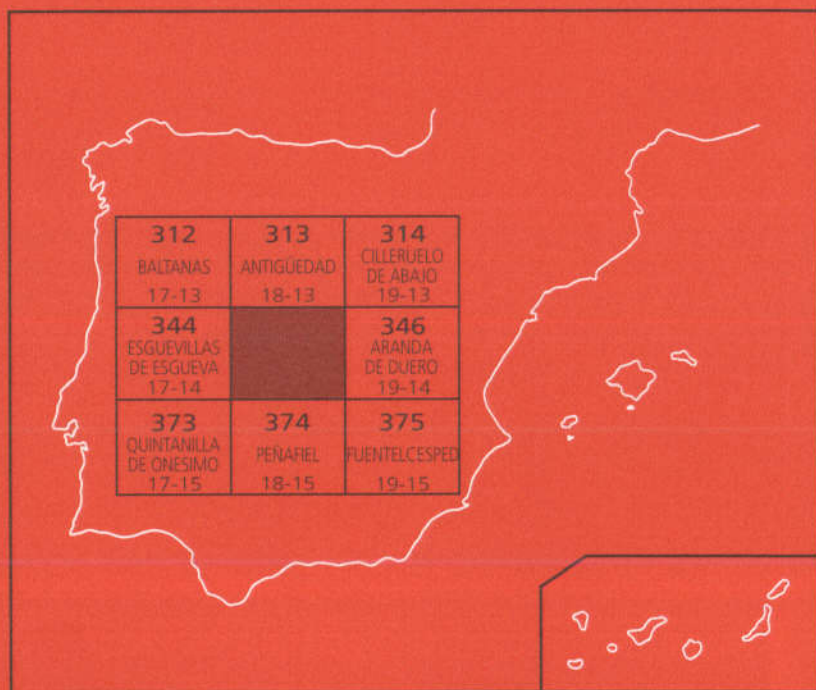




## MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie. Primera edición



# ROA



Instituto Geológico  
y Minero de España

# **MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA**

**Escala 1:50.000**

## **ROA**

Segunda serie. Primera edición 1997  
Reimpresión 2002

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

© Instituto Geológico y Minero de España  
Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid  
Web: <http://www.igme.es>  
ISBN: 84-7840-457-0  
Depósito Legal: M-34517-2002  
NIPO: 241-97-002-3  
Primera Edición 1997  
Reimpresión 2002

---

Imprime: Gráficas Chile, S.A.L. - C/. Chile, 27 - 28016 MADRID

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por "Informes y Proyectos, S.A. (INYPSA)" dentro del Programa MAGNA durante los años 1990 y 1991, con normas, dirección y supervisión del ITGE, habiendo intervenido los siguientes técnicos:

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

F. López Olmedo (INYPSA)

A. Enrile (INYPSA)

P. Cabra (INYPSA)

### ***Cuaternario y Geomorfología***

P. Cabra (INYPSA)

### ***Neotectónica***

P. Cabra (INYPSA)

### ***Sedimentología***

J. Solé Pont (INYPSA)

### ***Estudio de muestras***

J. M. Brell (Difracción R-X) (U.C.M.)

J. P. Calvo Sorando (Carbonatos) (U.C.M.)

R. Fort (Minerales pesados) (U.C.M.)

M. Bustillo (Minerales pesados) (U.C.M.)

### ***Paleontología de vertebrados***

C. Sese (C.S.I.C.)

J. Morales (C.S.I.C.)

### ***Micropaleontología***

J. Ramírez del Pozo

### ***Recursos Naturales***

J. Rey de la Rosa (INYPSA)

### ***Hidrogeología***

B. R. García de Andoín (EPTISA)

Y. Camarero (EPTISA)

## **Geotecnia**

J. Alameda (INYPISA)

## **Puntos de Interés Geológico**

J. Alameda (INYPISA)  
F. López Olmedo (INYPISA)  
J. Palacio (INYPISA)

## **Teledetección**

G. Galán (INYPISA)

## **Jefe del Proyecto**

E. Piles Mateo (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.
- Album de fotografías.

# INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	9
1. ESTRATIGRAFIA .....	13
1.1. Mioceno .....	16
1.1.1. Astaraciense-Vallesiense inferior .....	17
1.1.1.1. Lutitas rojas, areniscas y conglomerados (1). Areniscas y/o conglomerados (2). Astaraciense .....	18
1.1.1.2. Alternancia de margas blancas y lutitas rojas y verdes con intercalaciones de areniscas, calizas, margocalizas, dolomías y yeso (3). Astaraciense .....	25
1.1.1.3. Margas blancas, con intercalaciones de yesos, dolomías, calizas, margocalizas y lutitas. "Facies Cuestas" (4). Astaraciense-Vallesiense inferior .....	26
1.1.1.4. Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas (5). Astaraciense-Vallesiense inferior .....	31
1.1.1.5. Niveles de calizas grises y dolomías con intercalaciones margosas (6). Astaraciense-Vallesiense inferior .....	34
1.1.1.6. Calizas grises y dolomías con intercalaciones de margocalizas y margas (7). Alternancia de calizas, dolomías, margocalizas y margas (8). "Calizas inferiores del Páramo". Astaraciense-Vallesiense inferior .....	36
1.1.2. Vallesiense-Turolense .....	38
1.1.2.1. Arcillas rojas con areniscas (9). Vallesiense .....	39
1.1.2.2. Margas blancas, margocalizas y calizas margosas con intercalaciones lutíticas (10). Calizas grises con intercalaciones margosas y arcillosas (11). "Calizas superiores del Páramo". Vallesiense-Turolense .....	42
1.2. Bioestratigrafía del Neógeno .....	44

	<i>Páginas</i>
1.2.1. Introducción .....	44
1.2.2. Antecedentes .....	45
1.2.3. Análisis y discusión sobre la bioestratigrafía del Terciario .....	46
1.2.4. Ensayo de subdivisión cronoestratigráfica del Neógeno por medio de charofitas y ostrácodos .....	49
1.3. Cuaternario .....	53
1.3.1. Arcillas rojas de descalcificación (12). Pleistoceno-Holoceno .....	54
1.3.2. Calizas travertínicas (13). Pleistoceno-Holoceno .....	54
1.3.3. Gravas, arenas y arcillas. Glacis (14). Pleistoceno-Holoceno .....	54
1.3.4. Gravas cuarcíticas y arenas. Terrazas (15 y 16). Pleistoceno-Holoceno .....	55
1.3.5. Lutitas grises. Fondos endorreicos (17). Holoceno .....	55
1.3.6. Limos y arenas con gravas. Llanura de inundación (18). Holoceno ..	55
1.3.7. Gravas, arenas y arcillas. Fondos de valle (19). Holoceno .....	56
1.3.8. Arenas, gravas y arcillas. Conos de deyección (20). Holoceno .....	56
1.3.9. Gravas, cantos y arcillas. Coluviones (21). Holoceno .....	56
1.3.10. Limas y arcillas. Cauces abandonados (22). Holoceno .....	56
2. TECTONICA .....	56
2.1. Tectónica alpina .....	56
2.1.1. Descripción estructural .....	57
2.1.2. Evolución tectosedimentaria y neotectónica .....	58
3. GEOMORFOLOGIA .....	61
3.1. Situación geográfica .....	61
3.2. Antecedentes .....	63
3.3. Análisis morfológico .....	63
3.3.1. Estudio morfoestructural .....	63
3.3.2. Estudio del modelado .....	64
3.3.2.1. Formas fluviales .....	64
3.3.2.2. Formas de gravedad .....	65
3.3.2.3. Formas kársticas .....	66
3.3.2.4. Formas endorreicas .....	66
3.3.2.5. Formas poligénicas .....	66
3.4. Formaciones superficiales .....	68
3.5. Evolución dinámica .....	70
3.6. Morfodinámica actual .....	72
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	72
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	76
5.1. Minerales metálicos y no metálicos .....	76
5.2. Minerales energéticos .....	76
5.3. Rocas industriales .....	76
5.3.1. Aspectos generales e históricos .....	76

	<i>Páginas</i>
5.3.2. Descripción de los materiales .....	79
5.3.2.1. Calizas .....	79
5.3.2.2. Yesos .....	80
5.3.2.3. Arcillas .....	80
5.3.2.4. Arenas y gravas .....	80
5.4. Hidrogeología .....	81
5.4.1. Hidrología .....	81
5.4.2. Hidrogeología .....	82
5.5. Características geotécnicas generales .....	96
5.5.1. División en Areas y Zonas Geotécnicas. Características generales .....	96
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO (PIG) .....	103
6.1. Relación de puntos inventariados .....	103
6.2. Testificación de la metodología .....	103
7. BIBLIOGRAFIA .....	105



## 0. INTRODUCCION

La Hoja de Roa, nº 345 (18-14), se encuentra situada en el sector centro-oriental de la Cuenca del Duero, situándose los relieves más próximos al este (Peñas de Cervera) y al sur (Sierra de Honrubia-Pradales).

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, abarcando parte de las provincias de Burgos (centro y este), Valladolid (oeste y suroeste) y Palencia (noroeste). Destacan como poblaciones más importantes además de Roa (3.000 habitantes), que da nombre a la Hoja, La Horra, Olmedillo de Roa, Torresandino, Tórtoles de Esgueva, Encinas de Esgueva, Hérmedes de Cerrato y los Piñeles de Arriba y de Abajo.

Al sureste de la Hoja se sitúa el valle del río Duero y la confluencia del río Rianza con éste. Al norte y oeste del Duero se dispone un área de relieve alomado disectado por una densa red fluvial que desagua hacia este río (La Horra, Anguix, Olmedillo de Roa, etc.). Esta zona, con paisaje de campiña, junto con el valle del Duero, es conocida como Ribera del Duero. Esta denominación está relacionada con las actividades vitivinícolas, de gran importancia económica en la región. La altitud de estas zonas de Ribera está comprendida entre los 770 y 780 m del valle del Duero, cota mínima de la Hoja, y los 810-860 m de las áreas de campiña. Destaca en este sector la presencia del cerro Manvirgo (938 m), relieve residual de los páramos que ocupan la mayor parte de la superficie de la zona de estudio.

La segunda área que desde el punto de vista fisiográfico puede diferenciarse en la Hoja es la formada por los páramos que forman la divisoria entre el río Duero y el río Esgueva, que atraviesa el norte de la zona de estudio. Este sector comprende la mayor parte de la superficie de la Hoja. Estas altiplanicies alcanzan su máxima extensión en el centro y oeste-suroeste de la zona de estudio, reduciéndose su importancia al noreste. La altitud de estos páramos varía entre los 950 m de las zonas situadas al noreste, en donde se encuentra la mayor altitud de la Hoja (954 m al oeste de Villatuelda), 915-920 m en las áreas centrales y 900-890 m al oeste de la Hoja. Esta elevada divisoria, entre el Duero y el Esgueva, de suave relieve, está disectada por estrechos valles entre los que destacan al sur y suroeste de la Hoja los de los arroyos San Llorente y Piñel.

El tercer sector fisiográfico de importancia en la Hoja está constituido por el valle del río Esgueva. Este río atraviesa la mitad norte de la Hoja desde su ángulo noreste hasta el oeste, con una dirección aproximada ENE-OSO. El valle que forma es más estrecho que el del Duero y tiene una altitud que disminuye de este a oeste entre los 850 y los 800 m. Las principales poblaciones se suelen situar en la confluencia de pequeños arroyos afluentes del río Esgueva.

Al norte y noroeste de la zona de estudio se sitúa una nueva área de páramos que limita el valle del Esgueva con la comarca de los Valles del Cerrato. Estas planicies tienen una altitud que disminuye de este a oeste entre los 930 m y los 900 m.

El clima de la región de la zona de estudio es del tipo mediterráneo continental con escasas precipitaciones (400 a 600 mm) de marcada estacionalidad y con un importante estiaje. Las temperaturas medias varían entre los 20-22° C de julio a los 2-4° de enero. Es destacable el importante fenómeno microclimático que afecta a los valles suavizando las condiciones con respecto a los páramos circundantes. Este fenómeno tiene su aprovechamiento agrícola en el importante desarrollo del cultivo de la vid en la campiña y el valle del Duero (Ribera del Duero).

Además de la explotación de vides, en la zona se realizan cultivos de cereales y de oleaginosas y plantaciones de regadío de remolacha, que es refinada industrialmente en factorías de la región (Peñañiel). El aprovechamiento ganadero se concentra en las áreas de páramos y en los valles menores, con predominio del ganado ovino. Al oeste de la Hoja, entre La Horra y Olmedillo de Roa, se encuentran bosques de pinos, que son objeto de explotaciones forestales de escasa importancia.

La vegetación natural es muy reducida. En las riberas de los ríos más importantes se sitúan bosques de galería y ejemplares aislados de álamos y chopos en los cauces menos importantes.

En la campiña la vegetación natural es muy reducida, por razón del aprovechamiento agrícola. Destacan los carrascales del valle de San Llorente. En los páramos la vegetación está compuesta por carrascas (*Quercus rotundifolia*) y rebollares, así como por sotobosques de jaras, plantas herbáceas, aulagas y tomillos.

La Hoja no es atravesada por ninguna vía de comunicación de gran importancia. Destaca la Carretera Nacional 619 Soria-Palencia. El resto de vías está compuesto por carreteras locales y caminos que comunican entre sí las poblaciones de la zona de estudio.

Desde el punto de vista geológico (Fig. 1) la Hoja se ubica en el sector centro-oriental de la Cuenca neógena del Duero, limitando al este con la terminación del corredor E-O Almazán-Aranda de Duero.

La zona de estudio se encuentra relativamente próxima al límite oriental de la Cuenca del Duero, constituido en este sector por los materiales mesozoicos de las Peñas de Cervera, afectados por directrices ibéricas NO-SE y ONO-ESE. Al sur se sitúan los sedimentos neógenos de la Hoja de Peñañiel, cercanos a las elevaciones de la Sierra de Honrubia-Pradales, formada por materiales mesozoicos y paleozoicos estructurados en direcciones comparables a las del Sistema Central, NE-SO y ENE-OSO.

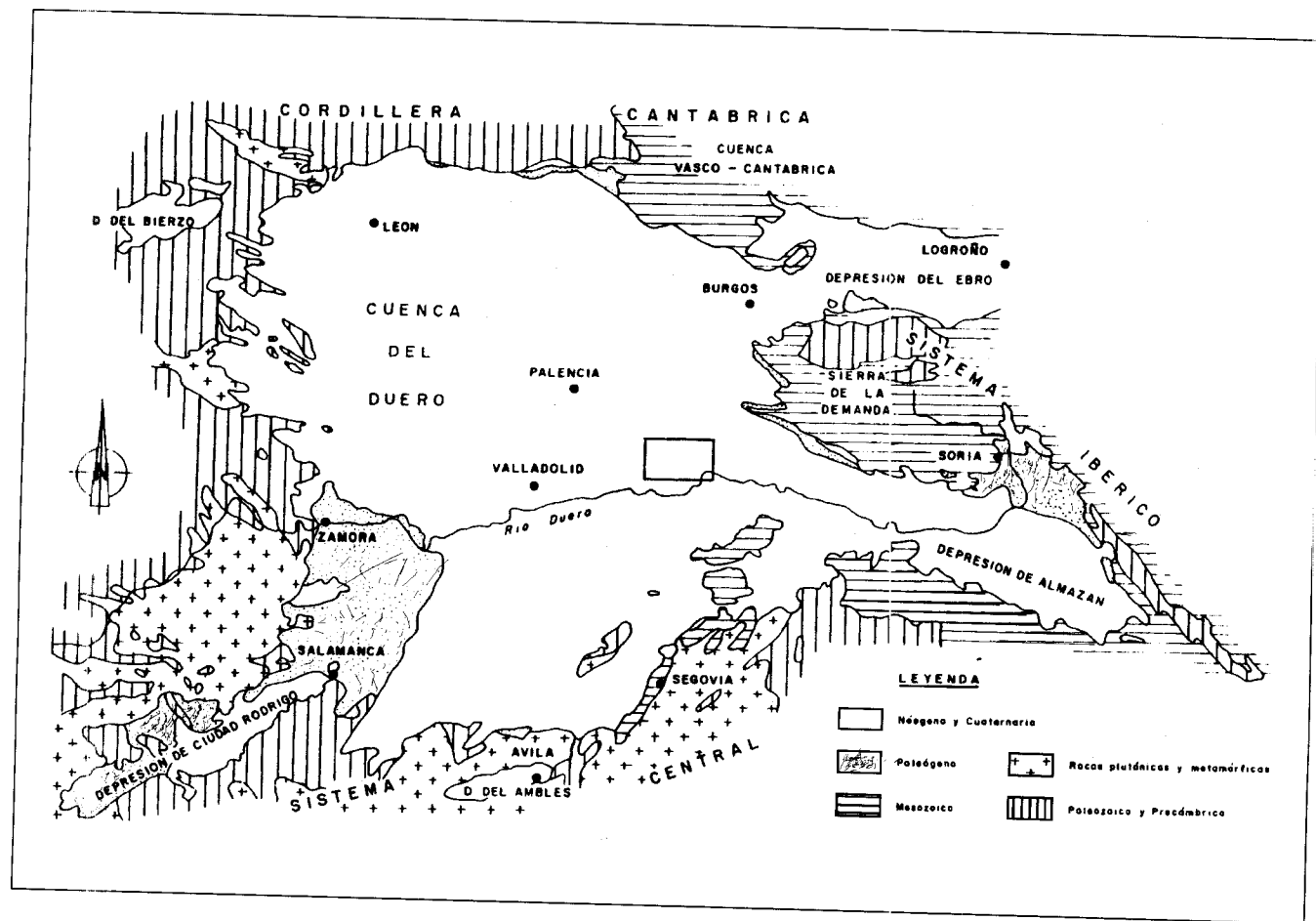


Fig. 1. Esquema de situación de la Hoja en el contexto geológico de la Cuenca del Duero.

La Hoja se caracteriza por la presencia de materiales terciarios continentales detríticos y sobre todo carbonatados correspondientes al desarrollo de importantes sistemas fluviales, fluvio-lacustres y lacustres durante el Neógeno.

La Cuenca del Duero posee en términos generales una configuración asimétrica, debida al comportamiento geodinámico de sus bordes (ALONSO *et al.*, 1983), constatándose a veces la existencia de fracturas de gran salto que condicionan subsidencias importantes, como es el caso de los bordes septentrional y meridional de esta cuenca.

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

Los datos disponibles sobre la zona objeto de estudio corresponden por una parte a los trabajos regionales de HERNANDEZ PACHECO, E. (1915, 1930) y ROYO GOMEZ (1926), así como los de SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1946-1953) referentes a la primera serie del mapa geológico de esta Hoja y de las limítrofes. También son de destacar los trabajos de AEROSERVICE (1967), GARCIA DEL CURA (1974, 1975), ARMENTEROS (1978, 1986), ARMENTEROS *et al.* (1982, 1983 y 1984) en la zona de Aranda de Duero-Pañafiel y ORDOÑEZ *et al.* (1980, 1981) en la región objeto de estudio.

En la zona occidental y centro-oriental de la cuenca destacan los trabajos de DEL OLMO (1978, 1979) y PORTERO *et al.* (1982), así como los de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988 y 1989).

Como información existente sobre la geología del subsuelo en la Hoja de Roa cabe destacar la proporcionada por el sondeo Don Juan-1, emplazado al norte de la zona de estudio en las proximidades de Castrillo de Don Juan. Fue realizado por PHILLIPS en 1962, alcanzó una profundidad de 1.545 m cortando el Cretácico superior a los 1.000 m y encontró el Paleozoico bajo un Triásico en facies Bundsandstein a los 1.480 m.

Al norte, en la vecina Hoja de Antigüedad 313 (18-13), se realizó el sondeo Río Franco-1, llevado a cabo también por la compañía PHILLIPS. Alcanzó los 2.325 m de profundidad, cortando el Paleozoico a los 2.191 m y el Cretácico superior a los 1.907 m.

Los datos publicados acerca de la potencia del relleno terciario de la Cuenca del Duero indican un importante depocentro al este, en las inmediaciones de Aranda de Duero, con más de 2.000 m de espesor. La geometría de esta cubeta presenta un claro eje E-O correspondiente al corredor Almazán-Burgo de Osma-Aranda de Duero. Estos mismos datos muestran un umbral de dirección NE-SO que se encuentra bajo los sectores norte y occidental de la Hoja. Este alto sedimentario se detecta en el sondeo Don Juan-1, en donde el espesor encontrado para los materiales terciarios es de unos 1.000 m en contraste con el sondeo del Río Franco, situado no muy lejano al norte y en donde el espesor de los depósitos terciarios es de unos 1.900 m.

Para la realización de los trabajos, al margen de las técnicas convencionales para la confección

de Hojas MAGNA, se han desarrollado y llevado a cabo los siguientes estudios, algunos de los cuales se adjuntan en la Documentación Complementaria de la Hoja:

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

## 1. ESTRATIGRAFIA

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

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

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

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

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

La construcción y el relleno de la cuenca se inició a principios del Terciario, a partir de la instalación de aparatos sedimentarios del tipo "sistemas de abanicos aluviales", más o menos desa-

rollados con sus ápices localizados en los bordes, dando lugar a su vez a distintos ambientes sedimentarios que vienen caracterizados por sus facies. El relleno de la depresión no es continuo a lo largo de todo el Terciario, sino que se presentan diferentes discontinuidades marcadas por una serie de interrupciones o rupturas de carácter estratigráfico, originadas como consecuencia de la actividad en los márgenes o bordes de cuenca, debido a procesos diastróficos y cambios climáticos como principales factores alocíclicos.

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

La estratigrafía del Neógeno para el sector centro-oriental se inicia con los trabajos de H. PACHECO (1915, 1930), ROYO-GOMEZ (1926) y SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1946, 1953). Posteriormente es desarrollada por AEROSERVICE (1967), GARCIA DEL CURA (1974, 1975), DEL OLMO (1978), PORTERO *et al.* (1982, 1983), ORDONEZ (1980, 1981), ARMENTEROS (1978, 1986), ARMENTEROS *et al.* (1982, 1983 y 1984) y MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988, 1989).

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

El intento de correlación de facies y de las distintas unidades a nivel cuencal, en sentido norte-sur, en la Cuenca del Duero se lleva a cabo por primera vez por PORTERO *et al.* (1982). Posteriores trabajos toman como punto de partida dicho documento. Durante la ejecución de las Hojas MAGNA en la Cuenca del Duero se definen nuevas facies y se establecen correlaciones entre las distintas unidades y los sistemas deposicionales que las han originado, situándose isocronas en los paneles de correlación. Recientemente, los trabajos de MEDIAVILLA y DABRIO (1988, 1989) aportan nuevos datos sobre la compleja estratigrafía de los materiales en este sector.

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

### *"Facies Dueñas"*

Su definición se debe a DEL OLMO (1978, 1979), tratándose de una unidad detrítico-carbonatada formada por margas y arcillas calcáreas grises con intercalaciones de calizas ricas en gasterópodos, ostrácodos y charáceas. Se extienden a lo largo del valle del Pisuerga al norte de Valladolid y en la provincia de Burgos, donde adquieren una gran representatividad. Algunos autores las han considerado en parte como cambio lateral de la facies "Tierra de Campos" (MEDIAVILLA y DABRIO 1988) y de la "Unidad de Pedrajas de Portillo", situada mucho más al suroeste, fuera del sector en cuestión.

### *"Facies Tierra de Campos"*

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

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

### *"Facies Santa María del Campo"*

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

### *"Facies de las Cuestas"*

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

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

Es de resaltar el contenido faunístico (micromamíferos) que a veces presentan estas facies, localizándose en ellas numerosos yacimientos, distribuidos de forma irregular por toda la cuenca, preferentemente en el sector central entre Palencia y Valladolid y que permiten su control estratigráfico.

### *"Calizas de los Páramos"*

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

En los últimos años han sido estudiadas y descritas por DEL OLMO (1978, 1979), PORTERO (1978, 1979), ORDOÑEZ *et al.* (1981), MEDIAVILLA y DABRIO (1988, 1989).

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

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

### 1.1. MIOCENO

En la Hoja de Roa afloran además de los sedimentos cuaternarios materiales de edad Miocena. Corresponden a los Ciclos medio y superior de los tres grandes ciclos sedimentarios, separados por discordancias de orden cuencal, que pueden separarse en la estratigrafía de los términos neógenos aflorantes en los sectores centro-oriental y suroriental de la Cuenca del Duero.

El Ciclo inferior de edad Orleaniense-Astaraciense correspondería a las denominadas "Facies Dueñas" (DEL OLMO, 1978, 1979), que no se encuentran aflorando en la Hoja, pero sí en puntos próximos al límite occidental de la zona de estudio. Constituye un conjunto predominantemente carbonatado, sobre el que se sitúa discordante el Ciclo medio, cuya base presenta un marcado carácter detrítico.

La relación entre las "Facies Dueñas" del Ciclo inferior y los términos clásticos basales del Ciclo medio es controvertida. GARCIA DEL CURA (1974) y ORDOÑEZ *et al.* (1980, 1981) distinguen una Unidad o Facies dolomítica inferior, asimilable a las "Facies Dueñas", sobre el que sitúan en discordancia erosiva un conjunto detrítico en su base y carbonatado y detrítico a techo, que denominan unidades inferior y media. Este Ciclo medio equivaldría a las clásicas divisiones de HERNANDEZ PACHECO (1915) "Facies Tierra de Campos", "Facies Cuestas" y en parte a las "Calizas del Páramo". Otros autores como MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988, 1989) proponen una relación sedimentaria lateral entre las "Facies Tierra de Campos" y las "Facies Dueñas" que formarían la Unidad 1.

Los materiales detríticos de la base del Ciclo medio, de edad Astaraciense superior-Vallesiense inferior, están representados en el ámbito de la Hoja por la Unidad detrítica de Aranda de ARMENTEROS (1986). Este conjunto tiene su equivalente sedimentario y estratigráfico al norte, en las Facies Santa María del Campo (AEROSERVICE, 1967). ARMENTEROS (1986) realiza



su tesis al sur y sureste de la Hoja e incluye este conjunto litológico detrítico dentro de su Unidad inferior. Lateralmente hacia el oeste y a techo, los términos de la Unidad detrítica de Aranda pasan gradualmente a las facies carbonatadas y yesíferas que caracterizan a las "Facies Cuestas".

Estos términos en "Facies Cuestas" equivalen a la parte superior de la Unidad inferior de ARMENTEROS (1986) y a los términos basales de la Unidad media de este mismo autor. Están incluidos dentro del gran Ciclo neógeno medio Astaraciense superior-Vallesiense inferior.

Este ciclo medio suele culminar con un conjunto predominantemente calizo y dolomítico, que constituye el nivel morfológico de páramos de los sectores central y occidental de la Hoja. Este conjunto es denominado "Calizas inferiores del Páramo". La litología de este conjunto terminal del ciclo medio no es siempre caliza o dolomítica, e intercala alternancias margo-carbonatadas o incluso términos equivalentes a las "Facies Cuestas", como se observa en el techo del ciclo medio en el Cerro Manvirgo. Este conjunto terminal de las Calizas del Páramo inferior es equivalente a la Unidad media de ARMENTEROS (1986).

Las unidades neógenas más altas de la Hoja corresponden al Ciclo neógeno superior de edad Vallesiense inferior-¿Turolense? e incluiría la Unidad superior de ARMENTEROS (1986). Entre el ciclo medio y el superior existe una marcada discontinuidad que se observa cartográficamente al noroeste de la Hoja, en donde la base de este conjunto se dispone sobre diferentes niveles margosos o carbonatados de la parte superior del Ciclo medio. En otros puntos puede existir paraconformidad entre los dos ciclos. Este conjunto superior neógeno suele comenzar por medio de una unidad detrítica arcillosa y areniscosa no muy potente a la que sigue un importante paquete predominantemente calizo que constituye la "Caliza superior del Páramo" y que forma las planicies morfológicas situadas al norte y oeste del río Esgueva. Representaría este conjunto el último ciclo lacustre neógeno de carácter más restringido que el ambiente lacustre del ciclo anterior.

#### 1.1.1. **Astaraciense-Vallesiense inferior**

Los términos estratigráficamente más bajos que afloran en la Hoja de Roa pertenecen al Ciclo medio neógeno y corresponden a términos detríticos lutíticos y arenoso conglomeráticos de la Unidad de Aranda de ARMENTEROS (1986). En contacto gradual se sitúa lateralmente y en la vertical un conjunto margoso, carbonatado y yesífero equivalente a las "Facies Cuestas" que suele culminar con un predominio de los términos calco-dolomíticos sobre los margosos que constituyen el paquete terminal de este Ciclo medio denominado "Calizas inferiores del Páramo".

Los materiales de este gran ciclo sedimentario corresponden a las Unidades inferior y media de GARCIA DEL CURA (1974) y ORDOÑEZ *et al.* (1980, 1981), a las Unidades inferior y media de ARMENTEROS (1986) y a las Unidades 2 y 3 de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988, 1989).

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

El conjunto detrítico formado por estas dos unidades se distribuye por todo el ámbito de la Hoja. Las zonas en donde aflora presentan una característica tonalidad pardo-rojiza. Se encuentra preferentemente, por su posición estratigráfica basal, en las zonas más bajas de los valles del Esgueva, del Duero y de los afluentes respectivos. En estas zonas las dos unidades se disponen en franjas de escasa extensión superficial por debajo de los términos más elevados, margo-carbonatados, de los que se diferencian claramente.

En cambio, en el centro y este de la Hoja las unidades tienen una extensa área de afloramiento. Los niveles arenoso-conglomeráticos de la unidad 2 originan relieves estructurales debido a su mayor competencia con respecto a los términos predominantemente lutíticos del conjunto de la unidad 1. Es en esta área centro-oriental donde se localizan los mejores puntos de observación de estas unidades y en concreto de las características de los cuerpos canalizados de la unidad 2.

Al oeste de Anguix se encuentra una explotación de grava y arena, que aprovecha la escasa cementación que en este punto tiene la unidad 2. Pueden observarse tridimensionalmente las configuraciones internas de los litosomas detríticos de la unidad. Otros buenos afloramientos se localizan en Olmedillo de Roa, al norte de La Horra y en torno a Roa.

La potencia observada es de unos 70-80 m y parece disminuir hacia el oeste.

El grado de cementación de los cuerpos arenoso-conglomeráticos es muy variable, normalmente suelen tener un grado de cementación alto a medio, resaltando claramente en el relieve y estructurando el paisaje del sector centro-oriental de la zona de estudio. Sin embargo existen áreas en donde se encuentran poco cementados, constituyendo depósitos de grava y arena (Anguix). Sus colores son variables pasando del rojo al pardo e incluso al amarillo.

Los clastos conglomeráticos no son muy abundantes, constituyen horizontes de "lags" o bases de láminas de avalancha. Son de naturaleza preferentemente silícea con escasa e irregular presencia de cantos carbonatados.

Los clastos arenosos también son de naturaleza predominantemente silícea, si bien en algunos puntos presentan un alto contenido en granos de yeso. Los niveles con notable contenido yesoarenítico son escasos, encontrándose uno de ellos en Piñel de Abajo. Sus tamaños de grano varían entre muy fino y muy grueso con un predominio de los tamaños medios y gruesos.

El análisis mineralógico de la fracción pesada (Cuadros nº 1 y 2) pone de manifiesto un abundante contenido en turmalina (44,0-63,8%). El circón es el siguiente componente, aunque ya en menor proporción (32,8-8,0%). El resto de los componentes del espectro mineralógico se presentan ya en porcentajes bajos (rutilo, granate, estauroilita, hornblenda), incluso a veces inapreciable (andalucita, esfena, epidota, anatasa) o casi inexistentes (distena, sillimanita, apatito).

En cuanto a la fracción ligera (Cuadros nº 3 y 4) destaca la alta presencia de cuarzo y la escasa de feldespatos. Existe a veces un contenido apreciable de fragmentos de rocas sedimentarias, tanto de rocas carbonatadas como de areniscas, frente a la escasez de fragmentos procedentes de otro tipo de rocas tales como las metamórficas.

# CUADRO Nº 1

## MINERALES PESADOS

### Composición mineralógica de la unidad inferior (Unidad detrítica de Aranda-Astaraciense)

Nº Muestra	Afloramientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9002		57,0	35,7	5,7	0,4	1,5	49,9	9,6	5,8	0,6	4,7	-	-	-	2,2	-	0,6	1,5	1,9	-	21,9
9007		59,5	30,6	9,1	-	0,8	56,2	11,2	10,1	1,5	6,3	1,5	-	-	4,9	0,9	-	1,2	2,8	1,1	1,4
9008		69,0	24,6	5,2	0,5	0,3	34,1	32,8	9,8	1,4	4,9	-	0,5	-	4,3	-	0,9	1,9	3,7	1,4	3,4
9012		64,9	26,1	6,9	0,6	1,4	57,3	18,3	10,6	0,8	0,8	-	-	-	1,7	-	4,7	0,5	2,2	0,4	2,1
9013		63,6	17,1	16,5	1,4	1,4	63,8	8,0	11,8	3,3	3,8	-	-	-	3,8	0,4	0,4	0,6	1,6	0,4	1,2
9015		60,0	32,2	5,7	1,6	0,5	54,2	19,3	11,1	3,4	4,7	-	-	-	0,8	-	3,7	1,7	0,8	-	-

1. Opacos
2. Transparentes
3. Biotita
4. Clorita
5. Moscovita

6. Turmalina
7. Circón
8. Rutilo
9. Granate
10. Estauroлита

11. Andalucita
12. Distena
13. Sillimanita
14. Hornblenda
15. Apatito

16. Esfena
17. Epidota
18. Brooquita
19. Anatasa
20. Carbonatos

Datos expresados en %.

## CUADRO Nº 2

## MINERALES PESADOS

## Composición mineralógica de la unidad inferior (Unidad detrítica de Aranda-Astaraciense)

Nº Muestra	Afloramientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9024		49,0	41,0	4,8	1,0	4,2	44,0	9,4	4,7	2,5	3,4	4,5	-	-	2,9	-	2,1	1,3	0,8	-	23,9
9025		62,7	30,9	4,6	1,1	0,6	50,4	16,2	9,5	1,6	6,1	1,2	-	-	4,5	-	3,6	3,6	0,4	0,4	1,6
9031		68,6	27,5	3,4	0,5	-	58,3	12,5	7,9	2,5	3,7	1,2	-	-	2,0	0,4	4,0	2,0	2,8	-	2,1
9032		65,2	26,4	6,7	0,6	1,1	50,6	14,4	7,4	2,1	3,1	1,0	0,5	-	5,6	-	3,1	6,3	2,1	-	2,8

1. Opacos
2. Transparentes
3. Biotita
4. Clorita
5. Moscovita

6. Turmalina
7. Circón
8. Rutilo
9. Granate
10. Estauroлита

11. Andalucita
12. Distena
13. Sillimanita
14. Hornblenda
15. Apatito

16. Esfena
17. Epidota
18. Brooquita
19. Anatasa
20. Carbonatos

Datos expresados en %.

CUADRO N° 3

**UNIDAD INFERIOR (UNIDAD DETRITICA DE ARANDA-ASTARACIENSE)**  
**Composición de la fracción ligera comprendida entre 0,25 mm y 0,50 mm**

	9002	9007	9008	9012	9013	9015
CUARZO MONOCRISTALINO						
Extinción recta (5 <sup>u</sup> )	52,6	62,5	25,8	54,6	60,6	54,5
Extinción ondulante	7,8	3,1	2,3	5,2	6,8	7,0
CUARZO POLICRISTALINO	9,4	5,2	2,6	5,2	6,8	17,2
FELDSPATO K	5,7	10,8	17,3	10,5	6,2	2,7
PLAGIOCLASA	0,5	—	—	—	—	—
CHERT	1,0	0,5	1,7	1,5	2,0	0,5
F. R. SEDIMENTARIAS						
Carbonatos	13,6	4,7	41,7	10,4	8,9	10,2
Areniscas	3,1	5,7	4,1	8,4	4,1	2,1
Arcillas	0,5	1,5	—	1,2	—	—
F. R. PLUTONICAS						
F. R. VOLCANICAS						
F. R. METAMORFICAS						
Pizarras	—	—	—	—	—	—
Esquistos	1,0	2,1	1,0	1,0	—	0,5
Metacuarcitas	4,2	3,1	2,9	1,5	4,1	4,8
F. R. AUTOCTONAS						
Carbonatos	—	—	—	—	—	—

Datos expresados en %.

Dentro de la unidad 1 las lutitas son las rocas más abundantes. Presentan en general un característico color rojo ladrillo y su aspecto es masivo. A veces su variable contenido en limo les hace adquirir coloraciones más ocreas. Se presentan en bancos métricos y decamétricos.

El análisis mineralógico de las muestras lutíticas de la unidad 1 (Cuadro n° 5) indica que presentan un contenido apreciable de calcita y dolomita. Su contenido en filosilicatos varía entre el 63 y el 75%. Predominan los minerales arcillosos de origen detrítico: illita (72-52%) y caolinita (32-6%), teniendo menos importancia los minerales de transformación como la esmectita y ciorita. A veces se encuentran contenidos apreciables de filosilicatos neoformados fibrosos como la paligorskita (22% en una muestra). El porcentaje de interestratificados es bajo o inexistente.

# CUADRO Nº 4

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

	9024	9025	9031	9032
CUARZO MONOCRISTALINO				
Extinción recta	69,8	74,8	61,6	45,9
Extinción ondulante	5,0	3,7	6,9	3,1
CUARZO POLICRISTALINO	69,8	74,8	61,6	45,9
FELDESPATO K	5,0	3,7	6,9	3,1
PLAGIOCLASA	—	—	—	—
CHERT	—	0,6	—	0,6
F. R. SEDIMENTARIAS				
Carbonatos	9,4	—	9,4	27,0
Areniscas	1,2	1,2	3,1	3,1
Arcillas	—	—	—	—
F. R. PLUTONICAS				
F. R. VOLCANICAS				
F. R. METAMORFICAS				
Pizarras	—	—	—	—
Esquistos	—	—	—	—
Metacuarcitas	1,8	0,6	1,8	1,8
F. R. AUTOCTONAS				
Carbonatos	—	—	—	—

Datos expresados en %.

La relación entre los niveles detríticos groseros y las litologías lutíticas es muy variable. En los sectores centro-orientales de la Hoja la proporción de cuerpos arenoso-conglomeráticos es alta. En el valle del Esgueva, sobre todo hacia el suroeste, y en el valle de los Piñeles el contenido detrítico grueso disminuye. Las variaciones de esta proporción en la vertical no se observan muy bien en el área de estudio. ARMENTEROS (1986), en su estudio de sectores próximos, observa un incremento de cuerpos arenoso-conglomeráticos en la parte superior de este conjunto. Esto indicaría una reactivación de los sistemas aluviales responsables del depósito de la unidad.

Desde el punto de vista sedimentológico estos materiales corresponden a depósitos fluviales relacionados con abanicos aluviales húmedos.

### CUADRO N° 5

#### COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS Composición mineralógica de la unidad inferior (Unidad detrítica de Aranda-Astraciense)

Nº Muestra	Afloramientos	Composición mineralógica global					Composición mineralógica filosilicatos					
		Cuarzo	Calcita	Dolomita	Feldespato	Filosilicatos	Illita	Caolinita	Esmectita	Clorita	Interestr.	Poligorskita
9003		16	7	9	—	68	68	24	—	—	8	—
9009		16	4	5	—	75	67	28	5	—	—	—
9010		19	8	10	—	63	52	32	—	16	—	—
9023		25	7	—	—	68	72	6	—	—	—	22

Datos expresados en %.

Los aportes principales provienen del este, de acuerdo con una salida localizada en el corredor de Burgo de Osma, procedentes de la Cuenca de Almazán. En menor proporción se observan aportes laterales a este sistema, de procedencia nororiental, provenientes de los afloramientos mesozoicos de las Peñas de Cervera.

Estos ambientes fluviales desarrollan extensas llanuras de fangos, fuera de las zonas canalizadas, en donde se depositan los términos lutíticos. Su origen se debe tanto a desbordamientos de áreas canalizadas como a inundaciones, a escala de todo el sistema, por lo que cabe considerar estos depósitos finos relacionados con el frente distal de sistemas de abanicos húmedos. Esto explicaría el gran volumen de fangos e implica un carácter efímero de los canales. El predominio de las tonalidades rojizas en estos depósitos indican unas buenas condiciones de drenaje y una rápida desecación de los sistemas inundados. Estas deficientes condiciones de hidromorfismo implica que no exista un gran desarrollo de suelos calcimorfos, excepto en el techo del conjunto, en su tránsito a las facies plenamente lacustres de las unidades suprayacentes.

Se observan intercalados en los términos lutíticos depósitos de desbordamiento provenientes de áreas canalizadas próximas. Suelen estar constituidos por niveles tabulares de arena fina a muy fina. Su potencia oscila entre los 10 y 30 cm. No incluyen estructuras tractivas. Su base es neta y presentan ocasionalmente gradación positiva incipiente. Se interpretan como flujos desbordados de los canales. Constituyen lóbulos arenosos que se depositan en la llanura de inundación ("crevasse-splay").

Los cuerpos canalizados que constituyen la unidad 2 tienen una potencia métrica a decamétrica, al amalgamarse varios de estos cuerpos. La continuidad de estos niveles es notable, siendo normalmente del orden de centenares de metros. La relación anchura-espesor es alta. La base de estos cuerpos es erosiva y suele presentar "lags" de cantos. No es rara la presencia de restos óseos incluidos como clastos en los canales. Se observan también cantos blandos, a veces de dimensiones decimétricas, provenientes de colapsos de la llanura lutítica que bordea el canal.

Los dos tipos predominantes que se reconocen son los de tipo "braided" y rectilíneos. En los sectores occidentales y suroccidentales (valle del Esgueva, Piñeles) se reconocen cauces de mayor sinuosidad.

Los canales "braided" están formados fundamentalmente por areniscas rojizas de grano grueso con escasa presencia de arenas ocreas de grano fino. Incluyen en casi todos los casos depósitos conglomeráticos. Estos se disponen como "lags" o como bases de láminas de avalancha en los frecuentes cuerpos menores amalgamados. Los depósitos areniscosos presentan "sets" tabulares de escala métrica a decimétrica, "cosets" de estratificación cruzada planar, de geometría muy compleja debido a las frecuentes reactivaciones, "cosets" de estratificación cruzada en surco y raramente laminación de "ripple". Las superficies erosivas que limitan a los "sets" y "cosets" son muy netas y con frecuencia muestran geometrías canalizadas que inciden sobre los "sets" tabulares y "cosets" de estratificación cruzada.

Los canales rectos presentan una menor complejidad en su secuencia de relleno, constituida por uno o varios episodios. Frecuentemente están formados por un solo "set" de estratifica-



ción cruzada. Otras veces están estructurados por "sets" y "cosets" tabulares de estratificación cruzada planar y en surco. Las lecturas de las paleocorrientes dentro de los canales ofrecen un grado mínimo de dispersión y son muy coincidentes con el sentido general de la red principal de drenaje. En este caso tienen un sentido preferencial hacia el oeste. Con frecuencia incluyen facies conglomeráticas, formando "sets" tabulares de estratificación cruzada o constituyendo depósitos de carga residual en la base de algunos episodios de relleno.

Los canales de alta sinuosidad sólo se reconocen en el sector más occidental. Están caracterizados por arenas finas y muy finas poco cementadas. Son consecuencia del depósito de corrientes con abundante carga en suspensión, lo que hace difícil la observación de estructuras internas. Se aprecian, no obstante, superficies de acreción lateral. Son raros los "cosets" de "climbing ripples" producidos por flujos helicoidales propios de cauces de mayor sinuosidad.

Los techos de los canales están frecuentemente bioturbados y edafizados a techo. En ocasiones se observan cementaciones del techo de los canales inducidos por evaporaciones freáticas (caliches). Otras veces la bioturbación oculta la ordenación interna de los cuerpos arenosos.

A techo de la unidad es más frecuente la presencia de encharcamientos y edafización de canales, evolucionando este conjunto detrítico a condiciones de mayor hidromorfismo, instalándose gradualmente los ambientes palustres y lacustres de las unidades suprayacentes. Las unidades 1 y 2 se relacionan en la vertical y lateralmente con los términos predominantemente margocarbonatados de las unidades 4 y 6 y con las intercalaciones detríticas de la unidad 5.

Este conjunto litológico equivale a la Unidad inferior de ARMENTEROS (1986) y de GARCIA DEL CURA (1974). Estos materiales son denominados normalmente como Unidad detrítica de Aranda (ARMENTEROS, 1986), equivalente sedimentario y estratigráfico de las "Facies Santa María del Campo" de AEROSERVICE (1967). También parece equivaler a la Unidad 1 de MEDIAVILLA y DABRIO (1986, 1987, 1988, 1989).

Sobre esta unidad se localiza el yacimiento de vertebrados de Aranda de Duero, de edad Astaraciense, por lo que la edad de estos depósitos se sitúa en el Mioceno medio, siendo perfectamente correlacionable con los episodios detríticos de esta edad, aflorantes en otros sectores de la Cuenca del Duero ("Facies Tierra de Campos", "Facies Grijalba-Villadiego", etc.).

#### 1.1.1.2. *Alternancia de margas blancas y lutitas rojas y verdes con intercalaciones de areniscas, calizas, margocalizas, dolomías y yeso (3). Astaraciense*

Esta unidad comprende un conjunto de variada litología, que constituye un tramo transicional, entre los términos fundamentalmente detríticos y fluviales de la Unidad detrítica de Aranda (unidades 1 y 2) y la unidad fundamentalmente margosa denominada "Facies Cuestas" (unidad 4).

Las áreas de afloramiento de estos niveles se localizan en una estrecha franja central norte-sur entre Torresandino y Membrilla de Castejón. Se sitúa en la falda de las elevaciones que constituyen la planicie que forma el centro de la Hoja. También se distingue esta unidad al suroes-

te, en los valles de los Pinales y de Roturas. Estos niveles transicionales no suelen aflorar muy bien, ya que por su posición morfológica frecuentemente se encuentran enmascarados por derrubios y coluviones. La potencia de la unidad es escasa, variando desde 3-4 m hasta 15 m.

Los mejores puntos de observación de la unidad se encuentran al norte de Membrilla de Castejón, en las laderas del Pico la Mambla, al este de Guzmán y al noroeste de Piñel de Abajo.

La litología de la unidad está formada por una alternancia decimétrica a métrica de lutitas rojas similares a las de la Unidad detrítica de Aranda (unidades 1 y 2) y margas blancas y grises comparables a las de las "Facies Cuestas" (unidad 4). Frecuentemente se encuentran intercalados niveles areniscos a veces con un alto grado de cementación, lo que da un color blanco al nivel. Las lutitas y arcillas verdes del tramo tienen una potencia de 1 o 2 m y suelen presentar megacristales de yeso de origen diagenético bien desarrollados. A veces se observan niveles de yesoarenitas. Los tramos margocalcáreos, calizos y dolomíticos son menos frecuentes. Constituyen capas centimétricas a decimétricas y presentan señales de alteración subaérea y edafizaciones. La unidad se acuña, lateralmente, con las unidades 1 y 4.

El contexto sedimentario de la unidad se sitúa en un área lacustre marginal, con frecuentes oscilaciones del nivel de agua y marcada influencia de sistemas aluviales que bordean al lago.

Las margas blancas son los depósitos más profundos, que frecuentemente tras una emersión sufren una diagénesis temprana con recrecimiento de yeso intersticial. Los niveles carbonatados culminan secuencias de somerización que comienzan con las margas. Las areniscas corresponden a progradaciones de los canales fluviales sobre el margen lacustre. El depósito de las lutitas rojas se produce bien por desbordamientos de estos sistemas distributarios o bien como sedimentos distales de estos canales depositados en subambientes prodeltaicos. Los horizontes yesoareníticos se producen por removilizaciones de origen deltaico de los yesos diagenéticos del margen lacustre. Por último las arcillas verdes se forman en ambientes de ciénagas perilacustres en condiciones reductoras, aunque también sufren diagénesis temprana con crecimiento de yeso. La posición estratigráfica de esta unidad y su relación sedimentaria con la Unidad detrítica de Aranda y con las Facies Cuestas inducen a situar el intervalo temporal de depósito durante el Astaraciense superior.

#### 1.1.1.3. *Margas blancas con intercalaciones de yesos, dolomías, calizas, margocalizas y lutitas. "Facies Cuestas" (4). Astaraciense-Vallesiense inferior*

En esta unidad se engloba un conjunto de materiales detrítico-carbonatados y yesíferos definidos por HERNANDEZ PACHECO (1915) y que se extienden de forma amplia por el sector central, centro-oriental y suroriental de la Cuenca del Duero.

Esta unidad, se dispone estratigráficamente por encima de la serie detrítica roja basal (unidad 1) a veces con un tramo transicional, que en algunos puntos de la Hoja se ha separado como unidad 3. En general es del tipo transicional-rápido. Lateralmente y hacia el este las "Facies Cuestas" pasan de forma gradual a facies detríticas rojas.

La unidad aflora en las laderas de los cerros que constituyen los páramos de los sectores centrales y occidentales de la Hoja. También se encuentra al noroeste. En el sector oriental, con predominio de afloramiento de la serie roja basal, la unidad, con un apreciable contenido en yesos y niveles detríticos, aflora en las laderas del Cerro Manvirgo. Los mejores puntos de observación del tramo se encuentran en los cortes del Valle del Esgueva, en concreto en torno a Tórtoles de Esgueva y al sur de Fombellida. La potencia varía de este a oeste entre los 50 y los 70-80 m.

La unidad presenta una gran variedad litológica, observándose con frecuencia intercalaciones de rocas carbonatadas, que cuando adquieren la suficiente importancia se han separado como unidad 6. También las intercalaciones lutítico-areniscosas de importancia se han distinguido como unidad 5.

Desde el punto de vista litológico la "Facies Cuestas" constituye una monótona sucesión constituida por margas y margas yesíferas, blancas y/o grises, arcillas verdes, lutitas carbonosas, así como niveles de yesos dispersos o constituyendo capas, intercalados en la vertical en diferentes puntos de la columna. Son también frecuentes los niveles de margocalizas, calizas y/o dolomías de escala decimétrica a métrica. Por último se observan horizontes de lutitas rojas, que a veces están asociadas a areniscas normalmente muy cementadas. Todas estas litologías se enmarcan en un contexto de formación relacionado con ambientes lacustres en sentido amplio.

En el tercio inferior de la unidad predominan las condiciones de sedimentación de agua dulce y en los dos tercios restantes predominan los ambientes salinos.

Las margas blancas, grises y pardas son el componente mayoritario de la unidad. En asociación con los niveles de yeso disperso suelen tener naturaleza dolomítica. A veces están organizadas con otras litologías, constituyendo la base de secuencias de incremento de carbonatación, que culminan a través de horizontes margocalizos en niveles decimétricos a métricos de caliza y/o dolomía, a veces transformada en caliza secundaria con macrotextura acarniolada y pseudo-morfos de yeso.

Los niveles carbonatados más frecuentes presentan huellas de emersión. Suelen tener textura micrítica ("wackestone"), y a veces son muy porosas y presentan moldes de gasterópodos, ostrácodos y charáceas. Otro tipo textural está representado por "wackestones" arenosos con abundantes pisoides y peloides. Alternan con margas decoloradas y arcillas rojizas propias de ambientes perilacustres que incorporan numerosas entradas terrígenas. La exposición sub-aérea queda puesta de manifiesto en ambos casos por karstificaciones y decoloraciones producidas por oxidación a techo de las capas. Otros procesos frecuentes son la brechificación y nodulización de los niveles calcáreos. Las perforaciones producidas por raíces son las estructuras más abundantes. Se observa el desarrollo de cemento vadoso a partir de los huecos dejados por las raíces.

En la base de los niveles carbonatados se sitúan con frecuencia niveles decimétricos a métricos de margas nodulosas blanquecinas en paquetes decimétricos a métricos.

En ocasiones se encuentran niveles de calizas oncolíticas. Texturalmente corresponden a "packestone-rudstone", oncolíticos y muy arenosos. A veces estos niveles presentan morfologías

claramente canalizadas y estratificación cruzada de gran escala muy tendida. El origen de los oncolitos se sitúa en ambientes perilacustres desarrollados en zonas muy marginales del área lacustre-palustre. Los niveles oncolíticos más frecuentes se interpretan como canales distributarios subacuáticos en relación con aparatos deltaicos que movilizan sedimentos de margen lacustre.

Entre los depósitos detríticos de la unidad se pueden citar arcillas verdes y lutitas carbonosas. Otra asociación litológica está formada por lutitas rojas, niveles arenosos-areniscosos y limos.

Las arcillas verdes suelen estar asociadas a ciclos de oxidación-reducción propios de ambientes perilacustres. Presentan un alto contenido en filosilicatos de transformación como la esmectita, además de minerales de origen detrítico, como la illita y caolinita.

Las lutitas carbonosas y negras se forman en dos subambientes. Como depósitos perilacustres forman capas centimétricas y como sedimentos lacustres proximales forman tramos masivos de espesor métrico. Estas últimas son extraordinariamente fosilíferas e incluyen abundantísimos gasterópodos. Se encuentran bioturbadas y pueden presentar ferruginizaciones dispersas. Pueden contener macrocristales de yeso lenticular y en rosetas. Tienen siempre un aspecto muy sucio y tono oscuro, de lo que se deduce su origen diagenético y crecimiento a partir de la materia orgánica.

Las lutitas rojas constituyen a veces la base de las secuencias de la unidad y están resedimentadas en un subambiente de prodelta relacionado con los aparatos distributarios del margen lacustre. En otras ocasiones se asocian con los niveles arenosos o areniscosos, que representan en general pequeños aparatos distributarios de origen deltaico y con geometría lobular.

Una litología minoritaria es la compuesta por calizas con textura "packestone" con intraclastos y con excepcionales estructuras tractivas representadas por "ripples" de oleaje y estratificación cruzada HCS ("hummocky cross stratification") de bajo ángulo. Se han formado en ambientes energéticos subacuáticos generados por tormentas, que remobilizan carbonatos de otras áreas lacustres. A veces se asocian con margas calcáreas de color marrón, muy fosilíferas y que también pueden presentar estructuras producidas por el oleaje tales como "ripples" de oscilación y HCS de pequeña a media longitud de onda.

Representando las facies lacustres distales se encuentran depósitos esencialmente margosos organizados en secuencias de potencia métrica. Los términos inferiores están compuestos por margas grises que pasan en vertical a margas calcáreas blancas tableadas o lajasas. Las margas grises pueden presentar excepcionalmente intervalos varados indicadores de aguas frías y de una cierta batimetría que permite el desarrollo de "hipolimnion". A veces están asociadas con láminas muy continuas de acumulación de ostrácodos.

Los materiales salinos de la unidad se forman en las áreas lacustres más aisladas de la influencia de los sistemas aluviales del margen lacustre (aportes de agua dulce y detríticos).

Los depósitos de yeso tienen diversos orígenes y características. Se distingue yeso diagenético, gypsarenitas y crecimientos intersticiales microlenticulares. La calcitización de los yesos es un

fenómeno muy frecuente así como el desarrollo de pseudomorfos en carbonatos. Todas las facies evaporíticas se asocian con margas dolomíticas.

Relacionado con estos depósitos salinos se originan calizas y dolomías con pseudomorfos de yeso. Se trata de capas de morfología muy irregular, generalmente discontinuas y de aspecto acarniolado. Pueden alcanzar potencias de hasta un metro. Los pseudomorfos están constituidos por moldes de macrocristales de yeso lenticular disueltos. MEDIAVILLA y DABRIO (1986-87) enmarca a estas facies en un contexto de llanura fangosa subacuática con fuerte evaporación, generación de yeso lenticular y dolomitización.

Las margas dolomíticas de la unidad se asocian al resto de facies evaporíticas. Se presentan en paquetes masivos de espesor métrico y alternan con gypsarenitas y calizas o dolomías con pseudomorfos. Muestran una tonalidad beige a blanquecina cuando se alteran. Pueden incluir pseudomorfos dispersos de microcristales de yeso. La existencia de yeso selenítico disperso se asocia a ambientes de llanura fangosa subacuática y la abundancia de cristales de yeso microlenticular se debe a retracciones lacustres que dejan grandes áreas fangosas expuestas a la evaporación y precipitación del sulfato. Cuando aparecen megacristales (punta de flecha) obedecen a procesos diagenéticos. Los estudios de los ostrácodos relacionados con estos depósitos muestran asociaciones faunísticas propias de aguas salinas e hipersalinas (GONZALEZ DELGADO *et al.*, 1986).

Los yesos primarios no son muy frecuentes en la zona de estudio. Han sido objeto de explotación en los sectores centrales de la cuenca. Su origen se debe a crecimientos intersticiales de yeso microlenticular. Se presentan en niveles de espesor comprendido entre 0,3 y 2 m y muestran un aspecto laminado difuso. En ocasiones se aprecian fenómenos de deformación hidrolástica y son relativamente frecuentes los retrabajamientos por oleaje a techo de las capas.

Los niveles de yesoarenitas intercalados en la unidad proceden del retrabajamiento de los yesos primarios. Constituyen alternancias rítmicas con margas dolomíticas. Se organizan generalmente en ciclos estrato y granodecrecientes que pueden presentar en conjunto una superficie canalizada basal.

Los términos bajos de los ciclos muestran en ocasiones estratificación cruzada planar tangencial en la base. Este tipo de estructuras se asocia a los intervalos más tractivos de los ciclos. La forma tangencial de las láminas se debe al carácter turbulento de las corrientes y está motivado por la naturaleza fangosa del sustrato.

Los términos intermedios de los ciclos están representados por estratificación "flasher" y "wavy". Esporádicamente se reconocen niveles con estratificación cruzada de tipo "hummocky". Los términos superiores de los ciclos muestran estratificación "linsen". La mayor parte de los "ripples" están producidos por oleaje.

Las asociaciones de facies yesoareníticas se enmarcan en un contexto lacustre salino energético. El origen de las canalizaciones puede deberse a incisiones producidas por fenómenos tormentosos, a inestabilidades gravitacionales en el fondo del lago o formarse por simples corrientes de densidad.

La unidad se ha depositado en un contexto lacustre. Las zonas lacustres se encuentran preferentemente en los sectores centrales de la cuenca. En los momentos de mayor expansión pueden llegar hasta los márgenes de la misma, situándose sobre un sustrato mesozoico. La confluencia de los abanicos fluviales a contextos lacustres provoca la generación de lóbulos deltaicos terrígenos y la incorporación de materiales resedimentados de los bordes de los lagos. Los márgenes lacustres registran gran variedad de subambientes. Se diferencian, aparte de los depósitos fluviolacustres, lutitas carbonosas circunscritas a zonas cenagosas, calizas palustres y lutitas margosas con cambios de coloración asimilables a ciclos de oxidación-reducción. Estos depósitos experimentan alteraciones producidas por procesos edáficos, en general nodulizaciones y oxidaciones, y abundantes señales de bioturbación por raíces en régimen palustre a subaéreo. La franja proximal subacuática registra una diversidad de facies relacionada con el quimismo del agua y la energía del medio. Se diferencian lutitas negras muy fosilíferas propias de aguas ácidas en contraposición a las facies de calizas micríticas con ostrácodos pertenecientes a medios de aguas cálidas carbonatadas.

Los depósitos de alta energía están representados por calizas muy bioclásticas con "ripples" de oleaje, y los de media energía por margas calcáreas bioclásticas. Las facies más profundas están constituidas por margas grises excepcionalmente varvadas, margas blancas tableadas o lajasas y a veces por lutitas rojas.

Las asociaciones de facies propias de contextos lacustres salinos se encuentran en las áreas más alejadas y/o aisladas de los relieves marginales de la cuenca. Los depósitos de llanura fangosa subaérea están representados por margas dolomíticas, alternando con niveles discontinuos de calizas y dolomías con pseudomorfos de yeso. Las facies subacuáticas proximales están formadas por margas dolomíticas con cristales de yeso selenítico y estratificación lenticular en gypsarenitas. Los yesos primarios están representados por crecimientos intersticiales de microlentículas en margas. Los macrocristales de yeso intersticial aparecen ligados a procesos diagénéticos tardíos.

El clima condiciona el aporte de terrígenos y agua dulce a los lagos procedentes de los sistemas fluviales e influye directamente en la tasa de evaporación en la cuenca. La tectónica determina la cantidad de sedimento disponible, las direcciones preferentes de drenaje y la configuración de las áreas lacustres. La combinación de estos factores será responsable de las diversas etapas de retracción lacustre (ya sea por desecación o colmatación), de la expansión y cambios de batimetría de los lagos, de las variaciones de quimismo de las aguas, de la naturaleza de los depósitos y en consecuencia de los tipos y asociaciones de facies.

Estos ambientes lacustres se ven afectados por la influencia de sistemas aluviales de borde, que alternan periodos de gran influencia con otros de expansión lacustre originando depósitos terrígenos aportados directamente por los cauces fluviales a las cuencas lacustres y también movilizandolos a los materiales de los márgenes de los lagos, resedimentados y mezclados con los anteriores en grandes avenidas. En el registro sedimentario quedan marcadas con mayor evidencia estas avenidas eventuales, siendo las responsables de los cambios bruscos de quimismo en las aguas, reflejados por los distintos tipos de facies y las variaciones repentinas de comunidades de organismos característicos de distintas salinidades. Estos aparatos deltaicos constituyen cuerpos lobulares de dimensiones variables, superando en general el kilómetro de radio.

Las secuencias sedimentarias de la unidad suelen organizarse en ciclos de somerización-desección de carácter retroactivo. Las relaciones de profundización son escasas. En las áreas marginales de la unidad son frecuentes las intercalaciones detríticas.

Desde el punto de vista paleontológico, se trata de una unidad muy fosilífera rica en ostrácos, charofitas y gasterópodos, habiéndose determinado el siguiente contenido micropaleontológico: *Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Chara* cf. *rochettiana* HEER, *Ilyocypris gibba* RAMDOHR, *Cyprinotus salinus* (BRADY) *bressanus* CARBONNEL, *Cavernocandona roaixensis* CARBONNEL, *Pseudocandona* sp. [ps. aff. *marchica* (HARTWIG)], *Potamocypris* (*Cypridopsis*) sp., *Lampro-thamnium* sp así como gasterópodos lacustres del género *Hydrobia* y opérculos de gasterópodos tipo *Bythinia*. También se encuentra el típico foraminífero que coloniza la Cuenca del Duero: *Ammonia tepida*.

MEDIAVILLA y DABRIO (1988) en la zona de Palencia-Valladolid diferencian dos ciclos (unidades 2 y 3) separados entre sí por una discontinuidad. Sin embargo en esta área, situada hacia el sureste de la zona de estudio de esta autora, no se observa dicha discontinuidad, al menos en la cartografía, presentando todo el conjunto una relativa homogeneidad litológica.

Observando la evolución lateral de esta unidad hacia zonas marginales del lago (sectores orientales), las discontinuidades en la columna son muy frecuentes y repetitivas, observándose numerosas interrupciones puestas de manifiesto bien por diferentes entradas de detríticos o por el cambio en las condiciones lacustres de las áreas marginales.

No se han encontrado en la Hoja indicios que denuncien la presencia de vertebrados y que permitan una datación puntual de esta unidad. Para la asignación de edad ha tenido que recurrirse a los yacimientos de Palencia (Miranda 1 y Autillo 1), situados al noroeste y ubicados sobre estas mismas facies. Según esto la edad de la unidad 4 estaría comprendida entre el Astaraciense superior y parte del Vallesiense inferior.

A techo, la unidad suele aumentar el contenido de carbonato, pasando a las unidades calizas y dolomíticas o calizo-margosas que constituyen el conjunto denominado "Calizas inferiores del Páramo". Sólo en el área del Cerro Manvirgo la unidad mantiene sus características hasta el techo del ciclo Astaraciense-Vallesiense inferior. Las peculiares características que adquiere el tramo en esta localidad (alto contenido en yeso e intercalaciones detríticas con escasa presencia de niveles calizos y/o dolomíticos) explica el que GARCIA DEL CURA (1974, 1975) denominase al conjunto de las "Facies Cuestas" en este punto como "Formación yesífera del Manvirgo". Esta unidad corresponde al techo de la Unidad inferior y la parte baja de la Unidad media de ARMENTEROS (1986) y a la parte inferior y media de la Unidad media de GARCIA DEL CURA (1974) y ORDOÑEZ et al. (1980-81).

#### 1.1.1.4. *Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas* (5). *Astaraciense-Vallesiense inferior*

Los niveles de naturaleza detrítica de mayor importancia que intercalan la "Facies Cuestas" se han separado cartográficamente como unidad 5. Estos intervalos lutítico areniscosos abundan en las áreas orientales de afloramiento, sobre todo a partir del meridiano de Tórtoles de

Esgueva. El punto donde son más importantes es el Cerro Manvirgo, en el sector centro-oriental de la zona de estudio. La potencia de los niveles es pequeña, de 1 o 2 m, con un máximo en algunos puntos de 3-4 m. Indican momentos de importantes retracciones lacustres que conllevan dilatados períodos de ralentización sedimentaria.

Las litologías características de la unidad son las lutitas rojas y las areniscas o arenas (según su grado de cementación) de color rojo a ocre. Los niveles areniscosos presentan un predominio de los tamaños de grano fino a medio. La naturaleza de los clastos es predominantemente silícea.

La composición mineralógica de la fracción pesada (Cuadro n.º 6) muestra un alto contenido en turmalina (60,8%), un porcentaje considerable de circón (15,4%), con valores menores para rutilo, estauroilita, hornblenda y esfena, presentando porcentajes prácticamente inapreciables para granate, andalucita, distena, apatito, epidota, broquita y anatasa, estando ausente la sillimanita.

El estudio de la fracción ligera (Cuadro n.º 7) muestra un alto contenido en cuarzo, baja presencia de feldespato y un porcentaje apreciable de fragmentos de rocas sedimentarias tanto carbonatadas como areniscosas, en contraste con el bajo contenido de algunas rocas metamórficas como los esquistos, aunque la presencia de otras como la metacuarcita es apreciable.

Los niveles arenosos tienen un grado de cementación variable predominando la alta cementación, aunque en el Cerro Manvirgo es notable la escasa coherencia de estos cuerpos, que presentan un característico color ocre. Corresponden a depósitos terrígenos generados por aportes fluviales progradantes sobre los márgenes lacustres. Forman en general cuerpos canalizados con desarrollo de estructuras internas, tales como "sets" y "cosets" tabulares de estratificación cruzada planar y en surco. Corresponden a canales de configuración "braided", recta y de baja sinuosidad. En algunos puntos se observan estructuras onduladas y "ripples" de ola, a techo de estos cuerpos canalizados. En este caso representan canales colectores en régimen intermitente subacuático. Distalmente se relacionan con arcillas y lutitas rojas, que pueden ser resultado de inundaciones a escala de todo el sistema fluvial, aunque es más frecuente que estén relacionados con aparatos deltaicos.

El análisis de los filosilicatos de estos términos detríticos finos (Cuadro n.º 8) indica altos porcentajes de minerales detríticos heredados como la illita (89-40%) y menor valor para la caolinita (16-6%). A veces los filosilicatos de transformación, tales como la esmectita, presentan porcentajes importantes (44%).

Los niveles de la unidad se encuentran intercalados a distinta altura estratigráfica dentro de la "Facies Cuestas", por lo que su edad va desde el Astaraciense hasta el Vallesiense inferior. No se han encontrado indicios fósiles que pudieran proporcionar alguna indicación directa acerca de la edad de estos niveles y de la "Facies Cuestas" que los engloba. Lateralmente deben pasar hacia el este a un conjunto detrítico equivalente de la Unidad Detrítica de Aranda, y que en esos puntos marginales ocupa la posición estratigráfica de la "Facies Cuestas".



## CUADRO N° 6

### MINERALES PESADOS

#### Composición mineralógica de las intercalaciones detríticas de la Unidad media

N° Muestra	Afloramiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9016		64,2	30,5	3,3	–	2,0	60,8	15,4	4,9	1,5	3,1	1,5	0,5	–	5,1	0,7	2,7	1,5	0,5	0,5	–

1. Opacos
2. Transparentes
3. Biotita
4. Clorita
5. Moscovita

6. Turmalina
7. Circón
8. Rutilo
9. Granate
10. Estauroлита

11. Andalcita
12. Distena
13. Sillimanita
14. Hornblenda
15. Apatito

16. Esfena
17. Epidota
18. Brooquita
19. Anatasa
20. Carbonatos

Datos expresados en %.

## CUADRO N° 7

### INTERCALACIONES DETRITICAS DE LA UNIDAD MEDIA Composición de la fracción ligera comprendida entre 0,25 mm y 0,50 mm

	9016
CUARZO MONOCRISTALINO	
Extinción recta	64,7
Extinción ondulante	4,3
CUARZO POLICRISTALINO	14,0
FELDESPATO K	7,5
PLAGIOCLASA	—
CHERT	0,5
F. R. SEDIMENTARIAS	
Carbonatos	3,2
Areniscas	1,6
Arcillas	—
F. R. PLUTONICAS	—
F. R. VOLCANICAS	—
F. R. METAMORFICAS	
Pizarras	—
Esquistos	0,5
Metacuarcitas	3,2
F. R. AUTOCTONAS	
Carbonatos	

Datos expresados en %.

#### 1.1.1.5. *Niveles de calizas grises y dolomias con intercalaciones margosas (6). Astaraciense-Vallesiense inferior*

Las intercalaciones con predominio carbonatado de la "Facies Cuestas" que presentan una potencia apreciable o un marcado reflejo morfológico se han separado como horizontes diferenciados cartográficamente como unidad 6.

Su potencia oscila entre los 1-2 m hasta los 10 m. Engloban niveles margosos que por su escasa potencia no han podido ser separados cartográficamente de estos términos fundamentalmente carbonatados. Estos niveles se encuentran intercalados en la "Facies Cuestas" en todo el ámbito de afloramiento de este conjunto, son escasos en el área del Cerro Manvirgo y

**CUADRO N° 8**  
**COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS**  
**DE LAS INTERCALACIONES DETRITICAS DE LA UNIDAD MEDIA**

N° Muestra	Afloramientos	Composición mineralógica global					Composición mineralógica filosilicatos			
		Cuarzo	Calcita	Dolomita	Feldespato	Filosilicatos	Illita	Caolinita	Esmectita	Clorita
9020		6	8	-	-	86	89	6	Indicios	5
9027		9	18	-	-	73	40	16	44	-

Datos expresados en %.

están ausentes en los afloramientos del noreste de la zona de estudio. Presentan una continuidad lateral notable, de orden kilométrico en muchas ocasiones. Reflejan momentos de retracción lacustre, con calentamiento de las aguas y predominio de la sedimentación de carbonatos.

La litología predominante está formada por calizas y/o dolomías de color gris en bancos decimétricos a métricos. Presentan abundantes muestras de exposición subaérea tales como huellas de raíces, ferruginizaciones, karstificaciones, etc. Son frecuentes los procesos de dolomitización y dedolomitización. Con frecuencia se encuentran indicios de disolución de yesos.

Las texturas de los niveles carbonatados van de "grainstone" a "mudstone", separándose distintas facies. Los términos de menor energía están representados por "wackestone" y "mudstone" a veces dismicríticos con texturas peletoidales o grumelares. Son frecuentes los "wackestone" arenosos con abundantes pisoides y peloides. Son propios de ambientes perilacustres. Otro tipo con predominio micrítico se forma en ambientes más profundos. Tienen textura "wackestone" con abundantes ostrácodos y charáceas.

Los niveles de "wackestone"- "packestone" están asociados a margas bioclásticas, ricas en fragmentos de gasterópodos, charáceas, ostrácodos y cuarzo. Se presentan en horizontes decimétricos a métricos que pueden organizarse en secuencias negativas con morfología de barra, o en secuencias positivas. A veces se observan "packstone" y "grainstone" intercalados con estructuras de oleaje que corresponden a niveles de capas de tormenta.

A veces estos niveles se asocian a calizas secundarias de aspecto acarniolado y claros indicios de pseudomorfos de yeso. Suelen tener espesores decimétricos a métricos, escasa continuidad lateral y morfología irregular.

Desde el punto de vista sedimentológico, estos episodios carbonatados organizados de forma secuencial culminan los ciclos o subciclos que conforman la "Facies Cuestas". Corresponden a secuencias de somerización de carácter retractivo y con un predominio de los ambientes palustres dentro de un contexto lacustre-palustre.

La edad de estos niveles es similar a la del conjunto en "Facies Cuestas" en los que están englobados, es decir, Astaraciense-Vallesiense inferior.

1.1.1.6. *Calizas grises y dolomías con intercalaciones de margocalizas y margas (7). Alternancia de calizas, dolomías, margocalizas y margas (8). "Calizas inferiores del Páramo". Astaraciense-Vallesiense inferior*

Estas unidades representan el final del ciclo de sedimentación medio neógeno que va del Astaraciense al Vallesiense inferior. El conjunto corresponde a la culminación de la "Facies Cuestas" en el sector centro-oriental de la Cuenca del Duero.

Litológicamente se caracterizan por presentar un incremento muy notable en el contenido de carbonatos con respecto a la "Facies Cuestas" infrayacente. El máximo contenido en carbo-

nato corresponde a la unidad 7, que es la "Caliza inferior del Páramo" en sentido estricto, correspondiendo a la unidad 8 la transición con respecto a los términos predominantemente margosos de la "Facies Cuestas" con las que culmina el Ciclo medio en algunos puntos, como el Cerro Manvirgo.

La competencia de estos materiales da lugar a que constituyan el horizonte de páramos que ocupa la mayor parte de la superficie de la Hoja, ocupando preferentemente el sector central y occidental. Los mejores afloramientos se sitúan en San Llorente, al sur de la Hoja y al norte de La Horra. La potencia de la unidad 7 y de la unidad 8 varía entre los 10 y los 20 m.

No siempre se observa este conjunto terminal del ciclo medio completo, ya que este horizonte estratigráfico está afectado por una superficie de erosión que restringe la potencia real de la serie. Cuando se sitúa por encima el conjunto sedimentario del ciclo de las "calizas superiores del Páramo" tampoco se observa del todo la potencia real de la unidad, ya que al estar discordante este ciclo superior no siempre se apoya sobre el mismo nivel del conjunto de las unidades 7 y 8.

Litológicamente el conjunto de la unidad 7 presenta unas características similares a la de los horizontes calco-dolomíticos separados en la "Facies Cuestas" como unidad 6.

Las facies carbonatadas predominantes en la Unidad 7 son las calizas de textura "wackestone", arenosas y con abundantes pisoides y peloides. Son depósitos propios de ambientes perilacustres. Otro tipo litológico común es el formado por calizas micrítica y a veces dismicríticas, de textura "wackestone" con abundantes ostrácodos y charáceas, formadas en ambientes lacustres más profundos que la litología precedente.

Ambos tipos de caliza muestran señales de exposición subaérea: karstificaciones y decoloraciones producidas por oxidación a techo de las capas. Otros procesos frecuentes son la brechificación y nodulización de los niveles calcáreos. Las perforaciones producidas por raíces son las estructuras más abundantes. Se observa el desarrollo de cemento vadoso a partir de los huecos dejados por las raíces. Es menos común la presencia de dolomías y calizas secundarias con pseudomorfos de yeso y, a veces, macrotextura acaniolada.

Estas litologías, predominantemente carbonatadas, de la unidad 7 se relacionan con niveles margosos y margocalcáreos de potencias decimétricas, que alcanzan potencias decimétricas a métricas en la unidad 8, en la que el porcentaje de carbonato es menor.

Estas litologías margocarbonatadas se organizan en secuencias de somerización que implican un carácter retractorio originado por la desecación del lago o por su relleno. Las litologías calco-dolomíticas predominantes en la unidad 7 corresponden al término de estas secuencias y presentan a techo marcadas interrupciones sedimentarias.

Los términos margosos y margocalcáreos existentes en mayor proporción en la unidad 8 implican una mayor profundización en el lago o la existencia de una entrada de aguas "frescas" ("freshening") en el sistema, menos saturadas en carbonatos.

En conjunto ambas unidades corresponden a un período final del Ciclo Neógeno medio en el cual la tasa de subsidencia de la cuenca parece disminuir, reduciéndose por un lado la lámina de agua, que se calienta fácilmente induciendo la precipitación de carbonato. Por otro lado la influencia del margen lacustre se hará mayor, inhibiendo la sedimentación salina de una manera apreciable con respecto a la "Facies Cuestas" infrayacente.

MEDIAVILLA y DABRIO (1989) proponen "una migración de ambientes desde los márgenes hacia el centro del lago".

El contenido micropaleontológico de los términos margosos de la unidad 8 a veces es notable, con la presencia de *Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Chara* cf. *rochettiana* HEER, *Ilyocypris gibba* RAMDOHR, *Cavernocandona roaixensis* CARBONNEL, *Candona* cf. *ciceronis* CARBONNEL, *Potamocypris* (*Cypridopsis*) sp.

También se observa la presencia de gasterópodos lacustres y de opérculos de *Bythinia*, así como del foraminífero *Ammonia tepida*.

La edad de estas unidades parece situarse entre el Astaraciense superior (yacimientos de Montejo de la Vega y Fuentelisendo, al sur de la zona de estudio) y probablemente base del Vallesiense inferior, de acuerdo además con otros yacimientos de micromamíferos existentes en facies similares en los alrededores de Palencia.

El conjunto de estas unidades resulta equivalente al techo de la "Unidad 3" de MEDIAVILLA y DABRIO (1988) definida para el sector central de la cuenca en Palencia, a la Unidad media de ARMENTEROS (1986) y a la "Caliza de los Páramos" de GARCIA DEL CURA (1974).

### 1.1.2. Vallesiens-Turoliese

Corresponde este conjunto sedimentario al Ciclo superior neógeno equivalente a la Unidad superior de ARMENTEROS (1986) y a la Unidad superior de GARCIA DEL CURA (1974) y ORDOÑEZ *et al.* (1980-81). También equivale a la Unidad 4 de MEDIAVILLA y DABRIO (1986-87, 1988-89).

La base de este ciclo se dispone en clara discordancia cartográfica sobre el ciclo inferior Astaraciense-Vallesiense, si bien en algunas áreas el paso de un ciclo a otro se realiza de forma más sutil por medio de una paraconformidad. La sedimentación del ciclo corresponde a la respuesta sedimentaria producida por un importante reajuste cuencal que modifica la configuración de las áreas de sedimentación.

Tras esta estructuración se implanta una red fluvial intramiocena, que se ve claramente influida por la red de fracturación subsiguiente a la fase tectónica Atica, que da origen al ciclo. En los puntos donde estos materiales fluviales se ponen de manifiesto es relativamente sencillo marcar el límite entre los ciclos neógenos medio y superior. En cambio, en áreas marginales a dichas zonas de preferente drenaje estas primeras etapas sedimentarias del ciclo superior se reflejan en la karstificación y alteración subaérea del sustrato previo (MEDIAVILLA *et al.*,

1988-89. El contacto en estas áreas con las siguientes etapas sedimentarias del ciclo superior, de carácter más expansivo con ambientes perilacustres y palustres, se realiza a través de una paraconformidad a veces difícil de observar. Un criterio para establecer este contacto es la presencia de una costra carbonatada concrecionista y residuos de la karstificación como la "terra rossa".

La sedimentación de este ciclo tiene un carácter restringido, con una menor representación a nivel cuencal que el ciclo anterior. Sin embargo, en el ámbito de la zona de estudio este ciclo tiene una amplia representación al norte de la Hoja y en el Cerro Manvirgo.

#### 1.1.2.1. *Arcillas rojas con areniscas (9). Vallesiense*

Esta unidad, fundamentalmente detrítica, representa la base del Ciclo superior neógeno de las "Calizas superiores del Páramo".

Corresponde estratigráficamente con la parte basal de la Unidad superior de ARMENTEROS (1986) y del episodio detrítico carbonatado de la base de la Unidad superior de GARCIA DEL CURA (1974). También se sitúa en la base de la "Unidad 4" de MEDIAVILLA y DABRIO (1986-1987, 1988 y 1989). Este nivel es equivalente a la serie detrítica basal de las "Calizas superiores del Páramo" en la contigua Hoja de Antigüedad.

La potencia de la unidad es de orden métrico, variando su potencia entre 1 y 3-4 m, acuñándose en algunas zonas como en Huérmedes de Cerrato, estando representada en este punto por una paraconformidad.

La unidad se encuentra aflorando en la base del Páramo superior en torno al río Esgueva y en el Cerro Manvirgo. Su mejor punto de observación, de calidad excepcional, se sitúa al noreste de Tórtoles de Esgueva en el talud de la carretera N-619.

Los niveles areniscosos se organizan en secuencias de relleno de canal. El tamaño de grano oscila entre medio y fino. El grado de cementación es muy variable. A veces la meteorización presta un aspecto característico en "bolos" a esta litología. El color varía entre el rojo y el ocre.

El análisis de la fracción pesada (Cuadro nº 9) pone de manifiesto un importante contenido de turmalina (60,2-51,8%), una cantidad apreciable de circón (19,4-4,1%), valores bajos de rutilo, estaurólita, andalucita, hornblenda, esfena, epidota y brooquita, indicios de sillimanita y anatasa, y ausencia de distena y apatito.

El estudio de la fracción ligera (Cuadro nº 10) pone de manifiesto en general un alto contenido en cuarzo, aunque una muestra indica un altísimo porcentaje del 77,9% de granos carbonatados. El contenido en feldespato es bajo y apenas se detectan fragmentos de rocas sedimentarias, excepto en la muestra citada. Es común a todas las muestras el escaso contenido en rocas metamórficas.

## CUADRO N° 9

## MINERALES PESADOS

Composición mineralógica de la unidad detrítica base del ciclo "Calizas superiores del Páramo"

N° Muestra	Afloramientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9017		60,6	36,4	1,2	-	1,8	51,8	8,2	4,1	-	2,0	4,6	-	-	4,9	-	2,0	2,0	0,5	-	19,1
9018		66,0	30,2	2,8	-	0,4	54,7	4,1	3,6	1,3	2,0	4,6	-	-	6,1	-	1,3	2,5	0,6	-	18,6
9035		70,9	23,7	1,7	-	3,7	60,2	19,4	4,4	1,3	0,5	0,8	-	1,7	4,4	-	-	2,6	2,6	1,3	-

1. Opacos
2. Transparentes
3. Biotita
4. Clorita
5. Moscovita

6. Turmalina
7. Circón
8. Rutilo
9. Granate
10. Estauroлита

11. Andalcita
12. Distena
13. Sillimanita
14. Hornblenda
15. Apatito

16. Esfena
17. Epidota
18. Brooquita
19. Anatasa
20. Carbonatos

Datos expresados en %.



**CUADRO N° 10**

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

	9017	9018	9035
CUARZO MONOCRISTALINO			
Extinción recta	18,9	68,8	62,2
Extinción ondulante	0,7	17,4	7,5
CUARZO POLICRISTALINO	0,7	3,6	10,0
FELDESPATO K	—	5,5	13,2
PLAGIOCLASA	—	—	—
CHERT	—	—	0,6
F. R. SEDIMENTARIAS			
Carbonatos	77,9	—	1,8
Areniscas	1,0	2,7	2,5
Arcillas	—	—	—
F. R. PLUTONICAS	—	—	—
F. R. VOLCANICAS	—	—	—
F. R. METAMORFICAS	—	—	—
Pizarras	—	—	—
Esquistos	0,5	—	—
Metacuarcitas	—	1,8	1,2
F. R. AUTOCTONAS			
Carbonatos	—	—	—

Datos expresados en %.

El relleno de las formas canalizadas se realiza por uno o varios "sets" y "cosets" de estratificación cruzada planar y en surco con tendencias tabulares. Se deduce una configuración recta y una duración efímera. A techo de las secuencias de relleno se desarrollan procesos edáficos. En general se trata de suelos calcimorfos con cortezas calcáreas, abundantes pisoides y esporádicamente pseudomorfos de yeso. En algunos puntos los niveles arenosos se relacionan con horizontes decimétricos de arcillas margosas verdes en su contacto con los carbonatos de la unidad 11.

Los términos lutítico-arcillosos presentes en la unidad tienen una coloración roja intensa y potencia decimétrica a métrica. A veces constituyen auténticos niveles de acumulación de "terra rossa", al situarse sobre los términos carbonatados intrayacentes del ciclo medio, siendo a su vez erosionados por los tramos areniscosos.

El análisis de los filosilicatos (Cuadro nº 11) pone de manifiesto la presencia de calcita y dolomita con altos porcentajes de illita (72-59%) y en menor proporción de caolinita, ambos minerales arcillosos detríticos heredados. En una de las muestras se aprecia un alto contenido en un filosilicato de transformación: la esmectita.

El contexto de formación de la unidad es un sistema fluvial confinado a favor de importantes fracturas (por ejemplo el accidente que conforma el valle del Esgueva). Los aportes provienen del noreste. Tras el depósito de la unidad se produce una homogeneización y expansión de la sedimentación con el depósito de las unidades margosas y carbonatadas 10 y 11.

La edad de estos depósitos corresponde al Vallesiense inferior, ya que lateralmente pasan a la serie detrítico-carbonatada que caracteriza a la base de este ciclo en el sector meridional de las Hojas de Peñafiel y de Olombrada. En esta última Hoja se localiza en estos niveles el famoso yacimiento de vertebrados de los Valles de Fuentidueña, de edad Vallesiense inferior.

1.1.2.2. *Margas blancas y margocalizas con intercalaciones lutíticas (10). Calizas grises con intercalaciones margosas y arcillosas (11). "Calizas superiores del Páramo". Vallesiense-Turoliense*

Estas unidades corresponden al episodio terminal carbonatado del Ciclo neógeno superior o ciclo de las "Calizas superiores del Páramo". Los términos carbonatados de la unidad 11 afloran al norte de la Hoja, en torno al río Esgueva, y en el Cerro Manvirgo. La presencia de los términos margosos de la unidad 10 se restringe al sector norte-noreste de la zona de estudio.

La unidad 11 constituye un importante nivel de páramos, los más altos de la zona de estudio. A veces este nivel se sitúa en cerros u oteros que marcan claramente el escalón existente entre este nivel de planicies y el formado por las "Calizas inferiores del Páramo".

Los mejores puntos de afloramiento de la unidad 11 se encuentran en Tórtoles de Esgueva y en el Cerro Manvirgo. Los materiales margosos de la unidad 10 se observan bien al sur de Villatuela.

La potencia real de la unidad 11 o del conjunto de las unidades 10 y 11 se desconoce al estar biseladas por una superficie de erosión de probable edad pliocena. Al noroeste de la Hoja, en Huérmedes de Cerrato, la potencia de la unidad 11 es de 4-5 m. En Tórtoles de Esgueva es ya de 15-20 y al sur de Villatuela, el conjunto de las unidades 10 y 11, tiene potencias de 30-40 m. Esta superficie de erosión desarrolla sobre el conjunto carbonatado suelos arcilloso-calcáreos con una composición mineralógica de illita, algo de esmectita y bajo contenido en caolinita.

Litológicamente se trata de un conjunto carbonatado, compuesto fundamentalmente por calizas grises a blancas o beige (unidad 11) al noroeste, norte y centro; y por calizas, margocalizas y margas blancas (unidades 10 y 11) al noreste de la Hoja en torno a Villatuela.

Son materiales formados en un contexto lacustre. Las margas y margocalizas de colores blancos a grises están muy bioturbadas. Se asocian a veces con lutitas rojas y otras veces con facies calcáreas. Se han formado en ambientes palustres y lacustres marginales someros.

**CUADRO Nº 11**  
**COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS**  
**DE LA BASE DEL CICLO DE LAS "CALIZAS SUPERIORES DEL PARAMO"**

Nº Muestra	Afloramientos	Composición mineralógica global					Composición mineralógica filosilicatos				
		Cuarzo	Calcita	Dolomita	Feldespato	Filosilicatos	Illita	Caolinita	Esmectita	Clorita	Interestr.
9004		12	7	12	–	69	72	12	–	–	8
9034		16	–	–	–	84	59	19	22	–	–

Datos expresados en %.

Las calizas de la unidad 11 tienen dos tipos de facies principales. El primer tipo son "packstone-wackestone" arenosos, muy intraclásticos y peletoidales. Se presentan en niveles masivos con base neta, frecuentemente canalizada. Incluye escasos fragmentos de ostrácodos y charáceas. En algunas ocasiones contiene oncoides y son raros los pseudomorfos de yeso. El segundo tipo de textura, "wackestone", tiene escasos componentes aloquímicos. Desarrolla capas tabulares de potencia decimétrica a métrica. Excepcionalmente se reconocen moldes de gasterópodos.

Ambos tipos se encuentran afectados por perforaciones de raíces y se enmarcan en contextos palustre-lacustres marginales con episodios de alta energía. Suelen presentar abundantes restos de gasterópodos. Los términos margosos, margocalcáreos y calcáreos se organizan por medio de secuencias de somerización-desección con un carácter retractivo.

Al microscopio los términos carbonatados se muestran frecuentemente como dismicritas a veces algo arenosas, con estructuras muy heterogéneas y abundantes rasgos pedogénicos, con huecos fenestrales y tubos de raíces, rellenos con pseudomorfos lenticulares de yesos, y peloides de origen palustre. A veces presentan intraclastos formados por desección.

Desde el punto de vista sedimentológico, las unidades 10 y 11 son depósitos formados claramente en ambientes lacustres-palustres de alta a media energía. Son aguas ricas en carbonatos sometidos a constantes cambios de nivel de aguas y posición paleogeográfica. Estos sistemas están sometidos a unas condiciones de relativa aridez, como lo demuestra la existencia de cristales de yeso generalmente disueltos, y de los procesos de dolomitización que se observan en algunos afloramientos.

Todos estos materiales margocarbonatados representan el episodio final, inicialmente expansivo y posteriormente retractivo, del último ciclo de sedimentación carbonatado neógeno acaecido en la región. Se inicia en el Vallesiense inferior con la sedimentación de la unidad 9 y pudo abarcar posiblemente parte del Turolense. Esta datación probable resulta difícil de demostrar por falta de argumentos paleontológicos fiables. Por ello, su datación a techo está realizada en base a la de otros sectores de la Cuenca del Duero, como el central, en el área de Palencia. En este sector, depósitos de similares características y posición estratigráfica llegan al Turolense (LOPEZ *et al.*, 1982, 1985).

## 1.2. BIOESTRATIGRAFIA DEL NEOGENO

### 1.2.1. Introducción

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

1. Zona con *Megacricetodon lopezae* correlacionable con la zona G de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), edad Aragoniense superior (dataría como tal la "Facies Tierra de Campos").

2. Zona con *Megacricetodon ibericus* correlacionable con la zona H de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), edad Vallesiense inferior (dataría la base de la "Facies Cuestas").
3. Zona con *Cricetulodon hartenbergeri* correlacionable con la zona I de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), edad Vallesiense inferior (dataría el techo de la "Facies Cuestas" y la base de la "Caliza del Páramo").
4. Zona con *Progonomys hispanicus* correlacionable con la biozona NM 10 de MEIN (1975), edad Vallesiense superior (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.

### 1.2.2. Antecedentes

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

#### — Guardo: Hoja 132

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

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

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

#### — Palencia: Hoja 273

Yacimientos:  
Miranda (varios): Vallesiense inf./Turolense medio (Mioceno superior).  
Otero: Aragoniense superior (Mioceno medio).  
LOPEZ MARTINEZ y SANCHIZ, 1982.

#### — Dueñas: Hoja 311

Yacimientos:  
Autila 1 y 2: Vallesiense inf. (Mioceno superior).  
Cerrato (varios): Aragoniense sup. (Mioceno medio).  
Dueñas: Aragoniense sup. (Mioceno medio).  
Frausilla (varios): Aragoniense sup. (Mioceno medio).  
Cubillas: Aragoniense sup. (Mioceno medio).  
Ampudia (varios): Vallesiense (Mioceno superior).  
Torremormojón (varios): Aragoniense sup. y Vallesiense (Mioceno medio y superior).  
LOPEZ MARTINEZ y SANCHIZ, 1982; LOPEZ MARTINEZ *et al.* (1986).

#### — Saldaña: Hoja 164

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

— **Cigales: Hoja 343**

Yacimiento Fuensaldaña: Aragoniense sup. (Mioceno medio).  
LOPEZ MARTINEZ en informe a Hojas del Magna.

— **Valladolid: Hoja 372**

Yacimientos:

Duredos: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Cistiérniga: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Valladolid: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Girón 1: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

Zaratán: Aragoniense sup./Vallesiense inf.

Simancas: Aragoniense sup. (Mioceno medio).

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

— **Arévalo: Hoja 455**

Yacimiento: El Lugarejo: Vallesiense inf. (Mioceno superior).

LOPEZ MARTINEZ, Informe Complementario Hoja Magna.

— **Villadiego: Hoja 166**

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

— **Burgos: Hoja 200**

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

— **Aranda de Duero: Hoja 346**

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

— **Olambrada: Hoja 402**

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

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

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

Las primeras investigaciones y datos se iniciaron con las visitas de HERNANDEZ PACHECO (1923 y 1926) al Yacimiento de Saldaña y continuaron a lo largo del siglo con estudios de algu-

nos investigadores más, HERNANDEZ PACHECO (1930), CRUSAFONT y VILLALTA (1951); CRUSAFONT y TRUYOLS (1960), etc.

A finales de la década de los 70 y principios de los 80 se da un fuerte impulso con motivo de la realización de las Hojas del Plan MAGNA en la Cuenca del Duero, ya que comienza una recopilación exhaustiva de datos y puesta al día de ellos (PORTERO *et al.*, 1982) con objeto de establecer una estratigrafía más precisa y actualizada acorde con los trabajos a desarrollar.

A partir de esas fechas se suceden una serie de publicaciones sobre la bioestratigrafía de los terciarios en base a las nuevas prospecciones: ALBERDI (1981), LOPEZ *et al.* (1982), LOPEZ *et al.* (1986). En estos trabajos se recopilan los yacimientos principales de micromamíferos, así como se intenta llevar a cabo una correlación entre dichos yacimientos y su situación litoestratigráfica dentro de la columna tipo del Terciario.

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

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

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

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

Por último el problema se acentúa un poco más cuando se intenta establecer una relación entre las escalas de vertebrados (macro y micromamíferos) con las utilizadas para los ostrácos, 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 intracuencales 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), ya que estos autores se basan en la propuesta de LOPEZ *et al.* (1982), yacimiento de Miranda-2, Hoja de

Palencia. Sin embargo, posteriormente LOPEZ *et al.* (1985) 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 dos ciclos de los páramos integrados en la "Unidad Superior" definida por ella en ese trabajo y la asigna una edad Vallesiense superior-Plioceno.

Un hecho es evidente: estas calizas parecen ser sin duda de edad Vallesiense inferior, como lo corroboran los yacimientos de Miranda-1 y Autilla 1 y 2. No obstante, bien pudiera ocurrir que el yacimiento de Miranda-2 quedase situado en las calizas del Páramo superior, paraconformes con las del inferior, hecho a veces observable, lo que justificaría la datación como 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-Pañafiel).

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 expuestos, 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-kársticos acaecidos, en general, a finales del Neógeno tanto en la submeseta norte como en la meridional.

Así, las primeras dataciones de las "calizas superiores del Páramo" corresponden a PORTERO *et al.* (1982), atribuyéndolas al Plioceno medio por la similitud de procesos con los de la Cuenca del Tajo y Llanura Manchega. Posteriormente LOPEZ *et al.* (1986) atribuye 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-Turoliense inferior, ciclo que se caracteriza por la presencia de una marcada discontinuidad en la base y que está puesto de manifiesto en todas las cuencas de la Península Ibérica.

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



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

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

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

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

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

Una síntesis bibliográfica sobre el estado de conocimientos que hasta 1979 se tenía de la Cuenca del Duero se lleva a cabo en PORTERO *et al.* (1982), mientras que en los trabajos de MEDIAVILLA y DABRIO (1988, 1989) sobre el sector central de la Depresión del Duero se subdivide al Neógeno en 4 unidades que no coinciden exactamente con las aquí establecidas.

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

La correlación entre las escalas cronoestratigráficas o pisos marinos y las escalas continentales, tanto de zonas (MEIN, 1973) como de "Edades de Mamíferos", es todavía controvertida y sus equivalencias no están definitivamente establecidas. Por otra parte la distribución estratigráfica de las diferentes especies de ostrácodos lacustres y charofitas que se dé 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 a la "Facies de las Cuestas" (unidades 2 y 3 de MEDIAVILLA y DABRIO) se data como Aragoniense superior-Vallesiense. En el sector central de la cuenca al primer páramo se le asigna una edad Vallesiense y Turolense y, en cambio, en el sector suroriental (los Valles de Fuentidueña) (ALBERDI *et al.*, 1981) lo datan como Vallesiense inferior. Respecto al segundo páramo su edad es desconocida por el momento, aunque, por su posición, se le asigna una edad que va del Vallesiense al Turolense e incluso a un posible Plioceno (en principio inferior).

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

Las asociaciones y distribución de ostrácodos en el sector de la cuenca donde se ubican las hojas estudiadas son relativamente distintas de las que se han mencionado en el borde occidental (CIVIS *et al.*, 1982), en el oriental (sector de Peñafiel-Almazán) (ARMENTEROS *et al.*, 1986; GONZALEZ DELGADO *et al.*, 1986) o en la zona nororiental (SANCHEZ BENAVIDES *et al.*, 1989). En general en los estudios sobre ostrácodos realizados hasta ahora en la Cuenca del Duero no se han distinguido la unidades litoestratigráficas, excepto el trabajo de CIVIS, *et al.* (1982) sobre la "Facies Cuestas" del borde occidental.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CRONOESTRATIGRAFIA PISOS			ZONAS MEIN. 1975	CHAROFITAS Y FORAMINIFEROS	O S T R A C O D O S		UNIDADES LITOESTR.	EDAD PROP.
EADADES MAMIFEROS					ASOCIACIONES	DISTRIBUCION DE LOS PRINCIPALES TAXONES		
MIOCENO SUPERIOR	P L I O C E N O		MN 14	Chara notata GRAMB. y PAUL Chara cf. rochetiana HEER Rhabdochara sp.	Ilyocypris gigga (RANDOHR) Pseudocandona aff. marchica (HARTWIG) Potamocypis pastori CARBONNEL Cyprideis torosa (JONES) Subulacypis parvus CARBONNEL Henryhowella asperima (REUS)		"PARAMO 2a"	VALLESIENSE TUROL - PIOC.
	MESSIN.	VENTIENSE	MN 13 MN 12 MN 11	Ammonia tepida (CUSHMAN)				
	TORTONIENSE		MN 10	Chara notata GRAMB. y PAUL Chara cf. rochetiana HEER Rhabdochara sp. Nitellopsis (Tectoch.) meriani (L. y N. GRAMB.)	Ilyocypris gigba (RANDOHR) Pseudocandona aff. marchica (HARTWIG) Subulacypis parvus CARBONNEL Cyprideis tuberculata (MÉHES) Cyprinotus seminiflatus CARBONNEL Potamocypis pastori CARBONNEL Candona neglecta SANS Candona bitruncata CARBONNEL Candonopsis cf. kingslei (BRADY y ROBERTS.)	Pseudocandona aff. marchica Subulacypis parvus Potamocypis pastori Cyprideis tuberc. Candona neglecta Cyprideis torosa Henryhowella asp.	"PARAMO 1a"	VALLESIENSE
	VALLESIENSE							
	MIOCENO MEDIO	SERRAVALIENSE	MN 9	Chara cf. rochetiana HEER Rhabdochara sp. Nitellopsis (T.) meriana (L. y N. GRAMB.) Ammonia tepida (CUSHM.) Astronotus granosum (d'ORB.)	Ilyocypris gigba (RAMDOHR) Cyprinotus salinus bressanus CARBONNEL Candonopsis cf. kingslei (BRADY y ROBERTS.) Potamocypis gracilis (SIEBER)		"FACIES DE LAS CUESTAS"	VALLES. INFER. — ASTAR. SUPER.
			MN 8					
			MN 7	Chara notata GRAMB. y PAUL Chara cf. rochetiana HEER (parte super.) Rhabdochara sp. Nitellopsis (T.) meriani (L. y N. GRAMB.) Lamprothamnium sp. (parte super.) Stephanochara berdoutensis FEIST-CASTEL (parte inferior)	Ilyocypris gigba (RAMDOHR) Cyprinotus salinus bressanus CARBONNEL Cyprinotus seminiflatus CARBONNEL Darwinula stvensoni (BRADY y ROBERTS.) Pseudocandona sp.; Hemicytherideis sp. Haploctheridea sp. (H. aff. dacica (HEJJAS) Potamocypis gracilis (SIEBER) Candonopsis cf. kingslei (BRADY y ROBERTS.) Candona cf. kirchbergensis STRAUB Candona bitruncata CARBONNEL Alatocandona sp. (prob. nov. sp.) Paralimnocythere rostrata (STRAUB) Limnocythere acquensis CARBONNEL Cyprideis heterostigma heterostigma (REUS) Cyprideis aff. miocenica (LIENENKL.)	Candona bitruncata Pseudocandona sp. Alatocandona sp. Potamocypis gracilis Cyprideis heterostigma heter. Cyprinotus salinus bressanus Paralimnocythere rostrata Candona cf. kirchbergensis Haploctheridea sp. (H. aff. dacica) Cyprinotus seminiflatus Candonopsis cf. kingslei		ASTARCIENSE
			MN 6	Chara notata GRAMB. y PAUL Nitellopsis (T.) meriani (L. y N. GRAMB.) Sphaerochara sp.	Ilyocypris gigba (RAMDOHR) Cyprideis heterostigma heterostigma (REUSS) Pseudocandona sp.			
			MN 5	Chara notata GRAMB. y PAUL Nitellopsis (T.) meriani (L. y N. GRAMB.) Stephanochara bertoutensis FEIST-CASTEL	Ilyocypris gigba (RAMDOHR) Cycloypis cf. ovum (JURINE) Candona bitruncata CARBONNEL Cavemocandona roaisensis CARBONNEL Alatocandona sp. (prob. nov. sp.) Limnocythere acquensis CARBONNEL Potamocypis gracilis (SIEBER) Lineocypris molassica invaginata CARBONNEL	Lineocypris mol. inv. Cycloyp. cf. ovum Cavemoc. roaisensis Limnocyth. acquensis		
	ARAGONIENSE							
	ASTARCIENSE							
	LANGH.		ORLEAN.					

**Cuadro nº 12. Ensayo de subdivisión cronoestratigráfica del Neógeno del sector central de la Cuenca del Duero por medio de charofitas, foraminíferos y ostrácodos.**

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

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

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

En el segundo nivel del Páramo se han encontrado algunas especies de ostrácodos que no han sido observadas en niveles inferiores. Es el caso de *Cyprideis torosa* (JONES) y *Henryhowella asperima* (REUSS). Conviene destacar que las especies de ostrácodos encontradas en los dos niveles del Páramo proceden o han sido descritas originalmente en el Mioceno superior o Plioceno. En la Hoja de Antigüedad se ha encontrado en alguna muestra el foraminífero *Ammonia tepida* (CUSHM.), lo que probablemente esté relacionado con un aumento local de la salinidad del medio.

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

### 1.3. CUATERNARIO

El cuaternario de la Hoja de Roa está relacionado fundamentalmente con los procesos fluviales y kársticos.

En cuanto a los primeros, la principal manifestación la constituyen las terrazas, seguidas por los fondos de valle, llanuras de inundación y conos aluviales. El cuaternario de origen kárstico está representado por los fondos de dolinas, que se desarrollan en gran número sobre los tramos carbonatados superiores de la serie neógena.

Los depósitos de gravedad y los relacionados con el endorreísmo completan el abanico de sedimentos cuaternarios presentes en la Hoja, cuyas características se describen a continuación.

### 1.3.1. **Arcillas rojas de descalcificación (12). Plioceno-Holoceno**

Constituyen el producto de descalcificación de las calizas del Páramo, afectadas por un intenso karst.

Aunque su naturaleza es mayoritariamente arcillosa, suelen contener una cierta proporción de arena y, en ocasiones, fragmentos calcáreos procedentes de los escarpes de las propias dolinas.

Tanto el contenido mineralógico como la naturaleza de las arcillas depende de la naturaleza de los materiales sobre los que se instala el karst, así como del grado de evolución del mismo.

Se les asigna una edad Plioceno-Holoceno, pues se considera que el proceso se inicia una vez sedimentadas las "Calizas superiores del Páramo" y continúa hasta la actualidad.

### 1.3.2. **Calizas travertínicas (13). Pleistoceno-Holoceno**

Estos materiales de afinidad biogénica se encuentran al norte de Tórtoles de Esgueva en las inmediaciones de un antiguo edificio religioso. La morfología del afloramiento es de terraza, colgada con respecto al cauce actual del río Esgueva unos 40 m. Se encuentra limitada por un escarpe morfológico de unos 6-7 m de desnivel.

Litológicamente la unidad está formada por calizas travertínicas de aspecto masivo y color blanco a gris y tobas blanquecinas. Las calizas travertínicas son de grano fino y origen concrecional, predominando en el escarpe de la terraza travertínica. Los materiales carbonatados tobáceos tienen grandes poros y megaporos, en los que se conservan morfologías de origen vegetal, moldes de tallos e impresiones de hojas. En menor proporción cabe citar la presencia de niveles decimétricos de limos carbonatados blancos con abundantes gasterópodos.

Las calizas concrecionales forman láminas superpuestas y morfologías espeleotemáticas, que permiten deducir la existencia de travertinos-barrera en una etapa reciente (Holoceno) de la evolución de estos materiales. Sin embargo el gran desnivel existente entre este afloramiento y el río actual induce a proponer una edad pleistocena para la mayor parte de estos depósitos.

Su génesis está ligada a la descarga de manantiales de contacto, que drenan acuíferos carbonatados miocenos. Son aguas sobresaturadas en carbonato cuya precipitación es inducida por vegetación herbácea de ribera. Este episodio inicial es de edad pleistocena e incluye varios episodios de colmatación, que explican la gran potencia de estos materiales. En una segunda etapa, tras quedar colgados estos materiales con respecto al cauce activo, las aguas sobresaturadas desbordan el escarpe morfológico que limita las tobas, formando travertinos barrera de edad más reciente.

### 1.3.3. **Gravas, arenas y arcillas. Glacis (14). Pleistoceno-Holoceno**

Estos depósitos, formados por gravas subangulosas, arenas y arcillas, están escasamente representados en la Hoja. Se localizan en la margen norte del río Esgueva, en El Hornillo, Encineto

y al SO de Tórtoles de Esgueva, con morfología de pequeñas hombreras alargadas y perpendiculares al valle.

Presentan una matriz con un cierto grado de cementación, lo que hace que destaquen morfológicamente en las laderas del valle sobre los materiales subyacentes menos consolidados.

#### **1.3.4. Gravas cuarcíticas y arenas. Terrazas (15 y 16). Pleistoceno-Holoceno**

Los principales afloramientos de terrazas se localizan en el cuadrante SE de la Hoja y pertenecen al río Duero. En este sector se han diferenciado hasta nueve niveles de terrazas, aunque dentro del ámbito de estudio sólo aparecen los cinco inferiores. Los restantes se pueden seguir en la Hoja de Peñafiel, contigua por el sur. Se sitúan a +3-10 m, +15 m, +25-30 m y +35 m sobre el cauce actual y se han agrupado en terrazas bajas y terrazas medias en la cartografía geológica.

La mejor secuencia se observa en la carretera de Roa a Fuentecén, donde los cortes son buenos permitiendo su descripción.

Las gravas son cuarcíticas con tamaños medios entre 4-8 cm. Aparecen además cuarzos, areniscas y algunas calizas. La matriz es arenosa con un escaso contenido en finos.

Las estructuras sedimentarias más frecuentes son: cicatrices erosivas, bases canalizadas, huellas de base, deformación por carga, imbricación de cantos, sets tabulares de láminas cruzadas (en los niveles arenosos), cicatrices internas y superficies de reactivación. Todo ello indica un régimen fluvial "braided" para estos niveles y este sector.

#### **1.3.5. Lutitas grises. Fondos endorreicos (17). Holoceno**

Se localizan principalmente en el fondo de dolinas debido a la impermeabilización del mismo por las arcillas de descalcificación.

Al crearse un área de drenaje deficiente, puede producirse un embalsamiento de las aguas en épocas de lluvia. Se depositan, entonces, arcillas grises o negras y hay una tendencia al desarrollo de suelos vérticos.

#### **1.3.6. Limos y arenas con gravas. Llanura de inundación (18). Holoceno**

Estos depósitos aparecen asociados al curso del río Esgueva. Se trata, en general, de depósitos de carácter fino, con niveles de cantos y gravas. Presentan morfología plana, a techo, y alcanzan una anchura de hasta un km en algunos puntos.

En las zonas marginales, al pie de las vertientes, se interdentan con los depósitos de gravedad y con los conos aluviales. A techo desarrollan un suelo gris o un suelo pardo de vega.

### **1.3.7. Gravas, arenas y arcillas. Fondos de valle (19). Holoceno**

Son los depósitos más recientes de carácter fluvial, relacionados con la red de drenaje menor, es decir, se asocian a pequeños ríos y arroyos, muchos de los cuales carecen de escorrentía superficial en la actualidad.

Su textura es similar a la de las terrazas, pero con menor proporción de gravas. La litología de las mismas está en función del área madre y por tanto consiste en una mezcla de cuarcitas y calizas, estas últimas procedentes de las Calizas de los Páramos.

### **1.3.8. Arenas, gravas y arcillas. Conos de deyección (20). Holoceno**

Aparecen abundantemente en las márgenes de la llanura de inundación del Esgueva, constituyendo los depósitos terminales de los pequeños ríos y arroyos que desembocan en dicho valle. La naturaleza de sus elementos depende del área madre y, por tanto, es de carácter mixto entre cuarcítica y calcárea.

Suelen alternarse con depósitos de gravedad situados también al pie de las laderas, llegando a coalescer en algunos puntos.

### **1.3.9. Gravas, cantos y arcillas. Coluviones (21). Holoceno**

Son depósitos de vertiente originados por la acción conjunta del agua y la gravedad. Aparecen, como se indica más arriba, asociados a los conos de deyección en las márgenes del río Esgueva y en la mayoría de los cauces existentes en la Hoja.

Se trata, en general, de depósitos poco coherentes formados por clastos angulosos-subangulosos de calizas y cuarcita con una matriz arcillosa.

### **1.3.10. Limos y arcillas. Cauces abandonados (22). Holoceno**

Se trata de depósitos detríticos finos (limos, arcillas) que constituyen el relleno de antiguos cauces del Duero, actualmente abandonados, localizables al norte de Berlanga del Duero.

El carácter detrítico de los sedimentos, enriquecidos con materia orgánica (fangos carbonosos, vegetación, etc.) y a veces con intermitente lámina de agua, cubiertos por abundante vegetación, hace que apenas destaque en el paisaje, aunque sí se reconoce fácilmente en fotografía aérea.

## **2. TECTONICA**

### **2.1. TECTONICA ALPINA**

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



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

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

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

### **2.1.1. Descripción estructural**

Las estructuras de plegamiento a gran escala que pueden observarse en la Hoja de Roa son el Sinclinario y Anticlinorio del Esgueva al norte y el Anticlinorio del Duero al sur, situado en el límite con la Hoja de Peñafiel. Son dos estructuras de orden kilométrico, que se ponen en evidencia por criterios cartográficos, ya que sus flancos poseen un buzamiento muy bajo menor de 5°. La dirección de la traza axial de estos grandes pliegues es E-O a ENE-OSO. En estas estructuras se encuentran implicadas las unidades miocenas más altas estratigráficamente de la Hoja (Calizas superiores del Páramo), por lo que la edad de formación de estas estructuras puede ser Turoliense superior-Plioceno, si bien la imprecisión de la datación del techo de la Unidad superior del Páramo impide datar esta deformación con certeza.

En la vecina Hoja de Peñafiel este tipo de grandes estructuras E-O se puede observar al norte, en donde se observan pliegues menores asociados al Anticlinorio del Duero, y en el centro de la Hoja, donde se dispone el Sinclinal de Cabezuela.

En la Hoja de Roa la red fluvial se dispone en muchos puntos siguiendo lineaciones que parecen sugerir la existencia de importantes fracturas de escala kilométrica. Las más importantes se disponen en el valle del Esgueva, con una orientación NE-SO y con la misma orientación en el valle del Duero al sur de Roa, en donde la orientación del valle cambia de E-O a NE-SO, prolongándose esta lineación en la vecina Hoja de Peñafiel. En esta Hoja se observan importantes lineaciones NO-SE, de menor desarrollo en Roa, situadas en los valles del Duratón, Olmos de Peñafiel y Botijas. Estas dos familias de lineaciones parecen cortar a las grandes estructuras de plegamiento descritas anteriormente, por lo que su formación es posterior y previa al encajamiento fluvial, situándose su edad en un momento no preciso del Plioceno.

Al NO de la Hoja, entre Huérmedes de Cerrato y Castrillo de Don Juan, la base de la Unidad superior del Páramo se dispone en discordancia cartográfica sobre los materiales infrayacentes, lo que pone en evidencia la existencia de una fase de deformación en la base del Vallesiense,

que en este área se manifiesta claramente. En otros puntos a esta altura estratigráfica se observa una importante paraconformidad, relacionada con una interrupción sedimentaria que origina el desarrollo de una importante karstificación. La estructuración que produce esta tectónica Vallesense basal se observa con dificultad, si bien al NO de la Hoja se puede pensar en la existencia de estructuras de plegamiento kilométricas y con ejes orientados NE-SO, oblicuos a los pliegues posteriores y subparalelos a los accidentes tardíos.

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

Por último cabe citar la existencia de basculamientos y pliegues kilométricos de amplio radio en la superficie del Páramo, que es una morfología erosiva de edad incierta, probablemente Turoliense superior-Plioceno. Al norte de la Hoja esta superficie buza hacia el O. En la vecina Hoja de Peñafiel el basculamiento al sur del río Duero es hacia el SO. Los pliegues presentan trazas axiales de orientación NNE-SSO subparalelas a las de las estructuras áticas que deforman al ciclo superior del Páramo.

## **2.1.2. Evolución tectosedimentaria y neotectónica**

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

La Cuenca del Duero, en cuyo sector central y suroriental se encuentra la Hoja, se formó en el Paleógeno-Mioceno inferior, estructurándose sus bordes, tanto el septentrional (Cordillera Cantábrica) como el meridional (Sistema Central) y el oriental (Peñas de Cervera, Cuenca de Cameros, Sierra de la Demanda), que son los límites más relacionados con el contexto de la Hoja.

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

En el sector oriental, es decir, en las estribaciones de las Peñas de Cervera, Cuenca de Cameros y en parte de la Sierra de la Demanda, los materiales mesozoicos aparecen estructurados según ejes de dirección NO-SE. Se encuentran depósitos paleógenos plegados en los bordes más meridionales (sector de Covarrubias), fosilizados por sedimentos neógenos en disposición hori-

zontal o subhorizontal, aunque con deformaciones locales en zonas de borde, relacionadas probablemente con accidentes de zócalo.

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

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

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

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

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

Algunos autores sitúan la siguiente fase tectónica a finales del Mioceno (ARAGONES, 1978). Otros denuncian movimientos intravallesianos con reactivaciones en los marcos montañosos en la zona de borde (GARCIA RAMOS *et al.*, 1982), basados en la presencia de abanicos de composición litológica diferente a los infrayacentes, lo que implicaría cambios de procedencia tanto en las direcciones de aporte como del área madre. Esta actividad intravallesiense (Fase Atica) se pone de manifiesto en la zona de la Hoja de Roa, deformando el ciclo sedimentario Unidad detrítica de Aranda-Peñaflor-Calizas inferiores del Páramo. Estos movimientos podrían relacionarse con la tectónica finiserravalliense que se detecta en regiones más meridionales (cierre del estrecho nordbético (CALVO SORANDO, 1978).

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

Si bien estas discontinuidades parecen tener un carácter regional, sus manifestaciones resultan diferentes de unos puntos a otros, resultando a veces difícil de ser localizadas, bien por la convergencia de facies de los depósitos o bien por la homogeneidad de los ambientes sedimentarios.

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

A comienzos del Vallesiense parece tener lugar otro episodio tectónico más importante que va a motivar la deformación de las series detríticas y carbonatadas que constituyen el ciclo de la Unidad detrítica de Aranda-Cuestas-Calizas inferiores del Páramo y que tiene distintas manifestaciones, como la discordancia del NO de la Hoja. Al oeste de Villafruela, en la Hoja de Antigüedad, las "Calizas del páramo inferior" se encuentran suavemente basculadas hacia el oeste. Al suroeste de la Hoja de Peñafiel también se observan estructuras atribuibles a esta fase intravallesiense en el valle del río Duratón.

Esta discontinuidad intravallesiense, atribuible a la Fase Atica, podría relacionarse con la citada por otros autores en diferentes cuencas continentales de la submeseta meridional (cierre del estrecho nordbético por la compresión finiserravaliense-eotortonense). En este caso, esta fase o evento tectónico se manifestaría, además de con una deformación regional, con una configuración paleogeográfica algo diferente a la que hasta entonces existía, con procesos de erosión y karstificación asociados, afectando a la serie miocena infrayacente. A continuación se produce una distensión, instalándose sistemas fluviales a favor de depresiones tectónicas enmarcadas por fracturas.

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

La superficie de colmatación del ciclo "Calizas superiores del Páramo" se ve afectada de nuevo por una fase tectónica que daría lugar a deformaciones de gran radio sobre las calizas de los páramos. Esta fase podría ser una pulsación tardía de la Fase Atica (compresiva) o bien podría relacionarse con la Fase Iberomanchega I (distensiva) de AGUIRRE *et al.* (1976). Según esto la edad de la deformación podría ser intraturolense, Turolense superior-Plioceno basal, o situarse en el límite Rusciniense-Villafranquiense.

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

Una nueva reactivación tectónica, difícil de precisar en la escala del tiempo (Fase Iberomanchega I o II), daría lugar a una nueva deformación y al desarrollo posterior de un nuevo ciclo sedimentario, ya en el cuaternario, de carácter fluvial y exorreico, con el consiguiente desarrollo de la red fluvial, con un carácter cada vez más restringido y encajado. Estos últimos movimientos serían responsables de la fracturación previa al encajamiento de la red fluvial y al basculamiento y plegamiento de la superficie del Páramo en la región. Los sedimentos detríticos afines a la Raña que se encuentran al sur, en la vecina Hoja de Peñafiel, podrían estar ligados a esta actividad tectónica, o bien ser posteriores, con lo que estarían ligados genéticamente a las etapas iniciales del establecimiento del exorreismo en la Cuenca del Duero.

No obstante, podría existir una separación temporal y genética entre la formación de pliegues bien estructurados en la superficie del Páramo (posiblemente ligada a movimientos compresivos áticos tardíos) y las Fases Iberomanchegas de significado distensivo, responsables del basculamiento y la fracturación previa al encajamiento fluvial. Existe una gran oscuridad acerca de la datación de estos eventos debido a la ausencia de criterios temporales faunísticos o de otro tipo en esta zona de la Cuenca del Duero, para los tiempos turolenses y pliocenos.

### **3. GEOMORFOLOGIA**

#### **3.1. SITUACION GEOGRAFICA**

La Hoja, escala 1:50.000, de Roa (345) pertenece al sector centro-oriental de la Cuenca del Duero. Los relieves más próximos son los de la Sierra de Honrubia-Pradales al sur y las Peñas de Cervera al este.

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León y abarca parte de las provincias de Burgos, Valladolid y Palencia.

Fisiográficamente se distinguen tres sectores: El valle del Duero, La Campiña y Los Páramos.

El primero de ellos se localiza en el cuadrante sureste de la Hoja, donde el río Duero describe una amplia curva cambiando la dirección de su curso y dejando una serie de plataformas escalonadas, en la margen izquierda, que corresponden a los diferentes niveles de terrazas. Es una zona más o menos llana con cotas comprendidas entre los 760 y 800 m.

El sector de La Campiña se desarrolla hacia el norte y noreste del Duero (Anguix, Olmedillo de Roa, La Horra, etc.), ofreciendo un relieve suave de lomas y colinas que se sitúan entre los 800 y 860 m. En este sector destaca el Cerro Cuesta de Manvirgo (938 m), relieve residual conservado gracias a presentar en su techo la Caliza superior del Páramo.

La tercera área diferenciada es la que corresponde a los Páramos y ocupa las dos terceras partes de la superficie de la Hoja. Su relieve, llano y homogéneo, sólo queda interrumpido por una serie de valles muy encajados entre los que destaca el del río Esgueva, de dirección NE-SO. Otros cursos de menor interés son los arroyos de San Llorente, de las Eras, de la Varga y de Piñel.

La altura de los Páramos varía entre los 950 m en las zonas situadas al noreste y los 880-900 al oeste, con 915-920 m en las áreas centrales. El punto más alto de la Hoja se localiza en la esquina noreste, con 954 m al oeste de Villatuelda. El paso del sector de los Páramos al de la Campiña en el centro de la Hoja se establece por un marcado escape de dirección N-S.

Climatológicamente la zona se sitúa en el dominio mediterráneo con influencia continental. Las precipitaciones son escasas (400-600 mm año) y de carácter estacional, con un marcado estiaje en los meses de verano. La temperatura media anual es de 11-12°C, con máximas de hasta 36-37°C en julio y agosto y -10°C en enero.

Hay que señalar la diferencia de clima existente en los valles con relación a los Páramos. La mayor suavidad de las constantes climáticas de los valles favorece la explotación agrícola de los mismos.

La vegetación natural corresponde en su mayoría a monte bajo con núcleos relictos de vegetación autóctona, principalmente de encinas (*Quercus ilex*), quejigos (*Quercus lusitanica*) y carrascas (*Quercus rotundifolia*). En las riberas de los principales ríos y arroyos se instalan bosques galería y ejemplares aislados de álamos y otros árboles de ribera.

En cuanto a los cultivos, la región se dedica mayoritariamente al secano (vid, cereales, forraje), aunque también destacan algunos productos de huerta en las vegas de ríos y arroyos.

La principal fuente de riqueza es la agricultura, seguida de la ganadería. En cuanto a la primera, es de gran importancia el cultivo de la vid, constituyendo este sector una de las zonas de mayor importancia vitivinícola de España, habiendo alcanzado sus caldos la Denominación de Origen de Ribera del Duero, con los principales centros en Pesquera del Duero y Peñafiel, en la Hoja contigua al sur.

Por otra parte, en la ganadería destaca el ganado ovino y caprino, con escasa o nula importancia del vacuno.

Los núcleos de población son pequeños, siendo Roa el de mayor tamaño, dando nombre a la Hoja. Le siguen en importancia Tórtoles de Esgueva, Olmedillo de Roa, La Horra y Anguix, y por último una serie de núcleos enclavados en áreas que no superan los 15 habitantes por km<sup>2</sup> como son: Piñel de Arriba, Piñel de Abajo, Huérmedes de Cerrato, Villovela de Esgueva, Torresandino o Villatuelda.

Las vías de comunicación son en general de carácter comarcal (carreteras locales, caminos) comunicando entre sí las poblaciones que existen en el área de estudio. Sólo destaca la carretera Nacional 619 Soria-Palencia, que atraviesa la Hoja con dirección NO-SE.

### 3.2. ANTECEDENTES

La bibliografía de carácter geomorfológico que existe sobre este sector de la Cuenca del Duero es muy escasa. A pesar de ello, existen algunos trabajos de carácter regional que sirven de apoyo para iniciar el estudio de este área. Entre ellos merecen especial atención los de F. HERNANDEZ PACHECO (1932), SCHWENZER (1937) y GLADFELTER (1971) sobre los arrasamientos de las sierras orientales del Sistema Central, donde distinguen hasta cuatro superficies de erosión. Estos trabajos han significado un punto de referencia para numerosos autores en el estudio de la relación existente entre la cuenca de sedimentación y sus marcos montañosos.

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

El mayor avance en el conocimiento de esta región tiene lugar en las últimas décadas con motivo de la realización de la Hojas geológicas, a escala 1:50.000 (2ª serie), para el Proyecto MAGNA, donde se aportan numerosos y nuevos datos sobre el Terciario y Cuaternario de la Cuenca del Duero.

Trabajos más recientes como los de ARMENTEROS (1984), MOLINA y ARMENTEROS (1986) y GRACIA *et al.* (1989) abordan el problema de las superficies de erosión desarrolladas sobre los sedimentos terciarios y más concretamente sobre las calizas del Páramo, reconociendo dos superficies de amplio desarrollo. Estos trabajos son los que ofrecen mayor interés en relación con este sector de estudio.

Por último, la realización por el ITGE-ENRESA del "Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España a escala 1:1.000.000 (1991)" aporta algunos datos más sobre este sector de la Cuenca del Duero.

### 3.3. ANALISIS MORFOLOGICO

En este apartado se aborda el estudio del relieve desde dos puntos de vista: uno morfoestructural, en el que se analizan los rasgos del relieve debidos a la naturaleza y disposición de los materiales del sustrato geológico, y otro morfogenético, relativo al modelado que se obtiene como consecuencia de la actuación de los procesos exógenos sobre un sustrato determinado.

#### 3.3.1. Estudio morfoestructural

La Hoja de Roa se encuentra ubicada dentro del dominio de la Cuenca del Duero, concretamente en el sector centro-oriental, donde las facies carbonatadas que cierran el ciclo neógeno, denominadas Calizas de los Páramos, alcanzan un gran desarrollo. Ya en 1915 HERNANDEZ PACHECO señala que estas calizas se encuentran coronando las series miocenas y las define como "el último episodio morfológico donde se construye la superficie del Páramo, de naturaleza caliza".

La diferente competencia de los sedimentos y su disposición horizontal o subhorizontal dan lugar a un relieve en el sector occidental de la Hoja caracterizado por amplias plataformas seccionadas por una serie de valles, consecuencia de la instalación de la red fluvial cuaternaria.

En el sector oriental cambia la morfología y las manifestaciones del relieve estructural se reducen a pequeños replanos y resaltes que indican la presencia de cuerpos canalizados dentro de una serie detrítica terciaria.

Por otra parte, la disposición y trazado de los valles en este sector, a excepción del Duero, ofrecen tramos muy rectilíneos como queriendo indicar una influencia de la tectónica en la instalación de la red fluvial. Las principales direcciones son NE-SO (Esgueva, Piñel y un tramo del río Duero) y NO-SE, como ocurre con la mayoría de los afluentes del Esgueva y algunos de la margen derecha del Duero.

Existen dos direcciones más, N-S y E-O, que aparecen con cierta frecuencia, sobre todo en los cauces de menor rango de la Hoja.

La morfología de la red de drenaje, al igual que en las hojas adyacentes, es de carácter mixto entre los tipos detrítico y paralelo, como corresponde por un lado a esta homogeneidad litológica y por otro a la influencia de una serie de accidentes paralelos y al basculamiento generalizado hacia el E y SE, que tiene lugar durante el Plioceno.

### 3.3.2. Estudio del modelado

Se describen aquí el conjunto de formas, tanto deposicionales como erosivas, así como los sistemas morfogenéticos a los que pertenecen.

En la Hoja de Roa, además de las formas estructurales a las que se ha dedicado el apartado anterior, se reconocen otras de carácter fluvial, poligénico, kárstico y de gravedad que contribuyen a definir el paisaje de este sector de la Cuenca del Duero.

#### 3.3.2.1. Formas fluviales

Dentro de este grupo son las *terrazas* y los *fondos de valle* las formas más representativas de la Hoja.

El sistema de terrazas mejor desarrollado es el del río Duero, del que se han distinguido hasta nueve niveles en este sector, de los cuales sólo los cinco inferiores aparecen en la Hoja de Roa, mientras que en la Hoja contigua por el sur (Peñañel) se reconocen todos ellos. Las cotas de los mismos oscilan entre +3-10 m y +130 m, con alturas intermedias de +15 m, +20-25 m, +28-30 m, +35 m, +45-50 m, +70-80 m y +100-110 m.

Aparecen como plataformas escalonadas en el cuadrante SE de la Hoja, observándose la mejor secuencia en la carretera de Roa a Fuentecén. Los cortes son buenos y permiten el estudio de sus características.

Se trata en general de gravas cuarcíticas que aparecen en proporciones mayoritarias con algunos elementos de areniscas y cuarzo, y raramente calizas. El tamaño de estas gravas se sitúa



entre 4 y 8 cm con tamaños máximos de 190 cm. La matriz es arenosa con cierto contenido en finos (limo + arcilla). No se describen aquí más detalles de los materiales, puesto que las características texturales se expresan más adelante, en el apartado correspondiente a las Formaciones Superficiales.

En casi todos los cortes observados es frecuente ver facies de barras, rellenos de fondo de canal, estratificaciones cruzadas, imbricaciones y, sobre todo en los niveles más bajos, una acumulación de finos a techo, que se correspondería con las facies de desbordamiento e inundación.

Los tres primeros niveles de terrazas aparecen con un dispositivo morfológico de solape o encajamiento, mientras que los niveles restantes se encuentran colgados, dejando ver el sustrato terciario.

Otros dos ríos, dentro de la Hoja, también en el cuadrante SE, ofrecen un nivel de terraza. Son el río Riaza y el arroyo Madre, afluentes del Duero por las márgenes izquierda y derecha respectivamente.

Los *conos de deyección* constituyen otro de los representantes de la morfología fluvial. En general son de pequeñas dimensiones y se originan en la desembocadura de arroyos y barrancos con otros cauces de orden mayor. Los mejores ejemplos aparecen en el río Esgueva, donde forman un verdadero rosario a lo largo de su recorrido.

Su litología depende fundamentalmente de la roca madre de la que se alimentan, por lo que sus clastos son calcáreos, pues proceden de los diferentes niveles de calizas del Páramo. La matriz es arcilloso-limosa y, en general, dan lugar a un suelo poco evolucionado de tipo pardo.

Los *fondos de valle* y las *llanuras de inundación* son los depósitos de carácter fluvial más comunes, apareciendo en los sectores más bajos de cualquier valle. Hay que destacar la llanura de inundación del río Esgueva, con una anchura de 0,5-1 km, superando en algunos puntos dicha magnitud.

En cuanto a las formas erosivas, se reconocen con facilidad las de *incisión vertical*, con formación de *barrancos*, *cárcavas* y *retroceso de cabeceras*. En algunos meandros del Duero y del Riaza se dan procesos de *erosión lateral* del cauce, con verticalización de paredes y consecuentes *desplomes*.

Por último, en zonas de poca pendiente y en algunos sectores del Páramo se producen fenómenos en formas de *arroyada difusa* y *erosión en regueros*.

### 3.3.2.2. Formas de gravedad

Están representadas por *coluviones* y *caídas de bloques*, y su origen se debe a la acción combinada del agua y de la gravedad en las vertientes. Las primeras son las más frecuentes y se localizan en la base de las laderas, alternándose con los conos de deyección. Se trata, en general, de depósitos poco coherentes, de carácter limo-arcilloso con cantos de caliza y cuarcita angulosos.

Son muy abundantes en los valles del río Esgueva y del arroyo de Peñafiel.

Las *caídas de bloques* son frecuentes en estos valles de laderas acusadas, dando a veces acumulaciones importantes. Su génesis se debe a la alta pendiente y a la fracturación que se produce en los bordes de las mesas por descompresión, al originarse una pérdida de material en los procesos de encajamiento. Si además se añade la presencia de aguas y fuertes cambios de temperatura, no es rara la proliferación de acumulaciones de este tipo.

### 3.3.2.3. *Formas kársticas*

Aparecen sobre las calizas del Páramo superior y del Páramo inferior debido a la instalación de un karst de llanura. Las principales formas reconocidas son dolinas y uvalas. Los tamaños son variables, oscilando entre pocos metros y dos kilómetros. Muchas de ellas parecen estar alineadas según las principales direcciones regionales, lo que hace suponer una cierta influencia de la tectónica en los procesos de disolución. También es frecuente observar que muchas dolinas o depresiones kársticas están conectadas a la cabecera de algunos arroyos, siendo muy posible que su génesis sea de carácter mixto, fluvio-kárstico y esté relacionado con los primeros estadios del encajamiento de la red sobre la superficie del Páramo.

La cartografía geomorfológica da una idea de la importancia de este proceso y de la degradación del Páramo a causa de él.

### 3.3.2.4. *Formas endorreicas*

Se localizan en relación a algunos fondos de dolina, cuando las arcillas de descalcificación llegan a producir una impermeabilización de los mismos.

En este caso se producen encharcamientos y pequeñas lagunas en épocas de lluvia y tiene lugar la sedimentación de limos y arcillas. Sobre ellos es frecuente la formación de suelos grises de carácter vértico.

Existen buenos ejemplos en los parajes de la Concha y La Laguna, en el cuadrante NO de la Hoja, muy próximo al límite septentrional.

### 3.3.2.5. *Formas poligénicas*

Dentro de este grupo se han reconocido los glaciares y las superficies. Los primeros son escasos y de pequeño desarrollo. Se localizan por lo general a mitad de ladera y están encostrados. Los mejores ejemplos se localizan en la margen derecha del río Esgueva, en los parajes de El Hornillo, Encinedo y al SO de Tórtolas de Esgueva.

Litológicamente se componen de cantos y gravas, de carácter anguloso-subanguloso embudados en una matriz fina con un cierto grado de cementación, lo que hace que su morfología destaque sobre los materiales blandos subyacentes.

En segundo lugar tenemos las superficies de erosión. Aunque se consideran de origen poligénico, no hay que olvidar que se desarrollan fundamentalmente sobre materiales calizos y que por tanto esta condición estructural colabora en la gran extensión que alcanzan. Se han cartografiado dos superficies, situadas a diferentes cotas y con características algo distintas.

La superficie más antigua, conocida en la literatura como "Superficie del Páramo", ocupa gran parte del tercio septentrional de la Hoja y se instala sobre las denominadas "Calizas superiores del Páramo". Se localiza entre los 954 m al este y los 917 al oeste, estando inclinada suavemente hacia el SO con una pendiente comprendida entre 2 y 3%, inclinación que según diversos autores corresponde a un basculamiento generalizado a escala peninsular, de edad postmiocena.

Su morfología plana está muy bien conservada, constituyendo casi una superficie estructural con retoques erosivos, representados principalmente por la acción fluvial, la acción kárstica y la acción eólica.

La segunda superficie se ha denominado "Superficie Pleistocena" y abarca gran parte de la zona de estudio. Está atravesada en el sector norte por el río Esgueva, extendiéndose hacia el sur y oeste hasta los límites de la Hoja. Por el este se detiene según una línea imaginaria N-S, que iría desde Cerro Mirón hasta un km al oeste de Membrilla de Castejón.

Las cotas en las que se sitúa oscilan entre los 890 y 915 m. Está bastante más degradada que la anterior, como consecuencia de un intenso karst que da lugar a numerosas dolinas, uvalas y depresiones fluvio-kársticas.

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

- la inclinación de esta superficie hacia los principales valles, hecho que puede observarse en las hojas contiguas por el norte y por el sur de Antigüedad (313) y Peñafiel (374), respectivamente.
- la superficie no sólo afecta a las "Calizas inferiores del Páramo", sino a términos inferiores de la serie.
- el suelo que se desarrolla sobre dicha superficie es menos evolucionado que el de la "Superficie del Páramo".
- en la contigua Hoja de Peñafiel (374), por el sur, en el sector de Calvocha y La Silla, esta superficie se encaja sobre el nivel superior de terrazas del Duero (+120 m).

Todas estas razones apuntan hacia una edad Pleistoceno inferior de la superficie, o al menos hacia una edad más reciente que la atribuida a la "Superficie del Páramo".

### 3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

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

La principal característica que deben ofrecer es que sean potencialmente cartografiables a la escala de trabajo, quedando definidas además por una serie de atributos como geometría, textura, génesis, potencia, cronología, etc. Algunos de estos aspectos han sido ya descritos en apartados anteriores, por lo que aquí se prestará especial atención a los texturales.

En primer lugar se van a considerar las Formaciones Superficiales de carácter fluvial, y entre ellas las terrazas del río Duero.

Se han cartografiado cinco niveles a cotas de +3-10 m, +15 m, +20-25 m, +28-30 m y + 35 m, que continúan en la Hoja de Peñafiel hasta completar nueve niveles y a cotas de +45-50 m, +70-80 m, +100-110 m y +130 m.

Se han realizado diversos análisis como cantometrías, granulometrías, fracción pesada y ligera, expresando estos resultados a continuación.

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

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

De la observación del cuadro pueden obtenerse algunas apreciaciones. La primera es que la litología de los cantos y gravas es bastante homogénea, con un porcentaje mayoritario de elementos cuarcíticos (75-93%), seguido por el cuarzo (7-24%) y las areniscas (0-2%). Puntualmente puede aparecer algún componente calizo.

En segundo lugar se observa que en las terrazas más altas abundan los tamaños menores y que a medida que se desciende hacia las terrazas bajas hay un aumento de los tamaños mayores.

Esto es lógico, pues a medida que disminuyen las dimensiones del cauce la capacidad de transporte es mayor.

Por lo que a la litología de los cantos se refiere, el cuarzo aumenta considerablemente hacia los niveles más bajos, pudiendo llegar hasta un 24%.

Por otra parte, las observaciones de campo y el resto de los análisis incorporan la siguiente información:

El grado de redondeamiento es alto, variando de subángulosos a muy redondeados. En los tamaños mayores se detecta un alto grado de aplanamiento.

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

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

Los minerales pesados son turmalina (17,6-34,9%), circón (11,7-25,9%), rutilo (4,7-8,8%), granate (2,3-6,2%), andalucita (9,9-47,5%) y además: estauroлита, distena, sillimanita, hornblenda, apatito, epidota y anatasa.

Por último, hay que señalar que a techo de los diferentes niveles de terraza se desarrolla un suelo más o menos evolucionado según la edad del depósito sobre el que se instala. Así se reconocen desde suelos aluviales o pardos de vega, en los niveles más recientes, hasta suelos rojos y rojos fersialíticos con colores 2,5 YR, 10 YR 4/8 y 1,5 YR 4/8.

Independientemente de estas diferencias, casi todos los suelos presentan un horizonte A, de carácter pedregoso y espesor variable. A continuación un horizonte B<sub>t</sub> de acumulación de arcillas, en general poco desarrollado, y por último un C<sub>ca</sub> donde se observan, aunque pobremente, concentraciones de carbonatos.

El resto de los depósitos fluviales no alcanza mayor interés. Sólo la llanura de inundación del río Esqueva, de gran amplitud, merece atención. Su composición litológica es muy similar a la de las terrazas pero ofrece a techo un nivel de materiales finos (limo+arcilla) con una potencia visible superior, en algunos casos, a los 2-3 m. Con estos depósitos se interdentan los conos

de deyección, constituidos por materiales poco coherentes y con niveles de gravas calcáreas procedentes de las calizas de los Páramos. La potencia varía de 2 a 10 m, dependiendo de la proximidad a la zona apical.

Dentro de las formaciones superficiales no pueden olvidarse las de origen kárstico. Aparecen asociadas a las dolinas y uvalas, disponiéndose en su fondo. Son las arcillas de descalcificación, de color rojo y con un cierto contenido en arenas y fragmentos de las calizas de los Páramos. A veces, y debido a la presencia de arcillas, se forma en el seno de las cubetas una capa impermeable, dando lugar al embalsamiento de agua en épocas de lluvia. A partir de este momento se convierte en un medio endorreico o lacustre y tienen lugar procesos de acumulación de arcillas, limos y materia orgánica. En épocas de estiaje, con el descenso del nivel freático y la evapotranspiración, suelen desecarse estos medios. Se producen entonces desarrollos de suelos grises, dado el carácter reductor del medio. La potencia de estos depósitos no suele superar los 0,50 m.

### 3.5. EVOLUCION DINAMICA

En este apartado hay que considerar, en primer lugar, la situación de la Hoja dentro de la Cuenca del Duero y, en segundo lugar, la edad y disposición de los materiales aflorantes en el área. En este sentido, considerando sólo los de edad terciaria, los más antiguos son del Aragoniense superior (Astaraciense) y los más modernos se han datado en este sector como Vallesiense y probable Turolense, correspondiendo a los términos calizos más altos, conocidos como "Calizas de los Páramos".

Después de la finalización de este ciclo tienen lugar una serie de procesos de diversa índole, ya relacionados con la morfogénesis del relieve que se observa en la actualidad.

Volviendo a los materiales neógenos, cartográficamente se han diferenciado dos grandes unidades que tienen rango a nivel de cuenca y son:

- "Facies Cuestas", cuyo techo lo constituye la "Caliza inferior del Páramo". La edad de todo este conjunto es Astaraciense superior-Vallesiense inferior.
- "Caliza superior del Páramo", de edad Vallesiense-Turolense, que corona las series miocenas, constituyendo el último resalte estructural del relleno neógeno.

Entre la "Caliza inferior del Páramo" y la "Caliza superior del Páramo" existe una discordancia a nivel regional. Sobre el techo de la caliza inferior se desarrolla una superficie de erosión compleja, donde tienen lugar procesos de karstificación, eólicos, edáficos, etc. Esta superficie queda fosilizada por el último ciclo de la caliza superior y no siempre es fácil su reconocimiento.

Con posterioridad a la sedimentación del último ciclo se producen una serie de movimientos de amplio radio que pliegan suavemente estos materiales. Sobre ellos se produce una superficie de erosión, denominada "Superficie del Páramo", cuyas características son definidas por MOLINA y ARMENTEROS (1986), que la denominan "Superficie superior del Páramo".

En la Hoja de Roa esta superficie se localiza entre los 954 m al este y los 917 al oeste y está suavemente inclinada hacia el SO. Se instala sobre la "Caliza superior del Páramo" biselando varios términos de la serie. En general está bien conservada y se pueden identificar formas kársticas que llegan a afectar a los 5 m superiores, aunque puntualmente pueden alcanzar mayor profundidad (MOLINA y ARMENTEROS, 1986).

Se observan huecos y tubos de disolución rellenos de arcillas rojas con limo y arena. El color rojo es muy oscuro y, según la tabla de colores MUNSELL, ofrece HUES de 10 YR y 2,5 YR.

Sincrónica o inmediatamente después tiene lugar la instalación de los abanicos plio-pleistocenos o "Rañas", que aunque no aparecen en esta Hoja, sí lo hacen en la de Peñafiel, contigua por el sur, procedentes de la Sierra de Honrubia-Pradales. A partir de este momento se inician los procesos de incisión cuaternarios, como consecuencia de un cambio en la morfogénesis, al pasar de unas condiciones de endorreísmo a unas condiciones exorreicas. En los primeros estadios, coincidiendo con un momento de estabilidad, se desarrolla una segunda superficie de erosión, que en este trabajo se ha denominado "Superficie Pleistocena". Se localiza en gran parte de la mitad meridional de la Hoja entre las cotas de 890 y 915 m, y se instala fundamentalmente sobre el techo de la "Facies Cuestas" (Caliza inferior del Páramo), biselando, al igual que la anterior, términos inferiores de la serie.

En las Hojas contiguas por el norte y por el sur de Antigüedad (313) y Peñafiel (374), respectivamente, alcanzan gran extensión, llegando, por el este, hasta la localidad de Lerma. El proceso kárstico afecta sólo a los 2 o 3 metros superiores, debido al carácter margoso de la serie.

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

El problema mayor aparece a la hora de asignar una edad a esta superficie, pues podría considerarse como una superficie intravallesiense, exhumada por los procesos de erosión cuaternaria. En este trabajo se ha considerado pleistocena, como se indica en el nombre asignado. Las razones que apoyan esta hipótesis están detalladas suficientemente en el apartado 5.3.2.

A partir de la creación y desarrollo de esta superficie, sigue el encajamiento de la red de drenaje de forma acusada, que en el caso del río Duero deja una serie de plataformas escalonadas que corresponden a los niveles de terrazas.

Finalmente, en el Holoceno, tiene lugar la sedimentación de los depósitos de fondo de valle, conos de deyección, llanuras de inundación, etc., de carácter fluvial. Los procesos de gravedad, kársticos e incluso eólicos contribuyen a modificar o alterar la morfología local de algunos sectores.

### 3.6. MORFODINAMICA ACTUAL

Al igual que en las hojas contiguas por el norte y el sur (Antigüedad y Peñafiel, respectivamente), si se atiende a la litología y estructura de la zona, y al carácter prácticamente atectónico de la misma, no se reconocen procesos actuales de relevancia. Sin embargo, de forma puntual se aprecian algunas actuaciones que pueden producir modificaciones notorias. Entre ellas se destacan las de carácter fluvial, que dan lugar a formación de cárcavas con escarpes casi verticales, incisiones lineales, erosión lateral de los cauces, etc.

En las laderas los procesos de gravedad actuales se limitan a la caída de bloques, muy frecuentes en los valles de laderas escarpadas, debido a la inestabilidad topográfica y a los procesos de descompresión lateral que sufren las grandes mesas de los páramos en las zonas marginales.

Otros procesos activos son los relacionados con el endorreísmo. En las pequeñas lagunas originadas en la superficie del Páramo se produce la actividad sedimentaria propia de estos medios.

El viento también constituye un factor modificador. Aunque en esta Hoja no existen depósitos importantes que demuestren su acción en el sector, sí lo hacen en la de Peñafiel, contigua por el sur. Su participación se limita aquí a una acción erosiva colaborando en el modelado y ampliación de las depresiones kársticas.

Todas estas características y otras, ya manifestadas a lo largo de esta Memoria, hacen suponer la no existencia de cambios importantes de carácter morfológico, al menos en un futuro inmediato.

## 4. HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de la Hoja de Roa está ligada a la evolución regional de la Cuenca del Duero y en particular al sector central y sur-oriental. En el área objeto de estudio no existe un registro sedimentario continuo y aflorante como para establecer una cronología de los hechos acaecidos durante todo el Terciario y mucho menos en el Mesozoico.

La existencia de sondeos (Don Juan-1 al norte de la Hoja y Río Franco-1 en la Hoja de Antigüedad) pone de manifiesto que existe una serie atribuida al Neógeno de 1.000 m para el primero y 1.907 m de espesor para el segundo, aunque bien pudiera ocurrir que en los metros más bajos estuviese representado también el Paleógeno. Por debajo se localiza un Mesozoico representado por el Cretácico y un Triásico detrítico que se apoya sobre el Paleozoico. Las características del sondeo Río Franco-1 se mantienen en otros sectores de la cuenca, aunque el sondeo Don Juan-1, situado al sur, en las proximidades de Castrillo de Don Juan, sólo corta 1.000 m de Terciario.

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

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



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

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

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

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

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

A partir del meridiano de Nava de Roa y de Anguix, más al norte, se observa un tránsito a facies lacustres marginales. El paso a este ambiente lacustre es transicional y marca el inicio de un amplio desarrollo de sistemas lacustres, motivados probablemente por cambios en las condiciones climáticas ambientales. Este hecho lleva consigo la formación de lagos someros con pequeña lámina de agua y de carácter discontinuo con frecuentes fluctuaciones del nivel del agua.

Todo esto implica la formación de depósitos margosos y carbonáticos así como de yesos diagenéticos (Facies Cuestas). Los niveles carbonáticos muestran importantes rasgos pedo-

genéticos, con importantes procesos de dolomitización secundarios. La presencia de yesos se localiza, más frecuentemente, en la zona occidental de la Hoja, con la excepción del Cerro Manvirgo, situado al este, y que destaca por su abundancia en sedimentación evaporítica.

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

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

El ciclo culmina normalmente en la región con un predominio de los términos carbonatados, calizos y dolomíticos con algunas intercalaciones margosas. Estos niveles constituyen superficies de páramo somitales en algunas mesas de la zona. Esta unidad cartográfica recibe el nombre de "Calizas inferiores del Páramo". En algunos sectores de la Hoja de Roa, a esta altura estratigráfica se observa una mayor presencia de los términos margoarcillosos que constituyen otra unidad diferenciada.

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

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

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

excepcionalmente, los depósitos carbonatados (palustre) se sitúan directamente sobre la unidad inferior o bien sobre un nivel lutítico rojo (paleosuelos), asociado a los procesos kársticos (valle del Esgueva), en general entre los meridianos de Castrillo de Don Juan y Hérmedes de Cerrato (Hoja de Roa).

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

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

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

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

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

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

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

Depósitos de valles antiguos a veces relictos, como en el área del valle del Esgueva, Peñafiel-Pesquera del Duero, están representados por glaciares, coluviones y demás depósitos de ladera, y ponen de manifiesto un antiguo modelado previo a la configuración de la zona.

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

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

En el ámbito de esta Hoja se han reconocido 38 indicios, aunque este amplio número se contrapone con el pequeño desarrollo e interés de aquéllos. Las únicas sustancias con alguna importancia económica son las arenas y gravas, aprovechadas en el aluvial cuaternario y terrazas bajas del río Duero próximos a Roa, así como las que con menor potencialidad se obtienen en las intercalaciones de areniscas y conglomerados de la Unidad detrítica de Aranda. Puntualmente, y con carácter muy temporal, se extraen mezclas heterogéneas de arcillas, gravas y arenas para su utilización como zahorras. Las lutitas rojas de la Unidad detrítica de Aranda han servido para la obtención de tejas y ladrillos en pequeñas tejas o en alguna de mayor tamaño, como la de Roa, aunque hoy todas ellas están abandonadas. Los yesos de la Facies Cuestas dieron lugar a una pequeña explotación en Villobela de Esgueva, con un horno de mediano tamaño, y a otras con aprovechamiento en hornos de muy pequeñas dimensiones, todos ellos hoy sin ninguna actividad. Muy puntualmente las calizas del Páramo han servido como roca de construcción o bien han sido molidas para servir de material de base en la mejora de las carreteras regionales.

### 5. 1. MINERALES METALICOS Y NO METALICOS

No se tienen noticias del aprovechamiento de minerales metálicos o no metálicos, ni en cuanto a su existencia en proporciones dignas de ser tenidas en cuenta, ya que por ejemplo los resultados obtenidos en las formaciones detríticas miocenas sólo indican contenidos destacables en turmalina y circón, y ello sin interés económico considerable.

### 5.2. MINERALES ENERGETICOS

Pueden citarse en este epígrafe las arcillas carbonosas asociadas a la Facies Cuestas, aunque su bajo poder calorífico y su reducida potencia impiden caracterizarlas como indicios mineros.

### 5.3. ROCAS INDUSTRIALES

#### 5.3.1. Aspectos generales e históricos

En esta zona debe destacarse la presencia de los materiales asociados al río Duero y que, al igual que en las inmediatas áreas de Peñafiel, Aranda de Duero, etc., aportan, prácticamente, ilimitados volúmenes de gravas y arenas que han sido, y siguen siendo, aprovechadas para áridos de construcción, en graveras que presentan relativa importancia en las inmediaciones de Roa. El ritmo en su explotación se corresponde con la actividad del sector de la construcción a nivel local y regional. Menor desarrollo y potencialidad tienen los conglomerados y arenas intercaladas en la Unidad detrítica de Aranda. Sin apenas valor económico, se establecen temporalmente pequeñas cortas para la obtención de materiales heterogéneos, en granulometría y composición, aprovechados como zahorras.

## ROCAS INDUSTRIALES

NUMERO (Nº M.R.I.)	COORDEN. U.T.M.	SUSTANCIA	TÉRMINO MUNICIPAL PROVINCIA	ACTIVIDAD EXPLOTADORA	OBSERVACIONES: TIPO DE EXPLOTACION	USOS
1	VM029306	Calizas y margas (Calizas inf. y margas del Páramo).	Hérmedes de Cerrato PALENCIA	Inactiva	Varias canteras. Muy pequeñas.	Base de la carretera
2	VM019248	Arcillas (Lutitas rojas) (Unidad detr. Aranda)	Fombellida VALLADOLID	Inactiva	Arcillera. Antigua tejera. Pequeña.	Cerámicos
3	VM046224	Calizas y margas (Calizas inf. y margas del Páramo).	Canillas de Esgueva VALLADOLID	Inactiva	Cantera. Muy pequeña.	-
4 (96)	VM073247	Arcillas (y gravas). (Lutitas rojas, U. detr. Aranda y colv.).	Encinas de Esgueva VALLADOLID	Inactiva	Arcillera para antigua tejera y gravera. Pequeñas.	Cerámicos y zahorra
5	VM092297	Calizas (Calizas sup. del Páramo).	Castrillo de Don Juan PALENCIA	Inactiva	Acumulación de piedras en superficie (majanos) y molenda. Pequeña.	Balastro y zahorra
6 (97)	VM111272	Arenas y gravas (areniscas y conglom.) (U. detr. de Aranda)	Castrillo de Don Juan PALENCIA	Inactiva	Arenero (y gravera). Pequeño	Construc.
7 (56)	VM144304	Calizas (Calizas superiores del Páramo).	Tórtoles de Esgueva BURGOS	Inactiva	Acumulación de piedras en superficie (majanos) y molenda. Pequeña.	Balastro y zahorra
8	VM156299	Arcillas y gravas. (Coluvión y U. detr. de Aranda).	Tórtoles de Esgueva BURGOS	Inactiva	Dos graveras. Pequeñas.	Zahorra
9	VM169303	Arcillas (Lutitas rojas, U. detr. Aranda).	Tórtoles de Esgueva BURGOS	Inactiva	Arcillera. Antigua tejera. Pequeña.	Cerámicos
10	VM173293	Gravas (Aluvial cuaternario)	Tórtoles de Esgueva (Villovela de Esgueva) BURGOS	Intermitente	Gravera. Pequeña.	Zahorra
11	VM182301	Arcillas y gravas. (Coluvión y U. detr. de Aranda).	Tórtoles de Esgueva (Villovela de Esgueva) BURGOS	Inactiva	Gravera. Muy pequeña.	Zahorra
12	VM185287	Yeso (Aljez) (Margas y yesos) (F. Cuestas-Marg. de Peñafiel)	Tórtoles de Esgueva (Villovela de Esgueva) BURGOS	Inactiva	Cortas. Pequeñas. Antigua fábrica para calcinar yesos.	Costruc.
13	VM237313	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. de Aranda)	Torresandino BURGOS	Inactiva	Arenero. Muy pequeño.	Construc.
14	VM244307	Gravas (y arcillas) (Coluvión)	Torresandino BURGOS	Inactiva	Gravera. Mediana.	Zahorra
15 (57)	VM242302	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda)	Torresandino BURGOS	Inactiva	Arenero. Muy pequeño.	Construc.
16	VM267296	Gravas (y arcillas). (Coluvión)	Villatueda BURGOS	Inactiva	Gravera. Pequeña.	Zahorra
17 (98)	VM223265	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Olmedillo de Roa BURGOS	Inactiva	Arenero. Pequeño.	Construc.
18	VM232262	Arcillas (Lutitas rojas) (U. detr. Aranda)	Olmedillo de Roa BURGOS	Inactiva	Arcillera y antigua tejera. Pequeña	Cerámicos
19	VM230258	Gravas, arcillas y arenas. (U. detr. Aranda y aluvial cuat.).	Olmedillo de Roa BURGOS	Inactiva	Gravera. Muy pequeña.	Zahorra

NUMERO (Nº M.R.I.)	COORDEN. U.T.M.	SUSTANCIA	TÉRMINO MUNICIPAL PROVINCIA	ACTIVIDAD EXPLOTADORA	OBSERVACIONES: TIPO DE EXPLOTACION	USOS
20	VM252236	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	La Horra BURGOS	Intermitente	Arenero en varios puntos. Pequeña.	Construc.
21	VM229233	Gravas (y arenas). (Arenas y congl.) (U. detr. de Aranda)	Anguix BURGOS	Inactiva	Gravera y arenero. Muy pequeña.	-
22	VM215231	Gravas y arenas (Arenas y congl.) (U. detr. de Aranda).	Anguix BURGOS	Activa	Gravera y arenero. Extracción y clasificación. Mediana. Arena 70%, grava silicea 30% (moda 2-4 cm, centil 8 cm)	Construc. Aridos naturales
23	VM224228	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Anguix BURGOS	Inactiva	Arenero. Muy pequeña.	Construc.
24	VM238185	Arcillas (Lutitas rojas). (U. detr. Aranda).	Roa BURGOS	Inactiva	Arcillera. Mediana.	Cerámicos
25	VM243176	Gravas (Aluvial cuaternario)	Roa BURGOS	Activa	Gravera. Extracción y clasificación. Mediana.	Construc. Aridos naturales
26	VM234173	Arcillas (Lutitas rojas) (U. detr. Aranda).	Roa BURGOS	Inactiva	Dos arcilleras y antiguas tejeras. Mediana.	Cerámicos
27	VM235168	Gravas (Aluvial cuaternario).	Roa BURGOS	Inactiva	Gravera. Mediana. Recubierta.	Construc. Aridos naturales
28	VM272176	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Roa BURGOS	Inactiva	Arenero. Muy pequeño.	Construc.
29 (129)	VM258152	Gravas (Aluvial cuaternario).	Roa BURGOS	Inactiva	Gravera. Mediana. Recubierta.	Construc. Aridos naturales
30	VM248147	Gravas (Aluvial cuaternario).	Roa BURGOS	Inactiva	Gravera. Mediana.	Construc. Aridos naturales
31 (128)	VM221139	Gravas (Aluvial cuaternario).	La Cueva de Roa BURGOS	Inactiva	Gravera. Mediana. Recubierta.	Construc. Aridos naturales
32	VM213160	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Roa BURGOS	Inactiva	Arenero. Pequeña.	Construc.
33	VM206156	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Roa BURGOS	Inactiva	Arenero. Pequeña.	Construc.
34	VM198155	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Roa BURGOS	Inactiva	Arenero. Muy pequeña.	Construc.
35	VM183135	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Mambrilla de Castrejón BURGOS	Inactiva	Arenero. Muy pequeña.	Construc.
36	VM051146	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Piñel de Abajo VALLADOLID	Inactiva	Arenero. Muy pequeña.	Construc.
37	VM040155	Arenas (Arenas y conglom.) (U. detr. Aranda).	Piñel de Abajo VALLADOLID	Inactiva	Arenero. Muy pequeña.	Construc.
38	VM030155	Calizas (Calizas inferiores del Páramo).	Piñel de Abajo VALLADOLID	Inactiva	Cantera. Muy pequeña. Recubierta	Construc. Roca ornamen.

Cierta importancia ha alcanzado en algunos momentos la industria cerámica en la obtención de tejas y ladrillos, como en el caso de la antigua cerámica existente en Roa y hoy abandonada, aprovechando siempre las lutitas rojas de la Unidad detrítica de Aranda. El aprovechamiento local de las arcillas tuvo también una relativa importancia, hasta hace unos treinta años, para la obtención del material de construcción más clásico de la zona, el adobe; hoy este producto no se elabora y ha sido totalmente sustituido en la construcción, principalmente por el ladrillo.

Apenas debe considerarse el aprovechamiento de las calizas del Páramo como roca de construcción con carácter ornamental. Para la obtención de áridos de machaqueo se han molido ocasionalmente las rocas calizas dispersas en la superficie del Páramo.

Los yesos presentes en la Facies Cuestas no tienen potencias considerables y han sido calcinados en pequeños hornos e incluso en alguno mediano (Villobela).

### 5.3.2. Descripción de los materiales

#### 5.3.2.1. Calizas

En la base de los cimientos de las casas de la zona se han utilizado calizas del Páramo, sin apenas labrado, para complementar y mejorar la edificabilidad del adobe con el que se construía el resto del edificio en la arquitectura rural. Más raramente la roca se tallaba, bien para el recubrimiento en fachadas de los productos mencionados, por su mayor durabilidad, o bien para su utilización como roca de construcción en las paredes o unidades preferentes de un edificio e incluso en la totalidad de los edificios más singulares. En Piñel de Abajo, y presumiblemente en Canillas de Esgueva, aún quedan restos de una pequeña cantera en la que hace unos cincuenta años se obtuvo roca de construcción, aprovechando las "lanchas" de caliza del Páramo de un metro de potencia, compacta y de buena calidad.

Para moler las piedras sueltas de las calizas del Páramo, acumuladas en "majanos" por los labradores para facilitar el labrantío, se han instalado molinos, durante 3-5 años, consiguiéndose áridos de machaqueo aprovechados como balasto de carreteras de buena calidad. Restos de estos molinos, y de los productos con ellos obtenidos hace unos quince años, se observan en los Páramos de Castrillo de Don Juan y de Tórtoles de Esgueva. En los análisis y estudios realizados en el indicio de Castrillo de Don Juan para la elaboración del M.R.I., se indica que, en aquellos momentos (1956), existía una máquina de fabricación de aglomerado asfáltico en frío con una producción anual de 4.000 Tm; los análisis realizados indican un coeficiente de desgaste Los Angeles muy bueno (24'28), alta adhesividad al betún (99'5%), un peso específico aparente de 2'598, un peso específico real de 2'721 y una capacidad de absorción de 1'753.

Como zahorra, con muy bajo valor económico, se aprovecha una mezcla de gravas y gravillas calizas con variable presencia de margas, pertenecientes a coluviones e incluso a la formación geológica original subyacente.

#### 5.3.2.2. Yesos

Próxima a Villobela (l'órtoles de Esgueva) estuvo activa hasta hace unos treinta años una "aljecera", en la que se calcinaba el yeso (aljez) intercalado en niveles de 0'5-1 m. en las margas de la Facies Cuestas.

Los resultados analíticos obtenidos en los yesos de la Facies Cuestas en la elaboración del M.R.I. aportan un contenido de 5-9% en  $\text{SiO}_2$ , de 30-40% en  $\text{SO}_3$ , de 27-30% en  $\text{CaO}$ , de 2-7% en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , de 0'5-1'2% en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , etc. Se trata de formaciones métricas con variables intercalaciones margosas, correspondiéndose con discretas potencias, grandes reservas en extensión y calidades sólo óptimas en pequeños niveles intercalados en la Facies Cuestas y con su característica morfología poco apta para explotaciones a cielo abierto.

#### 5.3.2.3. Arcillas

Las tejas de la zona (Fombellida, Encinas de Esgueva, Tórtoles de Esgueva, Olmedillo de Roa y Roa), hoy todas ellas abandonadas, normalmente pesentaban pequeño desarrollo y los característicos hornos árabes. La mayor actividad se localizó hace quince años en la tejera (y ladrillera) de Roa. En ellas se aprovecharon las lutitas rojas de la Unidad detrítica de Aranda, en las que se incluyen recursos muy grandes, casi ilimitados, y buena calidad para la obtención de productos de cocción roja. En su utilización debe cuidarse no mezclarlas con los materiales calcáreos próximos (margas o calizas), aunque sí puede ser conveniente efectuar mezcla con las arenas para neutralizar el carácter graso de las arcillas.

Al realizarse el M.R.I. se obtuvieron en las lutitas rojas de la mencionada Unidad 15-20% de illita-montmorillonita, 15-20% de micas y 3-5% de caolinita, pudiendo ser consideradas como arcillas grasas con 50-60% de  $\text{SiO}_2$ , menos de 0'1% de  $\text{CaO}$ , 1-3'5 de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 15-25% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . En la elaboración del presente documento se ha observado que los componentes mineralógicos incluyen, como composición dominante, 15-20% de cuarzo, 4-8% de calcita, hasta 10% de dolomita, y los silicatos comprenden hasta cerca del 80% (50-75% de illita, 5-30% de caolinita y muy ocasional presencia de esmectita, clorita e interestratificados). En la Facies Cuestas y base del Páramo aumenta la presencia de filosilicatos y en ellos se pueden alcanzar contenidos de esmectita de hasta el 50%.

En Tórtoles de Esgueva y Encinas de Esgueva se ha obtenido zahorra a partir de coluviones instalados sobre la Unidad detrítica de Aranda y compuestos por gravas, arcillas rojas, gravillas, limos, etc.

#### 5.3.2.4. Arenas y gravas

Con desarrollo métrico se intercalan en la Unidad detrítica de Aranda niveles conglomeráticos y arenosos, en los que generalmente domina la presencia de arenas (70%) sobre la de



gravas (30%). Las arenas son cuarzo-feldespáticas y finas, algo arcillosas y con ocasional presencia de moscovitas, y las gravas son predominantemente silíceas (5-10% de carbonatos como presencia más frecuente) con media de 2-4 cm y 8 cm de centil. Suele tratarse de un producto algo cementado, aunque puede extraerse sin necesidad de emplear explosivos. La mayor actividad ha estado localizada en Roa, Anguix, Castrillo de Don Juan, Torresandino, Olmedillo de Roa, La Horra, Cueva de Roa, Mambrilla de Castrejón, Piñel de Abajo, etc., localizándose en el término municipal de Anguix la única gravera actualmente en funcionamiento con la consiguiente extracción, clasificación, selección y comercialización de las gravas, gravillas y arenas en sus diferentes variedades comerciales. No cabe esperar interés en los componentes mineralógicos de la fracción pesada, ya que el mayor contenido en turmalina y circón no ofrece concentraciones considerables económicamente. El contenido en cuarzo es del orden del 40-70% y el de feldespato del 5-15%.

En el cauce fluvial del río Duero se han implantado varias graveras (Roa, Villovela, etc.), una de las cuales sigue en actividad en Roa, donde se realizan los diversos procesos de extracción, selección y comercialización de grava, piñoncillo, arena, etc. Se trata de arenas cuarzo-feldespáticas, finas y arcillosas, con gravas calcáreas y silíceas.

Las graveras actuales suelen ser de tamaño mediano, con profundidades no superiores a los 8-10 m, con potencias métricas de las arenas y gravas, reservas muy grandes de éstas, aunque con distribución irregular, y con un grado de compactación bajo. En los estudios y análisis realizados para la elaboración del M.R.I. (E=1:200.000) se indica que las arenas miocenas suelen estar bien clasificadas, con tamaño medio de 0'3 mm, con un 10% de finos (arcillas y limos) y ligera presencia de fracciones de hasta 2-3 cm, pequeña proporción de materia orgánica y variable desarrollo de sulfatos heredados de las litologías cercanas. En los yacimientos cuaternarios se indican contenidos de 10-50% de gravas, 30-40% de gravillas, 20-30% de arenas y 2-10% de limos y arcillas, con muy baja presencia (0'025%) de materia orgánica.

También en este epígrafe puede citarse, una vez más, la presencia de extracción de zahorras en Olmedillo de Roa, Torresandino, etc., a partir de coluviones en los que se obtiene, sin ningún proceso de selección, una mezcla de arcillas, margas y gravas calcáreas en cortas de pequeña dimensión.

## 5.4. HIDROGEOLOGIA

### 5.4.1. Hidrología

Dentro de este apartado se hace referencia tanto a los datos climáticos (temperatura, pluviometría, etc.) como a los hidrológicos de que se dispone (red fluvial, foronómica, calidad, etc.).

Debido a la disposición geográfica en que se sitúa la Hoja de Roa, dentro de la Cuenca del Duero, el clima predominante es "*Mediterraneo templado*", siendo el régimen de humedad "*Mediterráneo seco*". La temperatura media anual es de 11 a 12°C, siendo las más

altas de 20-22°C y las mas bajas de 2-4°C. El período de heladas oscila entre siete y ocho meses.

También la precipitación es un parámetro fundamental en climatología. La precipitación media anual oscila entre los 450 y 500 mm (ver figura nº 2). Suele ser homogénea entre las estaciones de otoño, invierno y primavera. En la zona hay una estación termopluviométrica y 4 pluviómetros. Todas las características de estas estaciones están resumidas en el cuadro adjunto. Por otro lado, la evapotranspiración media se estima que llega a 700-800 mm, como cantidad media durante todo el año.

La Hoja de Roa pertenece íntegramente a la Cuenca Hidrográfica del Duero. Los cursos de agua permanente en la Hoja son: el río Duero, que forma un gran meandro en la zona sureste de la Hoja formando la Vega de Roa y Berlanga de Roa, y el Rianza, que seincorpora al Duero por su margen izquierda, cerca de Roa y Esgueva. En esta zona del sureste se encuentran los mejores regadíos, que se surten del Canal de Rianza y las acequias de las Huertas y de Olivar.

El Esgueva recoge a su paso por la Hoja gran número de arroyos, aunque con poco caudal. Entre ellos destacan, los arroyos de las Eras, Valdetorres, las Casas y Prado.

Todos estos ríos se clasifican según las zonas Hidrológicas establecidas en el Plan Hidrológico del Duero (P.H.D., 1985): Zonas I, Alto Duero, Cuenca 3, Subcuenca 3<sub>3</sub> (Río Rianza), Zona I, Alto Duero, Subcuenca D<sub>3</sub> (Río Duero entre Ucero y el Rianza); Zona II, Pisuerga, Cuenca 22, Subcuenca 23 (Río Esgueva); Zona V, Alto Duero, Subcuenca D<sub>4</sub> (Río Duero entre el Rianza y el Duratón) (ver fig. nº 3).

En las subcuencas 3<sub>3</sub>, D3 y D4, la demanda se satisface con un 76 a 97% de aguas superficiales, siendo la subcuenca 23 donde son las aguas subterráneas las que proporcionan un porcentaje mayor con un 60%, y sólo un 40% de aguas superficiales.

Según el "Estudio de Inundaciones Históricas y mapa de Riesgos Potenciales" realizado en 1985 sobre el riesgo de inundaciones de los ríos de la Cuenca del Duero, en el tramo comprendido en la Hoja el río Duero tiene un riesgo "Menor" de posibles inundaciones.

También señalar que las estaciones de aforos se encuentran aguas arriba y abajo de los límites que comprende la Hoja, y por tanto no hay estaciones de aforos en la zona. Y, sobre calidad, señalar que el Duero tiene una calificación de "Intermedio", según el Índice de Calidad General (I.C.G.), obtenido en uno de los puntos que constituyen la Red Oficial de Control de Calidad (R.O.C.C.) de la Comisaría de Agua del Duero.

#### 5.4.2. Hidrogeología

Tanto la Cuenca del Duero como los materiales que la rodean pertenecen a algún Sistema o Subsistema Acuífero. Así, dentro de la Cuenca del Duero encontramos estos Sistemas: Sistema nº 8 o Terciario Detrítico del Duero; Sistema Acuífero nº 12 o Terciario del Area de

Salamanca y Ciudad Rodrigo; Sistema Acuífero nº 11 o Terciario y Cretácico de la fosa de Segovia, y Sistema Acuífero nº 88 o Terciario Suroriental de Soria-Cubeta de Almazán (ver fig. nº 4).

El mayor acuífero es el nº 8 o Terciario Detrítico, que se caracteriza por ser un acuífero heterogéneo y anisótropo. Al ser un gran Sistema, tanto por su extensión superficial como por el espesor, se ha subdividido en Subsistemas o Regiones Hidrogeológicas: Región Norte o Esla Valdeorduey; Región Oriental o de la Ibérica; Región Sur o de los Arenales, y Región Centro o de los Páramos (ver fig. nº 5).

La Hoja de Roa pertenece a la Región de la Ibérica u Oriental y a la Región Central o de los Páramos.

La Región Central o de los Páramos se caracteriza por encontrarse el acuífero profundo confinado por las calizas de los Páramos (Facies Páramo) y el paquete margo-yesífero que se encuentra subyacente (Facies Cuestas).

Aunque se consideraba que la Facies Cuestas funcionaba como una formación impermeable, ahora se piensa que puede estar actuando como unos materiales poco permeables y por tanto recargando parte del acuífero profundo.

El acuífero profundo está formado por materiales arenosos y arcillo-arenosos, que subyacen debajo de la Facies Cuestas. Según las isopiezas, el flujo tiene una dirección este-oeste, dirigiéndose al Esgueva y Duero (ver fig. nº 6).

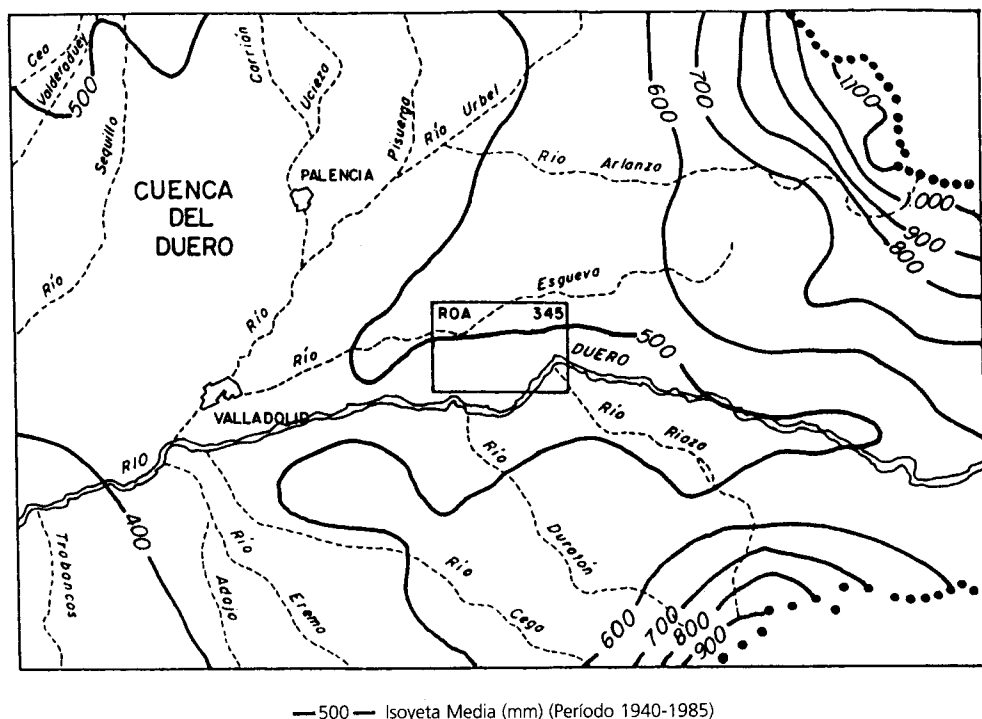
La Región de la Ibérica u Oriental está formada por los mismos materiales que los que están confinados en la Región de los Páramos. Lo que caracteriza esta región son los aportes de aguas subterráneas que pasan del Mesozoico de la Cordillera Ibérica al Terciario Detrítico del Duero (P.I.A.S., 1976-79).

Además de estos materiales, existen otros que forman acuíferos libres. Estos son: Páramos calcáreos y los Aluviales. En esta Hoja el páramo más importante es el "Páramo de Cuéllar", que está muy estudiado al tener una gran demanda de agua la zona, careciendo de recursos superficiales suficientes.

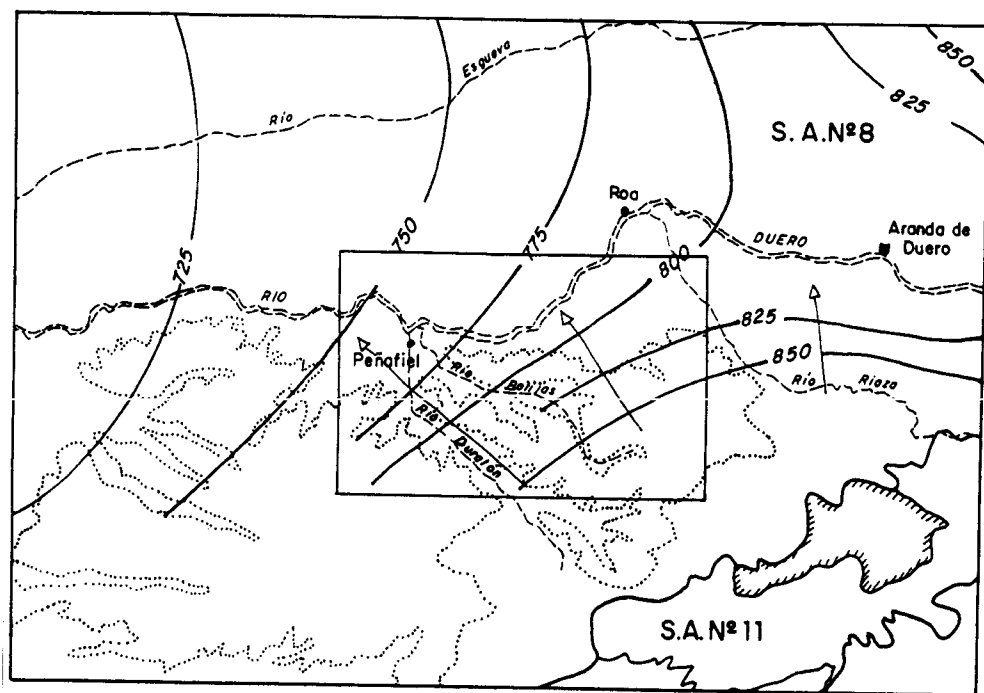
Respecto al inventario de puntos de agua, decir que está formado por manantiales (en los páramos), pozos con menos de 10 m (la mayoría) y sondeos profundos de 50 a 250 m. En el cuadro adjunto puede observarse las características de dichos puntos acuíferos.

De todos estos puntos, la mayoría se utilizan para la agricultura, aunque tienen en general pocos recursos. Los sondeos profundos suelen ser negativos, aunque en algunos se explota un caudal suficiente para abastecimiento urbano.

Sobre la calidad química decir que las aguas analizadas en la zona se pueden clasificar de "Aguas complejas", al estar formadas por aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas (ver fig. nº 7). Su conductividad es también muy elevada, 1.600-2.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aumentando hacia el noroeste de la Hoja (ver fig. nº 8).



**Fig. 2. Mapa de Isoyetas (Período 1940-1985)**



### LEYENDA

- ..... Límite de Cuenca Hidrográfica
- Límite de Zonas
- - - Límite de Cuencas
- Límite de Subcuencas
- I Designación de Zonas
- 22 Designación de Cuencas
- 22<sub>3</sub> Designación de Subcuencas

**Fig. 3. Zonación Hidrológica (Datos del Plan Hidrológico del Duero 1988)**

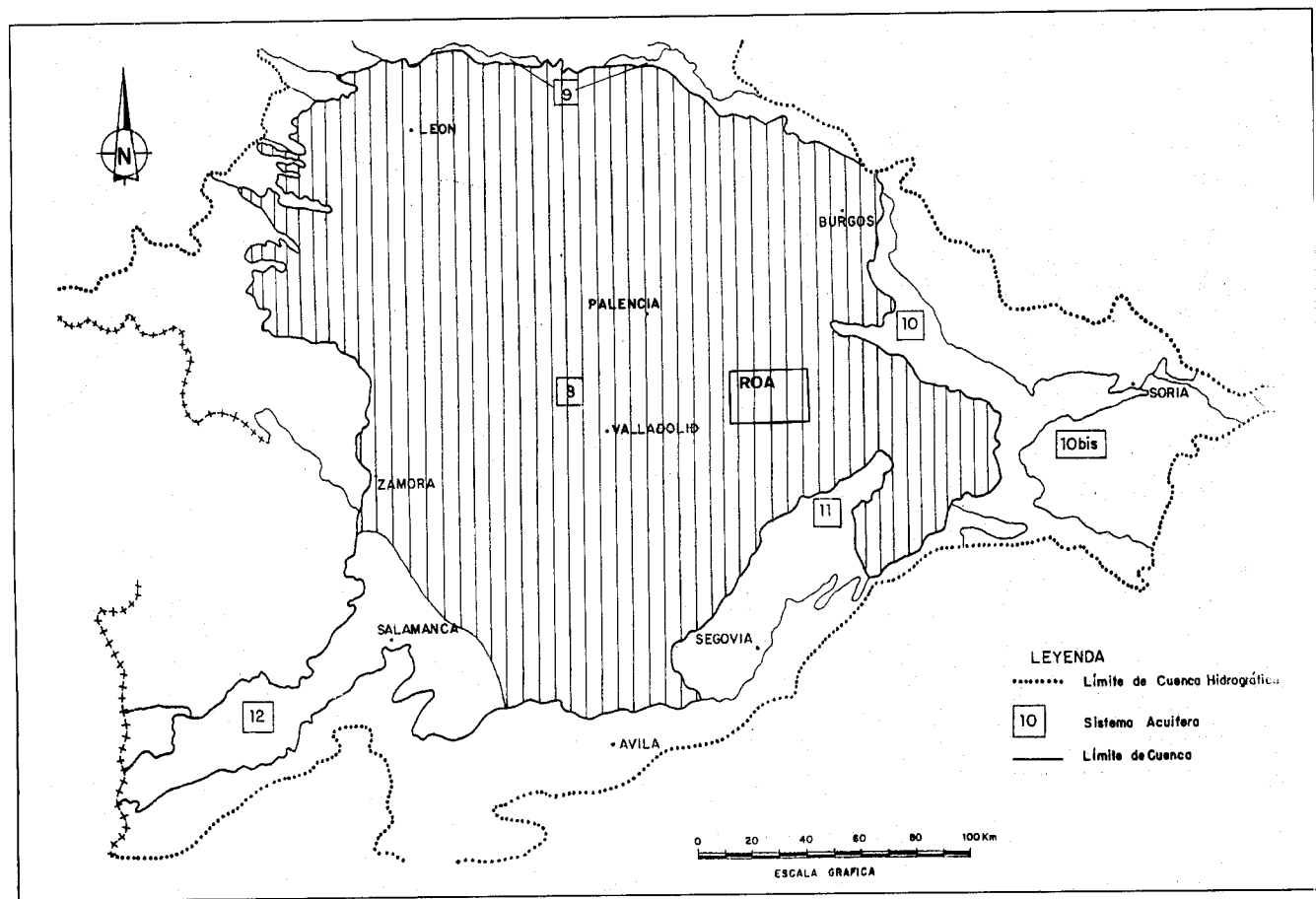


Fig. 4. Distribución de los Sistemas Acuíferos.

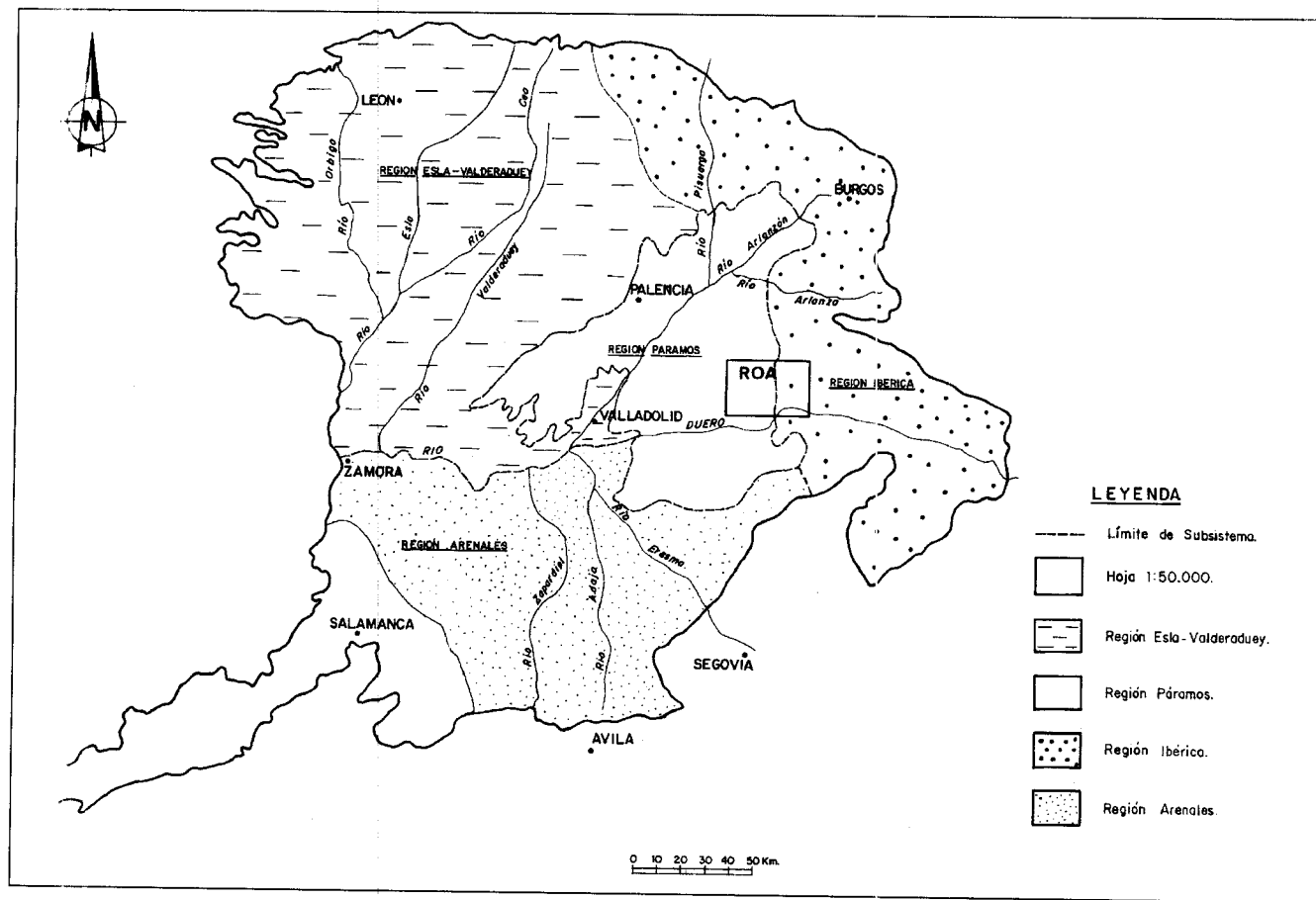
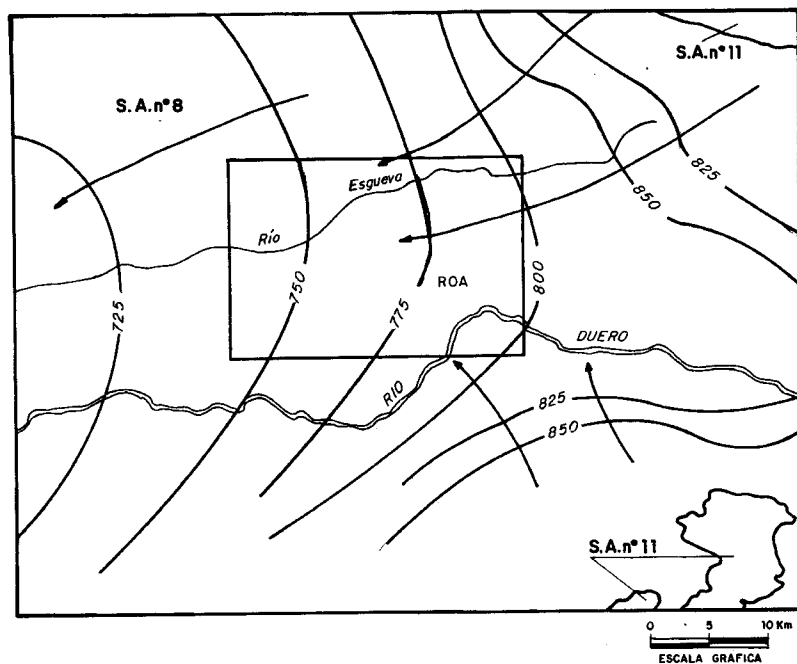


Fig. 5. Distribución de los Subsistemas del S.A. Nº 8 de la Cuenca del Duero.

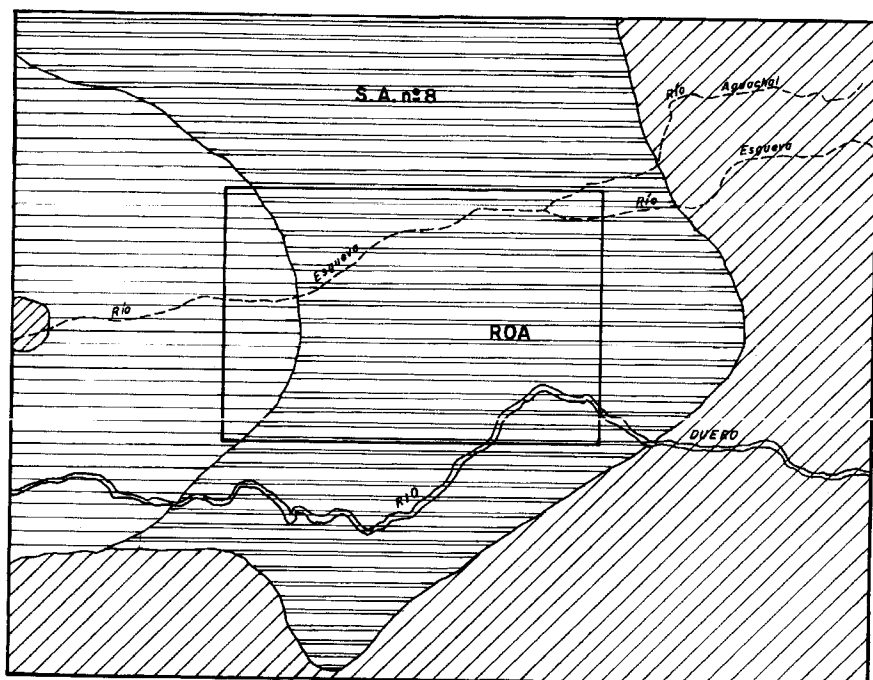


#### LEYENDA





- Curso de agua permanente.
- 800- Isopieza del acuífero profundo.
- Período Abril-Mayo 89.
- Línea de flujo.
- S.A.n°8 N° Sistema Acuífero.
- Hoja E: 1:50.000

Fig. 6. Isopiezas del Acuífero Profundo.

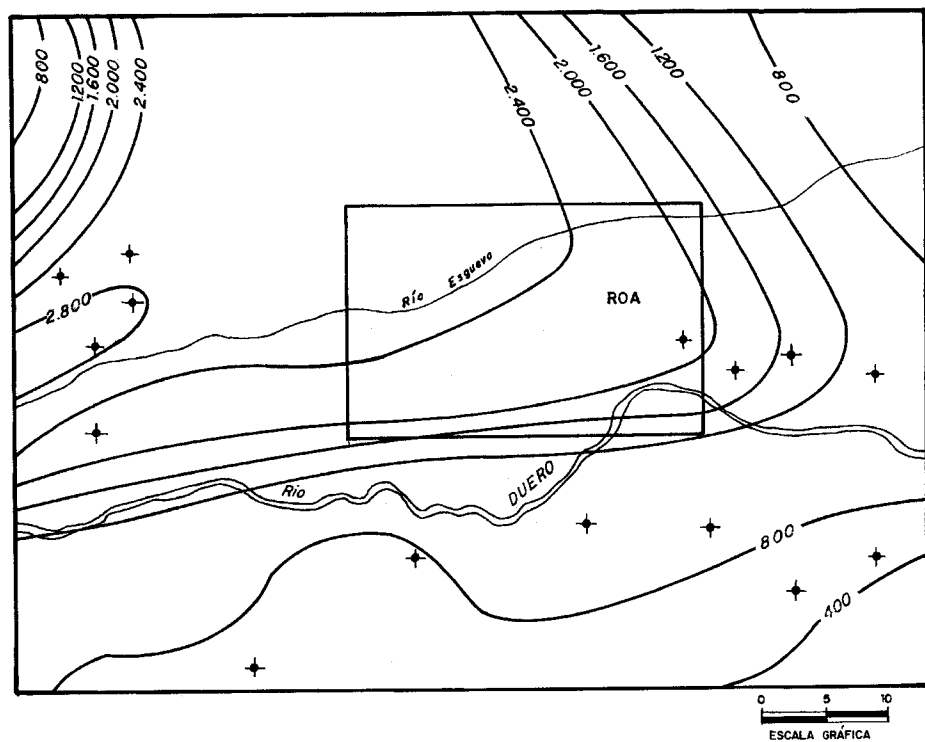




#### LEYENDA

-  Aguas Bicarbonatadas Cálculo - Magnésicos.
-  Aguas Sulfatadas.
-  Aguas Complejas.
-  Hoja 1:50.000.

**Fig. 7. Distribución de facies hidroquímicas.**



#### LEYENDA

- ✦ Punto de la R.V.C. del ITGE
- 1200— Isolinea de Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )
- Hoja 1:50.000

Fig. 8. Esquema de isoconductividades del Terciario Detrítico Central del Duero.

ROA								
Nº PUNTO	NATURALEZA	COTA TOP. (m. s. n. m.)	PROF. (m)	RED. PIEZOMETRICA ITGE	R.V.C. ITGE	Q (l/s)	USO	OBSERVACIONES
1814 1 001	Sondeo	797	350,0	No	No	—	No se usa	Negativo. Tiene columna
1814 1 002	Pozo	800	4,5	No	No	—	No se usa	—
1814 1 003	Pozo	800	4,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 004	Pozo	800	4,1	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 005	Pozo	800	5,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 006	Pozo	800	4,4	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 007	Pozo	800	4,0	No	No	—	—	—
1814 1 008	Pozo	800	3,8	No	No	—	—	No se utiliza
1814 1 009	Pozo	800	4,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 010	Pozo	800	4,8	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 011	Pozo	800	4,5	No	No	—	—	No se utiliza
1814 1 012	Pozo	798	4,9	No	No	—	Agricultura	Sólo se utiliza en verano
1814 1 013	Pozo	798	4,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 014	Pozo	798	4,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 015	Pozo	800	6,6	No	No	5,0	Agricultura	—
1814 1 016	Pozo	800	4,6	No	No	—	Agricultura	—

Cuadro nº 13

ROA								
Nº PUNTO	NATURALEZA	COTA TOP. (m. s. n. m.)	PROF. (m)	RED. PIEZOMETRICA ITGE	R.V.C. ITGE	Q (l/s)	USO	OBSERVACIONES
1814 1 017	Pozo	798	3,6	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 018	Pozo	800	7,2	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 019	Pozo	798	5,2	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 020	Pozo	800	4,8	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 021	Pozo	820	6,2	No	No	—	Agricultura	Cultivo de cereal y remolacha
1814 1 022	Pozo	825	6,9	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 023	Pozo	860	6,2	No	No	—	Agricultura	Sólo se utiliza en verano
1814 1 024	Pozo	880	—	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 025	Pozo	796	4,1	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 026	Pozo	796	4,25	No	No	—	Agricultura	Cultivo de cereal y remolacha
1814 1 027	Pozo	796	4,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 028	Pozo	796	4,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 029	Pozo	796	4,3	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 030	Pozo	798	6,6	No	No	—	Abastecimiento	Tiene de 20 a 30 m de galería hacia el río. Con depósito
1814 1 031	Pozo	796	5,3	No	No	—	Agricultura	Cultivo de cereal y remolacha
1814 1 032	Pozo	798	4,3	No	No	—	Agricultura	Cultivo de cereal y remolacha

Cuadro nº 14

ROA								
Nº PUNTO	NATURALEZA	COTA TOP. (m. s. n. m.)	PROF. (m)	RED. PIEZOMETRICA ITGE	R.V.C. ITGE	Q (l/s)	USO	OBSERVACIONES
1814 1 033	Pozo	798	3,8	No	No	—	Agricultura	Cultivo de cereal y remolacha
1814 1 034	Pozo	798	4,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 035	Pozo	798	4,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 036	Pozo	800	6,6	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 037	Pozo	796	4,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 038	Pozo	796	4,55	No	No	—	Agricultura	Cultivo de cereal y remolacha
1814 1 039	Pozo	796	5,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 040	Pozo	796	3,9	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 041	Pozo	796	3,4	No	No	—	Agricultura	—
1814 1 042	Sondeo	—	5,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 001	Pozo	800	5,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 002	Pozo	820	5,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 003	Pozo	830	3,0	No	No	—	No se usa	—
1814 2 004	Pozo	818	3,0	No	No	—	No se usa	—
1814 2 005	Pozo	820	6,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 006	Pozo	818	5,0	No	No	—	No se usa	—
1814 2 007	Pozo	818	3,5	No	No	—	No se usa	—

Cuadro n° 15

ROA								
Nº PUNTO	NATURALEZA	COTA TOP. (m. s. n. m.)	PROF. (m)	RED. PIEZOMETRICA ITGE	R.V.C. ITGE	Q (l/s)	USO	OBSERVACIONES
1814 2 008	Pozo	850	4,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 009	Pozo	820	5,0	No	No	—	No se usa	—
1814 2 010	Pozo	820	6,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 011	Pozo	860	3,8	No	No	—	No se usa	—
1814 2 012	Pozo	800	5,0	No	No	—	No se usa	—
1814 2 013	Pozo	820	4,9	No	No	—	Agricultura	—
1814 2 014	Pozo	900	—	No	No	—	Ganadería	—
1814 3 001	Pozo	840	6,3	No	No	—	Agricultura	—
1814 3 002	Pozo	820	5,5	No	No	—	No se usa	—
1814 3 003	Pozo	820	3,0	No	No	—	No se usa	—
1814 3 004	Pozo	820	2,8	No	No	—	No se usa	—
1814 3 005	Pozo	820	6,0	No	No	—	Agricultura	—
1814 3 006	Pozo	820	5,0	No	No	—	No se usa	—
1814 3 007	Pozo	820	5,0	No	No	—	No se usa	—
1814 3 008	Pozo	830	4,4	No	No	—	No se usa	—
1814 3 009	Pozo	830	3,5	No	No	—	Agricultura	—

Cuadro nº 16

ROA								
Nº PUNTO	NATURALEZA	COTA TOP. (m. s. n. m.)	PROF. (m)	RED. PIEZOMETRICA ITGE	R.V.C. ITGE	Q (l/s)	USO	OBSERVACIONES
1814 3 010	Pozo	840	3,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 4 001	Pozo	840	3,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 4 002	Pozo	840	7,0	No	No	—	No se usa	—
1814 4 003	Pozo	860	4,0	No	No	—	No se usa	—
1814 4 004	Pozo	860	2,5	No	No	—	Agricultura	—
1814 4 005	Pozo	860	5,8	No	No	—	Agricultura	—
1814 4 006	Sondeo	850	122,6	No	No	—	Abastecimiento	Tiene columna
1814 5 001	Sondeo	817	250,0	No	No	—	No se usa	Negativo. Tiene columna
1814 5 002	Sondeo	800	48,0	No	No	—	No se usa	Negativo. Tiene columna
1814 6 001	Sondeo	880	80,0	No	No	—	No se usa	Negativo. Tiene columna
1814 7 001	Sondeo	817	250,0	No	No	—	No se usa	Negativo. Tiene columna
1814 7 002	Sondeo	—	240,0	No	No	—	Abastecimiento	—
1814 7 003	Sondeo	—	240,0	No	No	—	Regadío	—
1814 8 001	Sondeo	810	94,0	No	No	9,7	Agricultura	Cultivo de remolacha
1814 8 002	Sondeo	802	90,0	No	No	—	No se usa	No se utiliza
1814 8 003	Sondeo	792	94,0	No	No	8,3	Agricultura	—
1814 8 004	Sondeo	793	250,0	No	Si	3,9	Abastecimiento	Con depósito
1814 8 005	Sondeo	756	205,0	No	No	—	Agricultura	• Tiene análisis químico

Cuadro nº 17

## 5.5. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

Este apartado constituye una síntesis en donde se exponen las características geotécnicas de los materiales aflorantes en la Hoja de Roa. En el Cuadro adjunto se resumen las características geotécnicas de las diferentes Areas y Zonas.

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

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

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

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

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

**Area I.** Materiales terciarios.

**Area II.** Materiales cuaternarios.

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

**Zona I,** Se trata de un conjunto detrítico formado por lutitas rojas donde se intercalan niveles de areniscas y conglomerados. Unidades cartográficas: 1 y 2.

**Zona I,** Es un conjunto detrítico carbonatado constituido por margas blancas, niveles de yesos, margocalizas, calizas, dolomías y arcillas rojas "Facies Cuestas". Unidades cartográficas: 3, 4, 5 y 6.

**Zona I,** Son materiales carbonatados, constituidos por dolomías, calizas y margas. Estos niveles forman parte del conjunto litológico denominado "Calizas inferiores del Páramo". Unidades cartográficas: 7 y 8.

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

**Zona I,** Son calizas grises y margas, que constituyen las "Calizas superiores del Páramo". Unidad cartográfica: 11.



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

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

**Zona II<sub>1</sub>.** Corresponde a los depósitos de terrazas. Son gravas cuarcíticas y arenas. Unidades cartográficas: 15 y 16.

**Zona II<sub>2</sub>.** Se han agrupado las litologías ligadas a depósitos de gravedad como son los glaciares, coluviones y conos. Son gravas, arenas y arcillas. Unidades cartográficas: 14, 20 y 21.

**Zona II<sub>3</sub>.** Corresponde a los fondos de dolinas y áreas endorreicas. Son arcillas y lutitas. Unidades cartográficas: 12 y 17.

**Zona II<sub>4</sub>.** Se han agrupado los depósitos de la llanura aluvial del Duero y los fondos de valle, así como un pequeño retazo de calizas travertínicas. Son gravas, arenas, calizas tobáceas, limos carbonatados, arcillas y limos. Unidades cartográficas: 13, 18, 19 y 22.

## **AREA I**

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

#### *Características litológicas*

Es un conjunto eminentemente detrítico, que se distribuye por toda la Hoja. Abundan los materiales de granulometría muy fina como son las lutitas, si bien aparecen niveles intercalados de areniscas y conglomerados.

#### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

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

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

### *Características litológicas*

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

Se localizan en una estrecha franja central norte-sur, en las laderas del valle del Esgueva, y en general constituyen las faldas de las mesas que conforman el relieve de la Hoja.

### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

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

### *Características litológicas*

Se han agrupado los diferentes términos carbonatados, que representan el final del ciclo de sedimentación medio del Neógeno.

Son dolomías, calizas y margas; estos términos superiores son conocidos como "Calizas inferiores del Páramo".

### *Características geotécnicas*

Son permeables, siendo su drenaje preferencial por infiltración.

No son ripables en general, son rocas de elevada dureza que necesitan para su extracción, en la mayor parte de los puntos, el uso de explosivos.

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

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

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

##### *Características litológicas*

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

##### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

##### *Características litológicas*

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

Aparecen mayoritariamente al norte de la Hoja, en torno al río Esgueva y en el Cerro Manvirgo, constituyendo un importante nivel de páramo.

##### *Características geotécnicas*

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

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

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

El condicionante más relevante es la alta karstificación que puede originar el colapso de estructuras que se apoyen en estas zonas.

## AREA II

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

#### *Características litológicas*

Corresponde a los depósitos de las terrazas estando constituidos por gravas silíceas escasamente cementadas, desarrollándose en los alrededores de Roa.

#### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

#### *Características litológicas*

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

Son, principalmente gravas, arenas y arcillas. Se localizan sobre las laderas de los valles y salidas de los barrancos.

#### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

### *Características litológicas*

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

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

### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

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

### *Características litológicas*

Corresponde a los depósitos de fondos de valle y llanura de inundación de los ríos Duero y Esgueva y otros afluentes de menor tamaño. Están formados, en general, por gravas, arenas, limos y arcillas. Igualmente se ha incluido dentro de esta zona un pequeño relleno de fondo de valle, constituido por calizas travertínicas y limos carbonatados.

### *Características geotécnicas*

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

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

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

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

LEYENDA				
AREA	ZONA	UNIDAD CARTOGRAFICA	EDAD	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
	II <sub>4</sub>	13, 18, 19 y 22		L: Gravas, arenas, limos y arcillas. Llanura de inundación. Fondos de valles. Caliza travertínica. $p=p-sp$ $Rp=r$ $D=e+i$ $Q=b-m.b.$ R= Nivel freático a escasa profundidad. Inundación. Baja compacidad.
	II <sub>3</sub>	12 y 17		L: Arcillas y lutitas. Fondos de dolinas y áreas endorreicas. $p=sp-i$ $Rp=r$ $D=e+i$ $Q=m-b$ R= Sustrato inestable. Encharcamientos temporales.
	II <sub>2</sub>	14, 20 y 21		L: Arenas, gravas y arcillas. Glacis, coluviones y conos. $p=p-sp-i$ $Rp=r$ $D=e+i$ $Q=m-b$ R= Disposición errática de materiales. Deslizamientos.
	II <sub>1</sub>	15 y 16		L: Gravas cuarcíticas y arenas. Depósitos de terraza. $p=p$ $Rp=r$ $D=i$ $Q=m$ R= Nivel freático alto. Asientos diferenciales.
	I <sub>5</sub>	11		L: Calizas grises y margas. $p=p$ $Rp=n.r.$ $D=i$ $Q=a$ R= Alta karstificación. Zonas de hundimiento.
	I <sub>4</sub>	9 y 10		L: Arcillas rojas con areniscas, margas blancas y margocalizas. $p=i$ $Rp=r-n.r$ $D=e$ $Q=m-b$ R= Asientos diferenciales. Erosión diferencial.
	I <sub>3</sub>	7 y 8		L: Dolomías, calizas y margas. $p=p$ $Rp=n.r.$ $D=i$ $Q=a$ R= Alta carstificación. Zonas de hundimiento.
	I <sub>2</sub>	3, 4, 5 y 6		L: Margas blancas, lutitas rojas, yesos y margocalizas. $p=i$ $Rp=r-n.r.$ $D=e$ $Q=a-m$ R= Variable comportamiento geotécnico. Agresividad.
	I <sub>1</sub>	1 y 2		L: Lutitas rojas, areniscas y conglomerados. $p=i-sp$ $Rp=r$ $D=e$ $Q=m-b$ R= Erosión diferencial. Asientos diferenciales

**Cuadro nº 18**

L: Litología	
p: Permeabilidad	p: permeable; sp: semipermeable; i: impermeable
D: Drenaje	i: por infiltración; e: por escorrentía; i+e: por ambas a la vez
Q: Capacidad de carga	a: alta; m: media; b: baja; m.b: muy baja
Rp: Ripabilidad	R: ripable; n.r: no ripable
R: Condicionantes geotécnicos	

## 6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO (PIG)

En la Hoja de Roa se han inventariado y catalogado seis Puntos de Interés Geológico, que han sido seleccionados y desarrollados.

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

### 6.1. RELACION DE PUNTOS INVENTARIADOS

La relación de puntos inventariados es la siguiente:

- Sección sedimentológica de Anguix.
- Sección estratigráfica de Tórtolos de Esgueva.
- Cerro Manvirgo.
- Curso medio del río Duero en Roa.
- Tobas y travertinos colgados de Tórtolos de Esgueva.
- Valle del Esgueva.

### 6.2. TESTIFICACION DE LA METODOLOGIA

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

Geomorfológico	33%
Sedimentológico	33%
Estratigráfico	33%

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

## TIPO DE INTERES

### *Interés principal*

Estratigráfico	Sección estratigráfica de Tórtolos de Esgueva Cerro Manvirgo
Sedimentológico	Sección sedimentológica de Anguix Tobas y travertinos colgados de Tórtolos de Esgueva
Geomorfológico	Curso medio del río Duero en Roa Valle del Esgueva

Todos estos puntos se han clasificado, además de por su contenido e interés principal, de acuerdo con su utilización (turística, didáctica, científica y económica), así como por su repercusión dentro del ámbito local, regional, etc.

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



## 7. BIBLIOGRAFIA

- AEROSERVICE LTD (1967). Mapa Geológico de la Cuenca del Duero. Escala 1:250.000. Inst. Nacional de Colonización e Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M., y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1976). Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central Española. *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 6: 7-29. I.L.M. C.S.I.C.
- ALBERDI, M. T. (1974). Las "faunas de Hipparion" de los yacimientos españoles. *Estudios Geológicos*, vol. 30, núm. 2-3 pp. 189-212.
- ALBERDI, M. T., LÓPEZ, N., MORALES, J., SESE, C. y SORIA, D. (1981). Bioestratigrafía y biogeografía de la fauna de mamíferos de los Valles de Fuentidueña (Segovia). *Estudios Geol.*, 37: 503-511.
- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1972). Estudio sedimentológico de los arenales de Cuéllar (Segovia). *Estudios Geológicos*. Vol. 28 pp. 345-358.
- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1972). Estudio edáfico-sedimentológico de los arenales de la Cuenca del Duero. *Tesis Doctoral. Univ. Complutense*. Madrid.
- ALIA, M. (1976). Una megaestructura en la Meseta. La bóveda castellano-extremeña. *Estudios Geol.*, 32: 229-238.
- 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"*. IGME, 2: 487-489.
- ALONSO GAVILÁN, G., ARMENTEROS ARMENTEROS, I., DABRIO GONZÁLEZ, C. J. y MEDIAVILLA LÓPEZ, R. M. (1987). Depósitos lacustres terciarios de la Cuenca del Duero (España). *Studia Geologica Salmantica*, 1: XXIV: 3-47.
- ALVAREZ SIERRA, M. A., GARCÍA MORENO, E., y LÓPEZ MARTÍNEZ, N. (1985). Biostratigraphy and paleo-evological interpretation of Middle-Upper Miocene successions in continental sediments of the Duero basin, Northern Spain. *Abstract VIII Congress of the RCMNS*, Budapest, 1985: 56-67.
- ARAGONÉS, E. (1978). Informe sedimentológico sobre las Hojas geológicas MAGNA de la transversal Norte-Sur de la Cuenca del Duero. IGME. Inédito.
- ARMENTEROS ARMENTEROS, I. (1986). Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector Suroriental de la Depresión del Duero. Ediciones de la Diputación de Salamanca. Serie Castilla y León, 1: 471 pp.
- ARMENTEROS, I.; GONZÁLEZ, J.A.; CIVIS, J. y DABRIO, C. (1986). El problema del Neogeno superior en la Cuenca del Duero: Nuevos Datos Paleontológicos (invertebrados) en el sector Peñafiel-Almazán. *Estudia Geológica Salmantica*, 22: 277-291.

- CARBONELL, G. (1969). Les ostracodes du Miocene Rhodien. Systématique, biostratigraphie écologique, paleobiologie. *Doccum. Lab. Geol. Fac. Sci., Lyon*, 32 (1-2): 1-169.
- CIVIS, J.; GARCÍA, J.M. y JIMÉNEZ, E. (1982). Ostracofauna de la facies "Cuestas" en el borde occidental de la Cuenca del Duero. *1ª Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca 1979. Temas Geológico Mineros*, 6 (1): 153-167.
- COLMENERO, J.R.; MANJÓN, M.; GARCÍA-RAMOS, J.C.; VARGAS, I. (1982). Evolución de la sedimentación terciaria en el borde N. de la Cuenca del Duero entre los valles del Torio y Pisuerga (León-Palencia). *1ª Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca 1979. IGME. Temas Geológico Mineros*, 6 (1): 171-181.
- CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J.F. (1954). Ensayo de síntesis sobre el Mioceno de la Meseta Castellana. *Tomo extr. de la Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 215-227.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J. (1960). Sobre la caracterización del Vallesiense. *Not. y Com. Inst. Geol. y Min. España*, 60, 109-126.
- GARCÍA DEL CURA, A. (1974). Estudios sedimentológicos de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero). *Estudios Geológicos*, 30: 579-597.
- GARCÍA DEL CURA, A. (1975). Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Terciario continental de la Cuenca del Duero (Zona oriental). *Actas I. Coloquio Internacional sobre Bioestratigrafía Continental del Neógeno superior y Cuaternario inferior* (M. T. Alberdi y E. Aguirre eds.), 77-82.
- GARCÍA DEL CURA, A., y LÓPEZ AGUAYO, F. (1974). Estudio mineralógico de las facies detrítico calcáreas del Terciario de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero). *Estudios Geológicos*, 30: 503-513.
- GARCÍA DEL CURA, M. A. y ORDÓÑEZ, S. (1975). Les roches carbonatées continentales du Bassin du Duero. *IX Congr. Int. Sédim. Nice*, 10: 49-55.
- GARCÍA DEL CURA, M. A., y ORDÓÑEZ, S. (1982). Texturas y estructuras en calizas continentales: un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros* 6 (1): 227- 252.
- 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*, IGME 6 (1): 275-289.
- GLADFELTER, B.G. (1971). *Meseta and Campima Landforms in Central Spain*. Univ. Chicago. Dep. Geogr. Research Paper, 130: 204 pp.

- GONZÁLEZ, I.A., VALLE, M.F., SIERRA, F. y FLORES, J. (1986). Distribución de los foraminíferos, moluscos y ostrácodos en el Neógeno de la Cuenca del Duero. Aspectos más significativos. *Estudia Geológica Salmanticensis*, XXII, 277-291.
- GONZÁLEZ, A.; PARDO, G., y VILLENA, J. (1988). El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas. *II Congreso de Geología de España S.B.E.* Granada, 1: 175-184.
- GRACIA PRIETO, J. F.; NOZAL MARTÍN, F.; PINEDA VELASCO, A. y WOUTERS DE VRIERS, P. F. (1980). Superficies de erosión neógenas y neotectónicas en el borde NE de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7: 38-40.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Memorias de la Comisión de Investigación Paleontológica y Prehistórica*, Madrid, 5: 75 pp.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1930). Sobre la extensión del Neógeno en el Norte de la alta planicie de Castilla la Vieja. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, 30.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1932). Tres ciclos de erosión geológica en las sierras orientales de la Cordillera Central. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 32: 456-460.
- IGME (1970). Mapa Geológico de España a E. 1:200.000, 1ª serie. Burgos (nº 20). Minist. de Industria. Madrid.
- IGME (1973). Mapa Metalogenético de España a E. 1:200.000, 1ª serie. Burgos (nº 20). Servicio Publicaciones del Minist. de Industria. Madrid.
- IGME (1976). Mapa de Rocas Industriales a E. 1:200.000. Burgos (nº 20). Servicio de Publicaciones del Minist. de Industria. Madrid.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N., SESE BENITO, C. y SANZ GARCÍA, J. L. (1977). La microfauna (Rodentia, Insectivora, Lagomorpha y Reptilia) de las fisuras del Mioceno medio de Escobosa de Calatañazor (Soria, España). *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 8: 47-73.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N. y SANCHIZ, F. de B. (1982). Los primeros microvertebrados de la Cuenca del Duero: listas faunísticas preliminares e implicaciones bioestratigráficas y paleofisiográficas. IGME, 1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, *Temas Geológico-Mineros*. 6 (1): 341-353.
- LÓPEZ, N.; AGUSTÍ, J.; CABRERA, L.; CALVO, J.P.; CIVIS, J.; CORROCHANO, A.; DAANS, R.; DÍAZ, M.; ELIZAGA, E.; HOYOS, M.; MORALES, J.; PORTERO, J.M.; ROBLES, F.; SANTIESTEBAN, C. y TORRES, T. (1985). Approach to the Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *VIII th Congress of the Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy. Symposium on Late Cenozoic Mineral Resources. Hungarian Geological Survey. Abstracts.*, LXX: 383-391.
- MEIN, P. (1975). Proposition de biozonation du néogène Méditerranéen a partir des mammifères. *Actas I Col. Int. Biostra. Neog. Sup. Cuat. Tinf. Trab. Neog. Cuat.*; 4 págs. 112-113.

- LÓPEZ MARTÍNEZ, N., GARCÍA MORENO, E., ALVAREZ SIERRA, M. A. (1986). Paleontología y Bioestratigrafía (Micromamíferos) del Mioceno medio y superior del sector central de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmantica*, XXII: 191-212.
- LÓPEZ, N.; GARCÍA, E. y ALVAREZ, M.A. (1986). Paleontología y bioestratigrafía (micromamíferos) del Mioceno medio y superior del sector central de la Cuenca del Duero. *Estudia Geológica Salmantina*, XXII, 191-212.
- LÓPEZ OLMEDO, F.; ENRILE ALBIR, A., y CABRA GIL, P. (1991). Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. 2ª serie. Antigüedad (313). ITGE. Ministerio de Industria.
- MABESOONE, J. M. (1959). Tertiary and Quaternary Sedimentation in a part of the Duero Bassin (Palencia, Spain). *Leidse Geol. Meded.* 24: 21-180.
- MABESOONE, J. M. (1961). La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *Estudios Geol.* 17(2): 101-130.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1989). Características, rango, significado y correlación de las series ocreas del borde occidental de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmantica*, 5: 239-252.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1991). La definición en el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica alpina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 4 (3-4): 334-351.
- MEDIAVILLA, R. M. y DABRIO, C. J. (1989). Las calizas del Páramo en el sur de la provincia de Palencia. *Studia Geologica Salmantica*, 5: 273-291.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1986). La sedimentación continental del Neógeno en el sector Centro-Septentrional de la depresión del Duero. (Prov. de Palencia). *Studia Geologica Salmantica*, XXII: 111-132.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1987). Tectonics as a major control of sedimentation and facies distribution in the Neogene of the Duero Basin (Spain). *Inst. Ass. Sedim. 8th Reg. Meeting of sedimentology*. Abstr: 346-347.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1988). Controles sedimentarios neógenos en la depresión del Duero (sector central). *Rev. Soc. Geol. España*, 1: 187-195.
- MEDIAVILLA, R. M., y DABRIO, C. J. (1989). Análisis sedimentológico de los conglomerados de Tariago (Unidad 4. Neógeno de la Depresión del Duero). *Studia Geologica Salmantica*, 5: 293-310.
- MEGÍAS, A.G. (1982). Introducción al análisis tectosedimentario. Aplicación al estudio dinámico de cuencas. *Actas V congreso latinoamericano de geología*, 1: 385-402.
- MEIN, P. (1975). Proposition de biozonation du neogène Méditerranéen a partir des mamifères. *Actas I Col. Int. Biostrat. Neog. Sup. Cuat. Inf. Trab. Neog. Cuat.*, 4: 112-113.

- MOLINA, E. y ARMENTEROS (1986). Los arrasamientos Plioceno y Plio-pleistoceno en el sector suro-oriental de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmantica*, 22: 293-307.
- OLMO, P. DEL, y GUTIÉRREZ, M. (1982). Hoja MAGNA de Cigales (nº 343) 1:50.000. IGME.
- OLMO, P. DEL, y GUTIÉRREZ, M. (1982). Hoja MAGNA de Valladolid (nº 372) 1:50.000. IGME.
- OLMO, P. DEL, y PORTERO, J. M. (1982). Hoja MAGNA de Dueñas (nº 311) IGME.
- ORDÓÑEZ, S., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1976). Estudio de las facies detríticas del Terciario continental del Sector oriental de la Cuenca del Duero. *Estudios Geol.*, 32: 179-88.
- ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1977). Facies oncolíticas en medio continental. Aplicación al sector SE de la Cuenca del Duero. *Estudios Geológicos*, 33: 459-466.
- ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ, F. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1980). Contribución al conocimiento sedimentológico del sector centro-oriental de la Cuenca del Duero (sector Roa-Baltanás). *Estudios Geológicos*, 36: 361-369.
- ORDÓÑEZ, S., y GARCÍA DEL CURA, M. A. y LÓPEZ AGUAYO (1981). Chemical carbonated sediments in continental basins. The Duero Basin. *I.A.S. 2nd Eur. Mtg. Abstracts*, 130-133.
- ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ AGUAYO, F., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1976). Estudio geológico de las "facies rojas" pliocuaternarias del borde SE de la Cuenca del Duero (provincia de Segovia). *Estudios Geológicos* 32: 215-220.
- ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ AGUAYO, F., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1977). Estudio mineralógico de la secuencia litológica de Torresandino (Terciario continental de la Cuenca del río Duero). *Estudios Geológicos*, 32 (1): 87-42.
- ORDÓÑEZ, S., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1983). Recent and Tertiary fluvial carbonates in Central Spain. In: *Modern and Ancient Fluvial Systems*. J. D. Collinson y J. Lewin (Eds.). *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.* 6: 485-497.
- ORDÓÑEZ, S. ; GARCÍA DEL CURA, M. A., y BRELL, J. M. (1982). Relación entre las facies de abanico aluvial y facies carbonáticas del sector SE de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros*, IGME, 6 (2): 463-482.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1979). El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos. *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 9: 19-32.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982). *Neógeno y Cuaternario de la Llanura Manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*. Tesis Doctoral. Editorial de la Univ. Complutense de Madrid. 787 pp.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A.; VILAS MINONDO, L.; BRELL, J.M. y BERTOLINI PEREZ, M. (1971). Las series continentales al E. de la Sierra de Altomira. *Congreso Hispano-Luso-Americano Geol. Econ. Madrid-Lisboa*, 1: 367-376.

- PORTERO GARCÍA, J. M.; OLMO ZAMORA, P.; RAMÍREZ DEL POZO, J., y VARGAS ALONSO, I. (1979). Síntesis del Terciario Continental de la Cuenca del Duero. IGME, 1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, *Temas Geológico Mineros*, 6 (1): 11-37.
- POZO, M. et al. (1984). Estudio mineralógico, geoquímico y paleontológico de los materiales de transición de facies fluviales a evaporíticas en el sector central de la Cuenca del Duero. *Rev. Mat. Proc. Geol.*, 5 (2): 95-113.
- ROYO GÓMEZ, J. (1926). Edad de las formaciones yesíferas del Terciario ibérico. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 26: 259-279.
- ROYO GÓMEZ, J. (1926). Tectónica del Terciario continental ibérico. *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, XLVII: 131-168.
- SÁNCHEZ BENAVIDES, F. J.; DABRIO, C. J. y CIVIS, J. (1989). Interpretación paleoecológica de los depósitos lacustres neógenos de Castrillo del Val (Noreste de la Depresión del Duero). *Studia Geologica Salmanticensia*, 5: 311-331.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1978). Planteamiento provisional de la distribución de facies de la Cuenca del Duero. Proyecto MAGNA. IGME (Inédito).
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; PAVON MAYORAL, I.; GARCIA ARGUESO, J. M.; MANJON, M., y COLMENERO, J. R. (1975). Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. 2ª serie. Astudillo (237). IGME. Minist. de Industria. Madrid.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1918). Nota acerca de una extensa formación de turba en Gumiel de Izán (Burgos). *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat.*, 18. Madrid.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1922). Excursiones geológicas por la provincia de Burgos. *Mem. de Cienc. y Artes de Barcelona*, 16 (11).
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1927). Estudios geológicos en Castilla la Vieja. *Asoc. Esp. Prog. Ciencias. Congr. de Cádiz*. Abril.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1946). Explicación de la Hoja núm. 346, Aranda de Duero. *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1947). Explicación de la Hoja núm. 314, Cilleruelo de Abajo. *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1952). Explicación de la Hoja núm. 375, Fuentelcésped (Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953). Explicación de la Hoja núm. 345, Roa (Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1953). Explicación de la Hoja núm. 313, Antigüedad (Palencia-Burgos). *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. Madrid. IGME.

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

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



MINISTERIO  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISBN 84-7840-457-0



9 788478 404575