendo frecuentes la estaurolita, rutilo y distena y raros el granate, la epidota, la moscovita y la anatasia. Su tamaño de grano oscila entre 1,1 y 0,5 mm, encontrándose esporádicamente tamaños que rondan 12 mm. Presentan un contenido en matriz arcilloso limosa variable, siendo la composición de la fracción arcillosa illítica (aunque se pueden encontrar algunas trazas de caolinita).

Los fangos son limos finos y arcillas (tamaño medio entre 0,002 y 0,0078 mm) o limos medios a gruesos (tamaño alrededor de 0,03 mm) con contenidos muy variables en arenas finas. Están constituidos por filosilicatos (48-80%), cuarzo (15-43%), micas (moscovitas y biotita) en proporciones muy variables y feldespato (potásico aunque en ocasiones puede ser calcosódico) (< 8%). Los minerales pesados son escasos y están representados por opacos, turmalina, rutilo, círcón, andalucita y estaurolita. La fracción inferior a 2 µm está constituida por illita y caolinita, como minerales dominantes, clorita y esmectita, en menor proporción, y trazas de interes-

tratificados, goethita y vermiculita. La asociación illita-caolinita-clorita representaría, según POZO (1987), el conjunto arcilloso heredado, mientras que la vermiculita-esmectita-interestratificados-goethita correspondería al de neoformación. Como rasgos postsedimentarios estos fangos pueden presentar concentraciones de carbonato (con contenido entre el 2 y 20% alcanzando, excepcionalmente, el 50 %), en formas de nódulos y encostamientos, y/o paligorskita.

La sucesión de estos materiales siliciclásticos puede ser bien observada en las proximidades de Tariego, donde se observa que se disponen en tres tramos, separados por superficies erosivas, que forman una megasecuencia positiva registrada tanto en el tamaño de grano general como en la secuencia de estructuras primarias.

El primer tramo está constituido por gravas con estratificación cruzada en surco que pasan a arenas con cantos con estratificación cruzada en surco. Representa el relleno de paleocanales por *megaripples* de crestas sinuosa.

El segundo tramo está compuesto por secuencias del tipo Gp, Sp, St/Sr, Sm y F1 (la nomenclatura de facies según MALL, 1978), repitiéndose varias veces durante el relleno del canal. Corresponde a depósitos de relleno de canal poco sinuoso por barras, registrándose en la vertical un incremento en la sinuosidad.

Estos dos tramos presentan frecuentes estructuras de deformación posiblemente ligadas a ligeros re juegos de la fractura N20E, a la que fosilizan.

El tercer tramo está formado por unidades de acreción lateral que pasan a arenas masivas bioturbadas y fangos con nódulos de carbonato de origen pedogénico. Este tramo se interpreta como depósito de canales meandriformes fosilizados por depósitos de llanura de inundación.

Con una disposición en bandas a estos depósitos de relleno de canal se encuentran secuencias de arenas ocres-verdes marmorizadas y limos y arcillas rojas con nódulos de carbonato de origen edáfico (los cuales pueden llegar a formar verdaderos niveles de caliche nodular). Corresponden a franjas de llanuras de inundación bien desarrolladas donde las arenas se interpretan como depósitos de levee.

#### 1.2.4.2. Depósitos carbonatados (16)

Lateralmente a los depósitos de llanura de inundación, llegando a disponerse sobre las facies canalizadas y las calizas de la Unidad del Páramo I, se dispone un conjunto de calizas en bancos de 1 a 2 m de espesor, y con una potencia máxima de 10 m.

Se trata de calizas de color beige gris a blanquecino, parcialmente recristalizadas, con gases, a veces canalizadas, en las que es frecuente encontrar esferulitos y concreciones radiales, como resultados de la carstificación presente en las calizas del Páramo I.

Estos materiales, estratigráficamente hablando, constituyen el segundo nivel de "calizas del Páramo" o Páramo II.

El techo de esta unidad aparece afectado por procesos erosivos de tipo físico y químico con desarrollo de suelos rojos, costras carbonatadas, dolinas y arcillas de decalcificación que modifican y degradan la parte alta de la unidad, desarrollándose sobre estos materiales una superficie de erosión a finales del Neógeno que justifica en parte el poco espesor de esta unidad en los sectores más occidentales.

Desde el punto de vista sedimentológico este conjunto litológico corresponde a un ambiente palustre-lacustre marginal de media energía, aunque en un contexto mayor que el que caracteriza al final del ciclo anterior. Este hecho se pone de manifiesto por la frecuencia de calizas intraclásticas y bases canalizadas en los cuerpos sedimentarios carbonáticos y detriticos.

Otro hecho a destacar es el contenido biológico de esta unidad, que resulta bastante bajo, ya que normalmente el contenido faunístico cuando aparece, corresponde a fragmentos bioclásticos resedimentados.

En un nivel de margas calcáreas nodulares (en Cevico de la Torre) se encuentra ostrácodos: *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR), *Potamocypris pastoiri* CARBONNEL, *Heryhowella asperrima* (REUSS), *Pseudocandona* aff. *marchica* (HARTWIG) y *Subulacypris parvus* CARBONNEL. También contiene oogonios de charofitas (*Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Chara cf. rochettiana* HEER y *Rhabdochara* sp.), así como gasterópodos fragmentados, lo cual, y con una valoración probable, dataría un Turoliense-Plioceno?, ya que entre los ostrácodos hay que señalar la presencia de especies no mencionadas en niveles más bajos, varias de ellas descritas en niveles asignados al Plioceno.

Como por otra parte LOPEZ *et al.* (1985) localizan la discontinuidad basal de este ciclo entre el Vallesiense-Turoliense, tanto en la Cuenca del Duero como en la Fosa del Tajo, asignemos una edad Vallesiense-Plioceno?, a la espera de futuros datos que precisen su edad.

### 1.3. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios recubren, en la zona que comprende la Hoja de Baltanás, partes importantes del sustrato terciario. Se pueden distinguir:

- Depósitos de ladera: coladas de solifluxión (25).
- Depósitos lacustres: zonas endorreicas (24).
- Depósitos fluviales: fondos de valle (23), llanura de inundación (22), terrazas (19, 20 y 21) y conos de deyección.
- Depósitos poligénicos: glacis (17).

Se trata de formaciones superficiales, generalmente de poca potencia y ligadas directamente a la evolución del relieve. En los siguientes apartados se describirán detalladamente.

### **1.3.1. Bloques, cantos y gravas con arena y limo (17). Glacis. Pleistoceno-Holoceno**

Son depósitos de baja pendiente, siendo ésta inferior a los 5°. La morfología y la calidad de los afloramientos dificulta la obtención de un corte representativo de estos materiales, por lo que se ha tenido que componer una síntesis a base de información de varios puntos de la zona.

Se trata, en general, de depósitos de gravas y cantos de calizas subangulosos en una abundante matriz arenó-arcillosa parda. Localmente se encuentran cementados por carbonatos. Su potencia, difícil de estimar, oscila entre 0,5 y 2 m.

### **1.3.2. Gravas, limos y arcillas (18). Conos de deyección. Holoceno**

Los conos de mayor tamaño se sitúan en la esquina NO de la Hoja, al pie de la ladera oriental del valle del Carrión, situándose en las terrazas medias del mismo.

Su composición, igual que la de los conos situados en otras partes de la zona, es muy heterogénea y refleja las diferentes litologías que afloran en las zonas de cabecera. En general, están constituidos por arenas y gravas más o menos angulosas de caliza, inmersas en una matriz limo-arcillosa. Su composición puede incluir, además, fragmentos de cuarcita y de yeso.

### **1.3.3. Gravas, arenas y arcillas (19, 20, 21). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno**

De los ríos que atraviesan la Hoja, el Pisuerga posee el más amplio conjunto de terrazas. En total, se han identificado seis niveles asociados a este río, respectivamente a 3-5, 7-10, 15, 35, 45 y 55 m por encima de su cauce. En la cartografía geológica se han agrupado en terrazas bajas, medias y altas.

En general, están constituidas por gravas de cuarcita y cuarzo con un porcentaje de cantos de caliza que oscila entre el 5 y 15%, aunque próximo a la confluencia con el arroyo del Prado este porcentaje aumenta considerablemente, debido a la carga de sedimentos de tipo calcáreo de este cauce.

Las terrazas más altas aparecen cementadas por carbonatos y presentan a veces encostramientos. Están cubiertos por suelos rojos y pardo-rojizos.

En el río Carrión, OLIVE *et al.* (1982) describen nada menos que 20 niveles de terrazas, de los cuales 16 tienen valor regional. Sin embargo, debido a que este río apenas entra en el dominio de la Hoja, sólo se han encontrado 3 niveles, a 2-3, 7-10 y 15 m por encima del cauce.

Su composición litológica es de gravas de canto de cuarcita y algunos de areniscas. El porcentaje de cantos de caliza suele ser inferior al 15%.

Las terrazas de ambos ríos presentan secuencias fluviales típicas, de depósitos de gravas de canales de tipo "braided" en la base y culminando en limos y arcillas con estructuras de llanura de inundación.

Los arroyos del Prado y del Maderano tienen 4 niveles de terrazas cada uno, respectivamente a 3, 10, 12-15 y 18-20 m, y 5-6, 10, 12-15 y 20 m por encima de sus cauces. Estas terrazas, aunque presentan estructuras sedimentarias similares a las de los ríos citados anteriormente, tienen una composición litológica bastante distinta, en la cual predominan las gravas de cantos de caliza en una matriz limo-arcillosa. Estos componentes calcáreos proceden de las cabezas de los arroyos, situadas en el relleno margocalcáreo de la Cuenca.

En cuanto a la edad de estos depósitos, no se dispone de datos paleontológicos para establecerlo, por lo cual se ha recurrido al grado de evolución edáfica y las alturas relativas sobre el cauce actual de los mismos.

Se han asignado al Pleistoceno inferior los niveles de terrazas altas, superiores a los 30 m sobre el cauce. Al Pleistoceno Medio pertenecen las terrazas entre los 12 y 20 m, mientras que los niveles más bajos corresponden al Pleistoceno superior-Holoceno.

#### **1.3.4. Arcillas y gravas (22). Llanura de inundación. Holoceno**

Se desarrolla en las márgenes de los ríos Pisuerga y Carrión. En su composición domina la fracción limo-arcillosa sobre la arena, aunque también incluyen depósitos de "point bar", con una geometría alargada y constituidos por gravas y arenas.

#### **1.3.5. Limos, arenas y gravas (23). Fondos de valle. Pleistoceno-Holoceno**

Son materiales depositados por los ríos y arroyos de la zona. Su composición litológica es muy variada, de cantos, gravas y arenas en una matriz limo-arcillosa.

Los cantos en los depósitos del Pisuerga y del Carrión son mayoritariamente cuarcíticos, seguidos por cantos de cuarzo, arenisca y caliza: En los valles y arroyos de menor rango predominan los depósitos de limos y arenas, a veces con cantos de caliza.

#### **1.3.6. Limos y arcillas (24). Zonas semiendorreicas. Holoceno**

Se trata de zonas de pequeña extensión, situadas en la margen izquierda del arroyo del Prado. Su drenaje defectuoso produce encharcamientos en épocas de lluvia, durante los cuales se suelen depositar capas finas de sedimentos limo-arcillosos. Desarrollan suelos grises de carácter vertical.

#### **1.3.7. Bloques calcáreos, limos, yesos y arcillas (25). Coladas de solifluxión (deslizamientos). Holoceno**

Estos fenómenos se han identificado principalmente en el valle del Pisuerga y en algunos casos han llegado a tener dimensiones bastante grandes. Su composición litológica es idéntica a la de la ladera donde se han producido. La estructura interna puede estar conservada parcialmente (véase el capítulo de geomorfología). Su edad se considera Holoceno.

## 1.4. BIOESTRATIGRAFIA

### 1.4.1. Vertebrados

Los primeros trabajos encaminados hacia el conocimiento bioestratigráfico de la Cuenca del Duero, se inician a principios de siglo con el estudio de HERNANDEZ PACHECO, E. (1923 y 1926) en el yacimiento de Saldaña, seguidos de los realizados por CRUSAFONT y VILLALTA (1951), CRUSAFONT y TRUYOLS (1960), etc.

La realización a partir de la década de los setenta de la transversal N-S de la Cuenca del Duero dentro del Plan MAGNA, inicia una nueva etapa que en base a una exhaustiva puesta al día de datos (PORTERO *et al.* 1982), y la aplicación de una normativa y sistemática adecuada, dio lugar a una serie de trabajos sobre micromamíferos de los principales yacimientos, la correlación de éstos y su posición dentro de la columna tipo del Terciario. ALBERDI *et al.* (1981), LOPEZ y SANCHIZ (1982), LOPEZ *et al.* (1986).

En 1985, ALVAREZ *et al.* dividen el Mioceno medio y parte del superior en cuatro unidades bioestratigráficas correlacionables con las zonas de DAAMS Y FREUDENTAL (1981). Estas zonas son:

1. Zona con *Megacricetodon lopezae*, edad Vallesiense inferior (dataría la base de la "Facies Tierra de Campos").
2. Zona con *Megacricetodon ibericus*, edad Vallesiense inferior (dataría la base de la "Facies Cuestas").
3. Zona con *Cricetulodon hartenbergeri*, edad Vallesiense inferior (dataría el techo de la "Facies Cuestas" y la base de la "Caliza del Páramo").
4. Zona con *Progonomys hispanicus*, edad Vallesiense superior (dataría 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.

Paralelamente a estos trabajos, se realizan en los últimos años otros de carácter sedimentológico en la Cuenca (MEDIAVILLA y DABRIO, 1986, 1989; ARMENTEROS, 1986; ARMENTEROS *et al.*, 1986, etc.), a los que se incorporan los nuevos datos bioestratigráficos, poniéndose de manifiesto los primeros problemas en cuanto a la asignación cronológica de alguna de las facies consideradas. 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 Turoliense (MEDIAVILLA y DABRIO, 1989) y que estos autores se basan en la propuesta de LOPEZ y SANCHIZ (1982), yacimiento de Miranda-2, Hoja de Palencia. Sin embargo, posteriormente LÓPEZ *et al.* (1986) reconocen que para la "unidad Caliza de los Páramos su edad no se conoce y ha sido asignada al Turoliense".

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 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 Turoliense, al estar éste 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 detríticas 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-Peñaflie).

Si respecto a la unidad "calizas inferiores del Páramo" el problema se plantea en la asignación dudosa al Turoliense, en los niveles correspondientes al segundo ciclo del páramo diferenciado 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 expuesta, ya que cuando se intenta 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-cársticos acaecidos en general a finales del Neógeno tanto en la submeseta norte como en la meridional.

Así, las primeras dataciones de la "caliza superior 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.* (1986) 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 incluye 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 puesta 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 detrítico-carbonatados correspondientes a la base de este segundo ciclo. Esta datación invita a pensar 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 la de 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 con criterios paleontológicos. Todo ello ha conllevado a considerar en este trabajo una edad Vallesiense superior-Turolense para todo el conjunto de materiales incluidos en el ciclo del páramo superior.

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

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 chaforitas 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 las "Facies Cuestas"

(unidades 2 y 3 de MEDIAVILLA y DABRIO) se datan como Aragoniense superior-Vallesiense.

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 los 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.*, 1989). En general, en los estudios sobre ostrácodos realizados hasta ahora en la Cuenca del Duero, no se han distinguido las unidades litoestratigráficas, excepto el trabajo de CIVIS *et al.* (1982) sobre las 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 "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, (Cuadro nº 1), 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 lacustre 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.

Cuadro 1. *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

## 2. TECTONICA

### 2.1. TECTONICA ALPINA

Desde el comienzo de los estudios del sector central de la Cuenca del Duero, la disposición horizontal o subhorizontal, a grandes rasgos, de los materiales aflorantes han inducido a considerar que durante el Neógeno esta parte de la cuenca no estuvo afectada por movimientos de origen tectónico. Sólo se apreciaba una ligera pendiente deposicional que aumenta hacia el margen N de la cuenca. Sin embargo, en los bordes de la cuenca se reconocían los efectos de varias etapas tectónicas que afectaron dichos bordes desde el Paleógeno e incluso se proponía la posible actuación de ciertos accidentes durante el Cuaternario (DEL OLMO y PORTEIRO, 1982).

No obstante, en los últimos años diversos autores han encontrado accidentes de significado estructural que han afectado a los materiales neógenos de este sector central. MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1988) encuentran, mediante el análisis de fotografías aéreas, imagen de satélite y patrones de distribución de facies y espesores en el relleno neógeno, tres familias de fracturas que llegan a condicionar los modos y distribución de la sedimentación a lo largo del Neógeno. Estas tres familias son la NO-SE, NE-SO y N-S, coincidentes con las direcciones principales de fracturación tardihercínicas. Su forma de actuación se evidenció tanto creando una subsidencia diferencial en franjas con una orientación definida como traspasando a los materiales y mostrándose en superficie. Estos últimos autores encuentran que se debió producir un rejuego de los accidentes de las familias NE-SO y NO-SE entre sus unidades 1 (Facies Dueñas y Tierra de Campos) y 2 (base de la Unidad C o Facies Cuestas) y otros en el que actuaron los accidentes de la familia N-S entre sus unidades 3 (techo de la Unidad C o Facies Cuestas) y 4, Unidad D (Páramo II). También MEDIAVILLA *et al.* (1991) encuentran el desarrollo de una fase de menor importancia entre las unidades 2 y 3 de MEDIAVILLA y DABRIO (1987).

Dentro de la presente Hoja, abarcada en el estudio de MEDIAVILLA y DABRIO (*op cit.*), se pueden observar todas estas familias de fracturas. Es de destacar en el área de Tariego la presencia de un accidente de la familia N-S el cual condiciona la distribución de los materiales siliciclasticos de la Unidad D (Páramo II), los cuales llegan a fosilizarlo, confiriéndole una importancia paleogeográfica al determinar la zona de acumulación de estos materiales.

Otros accidentes de escala cartográfica observados dentro de la Hoja corresponden a pliegues. Estos accidentes, reconocidos desde antiguo (ya son mencionados por HERNANDEZ-PACHECO, 1915), habían sido interpretados como de origen halocinético. El estudio de sus características espaciales, así como la observación de los materiales salinos infrayacentes, demuestra que dichos accidentes no han sido provocados por reajustes de estos materiales. Dentro de estos pliegues se pueden diferenciar dos grandes grupos.

El primero de ellos está constituido por pliegues con longitud de onda que no superan los 15 m, generalmente de escala decimétrica a métrica y amplitudes que, inferiores a los 2 m, muestran un incremento en la relación longitud de onda/amplitud hacia techo. Estos pliegues muestran una disposición de los ejes agrupados en torno a las direcciones N30E y N40E con amplia dispersión.

Los pliegues correspondientes al segundo tipo presentan longitudes de onda kilométricas y amplitudes de algunas decenas de metros. Su identificación a nivel de afloramiento es difícil y se reconoce mediante la cartografía. Presentan ejes similares a los del tipo anterior.

Ambos tipos de pliegues se formaron con posterioridad a la Unidad C (Facies Cuestas), a la que afectan, y previamente a la Unidad D. Así, la disposición en franjas, coincidentes con los ejes sinclinales de los pliegues de gran radio, de esta última es debida a la fosilización de dichas estructuras por los materiales de esta unidad. Localmente las fracturas N-S desarrolladas entre las unidades C y D crearon también zonas deprimidas donde se alojaron estos materiales, este efecto se puede observar en las proximidades de Tariego, donde la franja de materiales de la Unidad D, la cual viene desde el N con la dirección NE-SO, pasa, por efecto de una de estas fracturas, a disponerse más norteada.

Así mismo, dentro de la Hoja se observa otra serie de rasgos estructurales cuya mayor o menor importancia corroboran la actividad tectónica durante el Neógeno. Así, es frecuente encontrar juntas de extensión llenas por yeso o calcita de hábito fibroso con elongación de los cristales perpendicular a las paredes de las juntas y pequeños desgarres direccionales que ocasionalmente pueden presentar estrías preservadas.

### 2.1.1. **Fracturación**

#### *Fracturas de dirección NE-SO*

Son fallas con desplazamiento normal y microfallas tanto normales como inversas. En ambos casos los planos de fractura son verticales o subverticales (buzamientos entre  $60^{\circ}$  y  $85^{\circ}$ ) y sus direcciones varían entre N40E y N80E, con un máximo en N60E tanto en relación al número de fallas como a su longitud.

Las microfallas con desplazamiento inverso del orden de varios decímetros se observan, generalmente, en relación a anticlinales de dirección NE-SO. Un buen ejemplo de esta situación puede observarse a lo largo de las canteras de Hornillos de Cerrato. Las microfallas normales son más frecuentes y aparecen tanto en relación a sinclinales de dirección NE-SO como en relación a fracturas de esa misma dirección.

Las fallas con desplazamiento normal generalmente no superan los 5 m de salto vertical, afectan a los depósitos de la base de la sucesión y se amortiguan hacia el techo de la misma, sin llegar a alcanzar las calizas del techo de la Unidad C. Una excepción a esta situación general puede observarse en las proximidades de Hontoria.

En afloramiento únicamente hemos observado fracturas de esta dirección en las proximidades de Hontoria. El sistema de fracturas que allí aflora afectando a los depósitos conglomeráticos de la Unidad D y que se presenta en la cartografía, está constituido por fallas normales de direcciones N50E y N-S y fallas con componente importante de desgarre de dirección NO-SE (Cuadro 2). El salto vertical máximo en este punto se sitúa entre 40 y 50 m y se produce en relación a una fractura de dirección N50E; ésta presenta un plano de

falla subvertical, con una disposición de las capas en el labio O, mientras que en el E los bancos carbonatados del techo de la Unidad C muestran buzamientos entre 50° y 65° hacia el NO. Esta disposición de las capas indica un movimiento claramente distensivo. Las diferencias de esfuerzo, deducidas a partir de las direcciones de estrías observadas en los planos de microfallas, indicarían una componente principal distensiva según una dirección ONO-ESE.

#### *Fracturas de dirección E-O*

Las fallas y microfallas de esta dirección están muy mal representadas en el área de estudio, Sin embargo, es un sistema muy frecuente hacia el NO de dicha área (NOZAL, com. pers.) donde se observa que afecta a los depósitos de la Tierra de Campos (Unidad B).

En el área de estudio las microfallas de esta dirección afloran en relación a anticlinales y sinclinales, donde se asocian con microfallas de dirección N70E. Presentan tanto desplazamientos normales como inversos, planos de fractura desde subverticales (65°) a subhorizontales (de 45° a 25°) y saltos inferiores a 50 cm.

#### *Sistema conjugado N-S/NO-SE*

El sistema principal lo constituye las fracturas de dirección N-S, siendo las fracturas de dirección NO-SE las asociadas.

Incluimos en el sistema de dirección N-S, un conjunto de fallas con direcciones comprendidas de los siguientes grupos: N170E-N180E y N35E. Son fallas de componente normal (sus estrías se sitúan en torno a 80°), aunque puntualmente algunas microfallas muestran una componente horizontal importante (con estrías de 20°, Cuadro 2) y planos verticales o subverticales (buzamiento de los planos de las microfallas entre 65° y 90°, Cuadro 2). Los desplazamientos verticales oscilan entre 2 y 15 m.

Las fracturas NO-SE muestran direcciones que oscilan entre N120E y N160E. Su movimiento en la mayor parte de los casos es de desgarre, como atestigua la abundancia de estrías con valores inferiores a 40° (Cuadro 2). Con todo, también dentro de este sistema se observan fracturas con movimiento normal (estrías de 70, Cuadro 2). En estos casos los planos de fractura son verticales o subverticales y los saltos se sitúan entre 5 cm y 8 m.

Las fracturas de este sistema conjugado afectan a los depósitos de las unidades A, B y C y es en relación a los depósitos carbonatados del techo de la Unidad C donde se observan con mayor claridad. En las proximidades de Tariego, una falla del sistema N-S está fosilizada por los depósitos conglomeráticos de la Unidad D. Estos conglomerados muestran abundantes estructuras de deformación hacia la base del banco que evidencian una sedimentación en condiciones tectónicamente inestables. Además estos conglomerados en las proximidades de Hontoria se ven afectados por el conjunto de fracturas, entre las cuales se halla este sistema conjugado.

A partir de esas condiciones creemos que el sistema conjugado N-S/NO-SE actuó desde después del depósito de los sedimentos de la Unidad C (Mioceno superior) hasta, y por lo menos, después del depósito de los sedimentos de la Unidad D (Plioceno). Un hecho que vendría a corroborar esta hipótesis es que las fracturas de dirección N-S son las que presentan mayor longitud media, parámetro que da idea de la importancia morfotectónica de cada familia.

## 2.1.2. Pliegues

El análisis de las direcciones de los ejes de los pliegues, deducidas a partir de las direcciones y buzamientos de las capas medidas en distintas estaciones, nos ha permitido diferenciar un conjunto de pliegues de dirección NE-SO y un segundo conjunto de dirección N-S. Las características que definen a cada uno de estos conjuntos se describen seguidamente.

### *Pliegues de dirección NE-SO*

Con esta dirección hemos observado pliegues de escala cartográfica y pliegues de escala de afloramiento (pliegues de media escala).

#### *Pliegues de gran escala*

En las regiones de Torquemada-Astudillo-Baltanás los depósitos carbonatados (calizas secundarias y calizas con moldes de gasterópodos) del techo de la Unidad C muestran buzamientos que oscilan entre 3° y 9° hacia el SE y NO. La disposición espacial de los mismos dibuja formas sinclinales muy laxas y anticlinales apretados que definen pliegues asimétricos de dirección NE-SO con amplitudes que oscilan entre 9 y 15 m y longitudes de onda de 6 a 10 km. A medida que se desciende en la serie estas deformaciones se amortiguan, si bien las inclinaciones que muestran, a escala cartográfica, los contactos de las unidades son concordantes con las direcciones de buzamiento observadas en las calizas del techo de la Unidad C. Estos hechos que se ponen de manifiesto al norte del área de estudio (Hojas 274 y 236) nos inducen a proponer que en el área de estudio existe un plegamiento muy suave, de gran escala, que afecta al conjunto de los depósitos de las unidades A, B y C.

#### *Pliegues de mediana escala*

Se han observado en las inmediaciones del río Pisuerga y son especialmente espectaculares en las regiones situadas entre Baltanás y Hornillos.

Son pliegues abiertos, de aspecto concéntrico, geometría simétrica con charnelas romas y plano axial vertical. Su amplitud (de 2 a 8 m) aumenta desde la base de los niveles plegados hacia el techo. Su longitud de onda oscila entre 50 y 80 m. Generalmente se observa un plegamiento más apretado en los contactos entre paquetes de diferentes competencias.

Asociados a estos pliegues se han observado fallas inversas, generalmente en relación a anticlinales y pliegues plásticos en los niveles carbonatados más competentes.

#### *Pliegues de dirección N-S*

Se observa en numerosos afloramientos, aunque siempre con un carácter puntual, ya que se amortiguan rápidamente pasando, en la lateral, a niveles ligeramente alabeados o con una disposición suboriental.

Se observa en relación a los niveles de calizas con restos o moldes de gasterópodos y margas del techo de la Unidad C y se caracterizan por ser pliegues abiertos, simétricos o ligeramente asimétricos con plano axial vertical y ejes con una dirección que se sitúa entre NNE (N10E a N30E) y NNO.

Su amplitud es inferior a 2 m, su longitud de onda oscila entre 6 y 15 m y el ángulo entre flancos generalmente es superior a 100°. En relación a estos pliegues se observan pequeñas fracturas o diaclasas de dirección N-S y NO-SE.

Es difícil establecer las relaciones temporales que existen entre estos pliegues y el conjunto de rasgos estructurales descritos en páginas anteriores y los únicos puntos en los que hemos podido hacer observaciones a este respecto es en Hornillos de Cerrato, donde se observan pliegues apretados de dirección N175E superpuestos a otros más amplios con ejes de dirección N70E.

A la luz de estos datos suponemos, en primera instancia, que su génesis está ligada al rejuvenimiento de pequeñas fracturas de dirección N-S y NO-SE, aunque la escasa calidad del afloramiento nos impide afirmarlo.

## 2.2. NEOTECTONICA

En función de la normativa establecida, los materiales considerables como postorogénicos pre-neotectónicos son las Formaciones terciarias de Dueñas y Tierra de Campos (1 y 2-5, respectivamente, en el mapa geológico; 6 en el neotectónico). Los de edad neotectónica corresponden al Mioceno superior (Facies Cuestas y Páramos: 6-16 en mapa geológico; y 4-5 en el neotectónico) y a las diversas formaciones cuaternarias (17-24 en el mapa geológico, y 1-3 en el neotectónico).

A parte del estudio directo sobre el terreno de las fallas y pliegues descritos anteriormente (ver apartado de Tectónica), hay otros datos neotectónicos deducidos de criterios y observación de anomalías geomorfológicas. En la Hoja de Baltanás se han seguido dos líneas de actuación:

- El estudio de la disposición de isohypsas de la superficie poligénica de los páramos.
- La observación fotogeológica de anomalías geomorfológicas de carácter lineal.

Estación	P	F	Direc.	Buz.	Sal. (m)	Est.	Car.
Hornillos	X		N150E N050E N120E N110E N105E N070E N070E N090E N090E	60NE 80SE 0,30 0,50 0,50 60S 85S 64S 65C 65S		N I, N I, N I, N	
Baltanás	X		N035E N00E N047E		0,40 0,20		N N
Hontoria	X		N090E N090E N090E M000 E N070E N000E N050E N010E N130E N160E N140E N000E N140E N010E	55N 45N 25N 60W E 25N W 85SE 15N 70NE 80W 80NE 85W 50NE 70E		20SW 60SE 40SE 50SE 30SE 75S 90 7SE 80N 80N	

Cuadro 2

P = Microfallas relacionadas con pliegues de mediana escala.

F = Microfallas relacionadas con fallas.

En el primer aspecto, las isohypsas definen una inclinación hacia el oeste de la mencionada superficie. Esta inclinación es probablemente deposicional, y ligada al relleno endorreico de la Cuenca, cuyo centro debía situarse hacia esa dirección. Pero en dos zonas las isohypsas defi-

nen inflexiones bruscas que por su coincidencia con cursos fluviales bastante rectilíneos podrían indicar la presencia de fracturas de zócalo (sobre las que los cursos fluviales se habrían preferentemente encajado):

- Una de ellas se localiza en el NE de la Hoja, coincidente con parte del trazado del arroyo del Prado, y siendo, por tanto, de dirección ONO-ESE. Su salto (con labio hundido sur) no sería superior a los 5 m.
- La otra se sitúa en la parte SO de la Hoja, coincidente con el arroyo del Valle de Cerrato. Su dirección es ENE-OSO, y su salto (con labio hundido norte) estaría comprendido entre 3 y 5 m.

No hay datos proporcionados por la disposición de isohypsas para el curso del Pisuerga, debido a la escasa extensión de superficie poligénica representada en la Hoja al norte de ese río.

En cuanto a la observación fotogeológica de anomalías geomorfológicas de carácter lineal (alineación de barranqueras, de zonas húmedas, etc.), se han detectado del orden de la treintena, convenientemente representadas en el mapa neotectónico. Posiblemente representen fracturas o megadiclasas, aunque no ha sido posible su exacta caracterización ni tampoco su estudio sistemático y exhaustivo sobre el terreno. Hay representadas varias familias (todas afectando a materiales neotectónicos):

- NE-SO (el 50% de las observadas). Son subparalelas a la traza del Pisuerga y, preferentemente, se localizan en las proximidades de ese río.
- ONO-ESE (el 9,5% de las observadas).
- NNE-SSO (íd. porcentaje).
- NNO-SSE (íd. porcentaje). En algún caso coinciden con trazas muy rectas de las isohypsas, tal es el caso de la anomalía situada aproximadamente en el centro de la Hoja, al sur de Villaviudas y ENE de Valle de Cerrato.
- NO-SE (el 12% de las observadas).
- ONO-ESE (el 9,5% de las observadas).

Por su impronta morfológica, así como por otros datos más objetivos (ver apdo. de Tectónica), el río Pisuerga podría haberse situado sobre el más importante accidente de zócalo (NE-SO) de la Hoja. El posible carácter sinestral para este accidente (sobre todo en etapas antiguas, Terciario inferior?, de su historia) ya fue apuntado durante la realización de la Hoja de Burgos N° 200. Si este carácter ha continuado (aunque quizás atenuado) durante las épocas pre y neotectónicas, muchas de las fracturas (observadas —ver apdo. de Tectónica— y deducidas) y anomalías geomorfológicas podrían estar en relación con su actuación: Las NNE-SSO podrían representar rieles, las NNO-SSE fracturas distensivas y las aprox. ENE-OSO posibles fallas inversas, todas direc-

tamente generadas por un posible desgarre sinestral. Todo esto no pasa de ser sino una hipótesis de trabajo a verificar, siendo necesario para ello el establecimiento cronológico y cuantificación sobre el terreno de las diferentes fracturas y anomalías detectadas y observadas.

En cuanto a sismicidad, el grado esperado es VI para un período de 10.000 años, no habiéndose registrado ningún sismo en toda la extensión de la Hoja.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja de Baltanás está situada en la parte central de la Cuenca del Duero. Muestra la morfología tabular característica de esta zona, de mesas o páramos tallados por la red fluvial en el relleno terciario de la Cuenca. La superficie disectada de los páramos desciende gradualmente desde la Cordillera Cantábrica, la Sierra de la Demanda y el Sistema Central hacia el centro de la Cuenca, al suroeste. El punto más alto de la Hoja se encuentra, por tanto, en su límite oriental, donde el Páramo directamente al NE del pueblo de Villaconancio marca una cota de 910 m.

El punto más bajo está situado allí donde el cauce fluvial principal, el río Pisuerga, corta el límite occidental de la Hoja a una cota ligeramente inferior a los 710 m.

El río Pisuerga transcurre en amplios meandros por la mitad occidental de la Hoja, en sentido SO, uniendo su vega con la del Carrión a la altura del pueblo de Venta de Baños. Otros pueblos situados en los valles de estos ríos son Villamuriel de Cerrato, Tariego, Baños de Cerrato, Hontoria de Cerrato, Soto de Cerrato, Magaz y Reinoso de Cerrato.

Procedentes del este confluyen con el Pisuerga varios cauces fluviales de menor desarrollo. El primero es el arroyo del Prado, en cuyo valle está situado el pueblo de Villaviudas y otro que ha prestado su nombre a la Hoja: Baltanás.

El segundo es el arroyo del Maderano, cuyo valle es conocido como el Valle de Cerrato. Este arroyo pasa por los pueblos Villaconancio, Castrillo de Oniello y Cevico de la Torre. A la altura de este último pueblo confluye con el arroyo del Rabanillo. En el valle de este arroyo se encuentra el pueblo de Valle de Cerrato.

Quedan por mencionar dos pueblos de la esquina NE de la Hoja: Hornillos de Cerrato y Valdecañas de Cerrato, situados en otros dos tributarios del Pisuerga, el arroyo de las Calzadas y el arroyo del Castillo.

#### 3.2. ANTECEDENTES

En comparación con otras zonas de España, la geomorfología de la Cuenca del Duero ha recibido poca atención. Según GUTIERREZ y PEREZ GONZALEZ (1984), sólo un 3% de los trabajos

geomorfológicos publicados en España antes de 1984 se han dedicado a esta zona. La bibliografía de índole geomorfológica de la Hoja de Baltanás es, por tanto, escasa. Sin embargo, podemos hacer referencia a una serie de trabajos de carácter regional.

Los primeros trabajos sobre la parte central de la Cuenca son los de HERNANDEZ PACHECO (1930, 1932), proseguidos por MABESOONE (1961). Otros trabajos de interés son los de GARCIA y REY (1973), ZAZO y GOY (1977) y PEREZ GONZALEZ (1982). En los años ochenta se publican varias Hojas MAGNA, con estudios geomorfológicos, de zonas cercanas a la de Baltanás.

Son varios los trabajos dedicados a la morfología del borde SE de la Cuenca: el contacto con el Sistema Central. Entre ellos cabe mencionar los clásicos de SCHWENZNER (1936) y BIROT y SOLE (1954) y, más recientes, los estudios de PEDRAZA (1978), GARZON *et al.* (1981), PORTERO y AZNAR (1984), ARMENTEROS (1986) y FERNANDEZ (1988).

En cuanto al enlace de la Cuenca con la Sierra de la Demanda y la Cordillera Cantábrica, cabe citar los trabajos de NOSSIN (1959), ZAZO *et al.* (1983) y GRACIA *et al.* (1989).

### 3.3. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

#### 3.3.1. **Estudio morfoestructural**

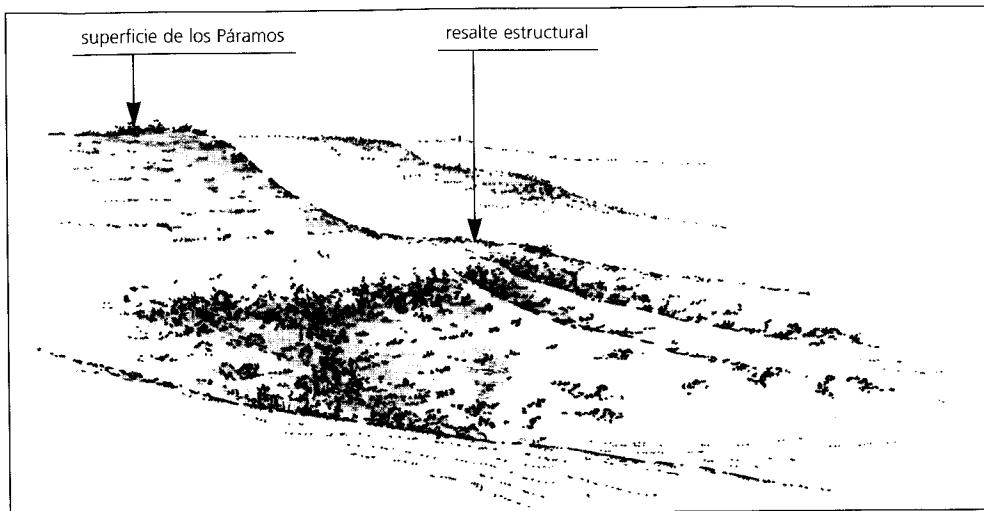
HERNANDEZ PACHECO (*op. cit.*) identificó en las zonas centrales de la Cuenca tres elementos morfológicos básicos: Las "mesetas de erosión" o los Páramos, a más bajo nivel las "llanuras de ablación" o Campiñas y, separándolos, las Cuestas.

En la Hoja de Baltanás sólo están representadas los Páramos y las Cuestas, ya que nos encontramos con una zona de mesas, separadas una de otra por ríos encajados, y falta el típico paisaje de la Campiña, de lomas suaves y bajas.

Las calizas de los Páramos protegen las facies blandas subyacentes de la erosión y constituyen una superficie estructural inclinada hacia el Suroeste. Sobre este replano se ha desarrollado otra superficie, denominada generalmente "superficie poligénica de los páramos", con una génesis compleja y todavía no totalmente aclarada. En algunos sitios se ha conservado una última capa de calizas, que fosiliza los depósitos anteriores y que representa en esta Hoja los últimos depósitos lacustres endorreicos de la Cuenca.

En la parte noreste de la Hoja se ha instalado una superficie de erosión de posible edad Pleistocena, que arrasa las calizas de los Páramos.

La incisión de la red fluvial en los depósitos terciarios ha puesto de manifiesto las diferentes propiedades del sustrato terciario, exhumado capas de calizas subyacentes al nivel de colmatación que han formado superficies estructurales y generando así un paisaje fuertemente tabular (ver fig. 3).



**Fig. 3. Paisaje tabular, formado por las plataformas, parameras y resaltes estructurales inferiores.**

En la parte noroeste de la Hoja, la fuerza moldeadora de la red fluvial ha producido los cambios paisajísticos más importantes. Allí las llanuras finitierciarias han desaparecido para dar lugar a una nueva llanura, de carácter fluvial, a unos 140 m por debajo de la antigua superficie de colmatación.

### 3.3.2. Estudio del modelado

En este apartado se agrupan, según los procesos morfogenéticos, las formas exógenas encontradas en la Hoja. Se trata principalmente de formas fluviales, de ladera y kársticas.

#### Formas fluviales

Dentro de este grupo se pueden distinguir tanto formas de acumulación como de erosión. De las primeras, los *fondos de valle* ocupan un lugar importante. Directamente asociados con el cauce actual de los ríos y arroyos, tapizan los fondos de los valles excavados por ellos. Su composición es de limos y arenas y en el caso de los ríos Arlanzón y Carrión, contiene además gravas de cuarzo, arenisca y caliza.

Los cauces de los arroyos que traviesan la Hoja siguen líneas bastante rectas. La única excepción es el arroyo del Maderano, que, aguas abajo de la confluencia con el arroyo del Rabanillo, presenta una sinuosidad del cauce considerable; sus meandros llegan a tener un radio de unos 500 m (ver fig. 4).

La morfología del lecho del Pisuerga es bastante distinta de la de los arroyos, debido a su caudal, perfil longitudinal y carga de material en suspensión. Este río ha desarrollado amplios meandros

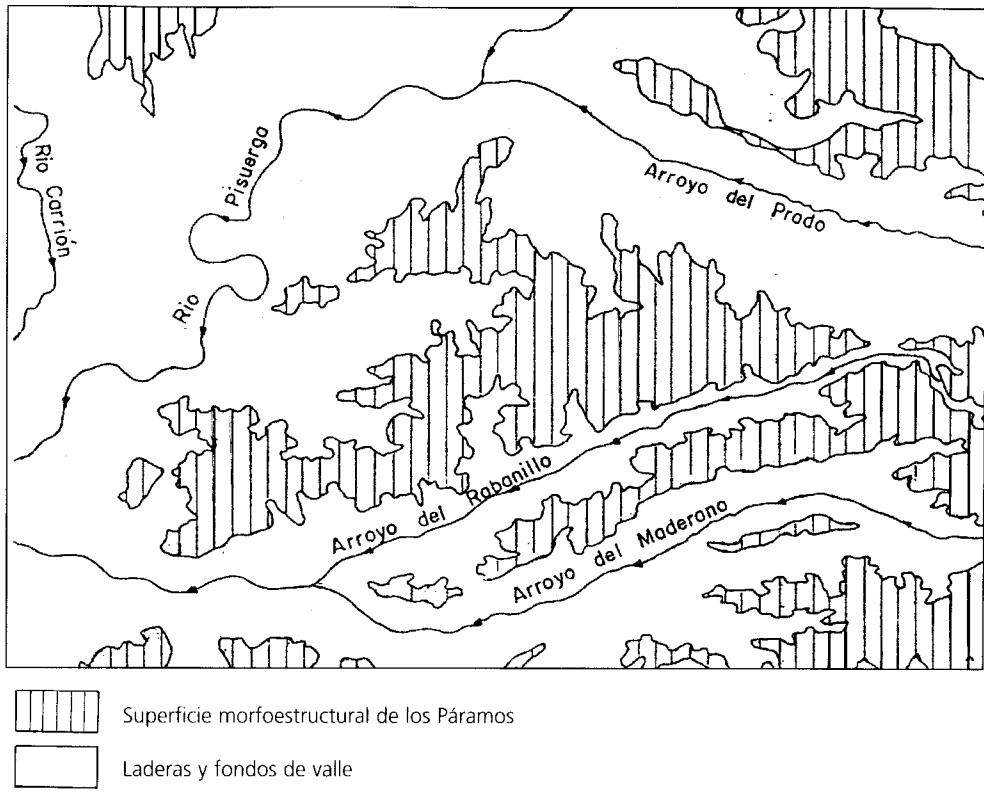


Fig. 4. Los principales cauces fluviales de la Hoja de Baltanás.

con radio de aproximadamente 1 km, en cuyas orillas convexas se han desarrollado depósitos de *point bar*, mientras que en las orillas cóncavas se produce una *erosión lateral del cauce*.

La *llanura de inundación* ocupa un nivel intermedio entre las terrazas más bajas y el fondo de valle de los ríos Arlanzón y Carrión. Se distingue por su gran contenido de limos y arcillas oscuras. Su extensión en la Hoja es reducida, limitándose a retazos situados a lo largo de los cauces.

Los principales depósitos de terrazas se encuentran en la parte NO de la Hoja, sedimentados por los ríos Pisuerga y Carrión. En los valles de los arroyos del Prado y del Maderano también se han identificado una serie de terrazas, que forman una franja bastante estrecha paralela a estos cauces.

El cuadro nº 3 recoge los distintos niveles de terrazas (en metros por encima del cauce actual) de los ríos que atraviesan la Hoja, y una posible relación con los niveles de terrazas identifica-

dos por OLIVE *et al.* (1979) en el río Carrión y por DEL OLMO y GUTIERREZ (1982) en el Pisuerga en su paso por la Hoja de Cigales.

Terrazas de cauces fluviales en su paso por la Hoja de Baltanás:

R. Carrión	2-3	7-10	15				
R. Pisuerga	3-5	7-10	15		35	45	55
A. Prado	3	10	12-15	18-20			
A. Mederano	5-6	10-12	12-15	20			

Comparación con terrazas en zonas cercanas:

R. Carrión	4-5	8-10	16-18		28-30	40-45	50-52
R. Pisuerga	4-5	7-8	13-15		34-35		57

Cuadro 3. Cota (m) de las terrazas fluviales respecto al nivel del río en la Hoja de Baltanás y comparación con zonas limítrofes.

Los ríos Carrión y Pisuerga han desarrollado un sistema de terrazas más o menos simétrico, con una representación de los distintos niveles de terrazas a ambos lados del río. El nivel entre 7-10 m es el de mayor extensión dentro de la Hoja y está, al igual que el nivel inferior a 3-5 m, marcado por numerosos *meandros abandonados*. La distribución de las terrazas de los arroyos que desembocan en el Pisuerga es notablemente asimétrica. Estos cauces han desarrollado sus terrazas generalmente en su orilla izquierda.

La composición de las terrazas de los ríos Carrión y Pisuerga es de gravas de cuarcita, cuarzo y caliza. En algunos casos están cementadas por carbonato. Las terrazas de los arroyos están constituidas en gran parte por gravas y cantos de calizas.

Queda por describir una última forma de acumulación: los *conos de deyección*. Tienen una morfología de abanico y perfil convexo. Situados a la salida de algunos barrancos y arroyos, tienen generalmente un tamaño reducido. Su composición, determinada por la litología de su área fuente, es de cantos y bloques de caliza en una matriz limo-arcillosa.

Las formas erosivas incluyen la *incisión lineal* en barrancos en varios puntos de la Hoja y las cáravas. Buenos ejemplos del primer fenómeno se pueden encontrar en las laderas al sur de Villaviudas y al sureste de Hontoria de Cerrato. El segundo es bastante generalizado en las laderas de alta pendiente de la zona.

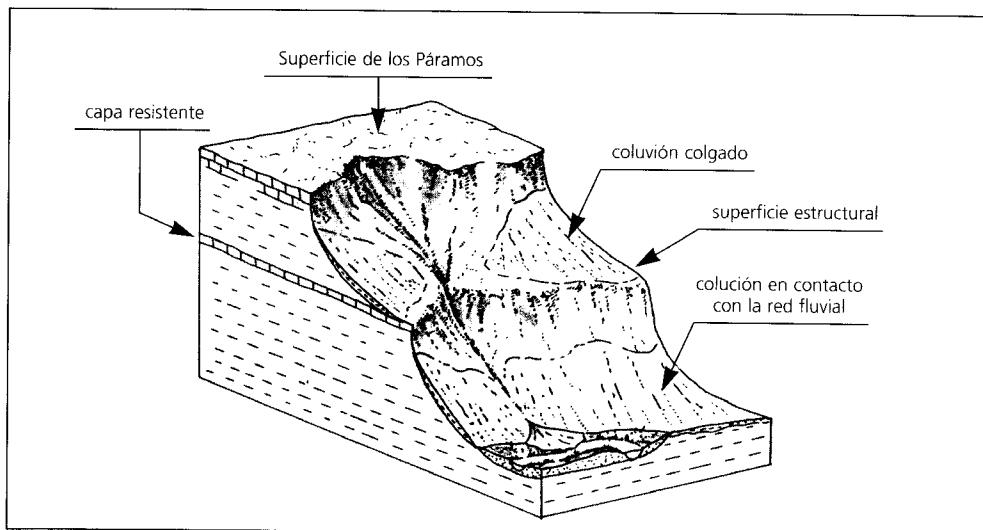
Por último, se han identificado varias *capturas* pequeñas en los tributarios de los principales arroyos de la Hoja. La más importante es una captura que se está produciendo a 1,5 km al sureste del pueblo de Villaconancio, donde el arroyo del Maderano está decapitando uno de sus propios tributarios: el arroyo del Charcón.

## Formas de ladera

Los coluviones tapizan los pies de la mayoría de los valles y barrancos de la Hoja y enlazan morfológicamente los fondos de valle con las "Cuestas". Los de mayor tamaño bordean los valles del Pisuerga y Carrión. La composición de estos depósitos poco consolidados es de bloques y cantos angulosos en una matriz limosa y refleja su área fuente y un camino de transporte corto.

Existen dos tipos de coluviones en la zona que comprende la Hoja:

- Coluviones formados en los resalte estructurales inferiores a las Calizas de los Páramos. Tienen una pendiente relativamente baja, perfil ligeramente cóncavo y escasa comunicación con la red fluvial actual, quedándose en una posición prácticamente colgada.
- Coluviones acumulados en los pies de las laderas, en contacto con la red fluvial y con una pendiente más alta que los del primer tipo (ver fig. 5). Son depósitos más recientes que los anteriores.



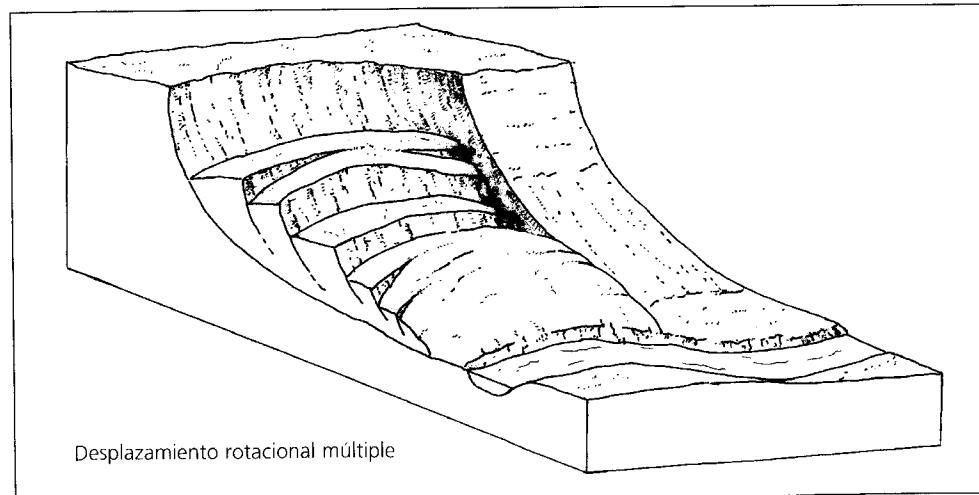
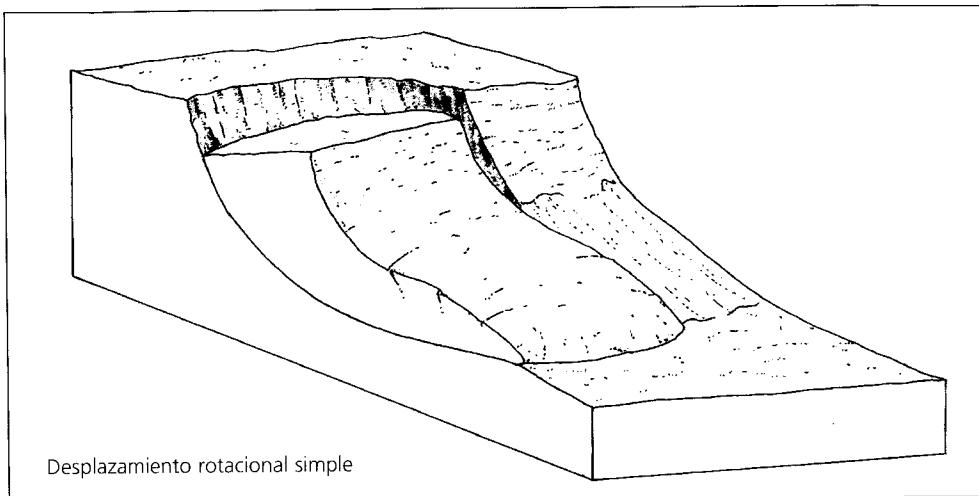
*Fig. 5. Dos tipos de coluviones encontrados en la Hoja.*

Los deslizamientos representan otro fenómeno que afecta a las laderas de la zona. Aparte de los numerosos pequeños desprendimientos que se producen en las laderas y los bordes de las terrazas, se han identificado siete deslizamientos de gran tamaño, la mayoría de ellos localizados en la orilla izquierda del río Pisuerga. Estos siete deslizamientos se pueden agrupar en:

- Deslizamientos rotacionales múltiples, donde la masa deslizada se rompe en una serie de bloques.

- Deslizamientos rotacionales simples, donde se conserva en buena medida la cohesión interna del bloque (ver fig. 6).

Excelentes ejemplos de los deslizamientos del primer tipo se encuentran directamente al Este de Tariego y a 2 km NNE de Hontoria de Cerrato. El segundo tipo está representado por el deslizamiento localizado a 1,5 km NO de Villaviudas.



*Fig. 6. Dos tipos de deslizamientos encontrados en la Hoja de Baltanás.*

La causa de los deslizamientos parece ser la erosión del pie de la ladera por un cauce fluvial, que provoca una situación de inestabilidad de ladera. El aumento del contenido de agua en los depósitos detriticos de Tierra de Campos, localizados en el mismo pie de las laderas, puede ser un factor adicional desestabilizante.

Llama fuertemente la atención la *asimetría* presente en muchos valles y barrancos en la Hoja y en zonas cercanas. Esta asimetría se da, sobre todo, en aquellos valles cuyo eje no coincide con la dirección comprendida entre NE-SO y ENE-OSO, como el valle del arroyo del Prado. En estos casos, las vertientes que miran hacia el norte o este son muy tendidas, mientras que las que miran hacia el sur u oeste son abruptas. Por el contrario, los valles con dirección entre NE-SO y ENE-OSO, como por ejemplo el valle del Pisuerga o el del arroyo del Rabanillo, son generalmente bastante simétricos.

### *Formas poligénicas*

Dentro de este grupo de formas se pueden distinguir por un lado las superficies y por otro los glacis. De las primeras, la *superficie poligénica de los páramos*, de posible edad Mioceno superior-Plioceno, ocupa la mayor extensión. Como indica su nombre, son varios los procesos que han intervenido en su génesis, como son la carstificación, alteración, acumulación y erosión.

En ocasiones, la intensa carstificación ha llegado a destruir los bancos calcáreos terminales del segundo megacírculo sedimentario (Páramo I). Las arcillas rojas de calcificación, producidas por los procesos cársticos, llenan en la actualidad los huecos de disolución en las calizas parameras, constituyendo la denominada "terra rossa". Las alteraciones se manifiestan localmente como costras.

Sobre las calizas terminales de la "Unidad D" ("Páramo Superior") se ha desarrollado otra superficie, que en esta memoria se ha denominado *superficie de colmatación de los páramos*, ya que representa el nivel de colmatación de la Cuenca terciaria en la zona que comprende la Hoja. Tiene una extensión bastante inferior a la de la Superficie Poligénica. Se distingue de ésta por tener un grado de carstificación y alteración inferior.

En la esquina noreste de la Hoja se sitúa una *superficie de erosión pleistocena*. Adquiere mayor importancia hacia el este, en la Hoja colindante de Antigüedad, donde bisela los niveles superiores de la serie terciaria.

Depositada sobre las laderas en varios puntos de la Hoja, se sitúa otra forma poligénica, los *glacis*. Estos aparecen generalmente asociados con valles asimétricos, ocupando la ladera de menor pendiente. En su génesis han intervenido procesos de gravedad y de tipo fluvial, dándoles un perfil cóncavo y de poca pendiente, generalmente no superior a los 5°. Se trata de formas antiguas, compuestas por cantos y bloques más o menos angulosos de caliza, incorporados en una matriz limo-arcillosa parda. Localmente se encuentran cementados por carbonatos.

La mayoría de los glacis identificados en la Hoja se encuentran en una posición "colgada" con respecto a la red fluvial encajada en ellos. En algunos casos, enlazan con terrazas fluviales.

## Formas estructurales

De este tipo de formas, varias se han originado como consecuencia de los contrastes litológicos existentes dentro de la serie terciaria. Pertenecen a este grupo los *escarpes estructurales*, los *cerros cónicos*, las *líneas de capa* y las *superficies estructurales*, compuestas por bancos de caliza, infrayacentes a las calizas parameras, que han sido exhumadas por la erosión.

Los *escalones estructurales* están localizados allí donde el frente de la erosión actual avanza a costa de los depósitos de paleovertiente o glacis, creando un escalón que no viene motivado por una capa dura, sino por el contacto abrupto entre dos formas morfológicas (ver fig. 7).

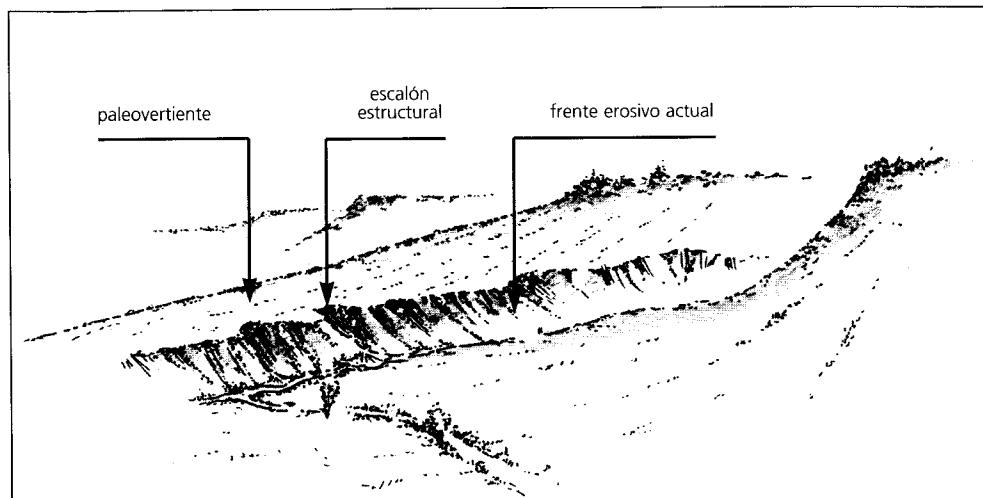


Fig. 7. Relación entre los depósitos de paleovertiente, el escalón estructural y el frente erosivo actual.

En la parte central-oeste de la Hoja, entre el Páramos de Santa Cecilia y el pueblo de Tariego, se han detectado algunas *anomalías geomorfológicas lineales*. Se trata de alineaciones bien visibles en fotografía aérea pero con poca expresión morfológica en el campo. Los detectados cerca de Tariego están probablemente relacionados con la falla citada por MEDIAVILLA y DABRIO (1989) que ha condicionado el depósito de los conglomerados de Tariego. Los de la zona del Caserío de Fuentes-Cárcel son posiblemente diaclasas sin un claro origen neotectónico.

## Formas lacustres

En cuanto a extensión, son poco significativas en la Hoja. Por una parte, existen algunas *áreas semiendorreicas* cerca de los pueblos de Villaviudas y Baltanás, donde la red fluvial tiene un carácter difuso. Se trata de zonas similares a las descritas por ECHEVERRIA (1989), donde unas terrazas fluviales colgadas o lomas aisladas bloquean parcialmente el drenaje hacia el arroyo principal. Por otra parte, en las depresiones kársticas situadas en las plataformas calcáreas de

la zona, la presencia de una capa de arcillas puede convertir su fondo en impermeable, dando lugar al embalsamiento de agua y convirtiendo la dolina o uvala en un área *endorreica*, donde se produce la acumulación de arcillas, limos y material orgánica. Su reducido tamaño hace inviable su representación cartográfica a escala 1:50.000.

### *Formas kársticas*

La carstificación, que afecta a las rocas carbonatadas de la Hoja y especialmente a los bancos calcáreos terminales del segundo megaciclo sedimentario (Páramo I) y los de la "Unidad D" (Páramo II), ha generado, en estas mesas, una superficie ligeramente ondulada y a veces irregular. La disolución de las calizas ha llevado a la formación de *dolinas* y *uvalas*, generalmente de pequeño diámetro, con fondo plano y borde irregular.

La "terra rossa", compuesta mayoritariamente por arcillas de calcificación y fragmentos calcáreos, será tratada en el apartado "Formaciones superficiales".

### 3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Los depósitos superficiales de mayor importancia en la Hoja de Baltanás están constituidos por acumulaciones aluviales (fondos de valle, llanura de inundación, terrazas y conos de deyección), de ladera (coluviones y deslizamientos) y poligénicas (glacis y depósitos asociados con la "superficie poligénica de los páramos", en especial las costras y la "terra rossa").

En cuanto a los *SUELOS*, en los depósitos fluviales de la Hoja se han desarrollado suelos de tipo Entisol e Inceptisoles. En el resto de la zona se encuentran los Arisoles, principalmente de tipo Orthid y Gran Grupo Calcorthid, (BELMONTE *et al.*, 1977; DIRECCION GENERAL DE LA PRODUCCIÓN AGRARIA, 1976).

La *CONSTITUCION LITOLOGICA* de la mayoría de los depósitos superficiales ha sido descrito en el apartado anterior y en el capítulo de Estratigrafía. El resto de este apartado se limita, por tanto, a la descripción de la denominada "terra rossa".

Las principales acumulaciones de "terra rossa" están asociadas con la superficie poligénica de los páramos, llenando huecos de disolución en los bancos de calizas. Su distribución muy irregular y su escasa potencia, que no suele superar los 2 metros, hacen imposible su cartografía a escala 1:50.000.

Los diferentes autores que han estudiado estos materiales, entre otros ALONSO *et al.* (1983), MOLINA y ARMENTEROS (*op. cit.*), ORDOÑEZ *et al.* (1976) y PEREZ GONZALEZ (*op. cit.*), les consideran como el producto de la calcificación de calizas. Mineralógicamente están compuestos principalmente por arcillas illíticas y caoliniticas, siendo más abundante la caolinita cuanto mayor es la evolución de este tipo de depósitos (DUCHAUFOUR, 1970). Asimismo, contienen fragmentos de las calizas de los páramos y un cierto porcentaje de arena.

Después de su formación, la "terra rossa" ha sido afectada por un proceso de erosión-cumulación. Varios autores señalan la existencia de depósitos de "terra rossa" transportados, posi-

blemente mediante un mecanismo de *mud flow* (ORDOÑEZ *et al.*, *op. cit.*; GRACIA, 1989). También DEL OLMO y PORTERO (*op. cit.*), en la Hoja colindante de Dueñas, sugieren que por lo menos una parte de la "Terra Rossa" no se produjo *in situ*, ya que "la caliza que existe bajo la terra rossa es muy pobre en arcillas, por lo que si se supone a ésta originada *in situ*, es muy difícil concebir el volumen de caliza que debió ser disuelto previamente a su instalación". AGUIRRE *et al.* (1976) atribuyen una edad pliocena a estos depósitos.

### 3.5. EVOLUCION DINAMICA (HISTORIA GEOMORFOLOGICA)

Los materiales más antiguos que afloran en la Hoja de Baltanás son de edad terciaria. Dentro de la serie terciaria, que comienza en el Astaracense inferior, se han distinguido varios ciclos sedimentarios, caracterizados por una alternancia de los ambientes lacustres y fluviales. El último ciclo, denominado "Unidad D" en esta memoria, termina con el depósito, al final del Terciario, de un nivel carbonatado, las calizas del Páramo 2. A partir de este momento comienza la morfogénesis del relieve actual.

Entre la "Unidad C", coronada por un paquete de calizas (el Páramo 1), y la "Unidad D" existe una interrupción sedimentaria a nivel regional, durante la cual se ha desarrollado una superficie de carácter complejo, denominada "superficie poligénica de los páramos". En su formación han intervenido procesos de carstificación, alteración, erosión y acumulación, posiblemente bajo un clima cálido con alternancias de períodos húmedos y secos (PEDRAZA GILSANZ, *op. cit.*; GRACIA, *op. cit.*). Varios autores, entre otros PINEDA, *op. cit.*, y GRACIA *et al.*, *op. cit.*, relacionan esta superficie con la superficie de erosión S-2, situada en el borde noreste de la Cuenca.

La superficie poligénica se deforma por una fase tectónica generalizada, Rodánica o Iberomanchega I (AGUIRRE *et al.*, *op. cit.*). Se produce una activación de los sistemas fluviales, lo que induce el relleno progresivo de las depresiones generadas por la actividad tectónica. Las calizas terminales de este ciclo sedimentario representan los últimos depósitos endorreicos de la cuenca terciaria.

De nuevo se produce una fase tectónica, (Iberomanchega II de (AGUIRRE *et al.*, *op. cit.*), que generando una superficie de erosión-acumulación, que en esta Memoria se ha denominado "superficie de colmatación de los páramos". Esta superficie representa un momento clave en la historia de la Cuenca: el cambio de un régimen de carácter endorreico a otro exorreico. Durante esta fase de transición o inmediatamente después se instalan los abanicos plioleistocenos o "rañas" en los bordes de la Cuenca, aunque sin alcanzar la Hoja de Baltanás.

En el Cuaternario, y como consecuencia de la apertura de la Cuenca, empieza el encajamiento de la red fluvial. Esta incisión fluvial no ha sido un proceso continuo, sino una sucesión de pulsaciones de erosión vertical, que alternan con interrupciones en el encajamiento. Testigos de estas interrupciones son los diferentes niveles de terrazas encontrados en la Hoja.

Coincidendo con uno de estos períodos de estabilidad, probablemente durante el Pleistoceno, se genera una nueva superficie de erosión, afectando principalmente a zonas situadas al este de la Hoja, donde llega a tener una gran extensión.

El encajamiento progresivo de la red fluvial evacúa grandes masas de material terciario y crea los rasgos generales del paisaje actual, retocados en algunos sectores por procesos cársticos y de gravedad. Existen indicios, como la existencia de valles asimétricos y la morfología de la red de drenaje (con cauces paralelos y rectilíneos en vez de dendríticos, que sería lo normal en terrenos de gran homogeneidad litológica y estructural), que sugieren qué procesos estructurales han modificado este encajamiento.

### 3.6. MORFODINAMICA ACTUAL

Al tratarse de una zona muy estable desde el punto de vista tectónico, los procesos morfogeográficos más activos en la actualidad en la Hoja de Baltanás son los fluviales y los de ladera, ambos dirigidos hacia una progresiva erosión de los relieves existentes. La red fluvial, que ya se ha encajado unos 150 m en la serie terciaria, continúa aún la erosión de los depósitos terciarios con la formación de cárcavas, incisiones lineales, erosión lateral del cauce, etc. En las laderas, la situación de inestabilidad creada por la incisión fluvial provoca deslizamientos a diferentes escalas y la caída frecuente de bloques.

Los procesos deposicionales más notables son los de formación de los fondos de valle, conos de deyección y coluviones, todos ellos meras acumulaciones temporales que, a su vez, serán erosionadas para contribuir al vaciado de la Cuenca.

A corto plazo no se prevén cambios importantes en la situación morfodinámica existente. A medio/largo plazo se producirá la progresiva reducción de la superficie de los páramos y su división en mesetas, aisladas unas de otras, cuando los frentes erosivos pertenecientes a diferentes ríos se encuentren. El avance de estos frentes provocará algunas capturas fluviales, como la del arroyo del Prado por el arroyo del Rabanillo en las cercanías del pueblo de Baltanás, y la captura del arroyo del Maderano por un cauce de la Hoja de Esguevillas de Esgueva, el arroyo de los Madrazos, a la altura del pueblo de Vertavillo. En este último caso, la divisoria entre ambos cauces ya ha sido rebajada en unos 85 m respecto al nivel de referencia (la superficie de los páramos), estableciéndose en la actualidad a unos 25 m por encima de los lechos fluviales.

A largo plazo, el vaciado de la Cuenca producirá un paisaje alomado, de formas suaves y cada vez menos accidentado, donde el ritmo de encajamiento fluvial será menor conforme se vaya acercando al nivel de base, el Atlántico.

## 4. HISTORIA GEOLOGICA

La localización de la Hoja en el contexto de la Cuenca del Duero, zonas centrales de la misma, no permite la observación de los materiales terciarios más antiguos que los detectados como Mioceno medio (Astaraciense), por lo cual hemos de recurrir a la información existente para poder hacer una exposición de la evolución histórica de la geología del área.

De acuerdo con la bibliografía regional, a partir de finales del Cretácico o comienzos del Paleógeno se pasa de una sedimentación marina a otra de ámbito continental, resultado de la actividad de la Fase Larámica.

La instalación de una serie de abanicos aluviales en los bordes de la Cuenca realizan el relleno de la misma. No obstante, este proceso no fue continuo en el tiempo, sino que sufrió interrupciones, como lo prueba la existencia de discordancias y discontinuidades detectadas tanto en los bordes de la Cuenca como en las zonas centrales.

La Cuenca se empieza a estructurar como tal, a partir del Mioceno medio, con el levantamiento del Sistema Central durante la Fase Sávica, individualizándose la Cuenca del Duero de la del Tajo, si bien existían ciertos relieves de pequeña entidad del Sistema Central. Es a partir del Astaraciense cuando toma la Cuenca del Duero la configuración actual.

Ya hemos visto que los materiales aflorantes más antiguos, corresponden al techo de la Unidad A o Facies Dueñas, caracterizada por la presencia de sistemas lacustres-palustres. Sobre esta unidad, y discordante, comenzó a depositarse la Unidad B, en la cual se produjo una progradación de los sistemas fluviales procedentes del N, registrados en la Hoja en sus partes distales, lo que provocó la progresiva desaparición de los ambientes lacustres-palustres, los cuales constituirán sus equivalentes laterales. El clima debió ser algo árido, con una cierta importancia de las precipitaciones, de carácter intermitente, sobre todo en los márgenes montañosos. Posteriormente a esto se debió producir una interrupción sedimentaria con zonas encharcadas que dieron lugar a la formación de procesos edáficos generalizados. Despues, los movimientos tectónicos que quedaron reflejados mediante fracturas NE-SO y NO-SE que provocaron una estructuración en bloques que condicionó la distribución de ambientes y espesores de la siguiente unidad (MEDIAVILLA y DABRIO, 1988).

Durante el Astaraciense-Vallesiense, intervalo en que se depositó la "Unidad C", se produjo un importante desarrollo de los sistemas lacustres y palustres de naturaleza carbonatada-yesífera. Dichos sistemas sufrieron repetidas expansiones y retracciones, llegando a producirse, dentro de esta unidad, una interrupción sedimentaria que, seguida de movimientos tectónicos de magnitud menor a los anteriores, provocó importantes cambios paleogeográficos (Unidad 2 de MEDIAVILLA y DABRIO, 1987). El resto de esta Unidad C (coincidente con la Unidad 3 de MEDIAVILLA y DABRIO, *op. cit.*) registra una sedimentación con características similares pero muestra un cambio de posición de los ambientes sedimentarios. Progresivamente, los sistemas lacustres pasan a ser más someros; de tal modo que hacia el final de este ciclo se produce un amplio desarrollo de las facies marginales y palustres (Calizas del Páramo de HERNANDEZ PACHECO, 1915) y la práctica desecación de este sector, produciéndose la interrupción sedimentaria que separa las unidades C y D, la cual queda de manifiesto por el desarrollo de procesos de carstificación que afectaron a los materiales del Páramo y la formación de una superficie de arrasamiento sobre éstos.

Posteriormente se debieron producir movimientos tectónicos de carácter complejo que provocaron la fracturación y plegamiento de los materiales neógenos. La formación de estas estructuras tectónicas produjo una nueva configuración tectónica en zonas deprimidas (ejes sinclinales y grabens) y elevada (anticlinales y horsts), las cuales condicionaron la distribución de la siguiente unidad.

Esta (Unidad D) comenzó con una reactivación de los sistemas aluviales procedentes del N, probablemente ligada a la pulsación tectónica responsable de la fracturación y el plegamiento,

que en la Hoja quedó registrada mediante el desarrollo de sistemas fluviales a favor de las zonas deprimidas. A medida que estos movimientos se amortiguaron y las depresiones iban siendo progresivamente colmatadas, los sistemas fluviales evolucionaron hacia formas más sinuosas, mientras que en las zonas de llanuras de inundación los procesos de calcificación y el desarrollo de áreas encharcadas iban adquiriendo mayor importancia. De tal modo que, hacia finales de este ciclo, el progresivo incremento de estas áreas dio lugar a la formación de un nivel carbonatado con el que finalizó el relleno neógeno (calizas del Páramo 2).

Ya para el Plioceno, la red atlántica habría llegado a la Cuenca del Duero y se iniciaría el vaciado de ésta, fenómeno que continúa en la actualidad, lo cual queda registrado por la sucesión de terrazas fluviales que desde ese momento han quedado preservadas dentro de la Hoja.

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1. RECURSOS MINERALES

#### 5.1.1. Rocas industriales

##### 5.1.1.1. Aspectos generales e históricos

En la Hoja estudiada los únicos recursos minerales conocidos son las rocas industriales.

Han sido objeto de explotación cinco tipos distintos de rocas industriales: yeso como aglomerante, calizas para la industria del cemento, arcilla para ladrillería y gravas y arenas para áridos naturales.

La explotación de yeso fue en el pasado la industria extractiva más importante, aunque hoy todas las explotaciones se encuentran inactivas. Destacan por su importancia las explotaciones de Hornillos del Cerrato (índice nº 5) y Torquemada (índice nº 3), que se desarrollaron entre los años veinte y finales de los ochenta. Contaban con plantas de tratamiento en bocamina.

Se explotaba un nivel de margas yesíferas, de unos 10 m de potencia, situado a media ladera por debajo de la caliza del Páramo. Las labores consistieron en una serie de galerías de unos 5 m de altura y entre 6,5 y 3 m de anchura, que se comunicaban entre sí dando lugar a un sistema de cámaras y pilares que se desarrolla varias decenas de metros por debajo del páramo. Dado el elevado número de galerías, su longitud total puede alcanzar los 10.000 m.

Este tipo de explotación subterránea de contorno se desarrolló en otros puntos (índices nº 1, 2, 9, 10 y 11), aunque con mucha menor entidad, pero afectando de todos modos a corridas del nivel yesífero de muchos centenares de metros.

En los últimos años se desarrollaron también algunas explotaciones a cielo abierto, pero siempre en minería de contorno, siguiendo el nivel yesífero. En total se han señalado en la hoja 15 explotaciones de yeso, todas ellas inactivas.

La otra sustancia objeto de explotación industrial importante es la caliza. Se trata de los niveles de caliza del Páramo, que desde 1956 son extraídos en Hontoria del Cerrato (índice nº 16) para su utilización en la fabricación de cemento. Los frentes actuales tienen una longitud de más de 1.000 m, con una altura de 7-9 m, en banco único. El material es quebrantado a pie de cantera, siendo transportado en teleférico a la fábrica de Cementos Hontoria, a unos 5 km de distancia.

A lo largo de todo el Páramo existen restos de antiguas explotaciones de caliza. Se trata de pequeñas labores superficiales, explotadas artesanalmente, que abastecían a las industrias azucareras. Hoy en día están todas inactivas y prácticamente irreconocibles, habiendo sido enmascaradas por la erosión y la vegetación. Únicamente se ha señalado una de ellas (índice nº 17), como ejemplo.

La arcilla ha sido extraída en varios puntos, fundamentalmente para uso local, habiéndose señalado únicamente las explotaciones de mayor entidad. Los índices nº 19 y 20, hoy abandonados, abastecían a sendas fábricas de ladrillos. La producción del índice nº 18, hoy en actividad, se destina al consumo de Cementos Hontoria.

Las explotaciones de áridos naturales han tenido una cierta relevancia en la zona, dado las buenas comunicaciones existentes y la proximidad de centros consumidores (Valladolid, Palencia, Venta de Baños), así como la realización de importantes obras de infraestructura vial. Se explotan dos tipos de sustancia: gravas y arenas en el aluvial del Pisuerga y arenas en los niveles detriticos del Mioceno.

La extracción de grava se ha realizado generalmente por pequeñas explotaciones, existiendo un gran número de huecos, generalmente enmascarados por la vegetación e irreconocibles. Se han señalado las seis graveras abandonadas más significativas. Actualmente sólo se encuentra en explotación una grava sita en el T.M. de Torquemada (índice nº 22). Se trata de una moderna instalación de lavado y clasificado de áridos, que explota una extensión de varias hectáreas de una terraza del Pisuerga. Abastece a un mercado regional.

En cuanto a la extracción de arena del Mioceno, se han localizado ocho explotaciones, de las que solamente una está activa.

#### 5.1.1.2. *Descripción de los materiales*

##### a) Yeso

Los niveles yesíferos explotados corresponden a la Facies Cuestas. Se trata de margas yesíferas a muro de las calizas del Páramo, que presentan lentejones irregulares de yeso cristalino, de potencia decimétrica y escasa continuidad lateral. En la zona de Hornillos del Cerrato y Torquemada, las de mayor importancia industrial, se explotaron niveles únicamente margosos, mientras que en las explotaciones de menor entidad se aprovecharon preferentemente los niveles de yeso cristalino. Su uso fue siempre para la fabricación de yeso común, siendo tratado generalmente a bocamina.

Un análisis efectuado por el IGME en 1976, correspondiente a la zona de Hornillos del Cerrato, es el siguiente:

$\text{SiO}_2$	2,98%	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,19%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,35%	$\text{TiO}_2$	—
$\text{CaO}_3$	31,48%	$\text{MgO}$	1,18%
$\text{K}_2\text{O}$	0,11%	$\text{Na}_2\text{O}$	0,06%
$\text{SO}_3$	41,92%	P.P.c.	21,73%

b) *Calizas*

Los niveles objeto de explotación corresponden a las calizas del Páramo, tanto del Páramo 1 como del 2. Se trata de calizas margosas que se presentan edafizadas y carstificadas. La potencia en la zona de Hontoria no sobrepasa los 10 m, entre ambos páramos. Su uso actual es para la fabricación de cemento. En otros tiempos se utilizaron también en el proceso productivo de la industria azucarera.

Un análisis realizado en esta zona por el IGME en 1976 da los siguientes resultados:

$\text{SiO}_2$	4,15%	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,91%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,52%	$\text{TiO}_2$	—
$\text{CaO}$	52,76%	$\text{MgO}$	0,26%
$\text{K}_2\text{O}$	0,19%	$\text{Na}_2\text{O}$	0,11%
P.P.c.	41,70%		

c) *Arcilla*

Las explotaciones de arcilla de la zona se sitúan en niveles arcillosos de la Facies Tierra de Campos. Se trata en realidad de limos de colores ocres que se presentan en niveles potentes, pero con frecuentes cambios laterales de facies. Se han utilizado para la industria ladrillera y para la fabricación de cemento. Un análisis realizado por el IGME en 1976 da los siguientes resultados:

Illita-Montmorillonita	14,00%	Micas	17,00%
Clorita	2,00%	Caolinita	5,00 %
$\text{SiO}_2$	66,32%	$\text{Al}_2\text{O}_3$	9,66%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3,94%	$\text{TiO}_2$	0,32%
$\text{CaO}$	6,58%	$\text{MgO}$	0,80%
$\text{K}_2\text{O}$	2,04%	$\text{Na}_2\text{O}$	0,35%
$\text{SO}_3$	—	P.P.c.	9,99%

d) *Grava y arena*

Los yacimientos de grava y arenas explotados corresponden a los niveles de terrazas bajas del Pisuerga. Los depósitos de estas terrazas constituyen mantos de 2-3 m de potencia y distribución

irregular. Presentan una cobertura de suelo vegetal de 50 cm de espesor, habiéndose establecido zonas de cultivos intensivos. Los materiales están constituidos por gravas de cantes cuarcíticos de tamaño variable, de hasta 10 cm de diámetro, englobados en una matriz arenosa con cierta proporción de limos y arcillas. Constituyen un excelente árido natural.

e) *Arena*

Los yacimientos de arenas explotados corresponden a la formación “Conglomerados de Tariego”, situada entre los dos niveles de caliza del Páramo. Se trata de arenas y gravas (micro-conglomerados) poco consolidadas, que se presentan en un paquete de hasta 15 m de potencia. Se utilizan como áridos naturales, sometiéndose únicamente a un cribado.

#### **CUADRO DE ROCAS INDUSTRIALES**

Nº	Nº en mapa Rocas Industriales	Coordenadas	Sustancia	Término Municipal	Observaciones
1	–	376,0-4649,3 376,5-4651,1	Yeso	Palencia (P)	Agrupación de pequeñas labores abandonadas.
2	1	377,3-4648,2 378,1-4650,1	Yeso	Palencia (P)	Agrupación de pequeñas labores abandonadas.
3	9	390,6-4649,0 391,8-4649,8	Yeso	Torquemada (P)	Agrupación de galerías y canteras abandonadas.
4	–	391,4-4648,0	Yeso	Villaviudas (P)	Explotación subterránea abandonada.
5	10	394,2-4649,5 395,2-4650,8	Yeso	Hornillos del Cerrato (P)	Agrupación de galerías y canteras abandonadas.
6	–	395,6-4648,8	Yeso	Hornillos del Cerrato (P)	Cantera abandonada
7	12	395,4-4646,3 396,2-4647,7	Yeso	Baltanás (P)	Agrupación de canteras abandonadas.
8	–	401,0-4644,6 403,0-4644,8	Yeso	Baltanás (P)	Agrupación de canteras abandonadas.
9	–	377,7-4639,2 378,5-4640,3	Yeso	Tariego del Cerrato (P)	Agrupación de pequeñas galerías.
10	44	376,6-4638,4 377,2-4638,7	Yeso	Tariego del Cerrato (P)	Agrupación de pequeñas galerías abandonadas.
11	–	376,5-4636,8 377,2-4637,9	Yeso	Tariego del Cerrato (P)	Agrupación de pequeñas galerías abandonadas.

## CUADRO DE ROCAS INDUSTRIALES (continuación)

Nº	Nº en mapa Rocas Industriales	Coordenadas	Sustancia	Término Municipal	Observaciones
12	–	387,3-4638,3 387,6-4638,4	Yeso	Valle del Cerrato (P)	Agrupación de pequeñas galerías abandonadas.
13	–	399,1-4636,3 399,5-4636,4	Yeso	Villaconancio (P)	Agrupación de pequeñas galerías abandonadas.
14	50	399,7-4636,2 400,2-4636,4	Yeso	Villaconancio (P)	Agrupación de pequeñas galerías abandonadas.
15	–	400,3-4635,8 400,6-4636,1	Yeso	Cevico Navero (P)	Agrupación de pequeñas galerías abandonadas.
16	46	379,4-4638,3 381,0-4639,8	Caliza	Hontoria del Cerrato (P)	Gran explotación para cemento. Activa.
17	46	383,9-4638,4	Caliza	Hontoria del Cerrato (P)	Pequeña cantera abandonada.
18	2	379,2-4648,6	Arcilla	Magaz (P)	Explotación activa.
19	8	385,7-4647,9	Arcilla	Reinoso del Cerrato (P)	Explotación abandonada.
20	13	397,6-4642,9 398,2-4643,3	Arcilla	Baltanás (P)	Agrupación de pequeñas labores abandonadas.
21	3	383,2-4649,4	Grava	Magaz (P)	Gravera abandonada.
22	7	385,8-4648,8 386,5-4649,2	Grava	Torquemada (P)	Gran explotación de áridos. Activa.
23	–	381,3-4647,8	Grava	Magaz (P)	Gravera abandonada.
24	–	380,5-4646,4	Grava	Magaz (P)	Gravera abandonada.
25	4	381,2-4646,3	Grava	Soto de Cerrato (P)	Gravera abandonada.
26	–	380,6-4645,8	Grava	Soto de Cerrato (P)	Gravera abandonada.
27	41,42	376,3-4640,7	Grava	Tariego del Cerrato (P)	Gravera abandonada.
28	–	376,0-4640,7	Arena	Palencia (P)	Explotación abandonada.
29	–	376,0-4650,2	Arena	Palencia (P)	Explotación abandonada.
30	–	395,3-4650,6	Arena	Hornillos del Cerrato (P)	Explotación abandonada.
31	–	379,3-4639,4	Arena	Tariego del Cerrato (P)	Explotación abandonada.
32	–	379,3-4639,1	Arena	Tariego del Cerrato (P)	Explotación abandonada.
33	–	378,3-4637,8	Arena	Tariego del Cerrato (P)	Explotación abandonada.
34	–	378,7-4637,8	Arena	Tariego del Cerrato (P)	Explotación abandonada.
35	–	378,5-4637,4	Arena	Tariego del Cerrato (P)	Explotación abandonada.

## 5.2 HIDROGEOLOGIA

### 5.2.1. Hidrología

Hidrográficamente, la Hoja de Baltanás se sitúa íntegramente en la Cuenca del Duero, en su zona centro-oriental.

El relieve de esta zona se caracteriza por la existencia de páramos o mesas morfológicas, separadas entre sí por valles, en general estrechos, en cuyas vegas se asientan fértiles cultivos de regadío.

El clima predominante es de tipo mediterráneo templado y seco, con una temperatura media anual de 12 °C, siendo la media de las temperaturas mínimas de 4 °C y de las máximas de 21°C. La precipitación media anual es de 500 mm, mientras que la evapotranspiración potencial oscila entre 700 y 750 mm.

La red hidrográfica tiene como eje principal el cauce del río Pisuerga, que discurre por el cuadrante noroccidental de la Hoja, antes de recoger las aguas de su principal tributario, el río Carrión, en la contigua Hoja de Dueñas.

Subparalelos a los cauces de estos ríos se encuentran dos importantes obras de infraestructura hidráulica: el canal de Alfonso XIII, en la margen derecha del Pisuerga, y el canal de Castilla, en la margen derecha del río Carrión.

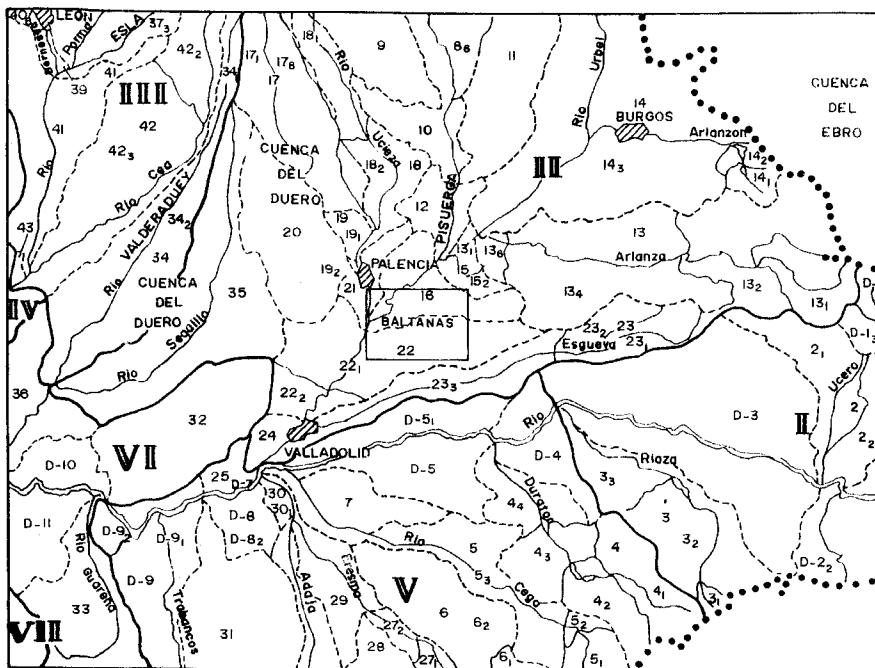
También hay que reseñar por la margen izquierda de este último río la acequia de Palencia; estos canales derivan aguas de los ríos, las cuales son aprovechadas para el riego de las huertas de la zona.

El resto de la Hoja es atravesada de este a oeste por numerosos arroyos cuyas aguas son aprovechadas en su totalidad durante el período de verano para usos agrícolas.

Según la zonificación hidrológica establecida en el Plan Hidrológico del Duero, la Hoja de Baltanás pertenece a la Zona Hidrológica II, comprendiendo parte de tres cuencas: C-16 (río Pisuerga entre el río Arlanza y el Carrión), C-22 (río Pisuerga desde el río Carrión hasta el Esgueva) y, en menor medida, la C-21 (Cuenca del río Carrión) (ver fig nº 8).

Las aguas superficiales se encuentran íntegramente aprovechadas para usos agrícolas; la demanda para regadíos se estima en 36 hm<sup>3</sup>/a para el conjunto de la cuenca C-16 y en 29 hm<sup>3</sup>/a, para el conjunto de la cuenca C-22. Las demandas para uso urbano se estiman en 0,86 hm<sup>3</sup>/a y 0,67 hm<sup>3</sup>/a para cada cuenca, respectivamente.

Por lo que respecta a la calidad química de las aguas superficiales, según el Plan Hidrológico del Duero, se considera que el río Pisuerga y sus tributarios en el ámbito de la Hoja presentan una buena calidad, mientras que las aguas del río Carrión (que recoge los vertidos de la ciudad de Palencia, antes de su entrada en la Hoja) presentan una calidad intermedia, con una carga de sólidos en suspensión (28,5 mg/l) superior al límite permitido y presencia de materia orgánica biodegradable. (Con una D.B.O<sub>5</sub> de 5,4 mg/l).



## LEYENDA

- |       |                      |                 |                           |
|-------|----------------------|-----------------|---------------------------|
| —     | Límite de Zonas      | 14              | Designación de Cuencas    |
| — — — | Límite de Cuencas    | 14 <sub>3</sub> | Designación de Subcuencas |
| —     | Límite de Subcuencas | • • • •         | Delimitación de Cuencas   |
| II    | Designación de Zonas |                 | Hoja 1:50.000             |

Fig. 8. Zonación hidrológica. (Datos según P.H.D.)

## 5.2.2. Hidrogeología

La Hoja de Baltanás se encuentra en el ámbito del Sistema Acuífero nº 8 (Terciario Detritico Central del Duero), concretamente en la denominada Región Central o de los Páramos.

El Sistema Acuífero nº 8 está constituido en términos generales por un conjunto de sedimentos terciarios en secuencia característica de relleno de cuenca de origen continental. Los sedimentos se disponen en lentejones de arenas y gravas distribuidos aleatoriamente en una matriz arcillosa-limosa; los lentejones constituyen los niveles acuíferos, mientras que la matriz actúa como un acuitardo, funcionando el conjunto como un acuífero único, multicapa, heterogéneo y anisótropo. Lo más característico de este acuífero único es al carácter tridimensional del flujo, descendente en las zonas de borde (desde donde se dirige al Centro de la Cuenca) con una componente fundamentalmente horizontal para formarse ascendente en la zona de drenaje, hacia los ríos, en particular hacia el eje del río Duero, en el límite de la Región de los Arenales.

La Región de los Páramos constituye el sector del S.A. nº 8, que se encuentra hidráulicamente en régimen de confinamiento, ya que los niveles acuíferos subyacen a un potente paquete de margas, margas yesíferas y arcillas, de muy baja permeabilidad, que impiden el flujo en la vertical; en este área, el flujo regional profundo es bidimensional horizontal y se dirige desde el ENE hacia el SO (ver fig. nº 9). La recarga se produce subterránea y lateralmente, desde la Región de la Ibérica, y el drenaje se efectúa del mismo modo, hacia la Región de los Arenales y, en las zonas de extracciones, por bombeos.

Los parámetros hidráulicos que para este acuífero profundo se han calculado, son los siguientes:

Transmisibilidad (T)	Coeficiente de almacenamiento (S)
33-178 m <sup>2</sup> /día	4,3-5,4 x 10 <sup>4</sup>

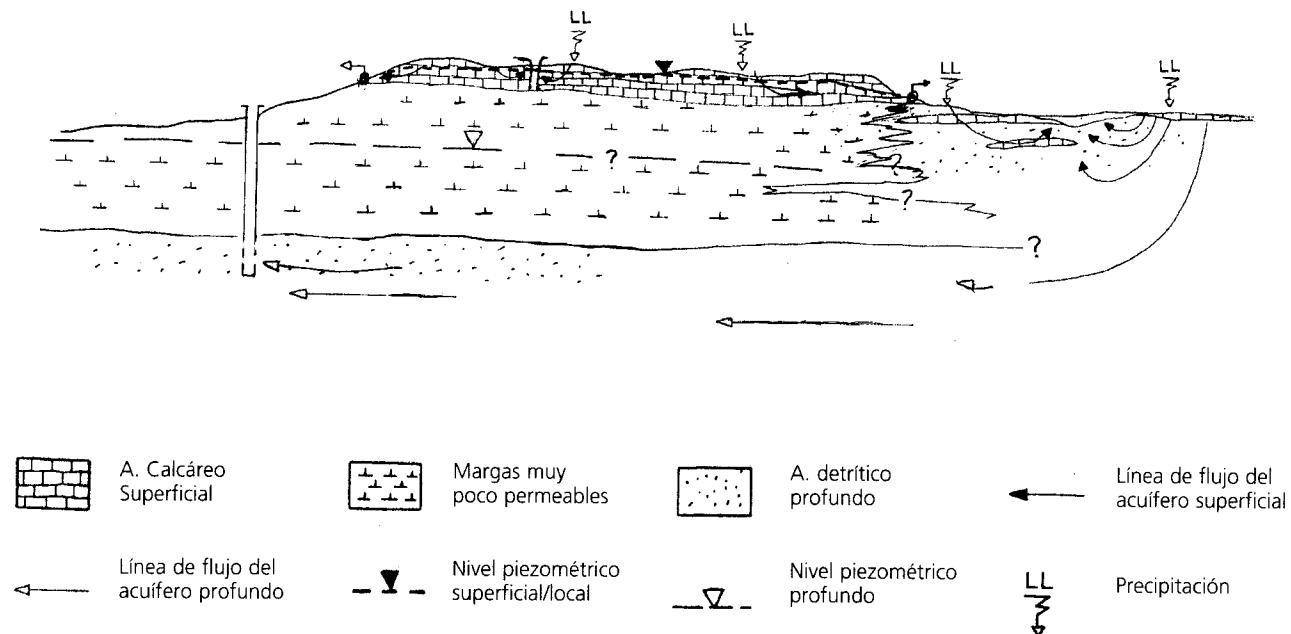
En la presente Hoja existe de las aguas subterráneas, captándose éstas mediante algunos sondeos cuya profundidad varía entre 89 y 364 m, en los cuales los niveles acuíferos profundos se localizan a partir de los 250-300 m de profundidad.

No hay apenas datos sobre los caudales extraídos; únicamente se conoce el caudal de explotación de sondeo 1714-7001 (38 l/s), que se utiliza para regadío.

Las aguas del acuífero profundo presentan una facies hidroquímica de carácter sulfateado, con valores de conductividad superiores a 2400  $\mu\text{s/cm}$ ; la calidad empeora hacia el SO, en la dirección del flujo subterráneo, debido a fenómenos de mezcla de las aguas de la Región de los Páramos con otras de mayor permanencia en el acuífero, más salinas, a medida que nos aproximamos a la zona de descarga (hacia el SO), y a fenómenos de intercambio iónico.

### Otros materiales de interés acuífero

En la presente Hoja existen varios niveles que pueden presentar un interés acuífero de carácter local; tal es el caso de las calizas que coronan los páramos o mesas morfológicas, que presentan una permeabilidad secundaria por carstificación, y que funcionan como un acuífero



libre y colgado. La recarga se realiza por infiltración directa de agua de lluvia, y el drenaje, por pequeños manantiales y rezumes en el contacto de las calizas con los niveles margosos y margoyesíferos subyacentes.

Los cuaternarios de los valles (aluviales y terrazas) constituyen un acuífero de permeabilidad media-baja e interés local, cuyo funcionamiento está fuertemente condicionado por el régimen de los ríos.

Su explotación, relativamente escasa, se realiza por medio de pozos de gran diámetro, utilizados para regadío en épocas de estiaje.

## 5.3. GEOTECNIA

### 5.3.1. Introducción

En función de las características geotécnicas de los terrenos de nuestra Hoja en estudio, se ha confeccionado un informe y un plano geotécnico a escala 1:100.000. La sistemática utilizada para su elaboración ha sido dividir la superficie en áreas de comportamiento geotécnico similar y posteriormente subdividir cada área en zonas.

Para la determinación de dichas áreas/zonas, el criterio utilizado ha sido fundamentalmente geológico basado en aspectos litológicos, estructurales, morfológicos e hidrogeológicos, los mismos que hemos usado en la confección de la hoja y que nos refleja para cada zona un comportamiento geotécnico diferente respecto a las posibles obras que se puedan realizar (excavaciones, rellenos, etc.). La valoración se ha realizado cualitativamente estimándose una serie de parámetros como son permeabilidad, drenaje, capacidad de carga, ripabilidad y riesgos geológicos que pueden afectar a los materiales descritos.

Con todo esto podemos establecer:

AREA	ZONAS	UNIDADES CARTOGRÁFICAS
I	I <sub>1</sub>	1 (Facies "Dueñas")
	I <sub>2</sub>	2, 3, 4 (Facies "Tierra de Campos")
	I <sub>3</sub>	5, 6, 7, 8, 9 10, 11, 12, 13 (Facies "Cuestas")
	I <sub>4</sub>	14, 15, 16 (Facies "Páramo")
II	II <sub>1</sub>	17, 18 (Glacis, Conos de deyección)
	II <sub>2</sub>	19, 20, 21, 22 (Terrazas, Llanuras de inundación)
	II <sub>3</sub>	23, 24 (Zonas endorreicas, Fondos de valle)

### 5.3.2. Características geotécnicas

Se han diferenciado dos áreas dentro de la Hoja: la primera (I) corresponde al Terciario (Mioceno), en la que se han establecido cuatro zonas equivalentes a sus respectivas unidades cartográficas; la segunda, al Cuaternario, estableciéndose tres zonas, dos de ellas de depósitos fluviales (II<sub>2</sub>, II<sub>3</sub>) y la otra por depósitos producidos al pie de escarpes (II<sub>1</sub>).

#### AREA I

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

###### *Localización*

Se encuentra bien representada sobre todo en los valles del Pisuerga, Carrión y en el del arroyo del Prado (zona septentrional), y bastante menos en el valle del Cerrato y en el del arroyo del Maderano (zona meridional), encontrándose parcialmente recubierta por depósitos cuaternarios.

###### *Características litológicas*

Están compuestas generalmente por arcillas, margas y calizas con la presencia de yeso. Constituyen las facies "Dueñas".

###### *Características geomorfológicas*

Presentan relieves suaves, con pendientes horizontales o algo inclinadas, con algunas inflexiones correspondientes a algún cerrete, como el situado al norte de Villaviudas (zona centro-septentrional).

###### *Características hidrogeológicas*

Son en general materiales impermeables, no presentando agua, sólo ocasionales rezumes en algún banco calcáreo excavado.

El drenaje se realiza por escorrentía superficial, no produciéndose infiltraciones.

###### *Características geotécnicas*

Son materiales erosionables.

La capacidad de carga es media.

Se pueden considerar materiales ripables excepto cuando se encuentre algún banco calcáreo resistente, en cuyo caso sería necesario usar explosivo.

La escasa altura de los posibles taludes artificiales que se excaven nos induce a pensar que no existen riesgos geológicos relacionados con movimientos, quedando restringidos a asentamientos diferenciales y todos los fenómenos relacionados con los sulfatos (agresividad a los hormigones, disoluciones con formación de arenas, etc.).

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

##### *Localización*

Tienen una distribución muy similar a los materiales subyacentes ("Facies Dueñas"), aflorando en los principales valles que surcan la hoja (Pisuerga, Carrión, Cerrato, Maderano).

##### *Características litológicas*

Están compuestos por materiales de composición arcillo-arenosa, en los que se intercalan microconglomerados y arenas (paleocanales), pasando lateralmente a margas y calizas de colores claros, como en el Montecillo (al sur de Tariego de Cerrato). Constituyen la facies "Tierra de Campos".

##### *Características geomorfológicas*

Se caracterizan por tener una morfología generalmente plana con suaves pendientes, cuando sus afloramientos se sitúan al pie de las mesas "Páramos".

##### *Características hidrológicas*

Son materiales semipermeables aunque pueden tener zonas más permeables relacionadas con niveles conglomeráticos (paleo-canales) o calcáreos. Los drenajes se realizan por escorrentía superficial que si existe suficiente pendiente producen acarcavamientos.

##### *Características geológicas*

Son materiales muy erosionables que como ya dijimos antes se suelen acarcavar.

La capacidad de carga es media-baja.

Su ripabilidad es fácil, aunque pueden existir zonas más duras de excavar (paleosuelos).

La resistencia al esfuerzo cortante es regular, por lo cual los taludes artificiales se podrán hacer con pendientes suaves, y plantados para evitar meteorizaciones "a posteriori".

El principal riesgo geológico es su fácil erosionabilidad, que ha producido numerosos deslizamientos en distintos puntos de la hoja, especialmente relacionados con el principal río (Pisuerga) y con el arroyo del Prado (zona septentrional). Son de tipo "Rotacional", simples o complejos con traslación, y presentan una superficie curva, fluyendo los materiales en lengua o con caída de bloques sobre los subyacentes. Son de tamaño grande, el mayor próximo al km de curvatura. Habría que considerar, aunque son menos importantes, los asentamientos diferenciales.

Merece la pena destacar los materiales margo-calcáreos a los que pasan lateralmente estos materiales en zonas próximas al pueblo de Tariego de Cerrato (SO), que tienen un comportamiento geotécnico similar a los materiales de la Zona I<sub>2</sub>.

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

##### *Localización*

Se encuentra bien representada en la Hoja, constituyendo los principales relieves en cuesta al pie de las mesas.

##### *Características litológicas*

Está constituida por un conjunto heterolítico, en los que encontramos, arcillas, margas, calizas, dolomías y una amplia variedad de yesos. Constituye la facies "Cuestas".

##### *Características geomorfológicas*

Forman uno de los relieves más importantes en nuestra Hoja, con unas pendientes inferiores a 45°.

##### *Características hidrológicas*

Son materiales impermeables.

El drenaje se realiza por escorrentía con formación de algunas cárcavas, en zonas más blandas.

Se pueden originar disoluciones en yesos que suelen dar lugar a huecos u oquedades.

##### *Características geotécnicas*

Los términos margosos-arcillosos son erosionables con cierta tendencia al acarcavamiento, aunque menos acusada que la unidad subyacente "Facies Tierra de Campos".

La ripabilidad es variable, dependiendo del tipo de material a excavar, difícil en los términos duros (calcáreos) y fácil en los blandos (arcillas/margas). Es conveniente usar métodos mixtos (mecánicos/explosivos) en obra.

El principal riesgo geológico son los deslizamientos, extensamente descritos en el área anterior y que afectan también a estos materiales. También merece destacar los probables desprendimientos de algún bloque (calcáreo) y los asentamientos diferenciales que se pueden producir.

Zona I<sub>4</sub>

#### *Localización*

Son los materiales más ampliamente representados en la Hoja y forman la plataforma de los "Páramos".

#### *Características litológicas*

Son fundamentalmente materiales calizos que se presentan en bancos métricos con pasadas finas margosas y carstificadas ("Páramo I"). Ocasionalmente y sobre estos materiales aparecen unos bancos calcáreos con margas no carstificados y que han sido definidos como "Páramo II". Entre ambos suelen aparecer unos depósitos siliciclasticos (I<sub>4</sub>) constituidos por fangos, arenas y gravas con potencias de varios metros representados al Oeste de la hoja en el pueblo de Tariego de Cerrato.

#### *Características geomorfológicas*

Son materiales horizontales o subhorizontales, disectados por la red fluvial, y que constituyen las mesas. Estos materiales a veces suelen estar plegados con pliegues de orden métrico y longitudes muy variables del kilómetro al metro.

#### *Características hidrogeológicas*

Son materiales con una permeabilidad muy variable, pues aunque puntualmente puede ser nula, en conjunto pueden ser permeables dependiendo de la potencia del recubrimiento y del grado de fisuración.

El drenaje se realiza por infiltración, concentrándose el agua en niveles impermeables que dan lugar a rezumes.

#### *Características geotécnicas*

Son materiales duros y compactos poco erosionables. Su capacidad de carga es alta, con asentamientos nulos.

No son materiales ripables y para su excavación sería necesario el uso de explosivos.

Los riesgos geológicos más destacados son los desprendimientos de bloques por basculamientos en los bordes de las mesas.

Todo lo anteriormente expuesto se podrá considerar muy válido para materiales margo-carbonatados. No obstante, los silicásticos (I<sub>4</sub>'), tienen un comportamiento bastante diferente, aunque están poco representados en la hoja (Zona de Tariego). Se pueden considerar materiales ripables, con una capacidad de carga media-baja.

Todos estos materiales se pueden usar como áridos y material de préstamos, existiendo en la zona alguna cantera destinada para ese fin y actualmente en explotación.

## AREA II

### *Zona II:*

#### *Localización*

Se distribuyen al pie de los principales escarpes y torrenteras de la hoja.

#### *Características litológicas*

Son materiales formados por gravas, arenas y arcillas. Constituyen los depósitos de "Glacis" y "Conos de deyección".

#### *Características geomorfológicas*

Forman relieves de pendientes muy suaves (glacis) o algo inclinadas (conos de deyección), recubriendo parcialmente a materiales terciarios.

#### *Características hidrogeológicas*

Son materiales con una permeabilidad muy variable, efectuándose el drenaje por infiltración y escorrentía.

#### *Características geotécnicas*

Son fácilmente ripables, con una capacidad de carga media-baja.

Aunque no se observan riesgos geológicos específicos, se pueden producir en excavación flujos o deslizamientos de los materiales.

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

### *Localización*

Están representados en los principales valles que aparecen en la Hoja, como los del Pisuerga y Carrión.

### *Características litológicas*

Están constituidas por gravas, arenas y arcillas y constituyen las "Terrazas" y los depósitos de "Llanura de Inundación".

### *Características hidrogeológicas*

Son materiales muy permeables, donde el drenaje se realiza por infiltración, variando la altura del nivel freático.

### *Características geotécnicas*

Son muy ripables pudiéndose efectuar la excavación con medios mecánicos.

La capacidad de carga es media.

Los riesgos geológicos son la posible erosionabilidad por corrientes de agua (socavaciones), así como inundaciones y asentamientos diferenciales debido a su heterogeneidad y también la presencia de agua en excavación al interceptar el nivel freático.

Se pueden usar como áridos y préstamos para obras.

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

### *Localización*

Están representados en los valles secundarios que aparecen en la Hoja (Cerrato, Prado, Maderano).

### *Características litológicas*

Están constituidas por arenas y limos y forman los depósitos de "Fondo de Valle" y "Zonas endorreicas".

### *Características geomorfológicas*

Forman relieves planos o suavemente inclinados.

### *Características hidrogeológicas*

Son materiales permeables, produciéndose el drenaje por infiltración.

### *Características geotécnicas*

Son ripables, pudiéndose efectuar la excavación por medios mecánicos.

La capacidad de carga es media-baja.

Los riesgos geológicos más importantes serían las inundaciones con encharcamientos y en menor medida socavaciones y asentamientos diferenciales.

## 6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO (PIG)

En la Hoja de Baltanás se han inventariado y catalogado once Puntos de Interés Geológico, habiéndose seleccionado y desarrollado seis 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 los puntos inventariados es la siguiente:

- Pliegues miocenos del Páramo de Solacueva
- Sucesión y deslizamientos de Valdebecerra
- Facies fluviales de Tariego de Cerrato
- Los páramos de Tariego de Cerrato
- Serie miocena de Castrillo de Onielo
- Sucesión del Mioceno en Cevico de la Torre
- Yesos de Hornillos de Cerrato
- Yacimiento paleontológico de Villaviudas
- Facies de las Cuestas y niveles carbonosos en Valle de Cerrato
- Facies de las Cuestas en Cevico Navero
- Mirador de Cueva Grande (Cevico de la Torre)

### 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 de los puntos inventariados tienen como interés principal:

Geomorfológico: 20%  
Sedimentológico: 30%  
Estratigráfico: 20%  
Tectónico: 10%  
Mineralógico: 10%  
Paleontológico: 10%

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

### 6.3. TIPOS DE INTERES

*Interés principal denominación del punto*

Geomorfológico	Sucesión y deslizamientos de Valdebecerra Mirador de Cueva Grande (Cevico de la Torre)
Sedimentológico	Facies fluviales de Tariego de Cerrato Serie miocena de Castrillo de Onielo Facies de las Cuestas y niveles carbonosos en Valle de Cerrato
Estratigráfico	Los páramos de Tariego de Cerrato Sucesión del Mioceno en Cevico de la Torre Facies de las Cuestas en Cevico Navero
Tectónico	Pliegues miocenos del Páramo de Solacueva
Mineralógico	Yesos de Hornillos de Cerrato
Paleontológico	Yacimiento paleontológico de Villaviudas

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 y Geominero de España (ITGE) existe para su consulta un informe complementario más amplio con descripciones, fichas 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 paleontológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Española. *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, C.S.I.C. 6. 7-29.
- 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). *Estud. Geol.*, 37: 503-511.
- ALONSO GAVILÁN, G. (1989) Paleografía del Paleógeno en el borde suroccidental de la Cuenca del Duero. *XII Congreso Español de Sedimentología. Com.*
- ALONSO, G.; ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; DABRIO, C.; JIMÉNEZ, E.; LÓPEZ, A.; DEL OLMO, P.; POL, C. y PORTERO, J.M. (1983). La depresión del Duero. *Libro Jubilar J.M. Ríos "Geología de España"*. I.G.M.E., 2: 487-489.
- ÁLVAREZ SIERRA, M.A.; GARCÍA MORENO, E y LÓPEZ MARTÍNEZ, N. (1985). Biostratigraphy and paleo-ecological interpretation of the Middle-Upper Miocene successions in continental sediments of the Duero Basin, Northern Spain. *Abstracts VIII RCMNS Congress*. Budapest: 66-68.
- ARCE, M. (1997). Mapa Geológico de España. 2ª edición (MAGNA). Hoja y Memoria núm. 199 Sasamón. Instituto Tecnológico y Geominero de España.
- ARMENTEROS, I. (1986). *Estratigrafía y sedimentología del Neógeno del sector suroriental de la Depresión del Duero*. Diputación de Salamanca. Serie Castilla y León, 1: 471 pp.
- ARMENTEROS, I.; GONZÁLEZ DELGADO, J. A.; CIVIS, J., y DABRIO, C. J. (1986). El problema del Neógeno superior en la Cuenca del Duero. Nuevos datos paleontológicos (invertebrados) en el sector Peñafiel-Almazán. *Stud. Geol. Salmant.*, 22: 277-291.
- BELMONTE BANULS, J. et al. (1978). Mapa de cultivos y aprovechamientos. Hoja de Baltanás. Ministerio de Agricultura. Evaluación de recursos agrarios. Madrid Dirección General de Producción Agraria.
- BERTRAND, J. P., y JELISEJEFF, A. (1974). Formation d'évaporites par des processus d'évaporation capillaire. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 16 (2): 161-170.
- 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.
- BUTCHER, W. H. (1919). On ripples and related sedimentary surface forms and their palaeogeographical interpretations. *Am. J. Sci.*, 47: 149-210; 241-269.
- CARBONNEL, G. (1969). Les Ostracodes du Miocène Rhodonien. Systématique, bioestratigraphie écologique, paleobiologie. *Docum. lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 32 (1-2): 1-469.

- CARENAS, B., y MARFIL, R. (1979). Petrografía y geoquímica de yesos actuales continentales de la región manchega. *Estud. Geol.*, 35: 77-91.
- CARENAS, B.; MARFIL, R., y DE LA PEÑA, J. A. (1982). Modes of formation and diagnostic features in a continental environment, La Mancha (Spain). *Estud. Geol.*, 38: 345-359.
- CIVIS, J.; GARCÍA MARCOS, J. M., y JIMÉNEZ, E. (1982). Ostracofauna de la Facies "Cuestas" en el borde occidental de la Cuenca del Duero. 1<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, 1979. *Temas Geológicos Mineros*, 6 (1): 153-167.
- CIVIS, J.; ARMENTEROS, I.; VALLE, M. F.; GONZÁLEZ DELGADO, J. A.; RIVAS CARBALLO, R.; SIERRO, F. J., y FLORES, J. A. (1989). Moluscos, ostrácodos y Palinología de las facies fluvi-lacustres del Neógeno del S.E. de la provincia de Valladolid (Cuenca del Duero). *Geogaceta*, 6: 78-81.
- CODY, R. D. (1979). Lenticular gypsum: Occurrences in nature, and experimental determinations of effects of soluble green plant material on its formation. *Jour. Sedim. Petrol.*, 49: 1015-1028.
- CODY, R. D., y CODY, A. M. (1988). Gypsum nucleation and crystal morphology in analog saline terrestrial environments. *Jour. Sedim. Petrol.*, 58: 247-255.
- CORROCHANO, A. (1977). *Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno de la provincia de Zamora*. Resumen de la Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. Inédito.
- CRUSA FONT, 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.
- CRUSA FONT, M. y TRUYOLS, J. (1960). Sobre la caracterización del Vallesiense. *Not. y Com. Inst. Min. España*, 60: 109-126.
- DAAMS, R. y FREUDENTHAL, M. (1981). Aragonian: The stage concept versus Neogene Mammal zones. *Scripta Geol.* 62: 1-17.
- ECHEVERRIA ARNEDO (1989). Notas Geomorfológicas acerca del foco endorreico en la margen izquierda del río Duero aguas abajo de Soria. *Geographical*, 26: 75-81.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, M. P. (1988). *Geomorfología del sector comprendido entre el sistema central y el macizo de Santa María la Real de Nieva (Segovia)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 336 pp.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, P. (1988). Evolución Cuaternaria y sistema de terrazas en la subfosa de Valverde del Majano y el macizo de Sta. María Real de Nieva (Segovia). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Geolo.*, 84, 1-2: 69-83
- FOLK, R. L. (1968). *Petrology of sedimentary rocks*. Ed. Hemphills. Austin, Texas. 170 pp.

- DAAMS, R. y FREUDENTHAL, M. (1981) Aragonian: the stage concept versus Neogene Mammal zones. *Scripta Geol.* 62: 1-17.
- GARCÍA, F. J., y REY, J. (1973). Cartografía Geológica del Terciario y Cuaternario de Valladolid. Boletín Geológico y Minero, 84 (4): 213-227.
- GARCÍA DEL CURA, M. A. (1974). Estudio sedimentológico de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero). *Estud. Geol.*, 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. eds.): 77-82.*
- 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 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. *Temas Geológico-Mineros*, I.G.M.E. 6 (1): 275-289.
- GRACIA PRIETO, F. J. (1989). A model of the genesis and evolution of erosion surfaces in a Mediterranean context. Examples from the Iberian Chain (Spain). *Int. conf. on Geomorphology, Frankfurt.*
- GRACIA, J.; NOZAL, F.; PINEDA, A., y WOUTERS, P. F. (1989). Superficies de erosión neógenas y Neotectónica en el borde de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7: 38-40.
- GARZÓN, M. G.; DE PEDRAZA, J., y UBAÑELL, A. G. (1982). Los modelos evolutivos del relieve del Sistema Central Ibérico (sectores de Gredos y Guadarrama). *Rev. Real. Acad. de Cienc. Exactas, Física y Nat.*, 76 (2): 475-496.
- GONZÁLEZ DELGADO, J. A.; CIVIS, J.; VALLE, M. F.; SIERO, F. J., y FLORES, J. A.; (1986). Distribución de los Foraminíferos, Moluscos y Ostrácodos en el Neógeno de la Cuenca del Duero. Aspectos más significativos. *Stud. Geol. Salmant.*, XXII: 277-291.
- GUTIÉRREZ y CARRERAS (1982). Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Hoja y Memoria de Carrión de los Condes (nº 197). IGME.
- GUTIÉRREZ, M., y DEL OLMO, P. (1984). Cartografía, Geomorfología, MAGNA nº 311 (Dueñas). IGME. Segunda serie (MAGNA). Hoja y Memoria de Dueñas (nº 311). IGME.
- GUTIÉRREZ, M., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1984). Los estudios del Cuaternario y Geomorfología en España. *I Congreso de Geología*, 5: 87-97.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. Junta Ampl. Est. e Inv. Científ. Comunicación de Inv. Paleont. y Prehist., 5: 295.

- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1930). Fisiografía, Geología y Paleontología del territorio de Valladolid. Mem. Com. de Invest. Paleont. y Phehist. Mem., 37: 38-95.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1932). Síntesis Fisiográfica y Geología de España. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., Sec. Geolo. 38 : 5-258, y (2): 259-584.
- IGME (1973). Mapa Metalogenético de España a Escala 1:200.000. Aranda del Duero (nº 30). Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME (1976). Mapa de Rocas Industriales a Escala 1:200.000. Aranda del Duero (nº 30). Ministerio de Industria. Madrid.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN (1986). Inventario de Indicios Mineros de la provincia de Palencia. (Inédito).
- KINSMAN, D. J. J. (1966). Gypsum and anhydrite of recent age, Trucial Coast, Persian Gulf. in Rau, J. L. (Ed.): *Second symp. on salt*, I: 302-326.
- KINSMAN, D. J. J. (1969). Modes of formation, sedimentary association and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 53: 830-840.
- MABESOONE, J. M. (1961). La sedimentación Terciaria y Cuaternaria en la parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *Estudios Geológicos*, 17, (2): 101-130.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N. y SANCHÍZ, F.B. (1982). Los primeros Microvertebrados de la Cuenca del Duero. Listas faunísticas preliminares e implicaciones bioestratigráficas y paleofisiográficas. *I Reun. Nac. Geol. Cuenca Duero. Salamanca. Temas Geol. Min. IGME*, 6 (1): 339-353.
- 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. *Abstracts VIII RCMNS Congress. Budapest*. 348-350.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N.; GARCÍA MORENO, E., y ALVAREZ SIERRA, A. (1986). Paleontología y bioestratigrafía (micromamíferos) del Mioceno medio y superior del Sector Central de la Cuenca del Duero. *Stud. Geol. Salmant.* XXII: 191-212.
- MEDIAVILLA, R. M. (1986-87). Sedimentología de los yesos del Sector Central de la Cuenca del Duero. *Acta Geol. Hisp.*, 21-22 (I): 35-44.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1986). La sedimentación continental del Neógeno en el sector centro-septentrional de la Depresión del Duero (provincia de Palencia). *Stud. Geol. Salmant.*, vol. espec. C. Duero, 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). I.A.S. 8th Regional Meeting of Sedimentology, Abstracts: 346-347.

- MEDIAVILLA, R. M. y DABRIO, C. J. (1988). Controles sedimentarios neógenos en la Depresión del Duero (Sector Central). *Rev. Soc. Geol. España*, I (1-2): 187-195.
- MEDIAVILLA, R. M. y DABRIO, C. J. (1989). Análisis sedimentológico de los conglomerados de Tariego (Unidad 4, Neógeno de la Depresión del Duero). *Stud. Geol. Salmant.*, 5: 273-291.
- MEDIAVILLA, R. M. y DABRIO, C. J. (1989). Las calizas del Páramo en el Sur de la provincia de Palencia. *Stud. Geol. Salmant.*, 5: 273-291.
- MEDIAVILLA, R. M.; DABRIO, C. J., y SANTIESTEBAN NAVARRO, J. I. (1991). Factores alocíclicos que controlan el desarrollo de ciclos evaporíticos en el sector central de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *I Congr. Grupo Español del Terciario, Comunicaciones*: 214-217.
- MEGÍAS, A G. (1982). Introducción al análisis tectosedimentario: Aplicación al estudio dinámico de cuencas. *Actas V Congr. Latinoamericano de Geología*, 1: 385 -102.
- MIALL, A. D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A summary. in Miall, A.D. (Ed.): *Fluvial Sedimentology. Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 5: 597-604.
- MEIN, P. (1975) Proposition de biozonation du Neogène Méditerranéen à partir des Mammifères. In ALBERDI, M. T. y AGUIRRE, E. (Edits.) *Actas I Col. Int. Biostrat. Neog. sup. Cuat. inf., Trab. Neog. Cuat.*, 4: 112-113.
- MOLINA, E., y ARMENTEROS, I. (1986). Los arrasamientos pliocenos y plio-pleistocenos en el sector suroriental de la Cuenca del Duero. *Estud. Geol. Salmant.*, XIII: 293-302.
- MURAT, M., y BARDOT, C. (1971). Facteurs susceptibles de modifier le faciés cristallin des sulfates de calcium. *Rev. Mát. Construct.*, 664-65: 33 44.
- NESTARES, E., y WOUTERS, P. Mapa Geológico de España Escala 1:50.000. 2<sup>a</sup> Edición (MAGNA). Hoja y Memoria núm. 344. Esguevillas de Esgueva. Instituto Tecnológico y Geominero de España.
- NOSSIN, J. J. (1959). Geomorphological aspects of the Pisuerga Drainage area in the Cantabrian Mountains (Spain). *Leidse. Geologiche Mededelingen*, 24: 284-406.
- NÚÑEZ, A., y COLODRÓN, I. (1975). Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2<sup>a</sup> Edición (MAGNA) Hoja y Memoria de Torquemada (Nº 274). IGME.
- OILIVE, A.; PORTERO, J. M.; DEL OLMO, P.; ARAGONÉS, E.; CARRERAS, F., et al. (1982). El sistema de terrazas del río CarrIÓN. I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca. *Temas Geológico Mineros*, 6 (2): 451-459.
- OLMO, P. DEL, y PORTERO, J. M. (1982). Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. 2<sup>a</sup> Edición (MAGNA). Hoja y Memoria de Dueñas (Nº 311). IGME.

- OLMO, P. DEL, y GUTIÉRREZ, M. (1982). Mapa Geológico de España a Escala 1:50.000. 2<sup>a</sup> Edición (MAGNA). Hoja y Memoria de Cigales (Nº 343). IGME.
- OLMO, P. DEL, y GUTIÉRREZ, M. (1982). Hoja y Memoria de Valladolid (Nº 372). IGME.
- ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ, F., y GARCÍA, A. (1976). Estudio Geológico de las "Facies Rojas" Plio-Cuaternarias del borde de la Cuenca del Duero (Provincia de Segovia). *Estudios Geológicos*, 32 (2): 215-220.
- ORDÓÑEZ, S.; GARCÍA DEL CURA, M. A., y LOPEZ AGUAYO, F. (1981). Chemical carbonated sediments in continental basins: the Duero Basin. *I.A.S. 2nd. Eur. Mtg. Bologna, Abstracts*: 130-133.
- PEDRAZA GILSANZ, J. (1978). *Estudio Geomorfológico de la zona de enlace entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid (Inédito). 540 pp.
- PEDRAZA GILSANZ, J. (1989). La morfogénesis del Sistema Central y su relación con la Morfología Granítica. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 13: 31-46.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1979). El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta Meridional en base a los datos Geomorfológicos y Estratigráficos. *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario (CSIC)*, 9: 19-32.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1982). El Cuaternario de la Región Central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos Geomorfológicos. 1<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca - 1979. *Temas Geol. y Min.* 6 (2): 717-740.
- PERTHUISOT, J. P. (1975). *La Sebkha El Melah de Zarzis. Genèse et évolution d'un bassin salin paralique*. *Trav. Lab. Geol. Ec. Norm. Super.*, 255 pp.
- PORTERO, J. M.; OLMO, P. del, RAMÍREZ DEL POZO, J., y VARGAS, I. (1982). Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. 1<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, 1979. *Temas Geológico Mineros*, 6 (1): 11-37.
- PORTERO, J. M., y AZNAR, J. M. (1984). Evolución Morfotectónica y Sedimentación Terciaria en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo). *I Congr. Español de Geología*, 3: 253-263.
- Pozo, M. (1987). *Mineralogía y sedimentología de la "Facies de las Cuestas" en la zona central de la Cuenca del Duero: Génesis de sepiolita y paligorskita*. Tesis Doctoral (Inédita). Univ. Autón. Madrid. Fac. Ciencias. 536 pp.
- Pozo, M.; CARMES, M., y FONOLLA, F. (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. Geológicos*, II: 95-1 13.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1926). El Terciario continental de Burgos. Excursión A-6. XIV Congreso Internacional. Madrid.

- SÁNCHEZ BENAVIDES, F. J.; DABRIO, C. J., y CIVIS, J.; (1989). Interpretación paleoecológica de los depósitos lacustres neógeno de Castrillo del Val (Noreste de la Depresión del Duero). *Stud. Geol. Salmant.*, 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. (1982). Características de la sedimentación miocena en la zona Norte de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros*, 6 (2), 701-708.
- SCHWENZNER, J. E. (1936). Zur Morphologie des Zentral Spanischen Hochlandes. *Geog. Abh.*, 3 (10): 128 pp.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1946). Explicación de la Hoja num. 346, Aranda del Duero. *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1947). Explicación de la Hoja num. 314, Cilleruelo de Abajo. *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1952). Explicación de la Hoja num. 375, Fuentelcésped (Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953). Explicación de la Hoja num. 345, Roa (Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953). Explicación de la Hoja num. 313, Antigüedad (Palencia-Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1955a). Explicación de la Hoja num. 374, Peñafiel (Valladolid). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, H. (1953). Mapa geológico de España E. 1:50.000. Explicación de la hoja 376 (Lerma). IGME. Ministerio de Industria. Madrid.
- 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. (1982). Características de la sedimentación miocena en la zona Norte de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros*, 6(2): 701-708.
- SEVILLA GARCÍA, P. (1988). Estudio paleontológico de los Quirópteros del Cuaternario español. *Paleontología i Evolució*, 22: 113-233.
- SHEARMAN, D. J. (1978).- Evaporites of coastal sabkhas. in Dean, W. E., y Schreiber, B. Ch. (Eds): *Marine Evaporites*. S.E.P.M. Short Course, 4: 6-42.

- TRUC, G. (1978). Lacustrine sedimentation in an evaporitic environment: the Ludian (Palaeogene) of the Mormoiron Basin, Southeastern France, in Matter, A., y Tucker, M. E. (Eds.): *Modern and Ancient Lake Sediments*. I.A.S. Spec. Publi., 2, pp. 189-203.
- WALKER, R. G. (1975). Conglomerate: Sedimentary structures and facies models, in Harms, J. C.; Southard, J. B.; Spearing, D. R., y Walker, R. G. (Eds.): *Depositional environments as interpreted from primary structures and stratification sequences*. SEPM Short Course notes, 2: 133-161.
- ZAZO, C. y Goy, J. L. (1977). Geomorphological study of X. INQUA Congress Q: SID-SIO the confluence of the Rivers Pisuerga-Arlanza.
- ZAZO, C.; Goy, J. L., y Hoyos, M. (1983). Estudio Geomorfológico de los alrededores de la Sierra de Atapuerca, Burgos. *Estudios Geológicos*, 39: 179-185.