



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



CUÉLLAR

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

CUÉLLAR

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 13120-2007
ISBN: 978-84-7840-664-7
NIPO: 657-07-007-X

Fotocomposición: I.M.G. Impresión Gráfica
Impresión: I.M.G. Impresión Gráfica

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por la Empresa **I.N.I. Medio Ambiente (INIMA)**, dentro de la **UNION TEMPORAL DE EMPRESAS (U.T.E) INYPSA-INIMA**, habiendo intervenido los siguientes técnicos:

DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN

L.R. Rodriguez Fernandez IGME

JEFE DE PROYECTO

F.L. López Olmedo INYPSA

AUTORES DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA Y MEMORIA

J.L. Muñoz del Real	INIMA
A. Lendínez González	INIMA
P. Cabra Gil	INIMA

COLABORADORES

L. Granados Granados
E.N. ADARO

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Columnas estratigráficas de detalle
- Fichas de situación de muestras y fotografías
- Fichas petrológicas y paleontológicas
- Album de fotografías
- Puntos de Interés Geológico, etc.

Í N D I C E

0.- INTRODUCCIÓN	7
0.1.- CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS	9
0.2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	9
0.3.- ANTECEDENTES	11
1.- ESTRATIGRAFÍA	12
1.1.- NEÓGENO	14
1.1.1.- Mioceno	15
1.1.1.1.- Limos arenosos carbonatados rojizos y grises, fangos arcósi- cos y argilitas Paleocanales de arenas arcóscas. Niveles de ca- lizas arenosas (1). Orleaniense superior-Astaraciense.....	17
1.1.1.2.- Margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados. Niveles de calizas arenosas. "Facies Cuestas" s.l. (2). Orleanien- se superior-Astaraciense	19
1.1.1.3.- Margas yesíferas blancas y yesos. Niveles de yeseras (3). Astaraciense.	20
1.1.1.4.- Margas blancas con yesos y arcillas (4). Calizas, margocalizas y dolomías (c). Astaraciense-Vallesiense.	21
1.1.1.5.- Calizas, dolomías y margas (5). Astaraciense superior-Valle- siense inferior	22
1.2.- CUATERNARIO	23
1.2.1.- Arcillas de decalcificación (6). Pleistoceno-Holoceno	23
1.2.2.- Superficie de Coca-Arevalo (7). Pleistoceno	23
1.2.3.- Arenas eólicas. Manto eólico, campos de dunas y cordones dunares (8), (9),(10) y (14). Pleistoceno-Holoceno.	24
1.2.4.- Arenas, limos y gravas de cuarcita, cuarzo y caliza. Abanicos aluviales (11) y (19). Pleistoceno-Holoceno.	24
1.2.5.- Arenas, gravas y limos. Terrazas (12) y (13). Pleistoceno.....	25
1.2.6.- Arenas y limos arcillosos con gravas de cuarcita y cuarzo. Fondos de valle (15) y (16). Holoceno.....	25

1.2.7.- Arcillas y limos con clastos de cuarzo, cuarcita y calizas. Coluviones y aluviales-coluviales (18) y (17). Holoceno	25
1.2.8.- Arenas, limos, arcillas y materia orgánica. Fondos endorreicos (20). Holoceno	25
1.2.9.- Bloques, arcillas y arenas. Deslizamientos. (21). Holoceno.....	26
2.- TECTÓNICA Y NEOTECTÓNICA	26
2.1.- DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL	26
2.2.- EVOLUCIÓN TECTOSEDIMENTARIA	27
2.3.- NEOTECTÓNICA	30
3.- GEOMORFOLOGÍA	30
3.1.- DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA	30
3.2.- ANTECEDENTES	31
3.3.- ANÁLISIS MORFOLÓGICO	32
3.3.1.- Estudio morfoestructural	32
3.3.2.- Estudio del modelado	33
3.3.2.1.- Formas eólicas	33
3.3.2.2.- Formas fluviales	35
3.3.2.3.- Formas de ladera	36
3.3.2.4.- Formas lacustres	36
3.3.2.5.- Formas kársticas	36
3.3.2.6.- Formas poligénicas	37
3.4.3.- Formaciones superficiales	38
3.4.- EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA	41
3.5.- PROCESOS ACTIVOS, TENDENCIAS FUTURAS	42
4.- HISTORIA GEOLÓGICA	43
5.- GEOLOGÍA ECONÓMICA	46
5.1.- RECURSOS MINERALES	47
5.1.1.- Minerales energéticos	47
5.1.2.- Rocas industriales	47
5.1.3.1.- Aspectos generales e históricos	47
5.1.3.2.- Descripción de los materiales	48
5.2.- HIDROGEOLOGÍA	49
5.2.1.- Características climáticas	49
5.2.2.- Características hidrológicas	50
5.2.3.- Características hidrogeológicas	50
5.3.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES	57
5.3.1.- Síntesis geotécnica	57
5.3.1.1.- Criterios de división	57
5.3.1.2.- División en Areas y Zonas	58
5.3.2.- Area I. Materiales Terciarios	59
5.3.3.- Area II. Materiales cuaternarios	60
6.- PATRIMONIO GEOLÓGICO NACIONAL	62
6.1.- DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS P.I.G.	63
6.2.- CRITERIOS METODOLÓGICOS DE SELECCIÓN	63
7.- BIBLIOGRAFÍA	65

0. INTRODUCCIÓN

La Hoja de Cuellar nº 401 (17-16) se encuentra situada en la zona central de la Península Ibérica, concretamente en la submeseta septentrional y hacia el sur del centro geográfico de la Cuenca del Duero. (Fig 0.1).

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, confluyendo en ella parte de las provincias de Valladolid y Segovia.

La demografía es media, encontrándose la población repartida y concentrada en torno a las poblaciones de Vitoria, Campaspero y San Miguel del Arroyo en la provincia de Valladolid y Cuellar, Vallelado y San Cristobal de Cuellar en la de Segovia, como más reseñables.

Los recursos de la región son eminentemente agrícolas, ganaderos (ovino) y forestales (pinares), estos últimos de cierta importancia en la parte sur de la Hoja. Los cultivos más extendidos, son la vid, los cereales, así como los regadíos (remolacha, alfalfa, hortalizas, etc), que se distribuyen a lo largo de la llanura inferior ó “Campaña”.

En la realización de la cartografía se ha seguido la metodología clásica en este tipo de investigaciones geológicas. En primer lugar un control fotogeológico del área, detectando las zonas más idóneas para la interpretación estratigráfica y estructural de las diferentes formaciones.

Para la caracterización estratigráfica de las formaciones se han efectuado en los puntos que ha sido posible, secciones detalladas de campo, así como sus respectivos análisis petrológicos, paleontológicos y micropaleontológicos en laboratorio. En el apartado de tectónica, se han analizado los elementos geométricos que informan de los movimientos locales a lo largo de la historia geológica, encajándolos posteriormente en un modelo de dinámica regional.

Acompañando a este conjunto de información, se han confeccionado mapas a escala 1:50.000 referentes a temas concretos como son la Geomorfología y la Neotectónica.

Por otra parte dentro de ésta memoria se incluyen capítulos referentes a las características económicas (minería, canteras, hidrogeología y geotécnia), así como una pequeña cita referente al Patrimonio Natural Geológico, destacando las singularidades de este tipo, que se han considerado dentro de la Hoja.

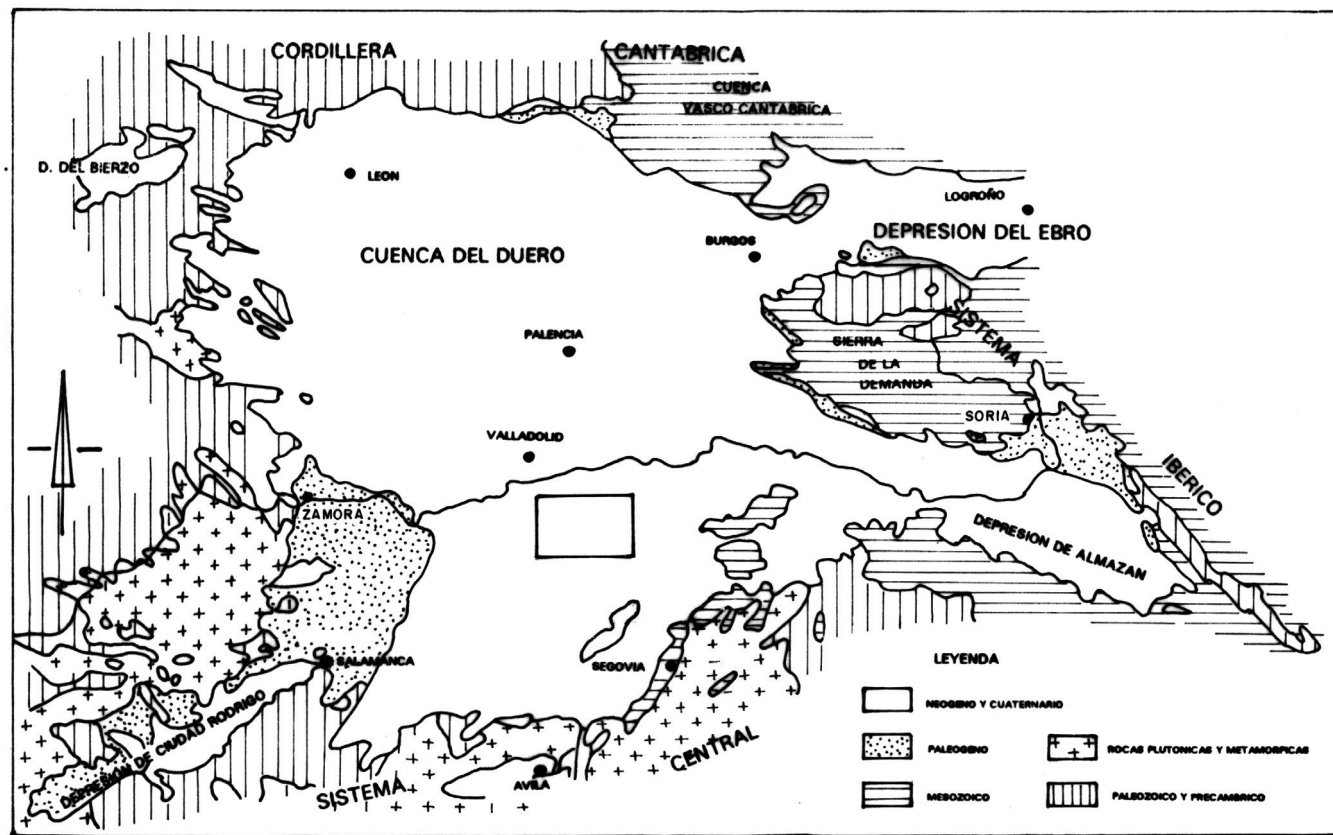


Figura 0.1. Esquema de situación de la Hoja en el contexto geológico de la Cuenca del Duero.

0.1. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

La fisiografía de la región se caracteriza por un relieve poco accidentado. Las alturas oscilan entre los 750 m de los cursos de los ríos Cega y Pirón y los 903 m del Páramo de Campaspero. Los elementos geográficos más importantes son las altiplanicies ó “Páramos”, cuyas laderas denominadas “Cuestas” enlazan con los relieves alomados ó “Campiñas”. En esta zona de la Cuenca del Duero, la “Campiña” presenta características morfológicas propias, destacando la dilatada llanura inferior, que imprime carácter a la mitad sur de dicha cuenca, a lo largo de la cual se extiende con gran amplitud.

Sobre la citada llanura inferior, “Cuestas” y Páramos”, se desarrollan de forma aleatoria, importantes acumulaciones de arenas eólicas, en las que pueden reconocerse formas de erosión y/o acumulación típicas, como son las dunas eólicas, cordones de dunas, *blow outs*, etc. En la actualidad el manto eólico se encuentra fijado por las extensas masas de pinares, tan características en esta región.

El sistema de comunicaciones resulta bastante aceptable, destacando la Carretera Nacional 601, que desde Segovia a Valladolid atraviesa la Hoja de Sur a Norte.

La red fluvial pertenece íntegramente a la Cuenca del Duero, y tiene como cursos principales al Río Cega, que recorre la Hoja prácticamente de sureste a oeste, y al Río Pirón, cuya unión con el Río Cega se produce al norte de la localidad de Iscar (Hoja de Portillo), limitándose su recorrido al ángulo SO de la Hoja. La mencionada red discurre de forma encajada, dando origen a angostos valles, de laderas escarpadas generalmente estabilizadas.

0.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Dentro del contexto geológico de la Depresión del Duero (Fig. 0.1), la Hoja de Cuellar se ubica al oeste de los relieves paleozoicos y mesozoicos de la Sierra de Honrubia-Pradales, donde únicamente aparecen materiales de ámbito continental y entre estos los correspondientes al periodo comprendido entre el Terciario y la actualidad, en general, con una relativa calidad en sus afloramientos.

La Cuenca del Duero se encuentra enclavada sobre el Macizo Hespérico, originándose a finales del Cretácico ó principios del Terciario. Enmarcada por sistemas montañosos de entidad geográfica y litológica muy distinta, está limitada al S y SO por las rocas metamórficas y plutónicas del Sistema Central. El borde occidental presenta rocas plutónicas en su mitad sur, mientras que en la mitad norte, el basamento lo constituyen rocas de naturaleza metamórfica y sedimentaria, de edades comprendidas entre el Precámbrico y el Paleozoico. El borde norte lo constituye la Cordillera Cantábrica, formada por materiales siliciclásticos paleozoicos en su mitad occidental y predominantemente carbonatados en su mitad oriental. El límite con la Depresión del Ebro, en su extremo NE, es puramente geográfico y coincide con la divisoria de aguas de ambas cuencas hidrográficas. El borde oriental está constituido en su mayor parte por rocas carbonatadas y siliciclásticas mesozoicas, con algunos afloramientos detríticos paleozoicos de la Sierra de la Demanda y de la Cordillera Ibérica, en la que se encaja la Depresión de Almazán.

La geometría de la Cuenca es asimétrica debido al comportamiento geodinámico de sus bordes (ALONSO et al. 1.983) constatándose en ella la existencia de fracturas de gran salto que condi-

cionan subsidencias importantes, como es el caso de los bordes septentrional o meridional en las proximidades del Sistema Central. Los márgenes SE y O experimentan subsidencias a favor de sistemas de fallas, que produjeron un escalonamiento en bloques, mientras que el borde norte se corresponde con el cabalgamiento de la Codillera Cantábrica. En consecuencia el fondo de la Cuenca se hunde progresivamente hacia el Norte y Este, donde se registran los mayores espesores y acúmulos de sedimentos.

La estructuración y relleno de la Cuenca del Duero es en términos generales bastante compleja. A finales del Cretácico y principios del Terciario presenta una configuración muy diferente a la actual, siendo durante el Neógeno cuando adquiere una imagen muy semejante a la que hoy día presenta.

Los materiales pertenecientes al Paleógeno afloran en los bordes de la Cuenca, en forma de manchas aisladas de extensión variable, normalmente adosadas a los sistemas montañosos y discordantes sobre ellos. Presentan gran variedad litológica, predominando los conglomerados en facies proximales y las areniscas con abundantes estructuras de origen fluvial, quedando los ambientes de "playas" circunscritos a pequeñas zonas (CORROCHANO, 1.977). Es el Neógeno el que alcanza mayor desarrollo en la Cuenca y según SANCHEZ DE LA TORRE, L (1.978) tanto en la zona Norte como en el Este, los ambientes en los que se acumulan los sedimentos corresponden a medios de naturaleza continental, desde abanicos aluviales en las zonas de borde, pasando en lenta transición, a ambientes fluviales, en los que hacia el interior de la Cuenca disminuye la densidad de la facies canalizadas gruesas y aumentan los depósitos finos, tipo llanura de inundación, desarrollándose pequeñas charcas ("Facies Tierra de Campos", HERNANDEZ PACHECO, E. 1.915). Los desbordamientos rápidos provocan sobre las pequeñas depresiones sedimentos de ciénagas ("Facies Dueñas". C.G.S, IMINSA, 1.978).

A pesar de que cada uno de estos ambientes sedimentarios funcionan independientemente, existe un flujo de masa desde el borde externo hacia el interior, atravesando todo el conjunto, por lo que constituye un solo sistema deposicional en el que domina la presencia de "abanicos aluviales externos".

En los bordes Sur y Oeste de la Cuenca no se reconoce la geometría de abanicos aluviales típica como ocurre en el borde Norte, depositándose arcosas y fangos mediante un mecanismo de transporte torrencial en las zonas proximales y fluvio-torrencial en las distales.

En el interior de la Cuenca, y sobre todo en los tramos altos del Mioceno medio (Astaraciense) y bajos del superior (Vallesiense) y preferentemente en la zona central y en el Este, se pasa a facies de ciénagas, playas, playas salinas y playas salinas en tránsito a lacustre, las cuales constituyen la "Facies Cuestas". Las calizas con gasterópodos de la superficie del "Páramo" corresponden a una mayor expansión de los ambientes lacustres más o menos generalizados durante el Mioceno superior y Plioceno inferior (AGUIRRE, E et al 1.976).

En la zona central de la Cuenca y en el borde Este, región de Aranda de Duero, GARCIA DEL CURA, M.A. (1.974) y ORDOÑEZ et al (1.976), hablan de sedimentos más modernos por encima de las "calizas de gasterópodos" anteriormente citadas. En el área de Cigales-Valladolid se ha detectado la existencia de fases tectónicas, procesos kársticos y unidades litoestratigráficas, perfectamente correlacionables con procesos semejantes ocurridos durante el Plioceno en la

Submeseta Meridional (PEREZ GONZALEZ, A. 1.979). En el centro de la Cuenca del Duero hay sedimentación de margas arenosas y calizas de techo (Páramo superior), en ambientes de playas salinas en tránsito a lacustre, más ó menos generalizado.

En el borde Sur de la Cuenca y en equivalente lateral a aquellos depósitos (Margas y Calizas del Páramo superior) se instala una facies conglomerática de abanicos que corresponden con la superficie de pre-raña. Posteriormente y como consecuencia de un rejuvenecimiento del relieve, se sitúan los abanicos conglomeráticos de la "Raña", de gran importancia en el tercio norte de la Cuenca del Duero.

El Cuaternario constituye un recubrimiento generalizado de gran importancia, destacando los depósitos fluviales, de áreas semiendorréicas, de vertientes y paleoverdientes, de superficies eólicas y residuos de alteración kárstica.

Por lo que respecta a la Geología del Subsuelo, la Hoja de Cuellar dispone de un sondeo realizado por el I.G.M.E.(1.974) en las inmediaciones de la localidad de Campaspero, el cual alcanzó una profundidad de 982 m, teniendo hasta los 462 m testigo continuo y el resto fueron registros esporádicos.

A nivel general, existen dos estudios del zócalo de la Cuenca del Duero, realizados por AEROSERVICE (1.967) y por C.G.S. (1.978), mediante prospección aeromagnética, en los cuales puede observarse una configuración en surcos y umbrales, que en general se adapta a las direcciones hercínicas, con potencias de sedimentos superiores a los 4.000 m. Un ejemplo lo constituye la Sierra de Pradales que corresponde a un umbral subparalelo al borde sur.

En éstos mapas se encuentra representada la profundidad estimada del basamento respecto del nivel del mar, fallas probables, diapiros y contornos del basamento. La naturaleza del zócalo es observable mediante sondeos en diferentes puntos de la Cuenca (ENRESA, 1.987). El borde occidental, en líneas generales, es de naturaleza metamórfica, con excepción del área sur, donde es granítica. En la zona oriental el zócalo es metamórfico.

0.3. ANTECEDENTES

El área ocupada por la Hoja, así como zonas colindantes, han sido estudiadas por diferentes autores.

Los primeros trabajos realizados sobre los materiales terciarios de la región central de la Cuenca del Duero datan de las postrimerías y mediados del siglo pasado, fueron efectuados por EZQUERRA (1.837, 1.845 y 1.850), ARANZAZU (1.877), CORTAZAR (1.890), CALDERON (1.884) y SANCHEZ LOZANO (1.884), quienes en líneas generales reconocen tres niveles litológicos dentro del Terciario, correspondiendo de muro a techo, a arcillas, margas-yesíferas y calizas, refiriéndose a la zona central y explican la sedimentación carbonatada por la existencia de grandes lagos.

A principios de siglo, HERNANDEZ PACHECO (1.915) establece tres horizontes miocenos que han llegado a ser clásicos para el centro de la Cuenca: *Tierra de Campos*, *Margas yesíferas* y *Calizas de los Páramos*. De igual manera aporta datos paleontológicos sobre el Mioceno de la zona. ROYO GOMEZ, J. (1.929) describe la fauna malacológica del Páramo del Pinar LLano, al sur de la

Hoja de Portillo, limítrofe con ésta, y da noticia del hallazgo de molares de antílope e *Hipparión* (ROYO GOMEZ, J. 1.934) en la "Facies de las Cuestas" al norte de Pedrajas de San Esteban (Hoja de Portillo, nº 400).

SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. (1.946 y 1.953) profundiza a cerca de numerosos estudios geológicos de Castilla la Vieja. Posteriormente AEROSERVICE (1.967) realiza una síntesis de la cartografía geológica a escala 1:250.000 de la Cuenca del Duero. De igual manera C.G.S.-ADARO (1.978) realiza una síntesis a escala 1:200.000.

GARCIA del CURA, A. (1.974 y 1.975) efectúa diversos trabajos con relación a la estratigrafía, sedimentología y mineralogía del Terciario Continental de la Cuenca del Duero en su zona central. Siguiendo con ésta tónica general, PORTERO, J.M et al (1.979) engloban el Terciario Continental de la Cuenca del Duero en un trabajo de síntesis. ORDOÑEZ, S. et al (1.977) introducen varias consideraciones en lo que se refiere a facies oncolíticas en medio continental, rocas carbonáticas y "facies rojas" pliocuaternarias del borde SE de la Cuenca del Duero.

ARMENTEROS, I et al (1.982, 1.983 y 1.984) y ARMENTEROS, I (1.978 y 1.986) describen numerosos aspectos estratigráficos y sedimentológicos del Neógeno del sector sororiental de ésta Cuenca.

Durante los años 1.986, 1.987, 1.988 y 1.989, MEDIAVILLA, R.M. et al, efectúan diversos trabajos referentes a las calizas de los páramos y al análisis sedimentológico de los conglomerados del Neógeno de la Depresión del Duero.

Por último y como información más reciente se dispone de hojas geológicas a escala 1:50.000 del Proyecto MAGNA (1.991), ubicadas en la parte central de la Cuenca del Duero, tales como Quintanilla de Onésimo (nº 373), Penafiel (nº 374), Roa (nº 345), etc.

1. ESTRATIGRAFÍA

La Cuenca del Duero, es a grandes rasgos, una amplia depresión terciaria rellena de materiales depositados en régimen continental y recubiertos en parte por sedimentos cuaternarios.

El área objeto de estudio se sitúa concretamente en el sector centro-meridional de la citada Cuenca (Fig.0.1).

El Terciario continental puede dividirse por su estudio en dos grandes unidades: Paleógeno y Neógeno (Fig. 1.1). La primera aflora preferentemente y de forma discontinua adosada a los bordes, junto a materiales mesozoicos, aunque a veces se encuentran revestidos por materiales más modernos. En cuanto a la segunda, se encuentra rellenando la depresión en todo este sector, apoyándose en los bordes de la misma, tanto sobre los afloramientos mesozoicos, como sobre los paleógenos.

La construcción y el relleno, como se ha expuesto con anterioridad, se inicia a principios del Terciario, con la instalación de medios sedimentarios del tipo "sistemas de abanicos aluviales", más ó menos desarrollados, con los ápices localizados en sus bordes y cuya consecuencia trae consigo la aparición de diferentes ambientes paleogeográficos, los cuales vienen caracterizados

por otros tantos tipos de facies. El relleno de la depresión no se hizo de forma continua a lo largo de todo este periodo, sino que se producen diferentes discontinuidades, marcadas por una serie de interrupciones o rupturas de carácter estratigráfico, originadas por la actividad existente en las márgenes ó bordes de la Cuenca, ello debido a procesos diastróficos y cambios climáticos, como principales factores.

SANCHEZ DE LA TORRE, L. (1.978), propuso para la Cuenca del Duero y durante el Neógeno, un modelo de evolución de abanicos y sistemas fluviales que comenzaron en el Mioceno inferior y continuaron con ambientes lacustres situados en el centro de la Cuenca. Ya en el Mioceno medio, los materiales neógenos más antiguos aflorantes en el área de estudio corresponden al Orleaniense, mientras que los términos más modernos datados en este sector son de edad Mioceno superior (Vallesiense) y corresponderían a los niveles calcáreos de las denominadas "Calizas de los Páramos".

El intento de correlación de facies y de las distintas unidades a nivel cuencal, en sentido Norte-Sur, es llevado a cabo por primera vez por PORTERO et al (1.979). Posteriores trabajos tienen como punto de partida dicha información. Durante la ejecución de las Hojas MAGNA (1.990 y 1.991) en la citada Cuenca, se definen nuevas facies y se establecen correlaciones entre las distintas unidades y los sistemas deposicionales que las han originado, situándose isócronas en los gráficos de correlación. Recientemente, los trabajos de MEDIÁVILLA et al (1.988 y 1.989) aportan nuevos datos sobre la evolución sedimentológica de los materiales en el sector central de la Cuenca.

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

Facies Dueñas.- Su definición se debe a DEL OLMO (1.979); se trata 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 Río Pisuega, al norte de Valladolid, y en la provincia de Burgos, donde adquiere una gran representatividad. Algunos autores la han considerado en parte como un cambio lateral de la "Facies Tierra de Campos" (MEDIÁVILLA et al. 1.988) y de la "Unidad de Pedrajas de Portillo", situada bastante más al Norte y Oeste, fuera de la zona en cuestión.

Tierra de Campos.- Fue definida por HERNANDEZ PACHECO (1.915), siendo una de las unidades más características de la Cuenca del Duero. En este sector se caracteriza 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 desde el Sur hasta la parte central de la Cuenca y resultarían equivalente de la "Facies Grijalba-Villadiego". Se corresponde con parte de la unidad I de MEDIÁVILLA (1.986).

Facies Santa Maria del Campo.- Definida por AEROSERVICE (1.967), como un conjunto de materiales detríticos constituido por arcillas rojas y ocreos en la que se intercalan niveles de areniscas y conglomerados poligénicos, aunque con una proporción muy alta de cantos de cuarzo y de cuarcita. Equivale a la "Unidad Inferior" definida por GARCIA DEL CURA (1974) y ARMENTEROS

(1.986). 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. Lateral y verticalmente pasan a la “Facies Cuestas”, resultando pues equivalente en espacio y tiempo a la “Facies Grijalbo-Villadiego” aflorante al Norte de la provincia de Burgos y relacionada con los aportes del dominio mesozoico de la Cordillera Cantábrica.

Facies de las Cuestas.- Definida por HERNANDEZ PACHECO (1.915), ha sido objeto de estudios posteriores por diferentes autores, desde ROYO GOMEZ (1.926) a los más recientes como los de SANCHEZ DE LA TORRE (1.978), PORTERO et al (1.983), MEDIAVILLA (1.986) y MEDIAVILLA et al (1.989).

Litológicamente, ésta facies está constituida por un conjunto detrítico-carbonatado en el que se incluyen arcillas, arcillas carbonosas, yesos, margas yesíferas y margo-calizas. Todo éste conjunto imprime una tonalidad blanca a sus afloramientos. Morfológicamente ésta unidad forma la parte media-baja de las denominadas “mesas”, las cuales se encuentran coronadas por las “Calizas de los Páramos”.

Digno de mención es el contenido fosilífero (micromamíferos) que en algunas ocasiones presenta éste tipo de facies. Los yacimientos localizados en ella, se encuentran distribuidos de forma irregular por toda la Cuenca y preferentemente en el sector central entre Palencia y Valladolid, permitiendo su control estratigráfico.

Calizas de los Páramos.- HERNANDEZ PACHECO (1.915) las definió como el último resalte morfológico donde se constituye la Superficie del Páramo de naturaleza caliza.

En los últimos años ha sido estudiada y descrita por DEL OLMO (1.979), PORTERO (1.979), ORDÓÑEZ et al (1.983), MEDIAVILLA (1.986) y MEDIAVILLA et al (1.988 y 1.989).

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 varios puntos se observan dos niveles muy bien individualizados, los cuales se corresponden con los denominados “Calizas inferiores” y “Calizas superiores” de la Superficie del Páramo. Estos últimos no se encuentran presentes en el ámbito de la Hoja. Los procesos sedimentarios que separan y afectan a ambos niveles, coinciden en parte con los expuestos por AGUIRRE et al (1.976) y PEREZ GONZALEZ (1.979, 1.982) en la Submeseta Meridional a finales del Neógeno.

Recientemente MEDIAVILLA et al (1.989) estudian con mayor precisión estos niveles carbonatados al Sur de la provincia de Palencia, diferenciando dos ciclos, que se corresponden a su vez con las dos “Superficies del Páramo”, separadas entre sí, en algunas zonas de la Cuenca del Duero, por un episodio detrítico de origen fluvial (ORDÓÑEZ et al. 1.983). Ambos ciclos representan dos unidades tectosedimentarias diferentes, separadas por una importante discontinuidad.

1.1. NEÓGENO

Los materiales neógenos ocupan la mayor parte de Cuenca del Duero (Fig. 1.1), no obstante, afloran poco más de 100 m del total del relleno terciario horizontal que, localmente, supera los 2.000 m de espesor. Por ello el conocimiento derivado de la geología de superficie es más bien

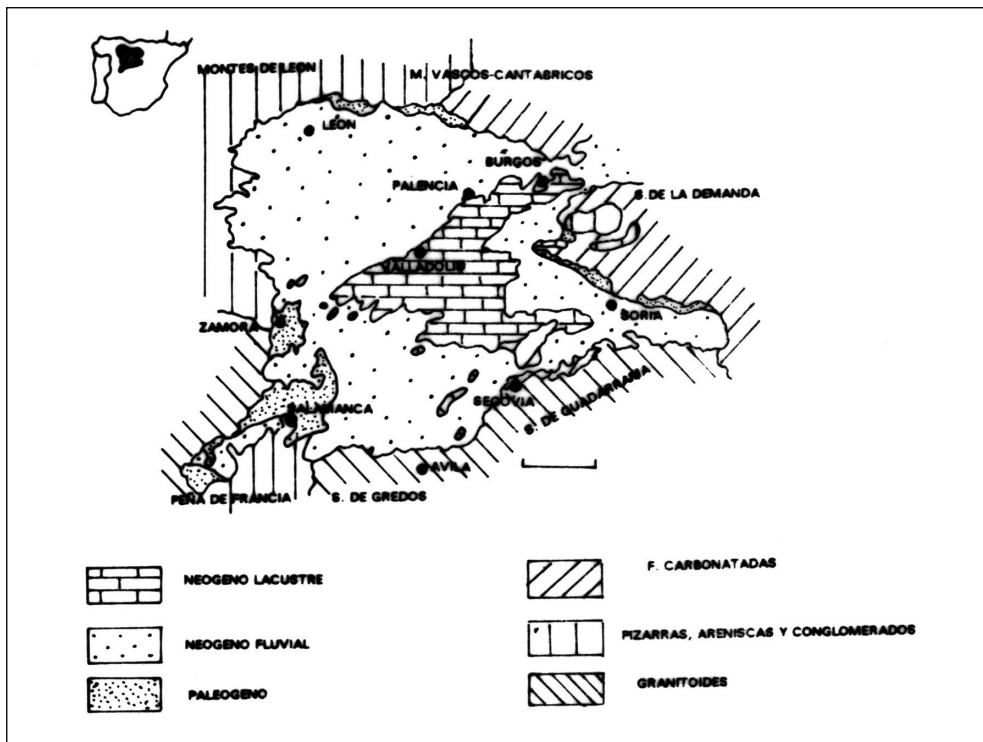


Figura 1.1. Esquema de distribución del Terciario (Paleógeno y Neógeno) en la Cuenca del Duero.

escaso y sobre todo si se tiene en cuenta que los equivalentes de esos términos más altos han sido dismantelados en extensas zonas.

Los materiales preservados son mayormente los de facies lacustres, debido a su mayor cementación y por la resistencia de los términos calizos suprayacentes. A partir de las reconstrucciones sedimentarias puede afirmarse que su extensión original no ha superado en modo alguno a la preservada. Por contra, los materiales fluviales y aluviales, más deleznales, han sido presa fácil de la erosión.

1.1.1.- Mioceno

El Mioceno de la Cuenca del Duero ha sido objeto de un elevado número de trabajos, en su mayoría de carácter local. Estos han motivado la diferenciación de gran cantidad de facies y divisiones en sus materiales (PORTERO et al 1.979).

El relleno se realiza mediante grandes abanicos aluviales con distribución radial hacia el centro. La mayoría de estas diferenciaciones han sido definidas en los márgenes, dando una terminolo-

gía determinada a las facies proximales, medias y distales de cada abanico ó de cada zona. Sin embargo en las zonas centrales, la mayoría de los autores, ya citados, coinciden en definir tres unidades: Tierra de Campos, Margas Yesíferas y Calizas de los Páramos, introduciendo en ocasiones alguna subdivisión dentro de ellas.

La Hoja de Cuellar aparece caracterizada por dos grandes unidades, que ARMENTEROS (1.986) denomina de la siguiente manera: *Unidad Inferior y Unidad media*.

* *Unidad Inferior*. Se encuentra formada por sedimentos detríticos (lutitas, limos, areniscas, calizas y conglomerados) en proporciones variables. Lateralmente y hacia el Oeste, los términos superiores pasan a la facies yesíferas y carbonatadas que caracterizan a la "Facies Cuestas" en el sector suroriental de la Cuenca del Duero.

Algunos autores distinguen dos grandes grupos de facies dentro de ésta unidad en función de su naturaleza litológica. Estas facies son:

- "Facies Tierra de Campos s.l y facies marginales"
- "Facies arcósicas, restringidas al sur (Facies Puente Runel, Arevalo, etc). (CORRALES et al, 1.978)".

La facies arcósicas se desarrollan exclusivamente en el borde Sur y tienen menor extensión que las precedentes. Sus áreas fuentes son las alineaciones plutónicas ácidas y en menor proporción las metamórficas del Sistema Central. Están constituidas por sedimentos más ó menos arcósicos, heterométricos y desorganizados, entre los que aparecen cuerpos de estructura canalizada.

MEDIAVILLA y DABRIO (1.986), a esta unidad en la zona de Palencia, la denominan "Unidad Basal", haciendola corresponder con la facies de Tierra de Campos.

* *Unidad Media*.- Esta unidad se encuentra constituida por materiales carbonatados y yesíferos (calizas, dolomías, margas y yesos) que por lo general configuran el resalte morfológico de los páramos en el centro y norte de la Hoja.

PORTERO et al (1.983), la hacen corresponder con la denominada "Facies Cuestas", las cuales culminan con las Calizas Inferiores del Páramo.

En la zona central de la Cuenca y en la parte inferior de las Cuestas, aparecen abundantes intercalaciones carbonosas y frecuentes variaciones laterales de facies, que corresponden a depósitos de "cienagas", son la denominada "Facies Zaratan" (SANCHEZ DE LA TORRE op. cit). hacia el techo se desarrollan lo que algunos autores llaman calizas y margas de "Transición al Páramo".

MEDIAVILLA y DABRIO op. cit, dividen a esta unidad en dos subunidades, denominandola subunidad inferior y subunidad media, a ambas las hacen corresponder tambien en la zona de Palencia, con la "Facies Cuestas".

La subunidad inferior, formada por arcillas y carbonatos con niveles edáficos, tanto en forma de horizontes de calizas como de arcillas negras.

La subunidad media, incluye sedimentos margosos con cristales de yeso, yesoarenitas y carbonatos (calizas y dolomías).

1.1.1.1. *Limos arenosos carbonatados rojizos y grises, fangos arcóscicos y argilitas. Paleocanales de arenas arcóscicas. Niveles de calizas arenosas (1). Orleaniense superior-Astaraciense*

Parte de este conjunto de materiales ha sido caracterizado en el Arroyo de la Sierpe, al norte de la localidad de Remondo, cuadrante suroeste de la Hoja. Se distribuye a lo largo de las márgenes, tanto del Río Cega como del Río Pirón, no obstante, en su mayor parte se encuentra enmascarado por las arenas que constituyen el manto eólico.

Equivale por posición y edad a la "Facies Puente Runel", (CORRALES et al op. cit) y en sus términos más altos a la base de las "Margas de Ostrácodos", por lo que se considera como un paso lateral a la "Facies Villalba de Adaja s.l." y a la "Facies Pedraja de Portillo" (CORRALES et al op. cit.), siendo equiparable con la "Facies Tierra de Campos" y base de la "Facies Cuestas". (Figura. 1.2). De igual forma equivale a la Unidad Inferior de GARCIA DEL CURA (1.975), de ARMENTEROS (1.986), a la "Facies Santa Maria del Campo" de AEROSERVICE (1.967) y a la "Unidad 1" de MEDIAVILLA et al (1.988), en sectores más centrales de la Cuenca del Duero.

Litológicamente se encuentra constituida por limos arenosos y carbonatados de colores rojizos y grises, fangos arcóscicos y argilitas, entre las que se intercalan canales de arenas arcóscicas de tamaño fino a grueso, dispuestas en secuencias granodecrecientes, que terminan en finos niveles de calizas arenosas de origen palustre y lacustre (FREYTET, 1.973), las cuales se acuñan en pocos metros y, que por lo general son erosionadas por las secuencias superiores. El espesor de las secuencias oscilan entre 2 y 4 m, siendo el total de la serie en otras áreas de la Cuenca no superior a los 80 m (50-80 m).

Los fangos arcóscicos, que por lo general son limolitas arenosas, tienden a estar edafizadas, sobre todo en la base de los canales, donde tienen aspecto de *pseudogley*.

Los niveles calcáreos que aparecen a techo, son micritas arenosas con un contenido en cuarzo de hasta el 35%, y tienen al olivino y la turmalina como minerales accesorios. En ocasiones presentan procesos de nodulización y fisuraciones como consecuencia de un ambiente palustre, en el que las lagunas efímeras sufrieron procesos de desecación por exposición subaerea, lo cual llegó a determinar su nodulización.

Los paleocanales arenosos presentan secuencias granodecrecientes, en las que se adivinan cicatrices erosivas, a veces muy pronunciadas en la parte basal de los mismos. Estos canales están rellenos de gravas y arenas con un alto contenido en finos, como consecuencia de transportar una gran carga en suspensión, hecho este que hace difícil la observación de estructuras internas, apreciándose no obstante en algunos casos, superficies de acreción lateral y algunos *cosets de climbing ripples*. También se reconocen canales tipo "*braided*" y localmente tramos rectilíneos. La presencia de barras de gravas, desarrollo de *sets* tabulares con indicios de estratificaciones cruzadas de tipo surco y canales amalgamados menores, propios de este tipo de sedimentos, destacan en ocasiones de los cuerpos de menor complejidad, en los que a veces se presentan secuencias de relleno, típicas de los canales rectilíneos y frecuentemente formadas por un solo *set* con estratificación cruzada.

También se detectan cuerpos tabulares de espesor decimétrico, así como facies de desbordamiento, relacionadas con la presencia de canales en zonas próximas. Todas estas características indican su correspondencia con depósitos de *crevasse splay*. A techo son frecuentes los procesos de edafización.

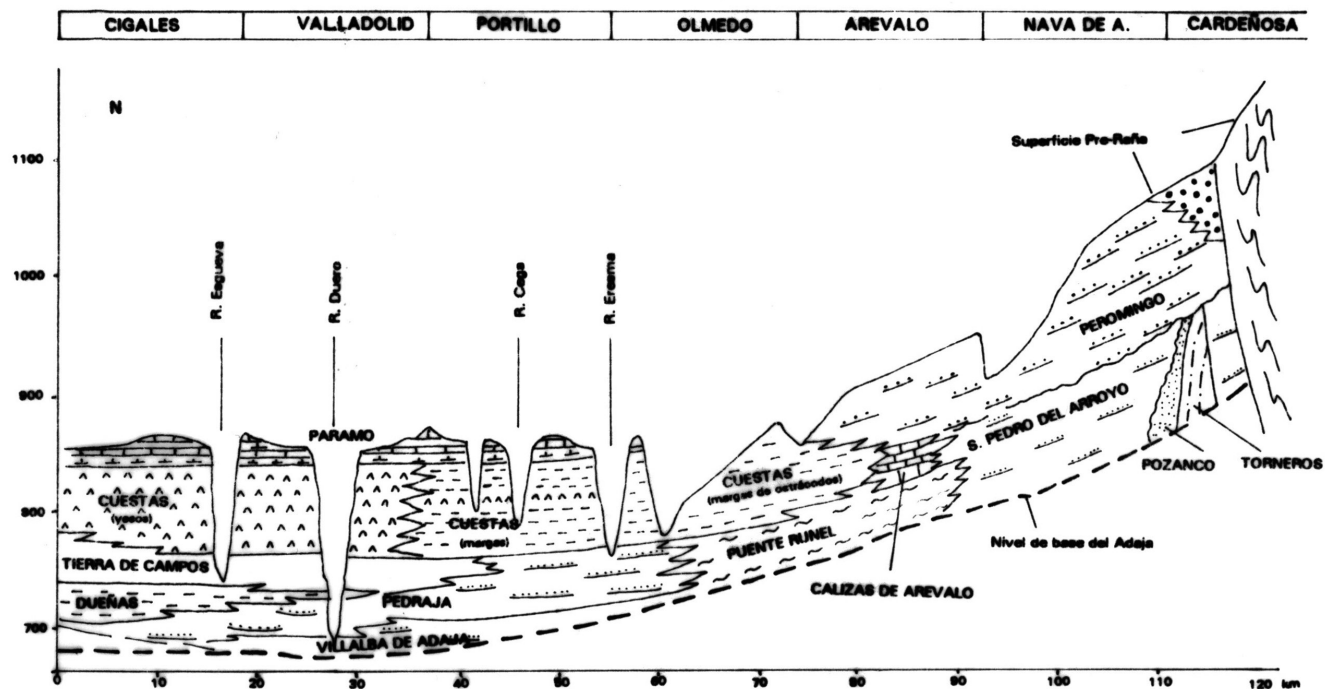


Figura 1.2. Esquema estratigráfico N-S de la parte meridional de la Cuenca del Duero.

Las medidas de paleocorrientes dan direcciones O-E hacia el Este y NO-SE, sin que se pueda precisar el sentido, aunque por consideraciones regionales debe ser hacia el SE. En conjunto, la facies tiene una probable procedencia del O y NO.

Por lo que se refiere a la cronología de estos materiales y dado que tanto en la zona como en sus proximidades y más concretamente en este tipo de facies, no existe ningún yacimiento paleontológico que permita datarlas con fiabilidad, su edad se estima según apreciaciones regionales. Estos datos la enmarcan como perteneciente al Mioceno medio y más concretamente al Orleaniense superior-Astaraciense.

1.1.1.2. *Margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados. Niveles de calizas arenosas. "Facies Cuestas" s.l. (2). Orleaniense superior-Astaraciense*

Aflora este conjunto de materiales, a lo largo de las márgenes de los ríos Cega y Pirón, pero sobre todo en el ángulo SO de la Hoja, no obstante, en la mayor parte de los casos se encuentra soterrado bajo el abundante manto eólico existente en la mitad sur.

CORRALES et al, (1.978), denomina a estos materiales "Subfacies de Margas de Ostrácodos" y los considera como un equivalente lateral de la "Facies Cuestas s.l."

El término mayoritario lo componen unas margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados, que hacia la parte sur de la zona (Hoja de Navas de Oro, nº 429) presentan niveles de calizas micriticas intercaladas.

Forman capas deleznables cuyo espesor oscila entre pocos centímetros y 1 metro, siendo graduales sus límites. Existen niveles cementados y otros con estructuras laminadas, que vienen impuestos por la alternancia de margas y arcillas. Ocasionalmente aparecen capas de arenas blancas y amarillentas con estratificación cruzada en surco y *ripples*. Suelen ser bastante calcáreas, con un contenido en carbonatos entre el 25% y el 75% y esporádicamente aparecen horizontes arcillosos bastante puros. El contenido en arena siempre es menos del 15%, incluyendo un 10-35% de limo y entre 70-90% de arcilla. El porcentaje de sulfatos, tanto en las arcillas como en las margas, es bastante bajo y no aparecen nunca cristales de yeso diagenético sueltos, ni rellenando fisuras.

La difracción de Rayos-X revela que su composición incluye mayoritariamente illita (45%) normalmente cálcica, apareciendo como minoritarios las plagioclasas (5%), el feldespato potásico (5%) y el cuarzo (15%).

Facies de semejantes características han sido atribuidas a lagos carbonatados abiertos de bajo gradiente energético, los cuales se encuentran sometidos a importantes cambios del nivel del mar.

Su contenido fosilífero es muy abundante en ostrácodos, que en ocasiones son auténticas "ostrácoditas" en niveles ligeramente carbonatados, atribuidos al Mioceno medio, Orleaniense superior-Astaraciense.

1.1.1.3. *Margas yesíferas blancas y yesos. Niveles de yeseras (3). Astaraciense*

Bajo esta denominación se incluye una serie de materiales yesíferos blancos, grisáceos y verdosos que fueron nombrados por HERNANDEZ PACHECO op. cit. como “Facies Cuestas”, litofacies muy característica, la cual se extiende de forma amplia por el sector central suroriental de la Cuenca del Duero.

Aflora casi siempre asociada a la parte baja de las “cuestas” morfológicas que constituyen las laderas de los “páramos” en la zona central de la Hoja, estando recubiertas en su mayor parte por el manto eólico, así como por formas coluvionares y conos de deyección.

Dominan los fangos salinos con gran contenido en yeso diagenético de coloraciones grises, blanquecinas y verdosas. Aproximadamente a techo del conjunto existe un continuado “nivel de yeseras” que ha sido objeto de explotación en multitud de puntos de la Hoja.

El yeso existente en la serie es de dos tipos:

- Grandes cristales en “punta de lanza” asociados para dar grandes rosetas. Engloban fangos y son claramente diagenéticos. En la zona reciben el nombre de “Rabillo”.
- Niveles centimétricos de yeso mesocristalino con microdolomía intersticial. En ocasiones son visibles estructuras asimilables a *ripples* y cicatrices de corriente. Es posible que éste yeso en un principio fuera detrítico y posteriormente haya sufrido un proceso de recristalización durante su diagénesis. En la zona recibe el nombre de “Algez”.

En estos horizontes de concentración de yesos, son frecuentes las huellas de expulsión de fluidos y a techo costras calcáreo-dolomíticas salinas formadas por capas milimétricas ó centimétricas de calizas dolomíticas o dolomías con frecuentes cristales pseudomórficos de yeso. Estas costras suelen tener moldes de grietas de desecación en los niveles de fangos subyacentes. En ciertas ocasiones, estas superficies de concentración de yesos diagenéticos pueden pasar a calizas dolomíticas ó dolomías con pseudomorfosis de yesos.

Las secuencias observadas corresponden a ciclos formados en lagos salinos y constan de un tramo inferior de fango salino, al que siguen fangos con yeso diagenético muy abundante, para culminar con niveles de costras dolomíticas. Se trata pues, de una secuencia de salinidad creciente y representa la progresiva evaporación de la charca, que puede llegar a terminar en la desecación total.

Los análisis de laboratorio realizados en muestras pertenecientes a este conjunto, arrojan porcentajes de un 75% de yeso, 5% de dolomita, 15% de illita y menos del 5% de caolinita.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, estos horizontes han sido objeto de laboreo en diferentes puntos de la Hoja. Hoy día la actividad más relevante se enmarca dentro de la contigua Hoja de Portillo, tal y como ocurre en las localidades de Cogeces de Iscar, Pedrajas de San Esteban y Portillo entre otras.

Por posición estratigráfica y en relación con otras unidades de la zona, se le asigna una edad Astaraciense.

1.1.1.4. *Margas blancas con yesos y arcillas (4). Calizas, margocalizas y dolomías (c). Astarciense-Vallesiense*

Constituyen estos materiales la "Facies Cuestas" s.s., siendo redefinida como "Facies Portillo" por CORRALES, I. et al (1.978 y 1.979).

Bajo esta denominación se engloba un conjunto detrítico-carbonatado y yesífero de colores blanquecinos y grisáceos que afloran en la parte alta de las "cuestas" y en concreto en la zona central y noroccidental de la Hoja.

Ha sido estudiado en los perfiles de Cuellar, Vallelado y Torrescarcela, así como en muestras recogidas de forma aleatoria dentro del entorno de la Hoja.

Litológicamente se compone de margas calcáreas blancas y grises, dentro de las que ocasionalmente aparecen pasadas de arcillas, a veces carbonosas, limos, yesos e intercalaciones de margocalizas, calizas y dolomías, todas ellas distribuidas de forma irregular, aunque con un cierto control sedimentario.

Las margas blancas, que por lo general tienen un contenido variable tanto de limos como de carbonatos, aparecen en paquetes masivos que pueden llegar a alcanzar varios metros de espesor. Dentro de esta litología existen niveles centimétricos, que adquieren tonalidades oscuras (grises y pardo-negruzcas), de base plana y techo ondulado y que tienen la particularidad de contener una abundante riqueza fosilífera (gasterópodos, ostrácodos, charáceas, etc). Se aprecian estructuras sedimentarias de naturaleza tractiva como estratificación ondulada debida a *ripples* en su mayoría de oleaje. Se trata de depósitos de media-alta energía, producidos por fenómenos tormentosos en áreas donde existen aportes terrígenos.

Otro tipo de margas son las yesíferas, que presentan una coloración variopinta que va desde los tonos verdes a los beige. Suelen aparecer en paquetes masivos y pueden alcanzar varios metros.

Por lo que respecta a las arcillas, éstas aparecen en horizontes de variado espesor. Análisis de laboratorio denuncian un bajo contenido en sulfatos y carbonatos (5-10%) y alto en filosilicatos (7,5%), destacando la esmectita como componente mayoritario (50%), seguido de la illita (42%) y la caolinita (8%). Otro tipo de arcillas, son las arcillas carbonosas, que se presentan en bandas centimétricas e incluso decimétricas, siendo su principal característica el alto contenido en fósiles, fundamentalmente gasterópodos. Corresponden a depósitos de "cienagas" en ambientes lacustres marginales, con fondos de carácter reductor, ricos en materia orgánica y aguas aciduladas que impiden la precipitación de carbonatos (SANCHEZ DE LA TORRE, 1.978).

En capas de espesor centimétrico a métrico, se intercalan margocalizas, calizas y dolomías. Unas son biomicritas arenosas con 10-90% de micrita, 10-50% de fósiles y 5-15% de cuarzo en forma de granos. Estos niveles calcáreos suelen tener bases onduladas y una cierta estructura interna a base de cicatrices erosivas. Los fósiles que incluyen son por lo general gasterópodos y foraminíferos rotaliformes de habitat salino. Existen otras microfacies que corresponden a biomicritas y micritas con 80-100% de micrita y 0-20% de contenido fosilífero, que normalmente responde a ostrácodos y charáceas. Se observan procesos de dolomitización y dedolomitización, estructuras de disolución de sales, huellas de raíces, estructuras algales y texturas peletoidales.

Las secuencias observadas corresponden a ciclos sedimentarios generados en lagos ó “playas” debilmente salinizadas. Su parte inferior responde a biomicritas arenosas con base erosiva y termina con margas con ó sin niveles calcáreos, es decir se organizan en secuencias negativas que están afectadas por procesos diagenéticos.

Hacia el techo de este conjunto de sedimentos, los niveles calcáreos anteriormente citados adquieren mayor distribución. Allí se desarrolla una facies de calizas y margas que SANCHEZ DE LA TORRE, op. cit, la consideró como “Transición al Páramo”, y cuyo límite inferior se encuentra poco definido como consecuencia de las variaciones de espesor y de los cambios laterales de facies. El tránsito superior se produce de forma brusca.

Las margas se encuentran por lo general a techo, perdiendo este caracter hacia la base. Las calizas son micritas y dolomicritas siempre muy recristalizadas, con pseudomórfos de yesos en calcita, siendo muy frecuente encontrar auténticas “Rosas del Desierto” en calizas recristalizadas o dolomías.

El ambiente sedimentario evoluciona hacia una mayor estabilidad de las charcas ó “lagunas efímeras”, que tienen caracter salino local, sobre todo en la parte inferior del conjunto. Hacia el techo se acentúa aún más dicha estabilidad, disminuyendo la salinidad, lo cual puede representar un paso a un clima menos árido, llegando a generalizarse un medio de tipo lagunar.

Por lo que respecta a la edad de estos materiales, esta parece situarse entre el Astaraciense superior (Yacimientos de Montejo de la Vega y Fuentelisendo, en la hoja de Peñafiel), y probable base del Vallesiense inferior, de acuerdo además con otro yacimiento de micromamíferos existentes en facies similares en los alrededores de Palencia y en calizas que culminan también los páramos de este sector.

1.1.1.5. *Calizas, dolomías y margas (5). Astaraciense superior-Vallesiense inferior*

Aflora este conjunto de materiales recubriendo grandes extensiones de los páramos de Camporredondo, Cogeces de Iscar, Cuellar, Vallelado, Moraleja de Cuellar y sobre todo en el cuadrante noreste, “Páramo de Campaspero”, pero nunca en la totalidad de los mismos, debido al recubrimiento del manto eólico.

Sus afloramientos representan el final del ciclo sedimentario de la “Facies Cuestas” en el sector centro-sur de la Cuenca del Duero, constituyendo en numerosas ocasiones, el resalte superior que configura las mesas de los páramos en este área.

Resulta equivalente al techo de la “Unidad 3” de MEDIAVILLA et al op.cit, para el sector central de la Cuenca del Duero en Palencia y a la “Unidad Media” de ARMENTEROS (1.986), así como a la “Caliza de los Páramos de GARCIA DEL CURA (1.974).

Se encuentran por lo general muy karstificadas, con desarrollo de amplias dolinas de bordes indefinidos. Son calizas microcristalinas de tipo *wackestone* a *mudstone* con gasterópodos (*Bithynia*, *Hidrobia*, *Radix*, *Planorbis*, etc), ostrácodos, charáceas y lamelibranquios. Se ordenan en secuencias negativas con procesos de dolomitización, abundante porosidad móldica, huellas de raíces y niveles de capas de tormenta, con estratificación cruzada producida por el oleaje. Se observan bases erosivas así como calizas margosas de aspecto noduloso y calizas brechificadas.

Al microscopio se presentan como dismicritas, a veces algo arenosas con estructuras muy heterogéneas y abundantes restos de raíces, huecos fenestrales, tubos de raíces rellenos de yeso, peúlides de origen palustre y formación de intraclástos por desecación.

Estos materiales que representan el episodio final de una sedimentación lacustre-palustre de carácter retroactivo en este sector de la Cuenca del Duero, pasan lateralmente a la facies margosas blancas, típicas de la “Facies Cuestas”.

Las variaciones laterales de facies dentro de esta unidad ponen de manifiesto *“una migración de los ambientes desde los márgenes hacia el centro del lago”* (MEDIIVILLA et al, 1.989).

Por último y en lo referente a la edad de este conjunto, de acuerdo con la correlación que se puede hacer entre estos materiales y los procesos y depósitos situados por encima de ellos, en Hojas como las de Valladolid y Peñafiel (yacimientos de Montejo de la Vega y Fuentelisendo), junto con un yacimiento de micromamíferos existente en facies similares en los alrededores de Palencia, parece situarse entre el Astaraciense superior y probable base del Vallesiense inferior.

1.2. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios de la Hoja de Cuellar, constituyen un recubrimiento bastante generalizado sobre un sustrato terciario. Independientemente de la edad, estos depósitos pueden asociarse a varios tipos de modelados, siendo el más representativo el relacionado con la acción eólica (manto eólico, cordones de dunas y campos de dunas). También son importantes los sedimentos relacionados con las vertientes, como coluviones y deslizamientos, y con la acción fluvial: conos de deyección, fondos de valle y terrazas. Finalmente existen depósitos de menor desarrollo, pero no por ello menos importantes, entre los que destacan las arcillas de decalcificación que rellenan el fondo de las dolinas, originadas en las calizas de los páramos, las áreas endorreicas y las pequeñas lagunas estacionales que se desarrollan sobre los sedimentos eólicos, a favor, muchas veces, de las depresiones interdunares.

1.2.1. Arcillas de decalcificación (6). Pleistoceno-Holoceno

Son los productos residuales de la alteración kárstica. Por lo general rellenan el fondo de algunas dolinas y los pequeños huecos y cavidades desarrolladas en las calizas del Páramo, por lo que en muchos casos no son susceptibles de ser cartografiadas. En las formas mayores los cultivos han hecho desaparecer el depósito como tal. Estas arcillas son “Terras rossas” y “Terras fuscas”, siendo las segundas mucho más abundantes que las primeras.

En general ofrecen un color pardo oscuro o pardo amarillento y un aspecto hojoso. En la Hoja contigua de Portillo (nº 400), los análisis realizados arrojan datos interesantes como son: La pureza de las arcillas (99% de arcilla y 1% de limo) y la naturaleza esmectítica de las mismas, lo que indicaría unas condiciones de encharcamiento muy prolongadas.

1.2.2. Superficie de Coca-Arevalo (7). Pleistoceno

Corresponde a la Superficie de Coca de PEREZ GONZALEZ (1.979) y a la “Facies Arevalo” de CORRILES et al (1.978). Se trata de una superficie con un depósito formado por procesos complejos ya que en su génesis intervienen, al menos, los de carácter fluvial y eólico.

Litológicamente se trata de arenas arcósicas con escasa proporción de limos y arcillas, los minerales pesados más frecuentes son turmalina, andalucita y epidota, existiendo también granate, rutilo, anfíboles y apatito.

Se reconocen depósitos de carácter fluvial representados por facies canalizadas y de llanura de inundación con sus correspondientes estructuras. Intercalados con ellos aparecen niveles eólicos compuestos por arenas medias-gruesas, bien seleccionadas, con una morfología muy redondeada y con gran proporción de granos mates. La potencia del conjunto es muy variable pero no suele superar los 5 metros, dominando la facies canalizadas y las barras. La arena eólica reciente, rara vez alcanza 1 metro de potencia y cuando lo hace se cartografía como una unidad aparte.

Aparece en la esquina suroeste de la Hoja, continuando hacia el Oeste por la contigua de Portillo, donde alcanza grandes extensiones. Se le asigna una edad Pleistoceno superior.

1.2.3. Arenas eólicas. Manto eólico, campos de dunas y cordones dunares (8), (9), (10) y (14). Pleistoceno-Holoceno

Se describen aquí todos los aspectos litológicos y texturales relacionados con los depósitos eólicos, ya que en el capítulo de Geomorfología se describe más detalladamente su desarrollo, morfología, relaciones espaciales y evolución.

Las acumulaciones de arenas cubren un alto porcentaje de la superficie de la Hoja, sorprendiendo, sin duda, tanto la extensión que ocupan como la potencia que en ocasiones alcanzan. Aparecen en todo el tercio meridional, fundamentalmente al Sur del Río Cega y en el cuadrante NO, sobre la superficie del Páramo. PORTERO Y MOLINA (1.982), en la memoria de la Hoja de Portillo (nº 400), contigua por el Oeste, reconocen dentro del conjunto de las arenas dos tipos: Arenas antiguas y Arenas recientes. Las primeras las describen como fosilizadas por depósitos de vertientes y removilizadas por abanicos cuaternarios, situándose, generalmente sobre los afloramientos de la "Facies Cuestas". Por otra parte las arenas más recientes se presentan siempre sueltas y su descripción coincide plenamente con las que existen en la Hoja de Cuellar. Se trata de arenas con un importante porcentaje de cuarzo y con una proporción de limo inferior al 10%. Los tamaños medios oscilan entre 0,25 y 1 mm.

Morfológicamente se pueden diferenciar arenas eólicas y campos de dunas. En las primeras no suelen presentarse estructuras, dando un aspecto masivo, sin embargo, en las segundas se han reconocido estratificaciones planares, estratificaciones en surco, *climbing ripples*, bioturbación por raíces y restos vegetales, también se observan pequeñas cicatrices erosivas debidas a avalanchas locales. La potencia de las arenas eólicas oscila entre 1-4 metros, aunque en los sectores donde existen dunas, se puede llegar a alcanzar de 10-15 metros.

1.2.4. Arenas, limos y gravas de cuarcita, cuarzo y caliza. Abanicos aluviales (11) y (19). Pleistoceno-Holoceno

Son aquellos depósitos relacionados con la salida de pequeños valles en las laderas de las mesas de los páramos, al desembocar en un valle de rango superior, en éste caso el del Río Cega. Están formados por una gran acumulación de materiales entre los que se observan niveles arenosos for-

mados por arenas eólicas con estratificación inclinada a favor de la pendiente. Estos niveles suelen estar erosionados por otros de naturaleza más gravitacional como limos, arenas y clastos angulosos de caliza de hasta 20 cm. Hacia las zonas más distales los clastos calizos se hacen muy escasos.

La potencia en las zonas apicales puede llegar a tener hasta una decena de metros. En la salida del arroyo del Horcajo, junto a la localidad de Valledado se aprecian restos de los depósitos de un cono de deyección más antiguo, ya desconectado de la red.

1.2.5. Arenas, gravas y limos. Terrazas (12) y (13). Pleistoceno

Están representados por los depósitos de los ríos Cega y Pirón. En el primero aparece un solo nivel, dentro de la Hoja a + 10-12 m y en el segundo se reconocen dos a +10-12 m y a +13-15 m. La composición de los mismos es arcósica con gravas de cuarcita, cuarzo, granitoides y liditas. Las estructuras sedimentarias que se observan son típicamente fluviales con barras de gravas, canales arenosos y estratificaciones cruzadas. A veces hay rupturas erosivas y decapitaciones debidas a las arcosas, siendo más abundantes que los elementos groseros que no superan el 50%. La conservación de los feldespatos en los niveles de terraza indica la escasa alteración sufrida durante y después del transporte. La potencia está comprendida entre 1 y 3 m.

1.2.6. Arenas y limos arcillosos con gravas de cuarcita y cuarzo. Fondos de valle (15) y (16). Holoceno

Están constituidos por arenas con limos arcillosos y gravas, siendo apreciable la presencia de materia orgánica. La potencia suele estar comprendida entre 1 y 3 m. Hay que señalar que los aluviales desarrollados sobre los campos de dunas tienen un mayor contenido en arena y materia orgánica, mientras que en los fondos de valles que seccionan los páramos, son muy frecuentes los clastos de caliza y los elementos finos (limos + arcillas). Los principales fondos de valle son los de los ríos Cega y Pirón y los de los arroyos de Valcorba y Henar.

1.2.7. Arcillas y limos con clastos de cuarzo, cuarcita y calizas. Coluviones y aluviales-coluviales (18) y (17). Holoceno

Aparecen en la mayoría de las vertientes de la Hoja, siendo particularmente abundantes en el valle del Río Cega, donde se interdentan y asocian con los conos de deyección originados por los numerosos barrancos que desembocan en este valle, constituyendo, entre ambos, un recubrimiento generalizado en las laderas de los páramos.

La matriz por lo general, es arcillo-margosa con pequeños cantos de cuarzo y cuarcita así como clastos calizos angulosos y poco cementados. En estos depósitos es frecuente encontrar sedimentos de arenas eólicas que en el proceso de coluvionamiento se han incorporado sucesivamente, entremezclándose por movilizaciones posteriores. La potencia de estos depósitos es importante, entre 7 y 10 m. Sobre ellos se suelen reconocer suelos pardos calizos de perfil poco evolucionado.

1.2.8. Arenas, limos, arcillas y materia orgánica. Fondos endorreicos (20). Holoceno

Estos depósitos se desarrollan, en general, sobre las formaciones eólicas o en relación con algunos cursos fluviales y, entre otras causas, son debidos a la escasa pendiente de la región. Litológicamente

están compuestos por arenas con abundante contenido en limo y arcilla además de una importante concentración en materia orgánica. Las arcillas pueden ser de tipo montmorillonítico y en las épocas secas, la acumulación de sales en la superficie, da lugar a efluorescencias salinas.

Sobre estos depósitos es frecuente la formación de suelos pardos con gran cantidad de materia orgánica.

1.2.9. Bloques, arcillas y arenas. Deslizamientos. (21). Holoceno

Aparecen en la vertiente norte, sector oeste del río Cega, y en los valles de los arroyos de Henar y Valcorba, zona centro-oeste de la Hoja, es decir, que lo hacen con bastante frecuencia en las laderas de los Páramos. Se trata normalmente de deslizamientos de carácter rotacional que a veces provocan un escalonamiento en la ladera y otras se unen longitudinalmente unos a otros, incrementando el movimiento de masas.

2. TECTÓNICA Y NEOTECTÓNICA

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

La Cuenca del Duero es una cubeta de sedimentación rellena en su mayor parte, de sedimentos terciarios y cuaternarios con restos aislados de materiales mesozoicos (Sierra de Pradales). Su origen se produce por la reactivación de fallas tardihercínicas durante la Orogenia Alpina.

Las unidades miocenas que afloran en la Hoja presentan una disposición aparentemente horizontal ó subhorizontal, dando un relieve en forma de mesas, donde sus formas tabulares están culminadas por la Superficie de los Páramos.

El establecimiento de la evolución tectónica del área se encuentra limitado ante la carencia de afloramientos de materiales paleógenos, premiocenos y miocenos basales, por lo que los datos de referencia deben ser tomados bien de áreas próximas ó incluso referidas al contexto regional.

La presencia de estructuras de plegamiento a escala kilométrica y discordancias mayores, junto a alineaciones a las que se adapta la red fluvial actual, sugiere en cierto modo la existencia de importantes fracturas. De igual modo, observaciones detalladas de los afloramientos muestran la existencia de una deformación a pequeña escala, que se manifiesta en forma de pliegues y fallas de poco salto, así como una red de diaclasas a veces bastante densa, en litologías favorables.

2.1. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

Considerando la totalidad de la Cuenca, su análisis cartográfico pone en evidencia una cierta pendiente, hacia el centro, la cual aumenta progresivamente en las proximidades de los macizos montañosos

Las estructuras de plegamiento a gran escala que pueden observarse en la región, se sitúan hacia el Norte (Hoja de Roa nº 345). Se trata del Sinclinorio del Esgueva y del Anticlinorio del Duero.

Son dos estructuras de orden kilométrico, puestas de manifiesto por criterios puramente cartográficos, ya que sus flancos poseen un buzamiento muy suave, menos de 5°. La dirección del eje de estos grandes pliegues es de E-O a ENE-SSO, y en ellas se encuentran implicadas las unidades miocenas más altas (Calizas Superiores de los Páramos), por lo que su edad puede ser Turoliense superior incluso Plioceno, si bien la dificultad para datar el techo de la Unidad Superior del Páramo impide fijar la edad de esta deformación con total certeza.

Las estructuras menores que se aprecian dentro de la Hoja, son pliegues métricos ó decamétricos, cuyos flancos no sobrepasan los 10° de buzamiento, no obstante, se trata de puntos muy concretos. La dirección de los ejes es muy variable, con un predominio N-S y NE-SO. Igualmente se han detectado fallas de pequeña escala y salto métrico, las cuales se observan sobre todo en el borde de los escarpes calizos y que posiblemente sean debidas a efectos de compactación diferencial, de ahí la gran diversidad en cuanto a sus direcciones. De igual forma, y dentro de estas mismas litologías, existe una densa red de diaclasas que influyen de forma directa en la geometría de los escarpes. Estas estructuras de menor rango no se han distinguido en la cartografía, no solo por su escasa importancia, dada la escala de trabajo, sino porque sus trazas ocultarían en la mayor parte de las ocasiones la separación de las unidades diferenciadas.

Por último cabe citar la existencia de basculamientos en la Superficie del Páramo, que en la zona, al igual que en todo el entorno al Sur del Río Duero, es hacia el SO.

2.2. EVOLUCIÓN TECTOSEDIMENTARIA

El análisis de la evolución estructural de la Hoja, debe de tener en cuenta, sobre todo, además de los escasos y limitados datos de la misma, el contexto regional. La Cuenca del Duero, en cuyo sector centro-sur se encuentra situada la Hoja de Cuellar, comenzó a configurarse en el Paleógeno-Mioceno inferior, estructurándose sus bordes y en este caso su borde meridional (Sistema Central) y oriental (Peñas de Cervera-Sierra de la Demanda), como unidades más relacionadas con el contexto de la Hoja.

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 se distribuyen según ejes de dirección NO-SE. Aparecen depósitos paleógenos plegados en los bordes más meridionales (Sector de Covarrubias) fosilizados por sedimentos neógenos en disposición horizontal ó subhorizontal, que debidos posiblemente a accidentes del zócalo, presentan deformaciones locales en zonas marginales (zonas de borde).

En el borde meridional (Sistema Central), se detectan movimientos de elevación previa a la sedimentación del Vallesiano y al no existir niveles de despegue paleozoicos y mesozoicos, los materiales paleógenos se adaptan al sustrato, que a su vez presenta deformaciones rápidas, quedando en contacto con los terrenos graníticos y metamórficos del Sistema Central o bien cobijados en algunas ocasiones.

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), con diferentes eventos en intensidad y tiempo. El resultado de ésta tectogénesis es el final de la sedimentación marina mesozoica y la acumulación de sedimentos detríticos que orlan los relieves contruidos.

Por el momento existe un total desconocimiento sobre si la zona en donde se emplaza la Hoja de Cuellar tuvo un comportamiento como área positiva, es decir, levantada, o si durante el Paleógeno tuvo lugar cualquier tasa de sedimentación. Los datos proporcionados por el Sondeo de Campaspero (I.T.G.E. 1.974), no cuentan con argumentos suficientes como para aclarar la presencia de materiales de esa edad. En cambio hacia la zona occidental (sondeos de Valoria, La Seca y Olmos. J.E.N. 1.978) se observa la presencia de sedimentos detríticos sobre materiales mesozoicos en la base de un episodio carbonatado, que bien pudiera pertenecer al Paleógeno.

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

Excepción hecha de las deformaciones anteriormente expuestas, la mayor parte de la Cuenca del Duero, sobre todo en su parte central, tiene un marcado carácter atectónico. De todas formas, algunos autores han querido ver en las direcciones de cambios de facies y en la rectilineidad de la red fluvial con ejemplos de encauzamientos y cambios bruscos en la dirección (Codos del Duero), los reflejos de fracturas del zócalo.

La geometría de los bordes durante esos tiempos es atribuible a la fase neocastellana (Límite Ageniense-Aragoniense) (AGUIRRE et al., 1.976), si bien la actividad tectónica en relación con este nuevo ciclo se debió iniciar antes, posiblemente a finales del Oligoceno, durante la fase Castellana (Sueviense-Arverniense) (PEREZ GONZALEZ et al., 1.971).

Durante el Neógeno parece iniciarse una etapa distensiva a nivel cuencal que, aparentemente y según la mayoría de los autores, durante el Mioceno medio y superior, no va a tener ninguna repercusión e implicación en cuanto a deformación se refiere. Solo 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 los relieves mesozoicos. 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, 1.979). Otros denuncian movimientos intravallesianos con reactivaciones en los marcos montañosos en las zonas de borde (GARCIA RAMOS et al., 1.982), basados en la presencia de abanicos de composición litológica diferentes a los infrayacentes, lo que implicaría cambios de procedencia tanto en las direcciones de aporte como del área madre. Esta actividad intravallesiense (Fase Ática) se pone de manifiesto en la Hoja de Roa, (nº 345) deformando el ciclo sedimentario "Unidad detrítica de Aranda-Calizas inferiores de los Páramos". Estos movimientos podrían relacionarse con la tectónica finiserravaliense que se detecta en las cordilleras alpinas de la Península.

La presencia de distintas unidades deposicionales o tectosedimentarias, marcadas por diferentes discontinuidades en el Neógeno aflorante, concretamente en el Mioceno medio-superior del sector central de la Cuenca del Duero, ponen en evidencia una serie de movimientos y reactivaciones que marcarían las diversas interrupciones sedimentarias y ciclos deposicionales. No obstante estas discontinuidades que tienen un carácter regional, presentan manifestaciones diferentes de unos puntos a otros, resultando a veces difícil de ser localizadas, bien por la convergencia de facies de los depósitos infra y suprayacentes, bien por la homogeneidad de los ambientes sedimentarios en los que ambos se depositaron.

En clara discontinuidad sobre los depósitos paleógenos y neógenos inferiores aparece un nuevo ciclo sedimentario de edad Orleaniense-Astaraciense (Facies Tierra de Campos, Facies Dueñas, etc). Este ciclo está representado por los sedimentos más antiguos que afloran en la Hoja y en la región. Se instala a partir de un evento tectónico que se caracteriza por una fracturación y deformación a nivel regional de gran radio, amén de un cambio en las condiciones climáticas y paleogeográficas.

Aunque resulta difícil de observar la posible discordancia, a nivel puntual, a veces se aprecian en lugares muy concretos, fenómenos de fracturación sinsedimentaria y cuerpos "*slumpizados*" que serían precursores e indicadores de una inestabilidad en la cuenca.

En otros sectores más lejanos como en las proximidades de Burgos (Castrillo de Val), SANCHEZ BENAVIDES et al (1.989) señalan una discontinuidad a techo de ésta unidad, en ella se incluyen procesos de karstificación asociados, los cuales indican la interrupción de la que se habla, situándola en el Aragoniense superior.

A comienzos del Vallesiense parece tener lugar otro episodio tectónico también importante que va a motivar la deformación de las series detríticas y carbonatadas que constituyen el ciclo de las Calizas Inferiores del Páramo y que tienen distintas manifestaciones (discordancia del Castrillo del Val ó Tortoles de Esgueva) en la Hoja de Roa (nº 345).

Esta discontinuidad intravallesiense, atribuida a la Fase Ática, podría relacionarse como ya se ha dicho con la citada por otros autores en diferentes cuencas continentales de la submeseta meridional. En este caso, ésta fase tectónica se manifestaría además de con una deformación regional y con una configuración paleogeográfica algo diferente, a la que antes existía, con procesos de erosión y karstificación asociados y afectando a la serie miocena infrayacente. A continuación se produce una fase distensiva que produce depresiones tectónicas en las que se instalan los sistemas fluviales que originan los depósitos detríticos del mioceno superior.

La presencia de una unidad sedimentaria suprayacente en un segundo nivel de las Calizas de los Páramos, de carácter geográfico algo más restringido, implica deformaciones y fracturaciones locales que actuarían como condicionantes paleogeográficos de este segundo ciclo.

La superficie de colmatación del ciclo "Calizas Superiores de los Páramos" se ve afectada de nuevo por una fase de deformación, que daría lugar a geometrías de gran radio sobre las Calizas de los Páramos, acompañadas por procesos de fracturación y elevaciones en los relieves del borde. Esta fase compresiva podría ser una pulsación tardía de la Fase Ática o bien podría relacionarse con la Fase Iberomanchega I de AGUIRRE et al. (1.976). Según estos autores la edad de la deformación podría ser Turolense superior-Plioceno basal o situarse en el Plioceno medio.

Todo lo expuesto hasta ahora trae consigo el desarrollo de una superficie de erosión con procesos de karstificación incluidos (Superficie del Páramo). Al mismo tiempo hacia el interior de la Cuenca predominarían los procesos atectónicos de carácter erosivo (PEREZ GONZALEZ, A., 1.979).

Una nueva reactivación tectónica así como un cambio climático, difícil de precisar en la escala del tiempo (Fase Iberomanchega II) daría lugar al desarrollo de un nuevo ciclo sedimentario, que mar-

caría el inicio del Cuaternario, de carácter fluvial y exorreico, con la implantación de la red fluvial actual, cada vez más restringida y encajada. El encajamiento de la red es consecuencia directa de estos últimos movimientos, concretamente del levantamiento brusco de un gran bloque en la zona meridional de la Cuenca. Otro tanto ocurre con el basculamiento hacia el O de la Superficie de los Páramos.

Excepción hecha de las deformaciones anteriormente citadas, la interpretación a partir de fotografías de satélite, permite deducir una serie de lineamientos de significado dudoso, los cuales se pueden agrupar en varios sistemas, entre los que destaca el de N 30°-E, Alineación del Pisuerga-Falla de Viloria. Esta alineación ha sido comprobada por los equipos de geofísica del IGME, quienes han detectado otro gran accidente paralelo, que pasa por Cuellar y Norte de Arevalo, con bloque hundido hacia el oeste, delimitándose así un importante *graben* en la zona de Madrigal de las Altas Torres.

Es posible, que los sedimentos detríticos afines a la “Raña”, que se encuentran en zonas próximas a la Hoja, estén ligados a esta última actividad tectónica, con lo que estarían relacionados con las etapas iniciales del establecimiento del exorreismo en la Cuenca del Duero.

Por último, hay que resaltar algo a cerca de los deslizamientos rotacionales que dan origen a pequeñas fallas en las laderas de los páramos, y es su posible relación con las fases climáticas húmedas acaecidas durante el Holoceno.

2.3. NEOTECTÓNICA

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCIÓN FISIGRÁFICA

La Hoja, escala 1:50.000 de Cuéllar (401), se encuentra situada entre las provincias de Valladolid, al norte y Segovia al sur ocupando cada una de ellas aproximadamente el 50% de la superficie de la hoja. Desde el punto de vista administrativo pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla - León y fisiográficamente a la Cuenca del Duero, localizándose en la mitad meridional de la misma.

La altura media de la Hoja es de aproximadamente 800 m con las máximas cotas en el cuadrante NE, muy próximas a Campaspero, los cuales no superan los 903 m. Las áreas más bajas se localizan en el borde oeste, casi en la confluencia de los ríos Cega y Pirón donde se desciende hasta los 740 m. La tendencia general del relieve es a descender hacia el ONO, aunque localmente se observan inclinaciones hacia el valle del río Cega.

A grandes rasgos, el relieve de la hoja de Cuéllar ofrece tres unidades perfectamente diferenciadas y son : el “Páramo” las “Cuestas” y la “Campaña” unidades muy clásicas del Mioceno castellano.

El “Páramo” ocupa algo más de la mitad septentrional de la Hoja y constituye una superficie plana con las cotas más altas, entre 860 y 900 m y da lugar a amplios relieves tabulares. En segundo lugar aparecen las “Cuestas” que constituyen la unidad de enlace entre el “Páramo” y la “Campaña” y se caracterizan por definir las vertientes del primero. En general se trata de vertien-

tes regularizadas en las que han intervenido diversos procesos y suelen presentar un perfil cóncavo. Sin embargo en el borde oriental de la Hoja, estas vertientes están interrumpidas por replanos y resaltes estructurales debidos a niveles calcáreos competentes, puestos de manifiesto por la erosión deferencial. Y por último, en el sector más meridional está representada la "Campiña". Se trata de la zona más baja, entre los 740 y 830 m y cubierta por un conjunto de acumulaciones eólicas muy frecuentes en este sector de la Cuenca del Duero y fijadas, en la actualidad, por numerosos pinares.

En cuanto a la red fluvial se articula y ordena en torno al río Cega que hace su entrada en la Hoja por la esquina SE en dirección al NO y al sur de Cuéllar, toma una dirección prácticamente E-O hasta el extremo oeste de la Hoja, donde confluye con el río Pirón. Ambos cursos de agua se encajan bruscamente, unos 20 - 30 m, sobre la "Campiña" a diferencia de otros cursos de carácter estacional que lo hacen débilmente dando pequeños valles de fondo plano. Los principales afluentes del Cega por la derecha son los arroyos del Horcajo y del Henar al cual afluyen los arroyos de Aldealbar, de la Vega, Vasconcillos y de la Dehesa. En el cuadrante NE destaca el arroyo de la Valcorba. Todos los cursos mencionados hasta ahora, a excepción del Cega y del Pirón, se encajan en el "Páramo" dando lugar a valles estrechos con laderas muy acusadas. Los principales afluentes del Pirón, ya en el sector de la "Campiña" son los arroyos Marietes y del Ternillo. La dirección general de la red es E-O.

El principal núcleo de población es Cuéllar que da nombre a la Hoja y está situada en el cuadrante SE. Le siguen en importancia, Campaspero, Valledado, Chañe y San Miguel del Arroyo. Una tercer categoría la constituyen poblaciones como : San Cristóbal de Cuéllar, Mata de Cuéllar, Moraleja de Cuéllar, Remondo, Frumales y Torrescarcela.

La red de comunicaciones es buena debido a la bondad del relieve. Destaca la carretera nacional 601 que une Madrid con León, pasando por Segovia. Existen además una cantidad importante de carreteras comarcales y locales que ponen en comunicación unos núcleos con otros. Completa la red una serie de caminos sin revestir y pistas forestales que facilitan el acceso a casi la totalidad de la superficie de la Hoja.

La vegetación es muy abundante en los sectores donde existen arenas eólicas, en cuyo caso dominan los pinos. En los "Páramos" es más frecuente la presencia de matorral y el monte bajo.

Las principales fuentes de riqueza son la ganadería y la agricultura. De reciente creación es la industria chacinera que ha alcanzado un notable desarrollo. También constituyen fuente de ingresos la madera y la explotación de algunos arenales para material de construcción.

Para finalizar con las características generales del área, falta hacer mención a las condiciones climatológicas. La zona pertenece al Dominio Mediterráneo Templado con influencia continental y cuyas precipitaciones medias anuales están próximas a los 500 mm y las temperaturas medias oscilan entre 11 y 13°C.

3.2. ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos relacionados con este sector son bastantes numerosos, pero en su mayoría de carácter regional. Por lo que a las formaciones superficiales se refiere, han merecido

especial atención los depósitos eólicos debido a la gran cantidad de arenas que transportadas por el viento se han acumulado en gran parte de las provincias de Valladolid y Segovia. Varios son los autores que ya en el siglo pasado y a comienzos de éste, hacen mención a dichos arenales. Entre ellos hay que destacar a CASIANO DEL PRADO (1854), CORTAZAR (1890) y HERNANDEZ PACHECO (1923 y 1.930). Más recientemente ALCALA DEL OLMO (1972), realiza un estudio sedimentológico a cerca de los arenales de Cuéllar y en 1974 presenta su Tesis Doctoral en la que realiza un estudio edáfico - sedimentológico de los arenales de la Cuenca del Duero.

Existen además otra serie de trabajos de carácter más general, en los que se aborda el problema de las arenas eólicas de la España interior. De gran interés son los debidos a CASAS y LEGUEY (1971), CASAS, LEGUEY y RODRIGUEZ (1972) y PEREZ GONZALEZ (1982).

Por otra parte la realización en las últimas décadas de las Hojas M.A.G.N.A de Peñafiel (364), Portillo (400), Olmedo (428), Arévalo (455) y Navas de Asunción (456), aporta numerosos datos, no sólo sobre este tipo de depósitos, sino sobre la morfología de este sector de la Cuenca del Duero. Se contemplan problemas relacionados con los "Páramos" la Superficie de Coca - Arévalo y los depósitos aluviales elaborados por los ríos Cega, Eresma, Adaja, Voltoya y Duero.

Por último, la confección por el IGME del Mapa del Cuaternario de España (1.989), a escala 1:1.000.000, permite conocer de forma general, los límites y distribución de las formaciones superficiales de esta región.

3.3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO

El relieve de una región, generalmente es debido a la conjunción de varios aspectos como son : naturaleza del sustrato, disposición del mismo y actuación de los procesos externos sobre dicho sustrato. Los dos primeros aspectos están relacionados con la geomorfología estática o estructural y el último, con la geomorfología dinámica y el clima. Las características de unos y otros son las que se describen a continuación.

3.3.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista morfoestructural, la hoja de Cuéllar pertenece en su totalidad a la Cuenca del Duero, situándose en la mitad meridional de la misma. Geológicamente está constituida por materiales pertenecientes al Neógeno y Cuaternario, todos ellos depositados en régimen continental. Por lo que al Terciario se refiere están presentes las tres facies clásicas del Mioceno castellano que, de muro a techo son : las Facies Tierra de Campos, las Facies Cuestas y las Calizas de los Páramos. Estas dos últimas están mejor representadas, ocupando la mitad septentrional de la Hoja. En el conjunto de la región se observan ondulaciones de amplio radio y una inclinación generalizada hacia el este. En la contigua hoja de Portillo (400) se señala que esta inclinación es aproximadamente del 1,5%. Concretamente la estructura de la Hoja como ya se ha indicado en el primer capítulo es la siguiente, de norte a sur : El "Páramo", las "Cuestas" y la "Campaña".

El "Páramo" que ocupa algo más de la mitad de la Hoja constituye una superficie plana de gran amplitud que disminuye de cota hacia el oeste. Geomorfológicamente da lugar a grandes relieves tabulares, como en Campaspero, que a medida que hacia el sur y oeste son diseccionados

por la red fluvial, se divide en plataformas o pequeñas mesas, como sucede en el paraje de El Pico, en el borde oeste de la Hoja. Su formación se debe a que está constituido por rocas carbonatadas, más resistentes a la erosión que los materiales que tiene por debajo. Así al quedar disectado por los diferentes cursos de agua, da lugar a escarpes muy netos y definidos. Es a partir de estos escarpes y hasta el valle del Cega donde se localizan las principales formas estructurales, desarrolladas sobre las “Facies de la Cuestas”. Estas facies presentan una gran variedad litológica con arcillas, margas, margas yesíferas e intercalaciones de calizas. La alternancia de materiales competentes e incompetentes da lugar a que en el proceso de encajamiento funcione la erosión diferencial y se originen escarpes estructurales, replanos estructurales, cerros cónicos, etc.

La tercera unidad, la “Campiña” debido a la disposición de los materiales sobre los que se desarrolla, es también muy plana y da lugar a una amplia llanura que se extiende hacia el sur por la contigua hoja de Navas de Oro. La característica principal de esta unidad en la hoja de Cuéllar es que está cubierta por extensas acumulaciones de arenas eólicas que impiden la observación directa de la misma.

Para finalizar este apartado conviene hacer algunas consideraciones sobre la morfología de la red de drenaje, pues la existencia de tramos excesivamente rectilíneos o de direcciones preferentes puede arrojar datos sobre la presencia de líneas de debilidad en el sustrato o de movimientos recientes de reajuste de bloques, basculamientos, etc. En la hoja de Cuéllar, la dirección preferente es E-O, siendo además la que adaptan los principales ríos como el Cega o el arroyo Henar, de más largo recorrido. Se observan también las familias SE-NO y NE-SO, la primera ocupada por los cursos que vienen del sur, desde la hoja de Navas de Oro y la segunda ocupada por los cauces que proceden del norte afluyendo al río Cega y al arroyo Henares. Se trata en general de cauces secundarios. Finalmente aparece, aunque de forma discreta, la dirección N-S ocupada por cauces de corto recorrido, como puede percibirse en el sector central, al este de la localidad de Cuéllar.

Todos estos hechos indican que probablemente los movimientos tectónicos han continuado durante el Cuaternario, elevando o hundiendo bloques, así como dando lugar a basculamientos significados por la asimetría o el encajamiento brusco de algunos cauces en determinadas áreas.

3.3.2. Estudio del modelado

Se refiere fundamentalmente al conjunto de formas y procesos, que caracterizan un área determinada, como consecuencia de la actuación de los agentes externos sobre un sustrato determinado, en este caso sobre el que se ha descrito en el apartado anterior.

La Hoja de Cuéllar tiene un importante modelado de carácter eólico en la mitad meridional, destacando también el modelado fluvial y el poligénico. Las formas kársticas, de gravedad y lacustres, aunque de menor envergadura, completan el aspecto morfológico de la Hoja.

3.3.2.1. Formas eólicas

Como ya se ha señalado anteriormente ocupan gran parte de la mitad meridional de la hoja, ofreciendo una importante variedad de depósitos y formas.

Ya desde antiguo es conocida la actividad eólica en la Cuenca del Duero, durante el Cuaternario y ha sido citada por numerosos autores como HERNANDEZ PACHECO (1923), CASAS y LEGUEY (1971), ALCALA DEL OLMO (1972 y 1974), GARCIA ABAD (1974) y PEREZ GONZALEZ, A (1982) entre otros.

Las arenas cubren todo tipo de materiales que aparecen en la Hoja, así se sitúan sobre la superficie de Coca - Arévalo, sobre las facies de las "Cuestas" e incluso sobre la superficie del "Páramo". En todos los casos están fijadas por extensos pinares, lo que a veces dificulta su estudio, sin embargo la observación de la fotografía aérea, contribuye fácilmente a la diferenciación de morfologías. De esta forma se han cartografiado varios tipos de acumulaciones como : manto eólico, campos de dunas y cordones dunares.

El Manto eólico constituye un recubrimiento arenoso bastante homogéneo compuesto por arenas arcósicas blancas con un escaso contenido en finos (limos + arcillas). Su aspecto es masivo y la potencia resulta bastante variable, estimándose entre 1 y 5 m, teniendo menor espesor los afloramientos existentes sobre el Páramo que los que ocupan las márgenes del Cega y del Pirón. Su gran homogeneidad actual puede ser debida a que constituye el depósito eólico más antiguo y que a lo largo del tiempo ha sufrido una serie de arrasamientos y una degradación generalizada de las formas, es decir podría corresponder a antiguos complejos dunares erosionados en la actualidad. Se localiza mayoritariamente en una franja de dirección este - oeste, en la mitad meridional de la Hoja, ocupando márgenes e interfluvios de los ríos Cega y Pirón. También aparece al norte, sobre la superficie del Páramo en los parajes de El Montanar, El Caño, Modorro, El Enebro, El Raso y Astillero.

Otra de las formas diferenciadas la constituyen los Campos de dunas, se sitúan en las esquinas NO y SE de la Hoja y ocupan mucha menor superficie que el manto eólico. Si se contempla la distribución de los afloramientos de arenas no sólo en esta Hoja, sino en el resto de las hojas vecinas, se observa una misma dirección del manto eólico y de los campos de dunas, es decir NO-SE. El tipo más frecuente son las dunas parabólicas presentando en ocasiones coalescencia entre sus ramas. La orientación de las mismas indica un viento dominante procedente del SO. A veces las dunas son de gran tamaño y pueden separarse en la cartografía como formas aisladas o bien como formas coalescentes. En este último caso dan lugar a bandas de 10-15 m de altura, perpendiculares a la dirección del viento, originando verdaderos Cordones dunares. Los más espectaculares se localizan en el extremo SE de la Hoja en los parajes de Pinar de Aldehuela, Hoyada de Milano, La Catarona y El Verde.

Los procesos de eolización producen, además, otra serie de manifestaciones, entre las que pueden destacarse los "ventifactos" o cantos facetados que presentan un pulimento muy característico asignado por el choque de los granos de arena que transporta el viento. Por otra parte, la forma erosiva por excelencia la constituyen las cubetas de sobreexcavación, también conocidas como cubetas de deflación. Son formas deprimidas, en general de contorno ovalado y de pequeñas dimensiones, no sobrepasando casi nunca el kilómetro cuadrado. En la hoja de Cuéllar se han reconocido algunas cubetas en los complejos eólicos situados encima del Páramo, por ejemplo en la esquina NO en el paraje de las Navas y más al este en otros parajes como El Enebro, Matamoros y Astillero. Una de las características más comunes es que estas depresiones suelen estar abiertas por el lado de donde procede el viento. También es frecuente que su fondo esté tapizado por un finísimo recubrimiento de limos arenosos. A veces estas cubetas sirven de base para la formación de pequeños fondos endorreicos o incluso de lagunas estacionales.

3.3.2.2. *Formas fluviales*

Dentro del conjunto de formas fluviales, destacan como formas de acumulación : los fondos de valle, los conos de deyección y las terrazas. Todos ellos se describen a continuación.

Entre los Fondos de valle destacan los de los ríos Cega y Pirón, muy encajados y estrechos, así como los de los arroyos de la Dehesa, de Henar y Horcajo de mayor amplitud y situados en el dominio del Páramo. Todos ellos constituyen la red hidrográfica principal de la Hoja y tiene aproximadamente una misma dirección E-O, con tramos bastante rectilíneos. Existen otros fondos de valle, en el tercio meridional, con dirección ESE-ONO que corresponden en la actualidad a cauces estacionales y sus depósitos están débilmente encajados en la superficie de Coca-Arévalo, recubierta en este sector por un importante complejo eólico. Son fondos algo más anchos que los anteriores, bastante rectilíneos y a veces están interrumpidos por las arenas eólicas dando lugar a pequeñas zonas de mal drenaje. Entre ellos destacan los arroyos Marietes, del Ternillo, del Prado, etc. En este sector meridional dadas las características de relieve, con apenas diferencias topográficas, se producen entrelazamientos de fondos, pérdidas de drenaje y existencia de divisorias poco definidas. Todo ello hace pensar en movimientos tectónicos recientes de reajustes de bloques, basculamientos, elevaciones o subsidencias que por la sutileza de los mismos se manifiesta fundamentalmente en la morfología regional.

Con el nombre de fondos de valles ciegos se agrupan una serie de fondos de valle de muy corto recorrido y algo sinuosos que aparecen sobre las arenas eólicas del cuadrante NO cubriendo parcialmente el Páramo. Es muy probable que las propias arenas hayan interrumpido estos cauces debido a lo extremadamente suave del relieve.

Por lo que se refiere a las terrazas, sólo se desarrollan en los ríos Cega y Pirón, estando muy circunscritas al valle, debido al encajamiento de los mismos. Los afloramientos son alargados y de pequeñas dimensiones y se reconocen hasta dos niveles en el valle del Pirón a +3 - 10 m y +12 - 15 m sobre el nivel actual del cauce. El dispositivo morfológico es el de terrazas colgadas, es decir que puede observarse el sustrato terciario subyacente, ofreciendo un escarpe muy neto hacia el valle. No se descarta la posibilidad de que exista algún nivel más antiguo que podría estar actualmente cubierto por los complejos dunares o por el manto eólico, dado que en algunos puntos de los valles del Pirón y del Cega, entre las arenas eólicas, quedan registros de facies canalizadas de carácter fluvial.

Finalmente, y dentro de las formas de acumulación, faltan por citar los conos de deyección. Son muy abundantes en la vertiente sur del Páramo, en la margen derecha del río Cega. También aparecen en los valles de la Dehesa, de Vasconcillos, de Henar y Valcorba, pero son menos frecuentes y de menor envergadura. En general están constituidos por arenas, muy semejantes a las eólicas, con algunos cantos. En ciertos perfiles se observan secuencias granodecrecientes con estratificaciones inclinadas a favor de la pendiente. También se muestran cicatrices erosivas entre unos cuerpos arenosos y otros.

En la cartografía, al igual que en algunos cortes, se observan como estos depósitos se intercalan con otros de origen coluvial, sobre todo en las zonas apicales. En las partes distales de los abanicos, se observa sin embargo un predominio de las arenas sobre los depósitos de gravedad. A veces pueden aparecer retazos colgados, a mitad de la vertiente, que indican etapas anteriores en el proceso de encajamiento y en el de regularización de las vertientes. En la hoja de

Cuéllar existe un ejemplo de ello en la localidad de Vallelado y en relación con el arroyo del Horcajo.

En cuanto a las formas erosivas se reconocen, la arroyada difusa, así como procesos de incisión vertical en algunos pequeños valles que encajan en el Páramo.

3.3.2.3. *Formas de ladera*

Aparecen representadas en la Hoja por los desprendimientos, deslizamientos y coluviones. Los desprendimientos no son muy frecuentes pero cuando aparecen lo hacen en las vertientes del Páramo y a favor de sus escarpes. Las pequeñas fracturas que afectan a estos materiales carbonatados, unido a los procesos de descompresión, preparan las condiciones para que en un momento determinado bajo unas condiciones climatológicas lluviosas, se produzca la caída de estos bloques, situados en posiciones inestables.

Los deslizamientos aparecen al oeste, en la vertiente norte del río Cega y en los valles de los arroyos de Henar y Valcorba. Son frecuentes en la región y, como en ese caso, se originan en las vertientes de los Páramos. Por lo general son de carácter rotacional, provocando a veces un escalonamiento en la ladera y, otras, se unen a otros deslizamientos, incrementando el volumen de las masas en movimiento. En cuanto a los coluviones cabe decir que son muy abundantes en todas las laderas de los Páramos y que como se ha dicho en el apartado anterior, aparecen asociados a los conos de deyección derivando de las calizas superiores y de las "facies de las Cuestas". También es normal que aparezcan episodios eólicos asociados a estos sedimentos de ladera.

3.3.2.4. *Formas lacustres*

Están representadas por los fondos endorreicos. Se originan por diversas causas y aparecen distribuidos en el tercio meridional de la Hoja, sobre los complejos eólicos. En general son de pequeño tamaño y tienen formas ovaladas o alargadas. En épocas de lluvia pueden acumular algo de agua en su superficie. En su fondo suele aparecer un depósito arenoso con abundante fracción fina e importantes acumulaciones de materia orgánica. El color general que ofrecen es gris o negro, siendo habitual que desarrollen, a techo, un suelo de carácter vértico.

En su formación intervienen distintas causas, entre las que pueden sugerirse varias. En primer lugar la topografía tan llana de la zona y el escaso encajamiento de algunos cauces hace que las divisorias no sean siempre claras y que los cauces circulen de forma anómala. No hay que olvidar que muchos de estos fondos están asociados a estos aluviales, poco encajados. Por otra parte, los procesos eólicos dan lugar a veces a formas deprimidas como son las cubetas de sobreexcavación o de deflación y los surcos interdunares. A su vez las arenas eólicas interrumpen en ocasiones los débiles cursos de agua, haciendo que se produzcan áreas de mal drenaje. Finalmente, y como ya se sugiere en la contigua hoja de Cantalejo (430) por el SE no se descarta la posibilidad de movimientos tectónicos recientes que den lugar a áreas de subsidencia.

3.3.2.5. *Formas kársticas*

Se han diferenciado : dolinas, uvalas y las arcillas de descalcificación que en general rellenan sus fondos.

Las dolinas y uvalas de esta Hoja aparecen desarrolladas sobre las calizas del Páramo que ocupa la mitad septentrional de la misma. El intenso karst que las afecta, da lugar a estas formas de dimensiones y morfologías muy variadas que se presentan, según las zonas, con gran profusión. Por ejemplo son muy abundantes en el sector occidental y central del Páramo, disminuyendo considerablemente en el tercio más oriental. Sus bordes no siempre son netos, pero son fáciles de reconocer tanto en la fotografía aérea como en el terreno. Parecen dolinas en cubeta.

En la cartografía se han señalado con otro símbolo aquel conjunto de dolinas que se reflejan en todas aquellas formaciones superficiales que cubren el Páramo, como sucede en los depósitos del manto eólico. Se han denominado : dolinas de karst subyacente, pues aunque dan lugar a depresiones en las arenas, son debidas a los procesos de disolución ocurridos en las calizas situadas inmediatamente por debajo.

Finalmente, dentro del karst, se han tenido en cuenta los fondos de dolinas, donde se acumulan productos residuales de la alteración kárstica. Aunque muy trastocados por la actividad antrópica, debido a actividades agrícolas, se han considerado en la cartografía. Sus características sedimentológicas se detallarán más adelante en el apartado que se ocupa de las formaciones superficiales.

3.3.2.6. *Formas poligénicas*

Dentro del grupo de formas poligénicas se incluyen la Superficie del Páramo, la Superficie de Coca - Arévalo y los aluviales - coluviales.

La Superficie del Páramo se desarrolla sobre las calizas del Páramo 1, de carácter microcristalino con gasterópodos, ostrocos y charáceas y lamelibranquios que las identifica con un ambiente lacustre. Constituye una superficie plana que ocupa algo más que la mitad septentrional de la Hoja y que contiene las cotas más altas de la misma, entre 860 y 900 m. No se trata simplemente de un relieve estructural debido a su mayor resistencia a la erosión que los materiales infrayacentes, ni tampoco de una superficie de colmatación de la Cuenca Terciaria, según PEREZ GONZALEZ (1979) se trata de una superficie multipoligénica en la que se reconocen procesos de erosión, karstificación y sedimentación al igual que sucede en la submeseta meridional. Estos procesos, semejantes a los señalados en la contigua hoja de Portillo (nº 400) se manifiestan por un biselamiento de los términos más altos de las Calizas del Páramo y por la acusada karstificación de la que ya se ha hecho mención con anterioridad, quedando patente en los campos de dolinas. Según los datos que se recogen en las hojas de Cigales (343) y Valladolid (372) la karstificación podría remontarse al Plioceno medio, aunque las formas que se observan en la actualidad deben ser más recientes. Para finalizar con la superficie del Páramo hay que decir que ofrece una inclinación generalizada hacia el oeste, aunque localmente también lo hace hacia el valle del Cega.

La segunda superficie diferenciada se asimila a la Superficie de Coca - Arévalo (Superficie de Coca de PEREZ GONZALEZ, 1979) por ser la continuación natural de la así denominada en la contigua hoja de Portillo (400). Se trata de una superficie con depósito que aparece en el borde oeste de la Hoja, en su tercio sur con una cota comprendida entre los 740 y 750 m.

Constituye una extensa planicie que desciende de forma suave hacia el NNO con pendientes aproximadas del 2-3%. Los depósitos que caracterizan esta superficie presentan características

fluviales de tipo “braided” con intercalaciones locales de arenas eólicas. Los autores que la han definido coinciden en que se trata de “una superficie compleja de génesis problemática en la que puede haber intervenido procesos de glaciplanación previos a la instalación de una red trenzada acompañada de dunas perfluviales”.

Para terminar se han diferenciado también aluviales - coluviales, correspondientes a todos los fondos de valle en los que es difícil separar los depósitos meramente fluviales de los aportes laterales. Se localizan en los pequeños valles de la vertiente meridional del Páramo que finalmente vierten a la cuenca del río Cega. Son de pequeñas dimensiones y presentan un perfil transversal en “U”.

3.4.3. Formaciones superficiales

Se definen como tales todos aquellos materiales coherentes que han sufrido o no una consolidación posterior y que están ligados directamente a la evolución del relieve que se observa en la actualidad. Por lo general tienen poco espesor (de unos decímetros o pocas decenas de metros) y nunca han sido recubiertas por grandes acumulaciones de sedimentos. Tienen una edad comprendida entre el Plioceno y el Cuaternario, aunque en ocasiones pueden ser algo más antiguas.

La principal característica que deben tener es su cartografiabilidad a la escala de trabajo y, en general, se definen por una serie de atributos como : geometría, naturaleza, textura, espesor, tamaño, génesis y, en algunos casos, cronología.

En la Hoja de Cuéllar las formaciones superficiales ocupan aproximadamente el 50% de la superficie de la Hoja pudiendo asociarse a seis tipos diferentes de modelado que son : eólico, fluvial, de ladera, lacustre, kárstico y poligénico.

Las formaciones superficiales de carácter eólico han sido ampliamente descritas desde un punto de vista geomorfológico por lo que aquí se tendrá en cuenta su litología, textura, estructura y espesor. La abundancia de este tipo de depósitos en las provincias de Valladolid y Segovia ha aportado bastante literatura al respecto, destacando autores como CASAS y LEGUEY (1971), CASAS, LEGUEY y RODRIGUEZ (1972) y ALCALA DEL OLMO (1972 y 1974). Este último autor aporta numerosos datos a cerca de las características texturales y mineralógicas de estos sedimentos. Así, señala un predominio de las arenas finas (0,2-0,5 mm) y de la fracción arena muy fina (0,05-0,2 mm). Los limos, arcillas y gravas, considerando estas últimas como toda la fracción superior a 2 mm, tienen muy escasa representación, con porcentajes inferiores al 5%. Por lo que se refiere a la composición mineralógica de la fracción ligera, señala el predominio del cuarzo, con porcentajes entre el 52 y el 68%, seguido del feldespato potásico y, en menor proporción de los calcosódicos que no superan el 8%. La asociación de minerales pesados reconocida por ALCALA DEL OLMO (1.974) es turmalina - granate - andalucita.

Para el sector de Cuéllar, ALCALA DEL OLMO (1972) puntualiza que los tamaños medios de las arenas oscilan entre 0,25 y 1 mm y que la proporción no supera en ningún caso el 10%. Litológicamente define estas arenas como arcosas de grano medio, de subredondeadas o redondeadas, con gran proporción de elementos mates. Según PEREZ GONZALEZ (1979), existen al menos dos fases eólicas principales, separadas por un horizonte edáfico de acumulación de arcilla. Para este autor las arenas más antiguas son algo más arcillosas, debido a la concentración

de finos por las oscilaciones del nivel freático. Por otra parte el aspecto general de las arenas es masivo, pero allí donde existen cortes como pueden ser en algunas explotaciones o en el valle del Cega, se observan laminaciones de todo tipo (cruzadas, en surco, etc.) e incluso pequeñas cicatrices erosivas debido a avalanchas locales.

En cuanto a la potencia de estos depósitos hay que indicar que es bastante variable. ALCALA DEL OLMO (1972) da una media, para este sector de Cuéllar, de 4 o 5 m, pero en hojas contiguas se han llegado a medir hasta 10-15 m en áreas de coalescencia. Sobre estos materiales es frecuente el desarrollo de suelos lixiviados que presentan un pequeño horizonte arcilloso a unos cuantos centímetros de la superficie. Por lo que se refiere a la edad no existen datos concretos pero los diversos autores asignan para todo el conjunto una edad que iría desde el Pleistoceno medio hasta nuestros días.

Siguiendo con las formaciones superficiales de carácter fluvial, se describirán fondos aluviales, terrazas y conos aluviales. Entre los primeros existen dos tipos, los que están encajados en el Páramo y los que discurren por los complejos eólicos y la superficie de Coca - Arévalo. Los encajados en el Páramo están formados por limos arcillosos y arenas con cantos y gravas de cuarzo, cuarcita y calizas, en una proporción importante. Entre ellos destacamos los arroyos de Valcorba, de Henar, del Horcajo y de la Dehesa. Los otros fondos de valle pertenecen por lo general a depósitos dejados por cursos estacionales, muy poco encajados en el sustrato. Están constituidos por arenas y limos arcillosos con cantos y gravas de cuarcita y cuarzo. La materia orgánica también suele ser importante sobre todo a techo donde desarrollan suelos de carácter aluvial que lateralmente suelen pasar a suelos pardos o suelos vérticos. El espesor total del depósito oscila entre 1 y 3 m. La edad asignada es Holoceno.

Las terrazas, circunscritas a los valles del Cega y del Pirón, están formadas por arcosas en las que dominan los feldespatos potásicos sobre los calcosódicos, con cantos y gravas de cuarzo, cuarcita, granitoides y liditas. Observaciones realizadas sobre el terreno muestran que el 80-90% de los depósitos no supera el tamaño de 2 cm. En la fracción superior a este tamaño es muy frecuente el cuarzo, existiendo también fragmentos de granitos y rocas metamórficas. El centil suele estar entre los 8 y 10 cm y la fracción arenosa puede llegar al 60%. A techo desarrollan un suelo pardo o pardo rojizo (5 YR o 7,5 YR). Un hecho que ya se señala en las hojas próximas de Portillo (400), Olmedo (428) y Arévalo (455) y que también se ha observado en esta Hoja es que en las terrazas los feldespatos se conservan frescos, incluso subidiomorfos, lo que podría indicar una escasa alteración durante el transporte y la sedimentación. En estos depósitos se reconocen estructuras sedimentarias típicas de un medio "braided" como las barras de gravas, estratificación cruzada en surco, canales de arena, etc. La edad asignada a las terrazas es Pleistoceno superior aunque no se descarta la posibilidad de que puedan llegar al Holoceno.

Los conos de deyección o conos aluviales están relacionados con las salidas de algunos valles en las laderas de las mesas de los Páramos, al desembocar en un valle de rango superior. Están formados por una gran acumulación de materiales de carácter aluvial entre los que se encuentran niveles de arenas eólicas, con gran abundancia de granos mates y con estratificación inclinada a favor de la pendiente. También se observan otro tipo de niveles de carácter gravitacional con limos, arenas y clastos angulosos de calizas de hasta 20 cm. Corresponden a los depósitos coluviales con los que alternan en las laderas. Hacia las zona distales, los clastos calizos se hacen muy escasos. La potencia en las zonas apicales puede llegar a tener más de una decena de metros y

en las distales menos de 1 m. En la salida del arroyo del Horcajo se observan restos de los depósitos de un cono de deyección más antiguo y por lo tanto más consolidado y ya desconectado de la red.

Las formaciones superficiales de ladera quedan representadas por los coluviones y los deslizamientos. Los coluviones son frecuentes en la mayoría de los valles encajados en el Páramo y particularmente abundantes en la margen derecha del río Cega, donde se asocian a los conos aluviales. Tienen una matriz arenosa-arcillosa, incluso algo margosa con pequeños cantos de cuarzo y cuarcita y clastos calizos angulosos. El depósito está muy poco cementado y es frecuente encontrar intercalaciones de arenas eólicas, que en el proceso de la formación de coluviones se han ido incorporando y sufriendo movilizaciones posteriores. La potencia de estos depósitos es muy variable pero siempre de cierta importancia, variando entre 7 y 10 m. Sobre ellos suelen desarrollarse suelos pardos-calizos de perfil poco evolucionado. Su edad es Holoceno.

Los deslizamientos también aparecen en la vertiente norte del río Cega, al oeste de la Hoja y en los valles de los arroyos de Henar y Valcorba. Se trata normalmente de deslizamientos rotacionales que a veces provocan un escalonamiento en la ladera y otras se unen longitudinalmente a otros, incrementando el movimiento de masas. Están constituido por una mezcla caótica de bloques, arcillas y arenas. Los bloques tienen diversa litología, según los materiales de la ladera que moviliza.

Por lo que se refiere a las formaciones superficiales de carácter lacustre están representadas por los fondos endorreicos. Litológicamente están constituidos por arenas con finos y un alto contenido en materia orgánica. En la contigua hoja, por el oeste, Portillo (400) los análisis químicos realizados a estos sedimentos dan los siguientes contenidos : 25,5% de sulfatos, 0,12-0,18% de nitratos, 4,16-4,69% de cloruro, 9,20% de calcio, 0,9-1,1% de sodio y 1,3-2,4% de potasio, lo que en las épocas secas da lugar a concentración de efluorescencias salinas en superficie. Sobre los sedimentos de estas depresiones endorreicas, se desarrollan suelos grises o negros de carácter vértico o también suelos pardo calizos de carácter vértico y gran cantidad de materia orgánica. El espesor de estos suelos puede llegar a alcanzar 1 m. La edad que se asigna a estos depósitos es Holoceno.

Las arcillas de descalcificación son las únicas formaciones superficiales de origen kárstico y, por lo general rellenan el fondo de algunas dolinas y los pequeños huecos y cavidades que por disolución se generan en las Calizas del Páramo. En las formas mayores, los cultivos han destruido el depósito como tal, pero siempre quedan restos. Se trata de "Terras rossas" y "Terras fuscas", siendo las segundas mucho más abundantes que las primeras. En general presentan un color pardo oscuro o pardo amarillento y un aspecto hojoso. La abundancia de arcillas es mucho más importante y análisis realizados en hojas vecinas hablan de la naturaleza esmectítica de las mismas. Este hecho indicaría unas condiciones de encharcamiento muy prolongadas. La edad asignada a estos depósitos es Plioceno actualidad.

Por último se describen las características de las formaciones superficiales de origen poligénico representadas por la Superficie de Coca - Arévalo y por los aluviales - coluviales.

La superficie de Coca - Arévalo (Superficie de Coca de PEREZ GONZALEZ, 1979), sólo aparece en la esquina SO, aunque en hojas contiguas da lugar a extensas planicies. Lleva un depósito asociado que se conoce como "Facies Arévalo" (CORRALES et al, 1978). Se considera un depósito

complejo ya que en la formación del mismo intervienen al menos dos tipos de procesos : fluviales y eólicos. En la contigua hoja de Portillo (400) estos depósitos están constituidos principalmente por arena gruesa con gravillas de cuarzo. Se trata de facies canalizadas con estratificación cruzada en surco y estratificación cruzada tabular. También existen facies de llanura de inundación con arenas y limos micáceos. Las intercalaciones eólicas son de naturaleza arcósica con arenas bien seleccionadas de tamaño medio a grueso. La morfología que tienen es muy redondeada, con gran proporción de granos mates y el porcentaje de finos es muy escaso. El espesor de estas formaciones es muy variable, aunque en general no parecen superar los 7-8 m.

Sobre estos materiales se desarrollan suelos de diversos tipos dependiendo de la naturaleza del material implicado. Así sobre las facies más finas, debidas a los procesos de inundación, aparecen tierras pardas meridionales y sobre los sedimentos eólicos se dan suelos lexiviados. La edad que los diversos autores asignan a esta superficie es Pleistoceno medio.

Los fondos de valle aluviales - coluviales, tienen características comunes entre los depósitos aluviales y los coluviones y se les asigna una edad holocena.

3.4. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

La Hoja de Cuéllar se encuentra situada en la mitad meridional de la Cuenca del Duero muy próxima a las estribaciones más septentrionales del Sistema Central. La estructura general del borde sur de esta gran cuenca y su borde montañoso está caracterizado por un zócalo antiguo (Precámbrico - Paleozoico) con un mesozoico que lo reviste y que en la tectónica de compartimentación en bloques, actúa solidariamente con él. Los bloques levantados se erosionan para rellenar los bloques hundidos durante el Terciario. La evolución de este sector está por tanto bastante controlada por el comportamiento tectónico de los diferentes bloques. El relleno de la cuenca se realiza en régimen continental variando desde abanicos aluviales en las zonas de borde hasta laguna y charcas, ciénagas, playas salinas y lagos, pasando por variados ambientes fluviales. Las Calizas del Páramo o calizas con gasterópodos, corresponden según AGUIRRE et al (1976), a "una mayor expansión de los ambientes lacustres, más o menos generalizada durante el Mioceno superior y el Plioceno inferior".

Las calizas que aparecen en la hoja de Cuéllar, ocupando la mitad septentrional, corresponden a la "Caliza Inferior del Páramo" que constituye el techo de las "Facies Cuestas", sobre ellas se desarrolla una superficie de erosión compleja con procesos de karstificación, formación de costros, etc. y que se denomina "Superficie del Páramo" cuyas características generales han sido definidas por MOLINA y ARMENTEROS (1986).

En la hoja de Cuéllar esta superficie se localiza entre los 860 y 900 m con inclinación hacia el oeste, llegando a biselar algunos términos de la serie. Cuando esta superficie está bien conservada se pueden identificar formas kársticas de gran tamaño y que afectan, en profundidad a varios metros (MOLINA y ARMENTEROS, 1986). Se reconocen huecos y tubos de disolución rellenos de arcillas rojas con limos y arenas. Se trata de "Terras rossas" o "Terras fuscas", siendo estas últimas las más abundantes.

Sincrónicamente o inmediatamente después, tiene lugar la instalación de los abanicos plio-pleistocenos o "Rañas" que aunque no aparecen aquí sí lo hacen en las contiguas hojas de Peñafiel

(374) y Olombrada (402). A partir de este momento, se inician los procesos de erosión cuaternarios como consecuencia de un cambio en las condiciones morfogenéticas, estando representado fundamentalmente por el encajamiento de los principales cauces, como son del Cega y del Pirón.

Por otra parte, en un momento determinado del Cuaternario, difícil de precisar, pero aproximadamente en el Pleistoceno medio, existe un cambio en las condiciones climáticas que da lugar a fuertes vientos del SO que se cargan de arenas, y cubren grandes extensiones de la Cuenca del Duero. La interacción de estos procesos con la acción fluvial da lugar a la Superficie de Coca - Arévalo (Superficie de Coca de PEREZ GONZALEZ, 1979).

La actividad eólica continua dando lugar a un paisaje dunar de gran extensión. Según PEREZ GONZALEZ (1982) el paisaje eólico de la España interior es multicíclico. De esta forma se reconocen como las arenas más antiguas, las que se han denominado como "manto eólico" pues tanto en esta Hoja como en las contiguas son las que tienen un carácter más expansivo y no ofrecen morfología superficial. Con posterioridad deben instalarse los "Campos de dunas" para modelarse, finalmente, los cordones dunares.

Hay que añadir que aquí, al igual que en toda la Cuenca del Duero, los vientos efectivos responsables de los distintos procesos de erosión y acumulación, son los vientos del SO (PEREZ GONZALEZ, 1979). Este mismo autor, más adelante, en 1982, señala que este paisaje dunar requiere un clima algo más seco que el actual, quizás por debajo de los 350 mm/año, y cálido, con una vegetación clareada y arbustiva.

Los últimos retoques son debidos a los procesos fluviales, de ladera y endorreicos, que contribuyen a definir morfologías puntuales.

3.5. PROCESOS ACTIVOS. TENDENCIAS FUTURAS

En la Hoja de Cuéllar si se atiende a las características litológicas y estructurales y al carácter prácticamente atectónico de la misma, no se observan procesos actuales de gran magnitud. Sin embargo existen algunas acciones que pueden contribuir a modificar el relieve de forma puntual o local. Entre ellas pueden destacarse los procesos fluviales erosivos que actúan en barrancos y valles secundarios, dando lugar a incisión vertical y en zonas más suaves a arroyada difusa.

Los procesos de ladera se limitan a las caídas de bloques en las vertientes del páramo debidas a la inestabilidad topográfica y al agrietamiento sufrido por las calizas en los bordes de las mesas por descompresión lateral. También se observan algunos deslizamientos en ciertos valles que cortan el páramo.

El viento también produce modificaciones actuales, pero no son de importancia. Sus efectos son aparición y desaparición de pequeñas acumulaciones arenosas y una cierta participación en el ensanchamiento y profundización de algunas depresiones kársticas y las depresiones endorreicas. En estas últimas se produce alguna pequeña actividad sedimentaria típica de los medios lacustres, funcionales en épocas húmedas.

Por tanto, las características del sector y los procesos anteriormente descritos, no hacen prever cambios importantes de carácter geomorfológico, en un futuro inmediato.

4.- HISTORIA GEOLÓGICA

Este capítulo es una aproximación a la evolución sedimentaria, paleogeográfica y tectónica del área estudiada. Dichas sean las limitaciones de una descripción tan breve que pretende relatar una historia que abarca un periodo tan amplio. Por otro lado, y dado que los fenómenos poseen carácter regional, no debe de ceñirse tan solo al marco de la Hoja, para su descripción.

La Historia Geológica de la Hoja de Cuellar aparece ligada a la evolución zonal de la Cuenca del Duero y en particular al sector central y sur-oriental.

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

Datos facilitados por sondeos realizados en áreas próximas (Don Juan 1 y Río Franco 1) ponen de manifiesto series atribuidas al Neógeno, cuya potencia alcanza los 1.900 m, aunque bien pudiera ocurrir que los últimos metros incluyeran parte del Paleógeno. Más en profundidad se localiza un Mesozoico que se encuentra representado por el Cretácico y un Triásico detrítico apoyado sobre el Paleozoico.

Las características del sondeo Río Franco 1 (Hoja de Antigüedad nº 313) se mantiene en otros sectores de la Cuenca, aunque en el sondeo Don Juan 1, situado más al Sur, concretamente en Roa de Duero (345), solo corta 1.000 m de Terciario.

Para la Hoja de Cuellar, se dispone del sondeo de Campaspero anteriormente citado, el cual alcanza una profundidad cercana a los 1.000 m, todos ellos en el Terciario, que no aclaran las incognitas planteadas. Además, el hecho de que los materiales más antiguos representados aquí, indiquen una edad Orleaniense, limita e impide en gran parte la reconstrucción de los sucesos acaecidos, previos al Mioceno medio.

En líneas generales la Cuenca del Duero empieza a formarse a finales del Cretácico y comienzos del Paleoceno, momento éste, en el que se pasa de un régimen marino a uno continental que va a permanecer a lo largo de todo el Cenozoico, todo ello como consecuencia de la removilización alpina de fracturas tardihercínicas (Fase Larámica).

Es muy posible que existieran numerosas subcuencas independientes separadas por umbrales, que evolucionaron de forma diferente, como es el caso de la Cuenca de Ciudad Rodrigo.

A partir del Paleógeno es cuando comienza la sedimentación continental, 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 de materiales de edad Eoceno-Oligoceno en el área. Admitiendo pues, que no existen registros sedimentarios para esos tiempos en la región, la deposición de sedimentos se inicia en el Mioceno, probablemente a través de que los relieves recién creados por las fases larámicas, comienzan a destruirse rellenando la Cuenca y subcuencas mediante un mecanismo de abanicos aluviales de distribución radial, en ambientes intertropicales húmedos confinados, con una importante subsidencia y acúmulo de sedimentos.

Se ha comprobado la existencia de dos ciclos sedimentarios durante el Paleógeno y Mioceno inferior (CORROCHANO, A. 1.977 y C.G.S., S.A-IMINSA, 1.978), que son reconocibles sobre todo en el borde oeste de la Cuenca. A final del primero, el medio va perdiendo energía y localmente se instalan ambientes de *"playa-lake"* en los que se depositan margas y calizas. El clima es subtropical ó intertropical húmedo con determinados periodos de aridez (JIMENEZ FUENTES, E. 1.974).

El segundo ciclo se inicia con una nueva reactivación del relieve de forma gradual y no sincrónica, en todos los marcos montañosos. Esta reactivación puede atribuirse con ciertas reservas a las fases pirenaicas. En este periodo se desarrollan ampliamente abanicos aluviales con facies muy proximales de gran extensión en el Norte y Este de la Cuenca. Este ciclo sedimentario termina probablemente en el Mioceno inferior, con desarrollo de ambientes restringidos (lagunas efímeras) y facies de transición a ambientes fluviales. El clima es semejante al del resto del Paleógeno, pero con periodos de aridez muy frecuentes.

En epocas anteriormente citadas, es decir, durante el Paleógeno, se depositan areniscas conglomeráticas de tipo silíceo y arcillas arenosas en un medio típicamente fluvial, con depositos canalizados de cauces poco sinuosos y probablemente anastomosados, con un elevado régimen de flujo. Seguramente los aportes procedían del O. Las condiciones climáticas serían cálidas y húmedas, como lo prueba la escasez de feldespatos y la presencia de niveles ferruginosos.

A finales del Mioceno inferior se produce el plegamiento de los bordes de la meseta, ya iniciado durante la fase Sálica. Tanto Paleógeno como Mioceno inferior se adaptan a las deformaciones del zócalo mediante flexiones (zonas occidental y meridional), pliegues (zona Este) ó monocionalmente (borde Norte), pudiendo llegar a estar invertidos. En estos tiempos se produce un levantamiento general de los relieves circundantes, surgiendo el Sistema Central, con lo cual quedan perfectamente individualizadas las dos mesetas. La Cuenca del Duero tiene ya una geometría muy parecida a la actual.

Esta actividad tectónica es atribuida a las fases Castellana y Neocastellana, de AGUIRRE, E., DIAZ MOLINA, M. y PEREZ GONZALEZ, A, (1.976), teniendo como resultado el inicio de un gran ciclo sedimentario que terminaría en las Calizas del Páramo, en el centro de la Cuenca.

En parte del Mioceno medio, bajo condiciones climáticas de mayor aridez, se depositan en el borde sur sedimentos arcósicos con cantos dispersos de granitos, cuarzo y cuarcita debidos a corrientes de turbidez producidas por abanicos aluviales. Los aportes provienen del S y SO, con áreas madre algo diferentes, alineaciones de rocas plutónicas ácidas y en menor proporción metamórficas del Sistema Central y las series epimetamórficas, metamórficas y plutónicas de la zona Salmantino-Zamorana. Estas facies distales tendrían sus zonas proximales más hacia el Sur.

Durante el Orleaniense superior y Astaraciense inferior, en la hoja contigua de Portillo, se depositan facies lacustres y fluvio-lacustres de arcosas, a veces con cantos de cuarcita y desarrollo de paleosuelos carbonatados, son las denominadas "Facies Villalba de Adaja". La facies más distal se desarrolla en la Hoja de Olmedo, más hacia el Sur, con sedimentación de arcosas, fangos arcósicos y calizas palustres (Unidad Pedraja de Portillo), donde los aportes provienen del Oeste y Noroeste.

Hacia el Norte y Oeste (Hoja de Valladolid) se pasa a un medio de *"playa-lake"* con sedimentación eminentemente margosa, son las "Facies Dueñas", que tienen sus equivalentes fluviales más al Norte y concretamente en zonas próximas a los relieves de la Cordillera Cantábrica.

Una vez finalizada ésta etapa sedimentaria, se inicia un nuevo ciclo, que se pone de manifiesto por un importante sistema fluvial de procedencia oriental, en líneas generales éste sistema de características “*braided*” en zonas más orientales, adopta una configuración meandriforme en las zonas más occidentales de la Hoja. En las series detríticas rojas del valle del Duero y en el techo de estas series, se observa una reactivación del sistema fluvial, que parece estar controlado por fracturas del basamento de dirección NE-SO. Todo ello debió acaecer durante el Astaraciense medio-superior, como lo ponen de manifiesto, los datos aportados por el yacimiento de Aranda de Duero, el cual se localiza en éstas facies fluviales. Hacia el Norte, Nava de Roa (Hoja de Peñafiel) existe un paso transicional a facies lacustres que marca el inicio de un amplio desarrollo de sistemas lacustres, posiblemente originados por cambios en las condiciones climáticas ambientales. Este evento trae consigo la formación de lagos someros, cuya lámina de agua es muy pequeña y donde las fluctuaciones de su nivel son muy frecuentes. Todo ello implica la formación de depósitos margosos y carbonatados, con profusión de yesos de origen diagenético, muy abundantes a lo largo de toda la Hoja, los cuales son muy típicos de la “Facies Cuestas”, a su vez muy desarrolladas dentro del entorno de la Hoja de Cuellar y alrededores. Los niveles carbonatados muestran importantes procesos secundarios de dolomitización. La presencia de yesos se localiza en Cuellar, Valledado, San Miguel del Arroyo y Mata de Cuellar, donde en gran parte de los casos han sido objeto de explotación.

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

A reglón seguido, la superficie de colmatación de éste ciclo se ve rota y deformada por una fase tectónica generalizada (fase Iberomanchega I de AGUIRRE et al, 1.976), que da lugar a pliegues de amplitud kilométrica, estando acompañados en ocasiones de estructuras menores.

La totalidad de éste ciclo sedimentario, de marcado carácter expansivo, tiene lugar desde el Aragoniense superior hasta comienzos del Vallesiense inferior, momento en el que en áreas centro-septentrionales de la Hoja parece existir una redistribución paleogeográfica y ambiental que va a motivar el inicio de un nuevo ciclo sedimentario, así como formaciones de suelos y procesos de karstificación en los materiales hasta ahora depositados y sometidos a exposición subaerea.

Esta interrupción ó discontinuidad queda reflejada perfectamente en la base del segundo ciclo, caracterizado inicialmente por la instalación de una red fluvial afímera y de carácter restringido, que discurriría en sentido ENE a SO y que se localizaría en el valle del río Esgueva. Por el contrario, hacia el sector más meridional, valle del Duratón (Hoja de Olombrada), en las proximidades de Sacramenia, parece existir una paraconformidad y cierta conjunción de facies lacustres de la unidad infrayacente con ésta, donde se localizan facies detríticas y oncolíticas intercaladas en la serie detrítico-carbonatada basal de ésta unidad, hecho éste que no ocurre en ésta Hoja, como consecuencia de que la facies resulta tener una granulometría menor, margas y arcillas, debido a su distalidad dentro del contexto fluvial.

En lugares situados más hacia el Sur y fuera de la Hoja (Sierra de Honrubia), predominan también los episodios detríticos, aunque en este caso procedentes de la dismantelación de los relieves mesozoicos y paleozoicos próximos.

Este segundo ciclo culmina con la deposición de las “Calizas Superiores de los Páramos”. Se trata del ciclo Neógeno terminal en esta región y que a la larga resulta bastante más complejo de lo que realmente parece, pues lleva incluido secuencias mixtas de carácter palustre-lacustre, que indican un ambiente con poca lámina de agua bajo climas cálidos y de marcado carácter expansivo.

Todos estos procesos sedimentarios ocurren durante el Vallesiense inferior, datación ésta realizada en la serie detrítico-carbonatada del yacimiento de los Valles de Fuentidueña (ALBERDI et al, 1.974 y 1.981), y cuyos fósiles encontrados acreditan ésta edad.

Una nueva fase tectónica (Iberomanchega II), más suave que la anterior, da origen a una nueva superficie de erosión-acumulación, que bisela a la anterior. Esta superficie en las Hojas de Valladolid y Cigales está fosilizada por depósitos de “costras laminadas” con arenas limosas rojizas (PEREZ GONZALEZ, A., 1.979).

Posteriormente y a finales del Mioceno, parece tener lugar un periodo de arrasamiento con formación de procesos de karstificación, así como el desarrollo de una importante superficie de erosión ampliamente distribuida por toda la región (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 la edad (MARTIN SERRANO, 1.991) y que parecen corresponder ya a cambios climáticos importantes, en este caso lluviosos, significando el paso de un régimen endorreico a otro exorreico que va a caracterizar la red fluvial cuaternaria.

Durante el Pleistoceno se desarrollan importantes episodios fluviales marcados, por un lado, por el encajamiento de la red fluvial y, por otro, por el carácter asimétrico de los cursos principales, con migración de estos hacia el Norte (Valle del Duero).

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

Depósitos de valles antiguos a veces relictos y/o colgados, glaciares, coluviones y demás depósitos de laderas, ponen de manifiesto un antiguo modelado previo a la configuración de la zona.

Movimientos tectónicos de grandes bloques dentro de la Cuenca durante el Pleistoceno, pueden deducirse del profundo encajamiento de los ríos, en éste caso el Cega, en la mitad sur de la Cuenca.

Por último, procesos recientes de actividad eólica (Holoceno) en la mitad occidental del Valle del Duero, terminan de configurar la morfología actual de la región y cierran la Historia Geológica evolutiva del área estudiada.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Aunque los indicios existentes en la Hoja de Cuellar se presentan muy variados, en la actualidad tan solo puede mencionarse la actividad en lo que se refiere al beneficio de las “Calizas de los Páramos”, yesos de la “Facies Cuestas”, terrazas fluviales, y las arenas del denominado “Manto Eólico”.

5.1. RECURSOS MINERALES

5.1.1. Minerales energéticos

Unicamente cabe resaltar la presencia de niveles de arcillas carbonosas, localizadas en la “Facies Cuestas”, que debido a su pequeño espesor (centimétrico a decimétrico) y a su escaso poder calorífico, no son dignas de tener en cuenta.

5.1.2. Rocas industriales

5.1.3.1. Aspectos generales e históricos

Dada la gran abundancia de calizas y dolomías en la Hoja, estas son con mucho las rocas más explotadas, generalmente para satisfacer una momentánea demanda local, lo que hace que la mayor parte de los frentes abiertos sean de pequeñas dimensiones y por lo tanto abandonados con prontitud. Tan solo existe una excepción, esta es la actividad contemplada en un paraje situado en el ángulo NE de la Hoja, donde el desarrollo de los trabajos suele ser casi permanente. Se trata de una empresa ubicada en los alrededores de la localidad de Campaspero y que es conocida como “Marmoles Vallisoletanos. S.A.”, en las que los materiales obtenidos son empleados para la construcción y ornamentación. El resto de las explotaciones son plantas machacadoras en las que los productos obtenidos son utilizados para la fabricación de cemento, así como para áridos de machaqueo. Estas explotaciones son industrias de tipo artesanal y en su mayoría regentadas por familias.

A continuación y por orden de importancia, se han de citar los yesos de la “Facies Cuestas”, situándose los niveles productivos por debajo de las calizas y margas de la Unidad de los Páramos. En la mayor parte de los casos, estos yesos se encuentran en forma de margas yesíferas y solo irregularmente como lentejones de yeso cristalino, cuya potencia no sobrepasa los 2 m. Su topografía dificulta el laboreo a cielo abierto, por lo que en ciertas ocasiones es preciso realizarlo mediante galerías (labores de interior). Hoy día se trabaja muy poco en este tipo de materiales, no obstante, hace algunos años existía un cierto movimiento por lo que se refiere a hornos artesanales que los calcinaban. Actualmente la extracción de yesos es bastante considerable en áreas próximas, como pueden ser Pedrajas de San Esteban, Iscar y Portillo (Hoja de Portillo).

El aprovechamiento local de las arcillas tuvo verdadera importancia hasta hace unos 30 años, de ellas se obtenía el material más clásico para la construcción en estos parajes: el adobe, que hoy ha sido sustituido por el ladrillo. Actualmente su beneficio se realiza de forma esporádica y con carácter familiar (alfarería).

Las arenas y gravas fluviales que se explotan actualmente se localizan en las terrazas de los ríos Cega y Pirón. La disposición de los materiales es compleja, siendo la tónica general los cambios laterales y escasa uniformidad del depósito. Predominan las gravas de cantos de cuarcita de tamaño variable, englobadas en una matriz arenosa con cierta proporción de limos y arcillas. En las inmediaciones de los núcleos urbanos, todo el material extraído se aprovecha como árido natural.

De cierto interés son los materiales derivados del “Manto Eólico”, el cual cubre extensas planicies, sobre todo la mitad sur de la Hoja. La explotación de las arenas eólicas no ofrece dificulta-

des, incluso la accesibilidad suele ser buena, extrayéndose el material por medio de una pala, dada la no existencia de cementación en el depósito. La producción se destina casi en su totalidad para la fabricación de vidrios, debido a su excelente clasificación y composición mineralógica.

5.1.3.2. Descripción de los materiales

- **Calizas:** Las calizas de los Páramos han sido utilizadas como producto para la base de los cimientos de las construcciones de la zona, con el fin de complementar la edificabilidad del adobe con el que se contruye el resto de los edificios.

Con criterio y utilización ornamental se han obtenido puntualmente algunos bloques para la construcción de edificios más consistentes. Recientemente se ha intentado su aprovechamiento como roca de construcción, aunque ello solo ha llegado a establecerse de forma continuada en las explotaciones de Campaspero, donde el material extraído se utiliza para fabricar balaustradas, columnas, sillares, molduras, recubrimientos de edificios, interiorismo, etc.

Como áridos de machaqueo, para ser empleados en la construcción de carreteras, desde los años 60 y 70, se han utilizado gran parte de las piedras sueltas que abundan en la superficies de los páramos, una vez machacadas en molinos, pequeños y medianos, instalados a tal efecto. Análisis de muestras efectuadas por el I.G.M.E. (1.976), en diversos puntos del Páramo, aportan las siguientes características geomecánicas: Peso específico aparente (2,6-2,8); Peso específico real (2,72-2,77); Coeficiente de desgaste "Ensayo de Los Angeles" (24-31); Absorción (1,7-2,2); Adhesividad al betón (99,5-99,6).

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

- **Yesos.** Asociados a las margas de la "Facies Cuestas", se han localizado y explotado localmente algunas intercalaciones de yesos, bien cuando se presentan en grandes cristales ó bien cuando se presentan como yesos lenticulares, en niveles de 1 a 3 m de potencia. A pesar del reducido espesor de estos niveles, la calidad puede ser considerable e hizo que fueran tratados en artesanales hornos de calcinación, siendo abandonados cuando fue preciso la implantación de una mejor técnica.

Análisis de Rayos X, obtenidos durante la realización de la Hoja y más concretamente en una muestra situada entre las localidades de Santiago del Arroyo y San Miguel del Arroyo, dan los siguientes porcentajes: Yeso 75%; Dolomita 5%; Illita 15%; Caolinita < del 5%, todo ello en cuanto a su composición.

- **Arcillas.** La composición a base de filosilicatos (71%), las hacen bastante idóneas para la obtención de productos cerámicos de cocción roja, cuidando que aquellos no tengan mezclados materiales calcáreos, siendo preciso a veces su mezcla con especies arenosas.

En la "Facies Cuestas", se ha obtenido la siguiente composición mineralógica: 20% de cuarzo; 6% de calcita y 74% de filosilicatos. Estos últimos están compuestos por illita (42%), caolinita (8%) y esmectita (50%). Ocasionalmente puede aumentar la presencia de esta última, justifican-

dose así los trabajos de investigación llevados a cabo en explotación de arcillas especiales, hasta ahora poco alentadores.

Las arcillas de decalcificación asociadas a la superficie morfológica del Páramo, tienen difícil aprovechamiento industrial con 16-20% de cuarzo, 13-30% de calcita, hasta 8% de feldespatos y 45-60% de filosilicatos.

- **Arenas y gravas.** Desde hace varias decenas de años es frecuente la obtención de gravas y arenas, para su utilización como árido de construcción, principalmente de las terrazas de los ríos.

En general se trata de graveras con dimensiones entre 30 y 50 metros de largo y de 5 a 7 metros de profundidad. Suele dominar la presencia de arena margo-feldespática, con un 40-70% sobre la grava. Estas incluyen cantos cuarcíticos, a veces incluso cuarzo y más raramente calcáreos ó esquistos de 15 cms de centil.

Las acumulaciones de arenas dentro de las gravas se producen de forma esporádica, lo que motiva un aprovechamiento directo como material de construcción. En ocasiones las gravas se someten a un régimen de machaqueo al objeto de obtener varias fracciones que son utilizadas en la elaboración de hormigones.

- **Arenas eólicas.** La existencia de una actividad eólica en la región, ha permitido una importante acumulación de éste tipo de depósitos en diferentes puntos de la zona, en los que llega a alcanzar hasta 15 metros de potencia, donde casi siempre se encuentran fijados por la vegetación (pinares), lo cual permite que sean explotadas con cierta facilidad.

Son de composición silíceas y llevan incluidas una proporción de limo no superior al 10%. Presentan una granulometría muy evolucionada con granos redondeados y subredondeados con gran contenido en mates.

Se extraen para la fabricación de vidrios y en menor escala se utilizan como fijadores de la humedad en los invernaderos.

5.2. HIDROGEOLOGÍA

La Hoja de Cuellar pertenece desde el punto de vista hidrográfico a la Cuenca del Duero, situándose en su margen izquierda.

5.2.1. Características climáticas

El clima predominante en la región se caracteriza por sus inviernos largos y fríos, por la irregularidad de las precipitaciones y por la aridez estival, es decir climatológicamente pertenece al Tipo Mediterráneo templado (PAPADAKIS, 1.966), con un régimen de humedad que lo clasifica de Mediterráneo seco. La temperatura media anual oscila entre 10° y 12° C, siendo las diferencias entre las máximas y mínimas bastante considerables. La precipitación media anual es de unos 500 mm/año, aunque en la llanura se registran valores entre los 300 y 600 mm/año (Fig 5.1).

5.2.2. Características hidrológicas

La red hidrográfica tiene como eje fundamental al río Cega, que discurre de SE a O por la mitad septentrional de la Hoja, y al río Pirón como subsidiario principal a la altura de la localidad de Cogeces de Iscar. El resto de los cauces fluviales no presentan relevancia, ya que se trata de pequeños arroyos de corto recorrido y escaso caudal.

El régimen de estos ríos es de marcado carácter pluvio-nival, con aguas altas desde Marzo hasta Abril y fuerte estiaje durante y después del verano.

La región por donde discurren estos ríos, y desde un punto de vista económico, se basa en la agricultura y ganadería, por lo que existe una fuerte demanda de agua (11% del total nacional, para la Cuenca del Duero). El sector industrial, excepto en los núcleos de población, tiene escasa repercusión en el consumo (5% del total nacional).

En la zonación hidrológica establecida en el Plan Hidrológico del Duero (1.988), la Hoja de Cuellar se encuentra ubicada en la Zona V, incluyendo las Subcuencas D-5₂, 5,6 y 7 (Fig 5.2), que en conjunto presenta un módulo de aportación media anual de 23 Hm³.

La calidad química de las aguas de los ríos Cega y Pirón está calificada como intermedia, según datos incluidos en el Plan Hidrológico del Duero (1.988).

5.2.3. Características hidrogeológicas

Hidrogeológicamente la Hoja de Cuellar se ubica íntegramente en el Sistema Acuífero N° 8, incluyendo a su vez las regiones Centro ó de Los Páramos y Sur de Los Arenales (Figs 5.3 y 5.4).

El Sistema Acuífero N° 8 (Fig. 5.4), litológicamente se encuentra constituido por materiales de carácter detrítico (arcillas y limos arenosos con niveles lenticulares de arenas y gravas) y materiales de carácter evaporítico y químico (yesos y calizas) junto con la arenas eólicas de la región de Los Arenales, cuyo espesor en la zona no sobrepasa los 20 metros. Los depósitos detríticos más gruesos (arenas y gravas) constituyen los niveles acuíferos propiamente dichos, mientras que las arcillas y limos arenosos que las engloban se comportan hidráulicamente como un acuitardo.

Aunque los acuíferos de Los Arenales son de limitado interés por lo reducido de los caudales extraíbles y su rápido agotamiento (6-8 horas), estos representan un importante papel hidrogeológico, dado que constituye un magnífico elemento regulador de los acuíferos profundos, a los que recarga (Fig 5.5).

Los aluviales de los ríos tienen poca importancia a escala regional, dado que rara vez sobrepasan los 10 metros de espesor saturado y son por lo común de escasa extensión.

En la región de los Páramos, los niveles de acuíferos se localizan a partir de los 200 metros de profundidad, subyaciendo a un potente paquete de arcillas y margas de muy baja permeabilidad. No existe conexión hidráulica natural con la superficie y por tanto, en ésta, el acuífero se encuentra en régimen confinado, siendo el flujo bidimensional horizontal. La recarga se establece de modo lateral y subterránea desde la Región de la Ibérica (Fig.5.6) y las descargas se realizan del mismo modo hacia la región de Los Arenales, y por bombeo.

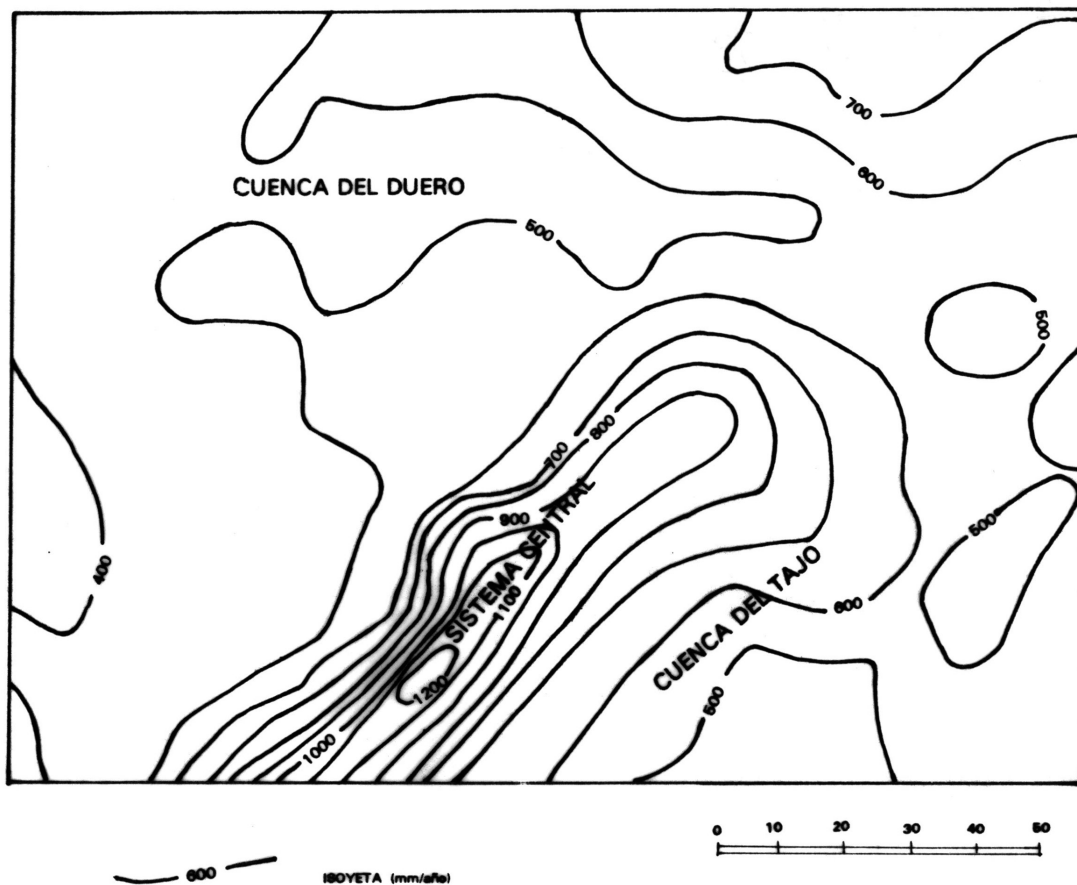


Figura 5.1 Mapa de Isoyetas medias.

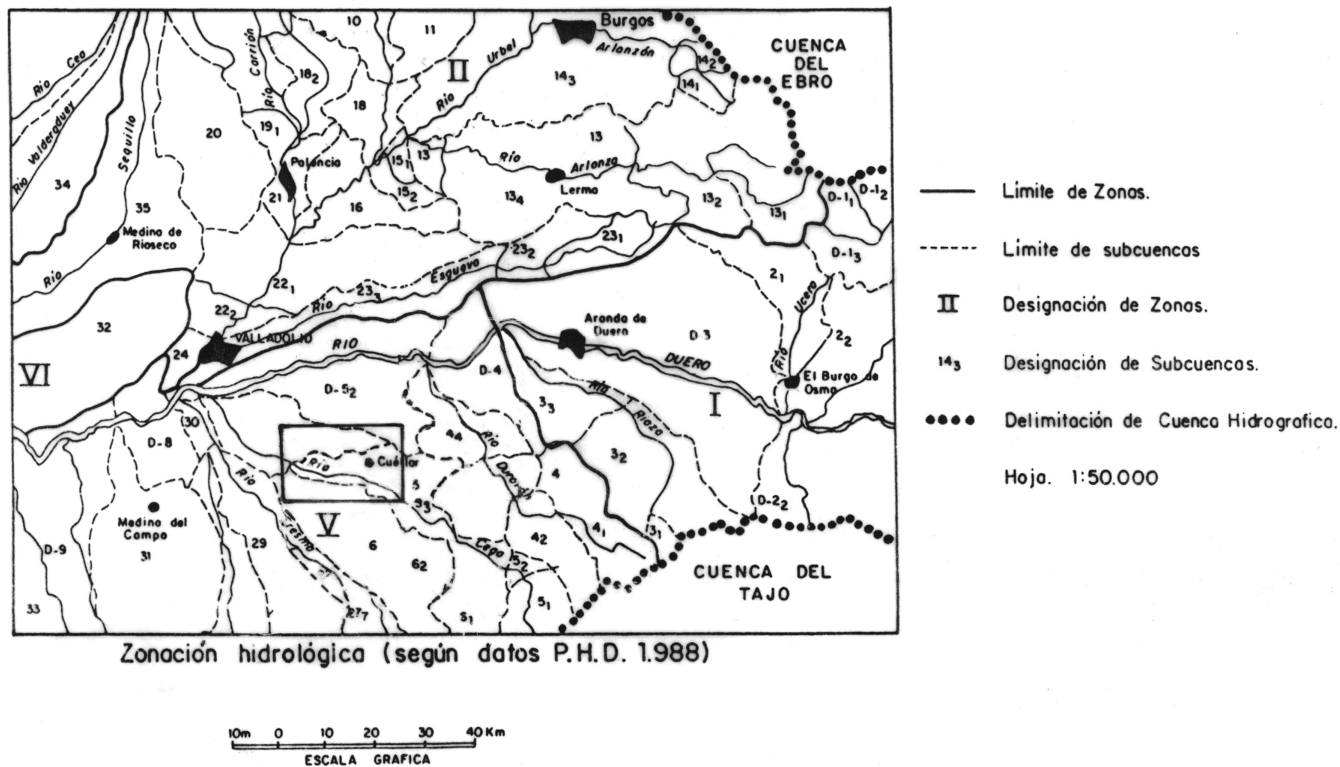


Figura 5.2 Esquema de zonación hidrológica (según datos del P.H.D. 1988).

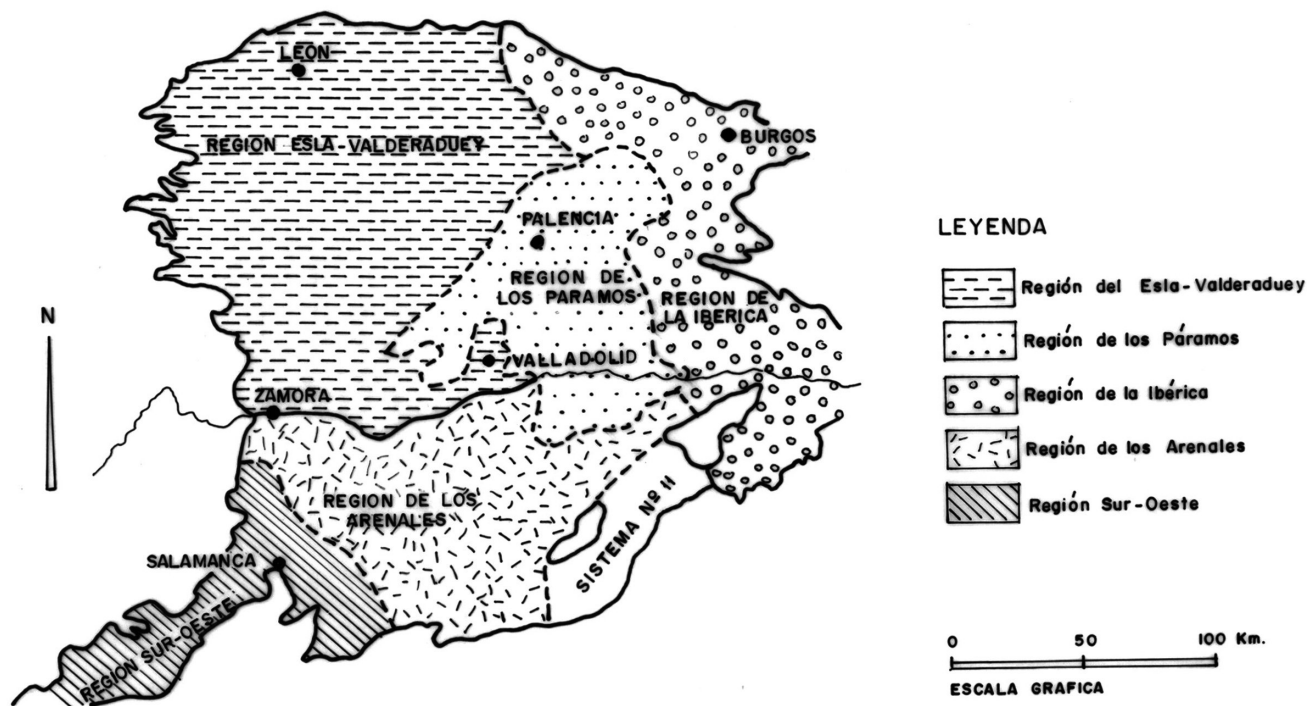


Figura 5.3 División del Terciario detrítico en Regiones Hidrogeológicas.

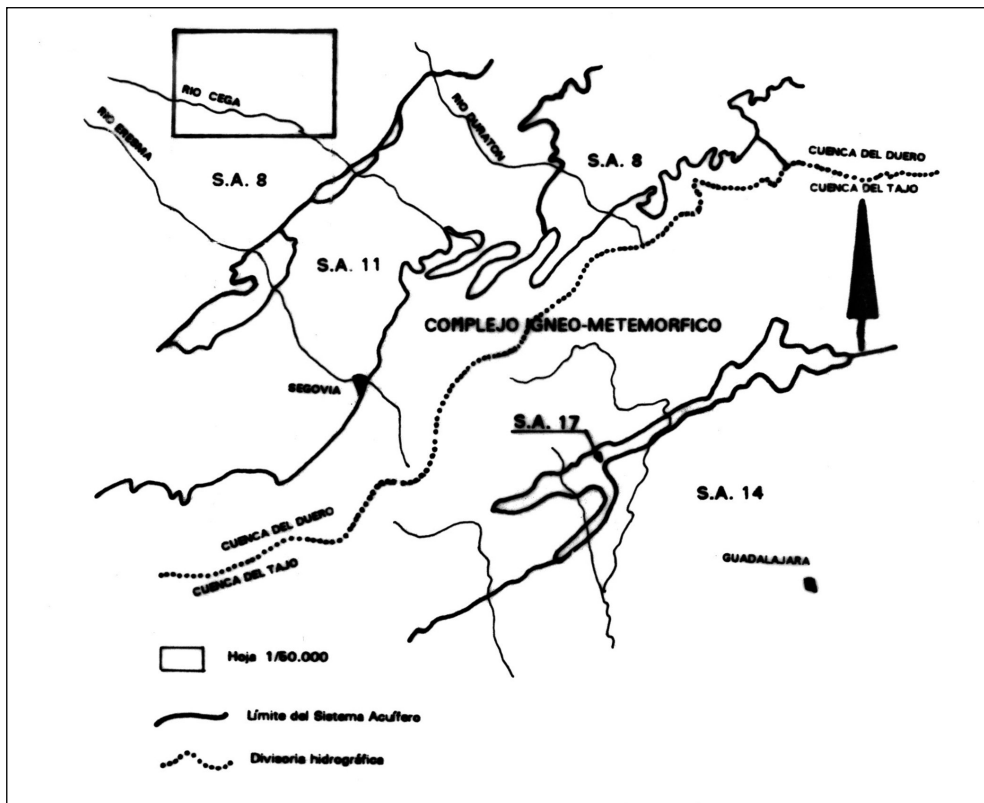


Figura 5.4 Esquema Hidrogeológico Regional

En la región de Los Arenales, los ríos Cega y Pirón actuarían como única vía de drenaje. Prácticamente la recarga procede de la infiltración del agua de lluvia a través de las arenas y ésta es cifrada en 430 Hm³/año. Los caudales extraídos son muy variables, aunque en la mayor parte de las ocasiones oscilan entre 10 y 30 l/seg.

En la región de Los Páramos, el acuífero terciario está confinado por un potente paquete de margas impermeables (Fig 5.6), frecuentemente yesíferas, por lo que la alimentación y el drenaje del acuífero se hacen lateralmente.

Los datos de que se disponen referente al quimismo de las aguas de los acuíferos profundos, indican una calidad mediocre, con valores de conductividad entre 800 y 1.200 micromohos/cm. La facies hidroquímica predominante es de carácter sulfatado, posiblemente debido al lavado de los materiales margo-yesíferos que confinan los niveles acuíferos profundos.

También existen acuíferos de carácter superficial constituidos por las Calizas de Los Páramos. Estas calizas configuran una Unidad Hidrogeológica con entidad propia, es la Unidad del Páramo de Cuellar,

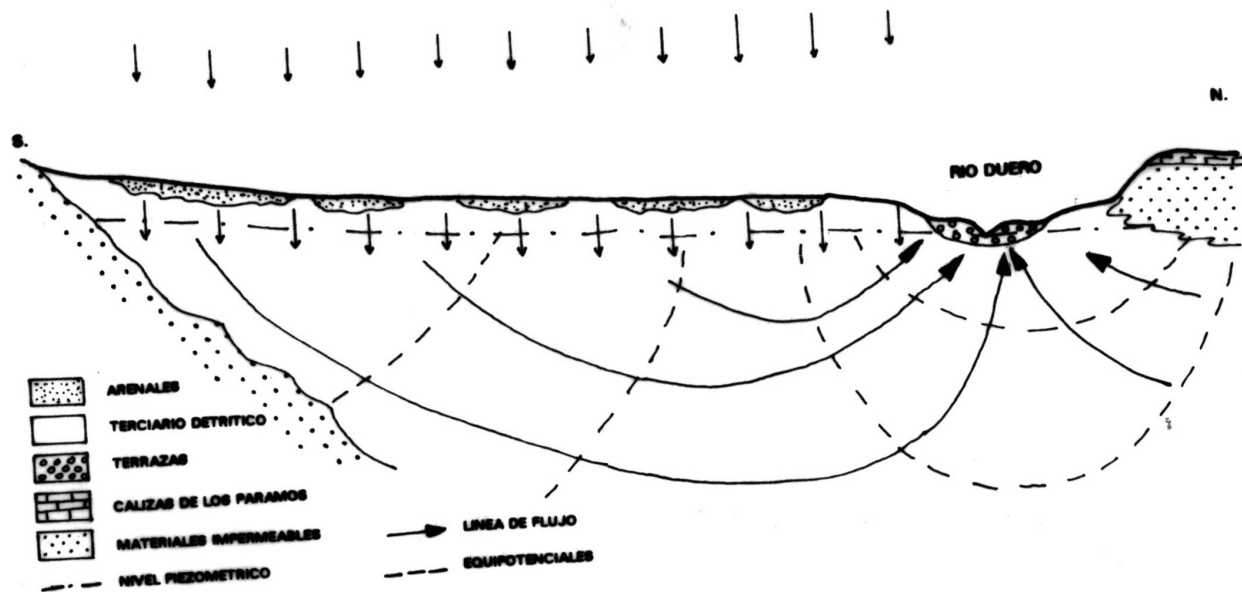


Figura 5.5 Esquema de flujo de Los Arenales.

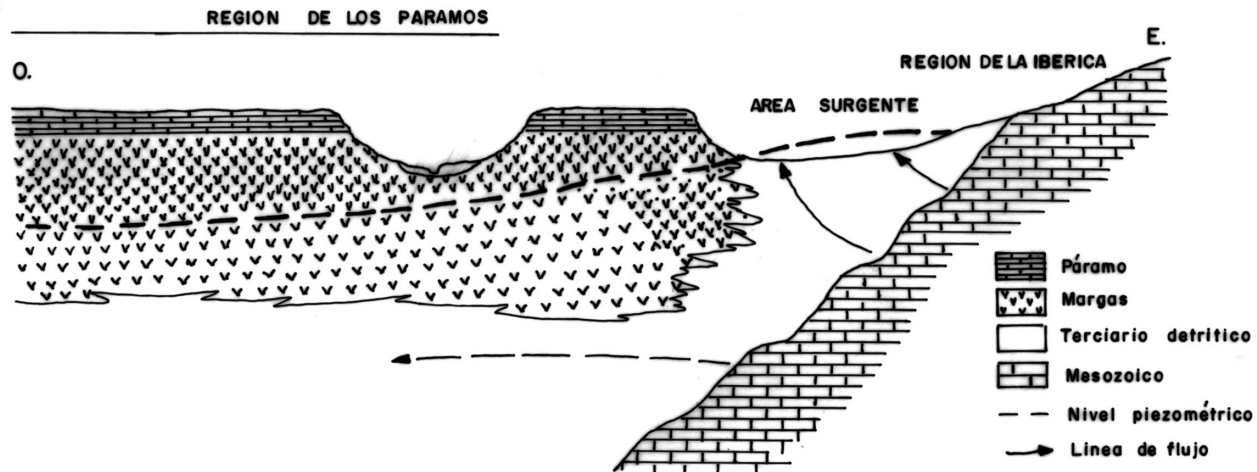


Figura 5.5 Esquema de flujo de Los Arenales.

parcialmente representada en el cuadrante NE de la Hoja. Su funcionamiento se establece de forma que la recarga se efectúa a partir de la infiltración directa del agua de lluvia, mientras que la descarga se realiza por manantiales distribuidos a lo largo de su perímetro en el contacto con las margas del muro impermeable, por algún arroyo que cruza los páramos y en mayor cuantía por bombeos. Esta unidad se comporta como acuífero libre y colgado con una circulación en régimen kárstico. Su condición de acuífero libre y colgado, hace que esté muy influenciado por la pluviometría anual, por lo que la infiltración tiene oscilaciones interanuales importantes, lo que unido a las variaciones de los manantiales drenantes, hace que el establecimiento de un balance medio, sea problemático.

El Páramo de Cuellar está sometido a una considerable explotación de sus recursos. Las extracciones se realizan mediante pozos, cuyas profundidades van desde los 15m a los 80 m. La piezometría de la unidad oscila entre los 800 y 900 m.s.n.m. Los caudales de explotación oscilan entre 10 y 35 l/seg, siendo los caudales específicos muy variables, entre 0,3 y 1,1 l/seg. El 95% de las extracciones se utilizan para regadío y representan valores de 11 Hm³/año.

La calidad química de las aguas de los Páramos es buena, siendo la facies hidroquímica bicarbonatada-cálcica ó cálcica-magnésica. En su mayoría son aguas potables, aunque puntualmente se han detectado la presencia de nitratos ligeramente por encima de los niveles tolerados.

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

Tanto las unidades de Calizas de los Páramos como los depósitos cuaternarios se encuentran desconectados hidráulicamente de los niveles de los acuíferos profundos, por el anteriormente mencionado paquete de arcillas y margas, que confina a éste último.

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

Para la elaboración de éste apartado se ha realizado una síntesis donde se exponen las características geotécnicas de los materiales que constituyen la Hoja de Cuellar.

Este extracto trata de recoger una información que sirve de apoyo al Mapa Geológico Nacional y que puede simplificar los futuros estudios geotécnicos.

5.3.1. Síntesis geotécnica

5.3.1.1. Criterios de división

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 un compendio 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 escavabilidad, y los condicionantes geotécnicos tales como deslizamientos, hundimientos y otros riesgos y por último se valora cuantitativamente la capacidad de carga media del terreno. Todas estas definiciones son orientativas, por lo que deben de utilizarse a título informativo.

5.3.1.2. División en Areas y Zonas

Se presentan dos Areas (I y II), las cuales se definen de la siguiente forma:

Area I.- Agrupa materiales referentes al Terciario

Area II.- Se encuentran incluidos todos los depósitos cuaternarios

A su vez estas Areas se han dividido en las siguientes Zonas geotécnicas:

Area I.- Materiales terciarios

ZONA I₁.- Se han agrupado materiales atribuidos al Mioceno inferior y medio. Son limos arenosos carbonatados, fangos arcósicos y argillitas, paleocanales de arenas arcósicas y niveles de calizas arenosas. Unidad Cartográfica (1).

ZONA I₂.- Conjunto perteneciente al Mioceno inferior y medio que incluye margas arenosas con nódulos carbonatados. Niveles de calizas arenosas. Unidad Cartográfica (2).

ZONA I₃.- Materiales pertenecientes al Mioceno medio. Son margas yesíferas y yesos. Niveles de yeseras. Facies Cuestas. Unidad Cartográfica (3).

ZONA I₄.- Son margas, arcillas, yesos y calizas, Facies Cuestas, pertenecientes al Mioceno medio-superior. Unidad Cartográfica (4).

ZONA I₅.- De edad Mioceno superior, son las "Calizas de los Páramos" y están constituidas por calizas, dolomías y margas. Unidad cartográfica (5).

Area II.- Materiales cuaternarios

ZONA II₁.- Se han agrupado todas las litologías ligadas a depósitos de gravedad como son los aluviales-coluviales, coluviones, conos y deslizamientos. Son arenas, limos, calizas, gravas y bloques del Pleistoceno-Holoceno. Esta Zona pertenece a las unidades cartográficas (11), (17), (18), (19) y (21).

ZONA II₂.- Corresponden a los niveles de terrazas detríticas. Son arenas gravas y limos. Incluye las unidades cartográficas del Pleistoceno (12) y (13).

ZONA II₃.- Son materiales del fondo de las dolinas y áreas endorreicas. Lo componen arcillas rojas, arenas y limos. Corresponden con las unidades cartográficas (6) y (20).

ZONA II₄.- Depósitos constituidos por arenas sueltas (arenas eólicas). Pleistoceno-Holoceno. Engloba a las unidades (8), (9), (10) y (14).

ZONA II₅.- Agrupa los depósitos de la llanura aluvial y los fondos de valle. Son arenas arcósicas, limos, arcillas y gravas. Pleistoceno-Holoceno. Engloba a las unidades (7), (15) y (16).

A continuación se pasa a describir las diferentes características de las Areas y Zonas geotécnicas.

5.3.2. Area I. Materiales Terciarios

ZONA I₁.- Características litológicas

Es un conjunto eminentemente detrítico en el cual abundan materiales de granulometría fina como son los fangos arcósicos, limos arenosos y argilitas y los de granulometría media en los paleocanales de arenas arcósicas y niveles calcáreos.

Características geotécnicas

Es una Zona con carácter semipermeable con puntos en el que la impermeabilidad es manifiesta, efectuándose el drenaje por escorrentía. Son materiales de fácil excavabilidad en general, aunque existen niveles de areniscas y conglomerados cementados que será difícil su ripado. La capacidad de carga es media-baja, aunque existen depósitos con un cierto grado de preconsolidación.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes son los que se derivan de la presencia de illita y montmorillonita en las arcillas, dando un carácter expansivo a estos materiales, aunque bajo. Son materiales de fácil erosionabilidad por lo que los taludes naturales observados se encuentran muy degradados. No se prevén problemas en desmontes, aunque los taludes deberán ser muy tendidos e incluso protegidos.

ZONA I₂.- Características litológicas

Materiales margosos constituyen ésta Zona, entre cuyas características forma parte un cierto contenido en carbonatos. Se suelen disponer normalmente sobre los paleocanales arcósicos y por lo general como culminación de los relieves alomados en la parte SO de la Hoja.

Características geotécnicas

Son materiales impermeables y su drenaje se efectúa por escorrentía superficial. La excavabilidad es fácil en general y su capacidad de carga es de media a baja.

No se aprecian condicionantes geotécnicos de relevancia y los taludes naturales se encuentran medianamente conservados debido al suelo arcilloso que los protege. Los desmontes a realizar en ésta Zona no plantearán problemas especiales si bien los taludes deberán ser protegidos y drenados.

ZONA I₃.- Características litológicas

Se han englobado en ésta Zona los depósitos constituidos por margas yesíferas, margas y yesos. Se sitúan en las "Cuestas de los Páramos", a lo largo de la parte NO y central de la Hoja.

Características geotécnicas

Esta Zona es impermeable y su drenaje se realiza por escorrentía fundamentalmente. En general la excavabilidad es buena siendo la mayoría de sus materiales ripables. La capacidad de carga es media a alta.

Existen condicionantes geotécnicos de relevancia debidos a la presencia del yeso en sus materiales. Esto trae consigo agresividad tanto del terreno como de las aguas circulantes, así como hundimientos debido a disoluciones puntuales. Los taludes naturales se encuentran, en general, en buen estado por lo que los desmontes a realizar no presentaran problemas de importancia si bien los ángulos de inclinación de taludes no deberán sobrepasar los 40° de la horizontal. Tendrán que ser protegidos, debido a la existencia de riesgos de deslizamientos en periodos de humedad.

ZONA I₄.- Características litológicas

Estos materiales eminentemente carbonatados que afloran en los bordes de la “Superficie de los Páramos”, incluyen finos niveles arcillo-margosos, yesos y calizas, las cuales se encuentran sometidos a diferentes procesos diagenéticos (pseudomorfosis de yeso en calcita).

Características geotécnicas

Son materiales permeables y su drenaje se realiza por fisuración y karstificación más escorrentía. Al ser rocas de cierta compactación la excavabilidad será difícil y el ripado casi nulo, a excepción hecha de los niveles arcillosos intercalados que serán de fácil ripado. La capacidad de carga es media a alta.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes se derivan de los procesos de karstificación, de la posible agresividad del terreno y de las aguas circulantes, debido a la presencia de materiales sulfatados.

ZONA I₅.- Características litológicas

Conocidas como “Calizas de los Páramos”, incluyen margo-calizas, calizas y dolomías, entre las que se intercalan algunos niveles de margas grises.

Características geotécnicas

Son materiales de alta permeabilidad y su drenaje se realiza casi exclusivamente por infiltración. No son ripables y su capacidad de carga es alta en aquellos niveles que no se encuentran karstificados.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes son los derivados de la karstificación, provocando huecos y hundimientos en el terreno. Los taludes naturales se encuentran en buen estado de conservación y los desmontes a realizar permitiran taludes con ángulos acusados.

5.3.3. Area II. Materiales cuaternarios

ZONA II₁.- Características litológicas

Se agrupan aquí los depósitos aluviales-coluviales, coluviones, conos de deyección y deslizamientos de gravedad. Son principalmente arcillas, arenas, limos y calizas, junto con gravas y bloques, es decir, estan mezcladas las granulometrías finas y gruesas. Se localizan en las laderas de los valles.

Características geotécnicas

Son materiales semi e impermeables por lo que el drenaje se realiza mayoritariamente por escorrentía y algo por infiltración. Son fácilmente excavables, siendo su capacidad de carga variable, según sea la consolidación de los materiales.

Los condicionantes geotécnicos más destacables se asocian a los posibles deslizamientos por gravedad, debido a la escasa consolidación y acusada pendiente. Estos depósitos pueden presentar asientos diferenciables y escasa compacidad, así como la existencia de posibles niveles colgados de agua.

ZONA II₂.- Características litológicas

Gira esta Zona en torno a las terrazas detríticas de los ríos Cega y Pirón. Están constituidas por gravas calcáreas, arenas y limos en proporciones desiguales.

Características geotécnicas

Son materiales permeables y su drenaje se efectúa por infiltración. La excavabilidad es fácil. Poseen una capacidad de carga media, estando en función del tamaño de grano, naturaleza de la matriz y, en conjunto, de su densidad relativa.

Los principales condicionantes geotécnicos son la presencia de un nivel freático alto, el cual provocaría presencia de agotamientos y la posibilidad de asientos diferenciales en cimentaciones. La existencia de suelos con concentración de sulfatos hace que se puedan originar procesos de agresividad tanto del terreno como de las aguas circulantes.

ZONA II₃.- Características litológicas

Se han agrupado en esta Zona los depósitos que rellenan las cubetas de disolución y áreas endorreicas. Son materiales principalmente arcillosos, producto de la decalcificación. La sedimentación de limos y arcillas en áreas de drenaje deficiente así como las arenas eólicas, que se acumulan en el fondo de las dolinas, son los principales materiales de esta Zona.

Características geotécnicas

Son materiales impermeables si bien puede existir una lenta percolación del flujo del agua. Su drenaje se realiza por escorrentía fundamentalmente y algo por infiltración, sobre todo en el recinto interno de las dolinas. La excavabilidad será fácil y su capacidad de carga se considera como baja, dado que los depósitos están escasamente consolidados.

El condicionante geotécnico más relevante se centra en la inestabilidad del sustrato rocoso en las zonas de alta karstificación (dolinas), originándose encharcamientos en épocas de lluvias.

ZONA II₄.- Características litológicas

Se engloban aquí las arenas arcóscas del manto eólico que aparecen dispersas por toda la Hoja, con preferencia hacia la parte sur de la misma. Litológicamente son arenas finas acumuladas por el viento, que por lo general proceden de SO.

Características geotécnicas

Son terrenos muy permeables, por lo que su drenaje se realiza exclusivamente por infiltración. Son perfectamente excavables y la capacidad de carga se puede catalogar como media a baja.

El mayor condicionante geotécnico que presentan estos materiales es su escasa consolidación, produciéndose también asentamientos de carácter local.

ZONA II₅.- Características litológicas

Pertenecen a esta Zona geotécnica los sedimentos contenidos en los aluviales de los ríos y en algunos fondos de valles. Son en general limos arenosos, con algunos nivelillos de gravas cuarcíticas y cantos calcáreos, arenas arcósicas y arcillas.

Características geotécnicas

Globalmente se consideran como depósitos permeables y semi permeables, siendo el drenaje por escorrentía más infiltración. La excavabilidad es fácil. Su baja consolidación indica una capacidad de carga entre baja y muy baja.

Existen condicionantes geotécnicos de relevancia como son: El nivel freático alto y/o a escasa profundidad, lo que provocará problemas de agotamiento en las zanjas y excavaciones. Es presumible la existencia de suelos con una compresibilidad elevada. Es recomendable el uso de drenes para rebajar la influencia del nivel freático.

La presencia a veces de yesos, hace prever una posible concentración de sulfatos, dando al terreno características agresivas tanto en sus materiales como en la circulación de sus aguas.

Se ha de considerar que es una Zona que presenta riesgos por inundación.

6. PATRIMONIO GEOLÓGICO NACIONAL

En este epígrafe se trata de dejar constancia de los lugares de interés geológico o de protección de la Naturaleza, como continuación del Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico, puesto en realización por el I.G.M.E. en 1.978.

Los fines perseguidos en este proyecto pueden resumirse como siguen:

- Conocimiento de un Patrimonio Nacional, hasta hoy poco conocido y mal explotado
- Creación de archivos de documentación
- Sistematizar y aprovechar la gran cantidad de información obtenida en la realización del MAGNA y en otras actividades geológicas.
- Propiciar el conocimiento y conservación de la Naturaleza

- Proporcionar material didáctico para la enseñanza
- Fomentar la investigación de enclaves de material geológico, lo que conlleva un mayor conocimiento de la Naturaleza
- Elevar nuestro prestigio entre países de vanguardia en investigación y conservación de la Naturaleza (ELIZAGA, E.; 1.988)

Uno de los objetivos de la realización de este inventario, es el establecimiento de una red de estaciones, susceptibles de organizar en itinerarios que permitan reconocer las características de cada región geológica.

Por otra parte, es de esperar que éste esfuerzo desemboque en la creación de un marco legislativo capaz de proteger este patrimonio irrenovable.

6.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS P.I.G.

Se han seleccionado en la Hoja tres P.I.G. que intentan reflejar algunos aspectos de la evolución geológica de la misma.

Dado que las características geológicas de la Hoja se extienden de modo más o menos uniforme por regiones próximas más amplias, los procesos observables en estos P.I.G. se han considerado de influencia regional. No obstante no pasan de ser ejemplos locales de fenómenos presentes en zonas más amplias.

El contenido de estos P.I.G. se encuadran en disciplinas, cuya utilización siempre deberá ser de carácter científico y didáctico.

6.2. CRITERIOS METODOLÓGICOS DE SELECCIÓN

La selección de los P.I.G. se ha realizado de acuerdo con las directrices indicadas por el IGME y utilizando un método directo de subjetividad (CLAVER et al, 1.984).

Evidentemente, los criterios de selección se ven condicionados necesariamente por la realidad geológica de la Hoja y del área, encaminándose a reflejar de forma esquemática la historia patetizada por los materiales presentes.

P.I.G. nº 1.- Se trata de una vista panorámica, con la localidad de Cuellar en la parte central y sobre los tramos medios y altos de la "Facies Cuestas", constituidos por alternancias de margas, yesos, arcillas y calizas. En este punto se observa que la culminación de la serie que constituye la "Facies Cuestas", se encuentra las calizas de gasterópodos pertenecientes a la Caliza de los Páramos.

P.I.G. nº 2.- Se trata de un ejemplo de megacrístales de yeso diagenético que se encuentran presentes en los tramos medios y altos de la "Facies Cuestas". Dentro de la región, estos cristales son conocidos como Algez y Rabillo.

P.I.G. nº 3.- Este P.I.G. corresponde con una vista parcial y puntual de un campo de dunas, en la que se puede comprobar la acumulación por efecto del viento de una masa importante de arenas cuarcíticas, dentro de las cuales se aprecian estructuras sedimentarias originadas por el viento.

7. BIBLIOGRAFIA

- AEROSERVICE LTD (1.967).-“Mapa geológico de la Cuenca del Duero. Escala 1:250.000”. *Inst. Nac. de Colonización e Inst Geol. Min. de España*. Madrid.
- AGUIRRE, E.; DIAZ MOLINA, M. Y PEREZ GONZALEZ, A. (1.976). “Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central Española”. *Trabajos Neógeno-Cuaternario* 6, pp. 7-29. I.L.M.C.S.I.C. Madrid.
- ALBERDI, M.T. (1.974). “Primeros molares completos de Mastodonte en el yacimiento de los valles de Fuentidueña (Segovia). *I Centenario Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 1-9.
- ALBERDI, M.T. (1.981). “Geología y Paleontología del yacimiento del Neógeno Continental de los valles de Fuentidueña, Segovia (España)”. *Inst.Geol. (C.S.I.C.)*. Vol. 37 (5-6). Madrid.
- ALBERDI, M.T., LOPEZ, N., MORALES, J., SESE, C. y SORIA, d. (1.981). “Bioestratigrafía y biogeografía de la fauna de mamíferos de los valles de Fuentidueña (Segovia). *studios Geológicos*. 37: pp. 503-511.
- ALCALA DEL OLMO, L. (1.972). “Estudio sedimentológico de los arenales de Cuellar (Segovia). *Estudios Geológicos*, vol 28 (4.5). pp. 345-359.
- ALCALA DEL OLMO, L. (1.974). “Estudio edáfico-sedimentológico de los arenales de la Cuenca del Duero”. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid
- ALONSO-GAVILAN, G.; ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; DABRIO, C.; JIMENEZ, E.; LOPEZ OLIVE, A.; DEL OLMO, P.; POL, P. y PORTERO, J.M. (1.983). “La Depresión del Duero. Libro Jubilar J.M. RIOS”. *Geología de España. Tomo II*. I.G.M.E.
- ARAGONÉS, E. (1.979). “Sedimentos fluviales de la facies “Tierra de Campos” (Cuenca del Duero, Palencia)”. *Primera Reunión Reg. Geol. C. Duero*. In litt.
- ARANZAZU, J.M. (1.877). “Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara”. *Bol. Com. Geol. de España, Tomo IV*. pags. 39.
- ARMENTEROS, I.(1.978). “Estratigrafía y Sedimentología del Terciario del Sector sororiental de la Cuenca del Duero (zona Torregalindo-Milagros-Aldeanueva de la Serrezuela, Prov. de Burgos y Segovia). *Tesis de Licenciatura* de la Universidad de Salamanca, 52 pp. (Inedita).
- ARMENTEROS, I.(1.986). “Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector sororiental de la Depresión del Duero”. *Publicaciones de la Diputación de Salamanca. Serie Castilla y León*. 426 pp.
- ARMENTEROS, I y ALONSO GAVILAN, G. (1.983). “Presencia de caliche fósil en el Mioceno aluvial al sur de Aranda de Duero”. *Comunicación al X Congreso Nacional de Sedimentología*. Menorca.

- ARMENTEROS, I y ALONSO GAVILAN, G. (1,984). "Génesis y evolución de los caliches miocenos del sureste de la Depresión del Duero". *Estudios Geológicos*, 40: pp 153-163.
- ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; CORRALES, I. y ALONSO GAVILAN, G. (1.982). "Los abanicos aluviales terciarios del flanco norte de la Sierra de Honrubia-Pradales". *Temas Geológicos Mineros* I.G.M.E. Tomo 6, 1ª parte. pp 109-123.
- ARMENTEROS, I.; FERNANDEZ, B.; RECIO, C. y BLANCO, J.A. (1.986). "Análisis sedimentológico y paleogeografía en el sector de Sacramenia (Segovia). Peñafiel (Valladolid). *Stvdia Geologia Salmanticensia*, XII. Ediciones Universidad de Salamanca.
- ARMENTEROS, I.; GONZALEZ DELGADO, J.A.; CIVIS, J. y DABRIO, C. (1.986). " El problema del Neógeno superior de la Cuenca del Duero. Nuevos datos paleontológicos (Invertebrados) en el sector Peñafiel-Almazán". *Stvdia Geológica Salmanticensia*, XII, pp. 263-275.
- CASAS, L. y LEGUEY, S. (1.971). "Estudio mineralógico de los sedimentos detríticos del borde Norte de la Sierra de Guadarrama en la Cuenca del Río Eresma (Pro. de Segovia)". *I Cong. Hisp. Luso-Amer. Geol. Econo.* 1, pp 115-138.
- CASAS, J.; LEGUEY, S. y RODRIGUEZ, J. (1.972). "Mineralogía y sedimentología de las arenas que recubren el Terciario entre los ríos Pirón y Voltoya". *Estudios Geológicos* Nº 28, pp 287-296.
- CASIANO DEL PRADO, M. (1.854). "Mote sur la constitution geologique de la province de Segovia". *Bull. Soc. Geol. France*. Tome 11, pp 330-338.
- C.G.S.-ADARO (1.978). "Síntesis geológica previa para la prospección de uranio en la Cuenca del Duero". *J.E.N.* (Inedito)
- C.G.S.-IMINSA (1.978). "Síntesis geológica previa de la Cuenca del Duero". *Proyecto MAGNA*. I.G.M.E. (Inedito).
- CALDERÓN, S. (1.884). "Sobre el origen y desaparición de los lagos terciarios de España". *Bol Int Libre de Enseñanza*, I. VIII. Madrid.
- CORTAZAR, S. (1.890). "Descripción física y geológica de la Provincia de Segovia". *Bol. Com. Mapa. Geol. España*. XVII. Madrid
- CORRALES, I. (1.979). "El Mioceno al sur del Río Duero (Sector occidental)". *Primera Reunión Reg. Geol. Cuen. Duero*. Libro guía de excursiones.
- CORRALES, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; POL, C. y ARMENTEROS, I.(1.978). "Las facies Miocenas del Sector Sur de la Cuenca del Duero". *Publi. Dep. Estra.* Universidad de Salamanca, Nº 9.
- CORROCHANO, A. (1.977). "Estratigrafía y Sedimentología del Paleógeno de la Provincia de Zamora". *Tesis Doctoral*. Departamento de Estratigrafía de Salamanca.

- ENRESA (1.987). "Proyecto IFA. Inventario nacional de las formaciones geológicas favorables para el almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad. Cuenca del Duero". Recopilación de sondeos.
- EZQUERRA Y DEL BAYO, J. (1.837). "Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España" *An. de Minas, T. III*. Madrid.
- EZQUERRA Y DEL BAYO, J. (1.845). "Sobre los antiguos diques de la Cuenca Terciaria del Duero". *Anales de Minas. T. III*. Madrid.
- EZQUERRA Y DEL BAYO, J. (1.850). "Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del Terciario de España en al Peninsula". *Mem. Acad. de Ciencias de Madrid T. I, 3ª serie*. Madrid
- FREYDET, P. (1.973). "Petrography and paleoenvironment of continental carbonates with particular reference to the Upper cretaceous and Lower Eocene of Languedoc". *Sedimentary Geology*, Nº 10, pp 25-60.
- GARCIA ABAD, F. y REY SALGADO, G. (1.974). "Cartografía geológica del Terciario y Cuaternario de Valladolid". *Bol. Geol. y Minero*. 84. pp 213-227.
- GARCIA DEL CURA, A. (1.974). "Estudios sedimentológicos de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero)". *Estudios Geológicos*, Nº 30 : pp. 579-597.
- GARCIA DEL CURA, A. (1.975). "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) pp. 77-82.
- GARCIA RAMOS, J.C.; MANJON, M.; COLMENERO, J.R. (1.982). "Utilización de minerales pesados en espectros litológicos como ayuda en la identificación del área madre y en los diferentes sistemas de abanicos aluviales. Terciario del borde Norte de la Cuenca del Duero". *Temas Geológico-Mineros*. I.G.M.E., 6 (1). pp: 293-304.
- HERNANDEZ PACHECO, E. (1.915). "Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia". *Memorias de la Comisión de Investigación Paleontológica y Prehistórica*. Tomo 5. 75, pp.
- HERNANDEZ PACHECO, E. (1.923). "Las arenas voladoras de la Provincia de Segovia". *Bol. R. Soc. Española. Hist. Nat.*. 23, pp 211-216.
- HERNANDEZ PACHECO, E. (1.930). "Sobre la expansión del Neógeno en el Norte de la altiplanicie de Castilla La Vieja". *Bol. Real. Soc. Española Hist. Nat.* Tomo XXX. pp. 396-398. Madrid.
- I.G.M.E. (1.974). "Sondeo de Campaspero". Fondo documental del I.T.G.E
- I.G.M.E. (1.980). "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas Nº8 y 12". I.G.M.E. Madrid.

- I.G.M.E. (1.985). "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe de síntesis". *I.G.M.E.* Madrid.
- I.T.G.E. (1.989). "Las aguas subterráneas en España. Estudio de Síntesis. Cuenca del Duero". pp. 197-216.
- I.T.G.E. (1.989). "Mapa del Cuaternario de España a escala 1:1.000.000"
- I.T.G.E. (1.991). "Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Hoja de Aranda de Duero N° 30. *I.T.G.E.* Madrid
- I.T.G.E. (1.991). "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Serie MAGNA de las Hojas N° 313 (Antigüedad), N° 345 (Roa), N° 373 (Quintanilla de Onesimo), N° 374 (Peñafiel), N° 400 (Portillo), N° 428 (Olmedo), N° 455 (Arévalo) y N° 456 (Nava de la Asunción). *Serv. Publ. I.T.G.E.* Madrid.
- J.E.N. (1.978). "Síntesis Geológica previa para la prospección de Uranio en la Cuenca del Duero. Proyecto G.T.-1/77.
- JIMENEZ FUENTES, E. (1.974). "Iniciación al estudio de la climatología del Paleogeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica". *Bol. Geol. y Minero* (I.G.M.E.). Tomo 85, Fasc. 5, pp. 6-12.
- MARTIN SERRANO, A. (1.991). "La definición en el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica alpina". *Rev. de Soc. Geol de España. Vol 4(3-4)*. Pag. 334-351.
- MEDIAVILLA, R.M. (1986-1987). "Sedimentología de los yesos del Sector Central de la Depresión del Duero". *Acta. Geol. Hisp.*, Tomo 21-22, pp 35-44
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1.986). "La Sedimentación continental del Neógeno en el Sector Centro-Septentrional de la Depresión del Duero (provincia de Palencia)". *Stvdiá Geológica Salmanticensia*, XII. Ediciones Universidad de Salamanca
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1.988). "Controles sedimentarios neógenos en la Depresión del Duero (Sector Central)". *Rev. Soc. Geol. España*, 1 (1-2), pp 187-195.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1.989). "Las calizas del Páramo en el sur de la provincia de Palencia". *Stvdiá Geológica Salmanticensia*, Vol 5. Ediciones Universidad de Salamanca. PP 273-291.
- ORDOÑEZ, S. y GARCIA DEL CURA, M.A. (1.976). "Estudio de las facies detríticas de Terciario continental del Sector Oriental de la Cuenca del Duero". *Estudios Geológicos*, 32, pp 179-188
- ORDOÑEZ, S. y GARCIA DEL CURA, M. A. (1.977). "Facies oncolíticas en medio continental. Aplicación al SE de la Cuenca del Duero". *Estudios Geológicos*, 33. pp 349-466.

- ORDOÑEZ, S. y GARCIA DEL CURA, M.A (1.983). "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: pp 485-497.
- ORDOÑEZ, S.; GARCIA DEL CURA, M.A. y BRELL, J.M. (1.982). "Relación entre las facies de abanico aluvial y facies carbonáticas del Sector SE de la Cuenca del Duero". *Temas Geológico-Mineros*, I.G.M.E. 6, 2ª Parte, pp 463-482.
- ORDOÑEZ, S.; LOPEZ AGUAYO, F. y GARCIA DEL CURA, M.A. (1.976). "Estudio geológico de la Facies rojas pliocuaternarias del borde SE de la Cuenca del Duero (Provincia de Segovia)". *Estudios Geológicos*, Vol 32 (2), pp.215-220.
- PAPADAKIS, J. (1.966). "Climates of the world and their agricultural potentialities" *Editado por el Autor*. Avd. de Córdoba 4564. Buenos Aires.
- PEREZ GONZALEZ, A. (1.979). "El límite Plioceno-Pleistoceno en la Submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos". *Trabajos Neógeno Cuaternario*, Nº 9, pp. 19-32, I.L.M.C.S.I.C.
- PEREZ GONZALEZ, A. (1.982). "El Cuaternario de la Región Central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos". *Temas Geológico-Mineros*. I.G.M.E. 6 (2). pp. 717-740.
- PEREZ GONZALEZ, A. (1.982). "Neógeno y Cuaternario de la Llanura Manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo". *Tesis Doctoral*. Uni. Compl. Madrid. 1-787. pp.
- PEREZ GONZALEZ, A.; VILAS, L.; BRELL, J.M. y BERTOLÍN, M. (1.971). "Las series continentales al Este de la Sierra de Altomira". *Primera Reunión Regional Geológica de la Cuenca del Duero*. Libro Guía de Excursiones.
- PORTERO, J.M.; OLMO, P.; RAMIREZ DEL POZO, J. y VARGAS ALONSO, I. (1.979). "Síntesis del Terciario Continental de la Cuenca del Duero" I.G.M.E., 1ª Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca. *Temas Geológico-Mineros*. Parte 1ª pp 11-37
- PORTERO, J.M.; OLMO, P. y OLIVE, A. (1.983). "El Neógeno transversal N-S de la Cuenca del Duero". *Libro Jubilar a J.M. RIOS*. Tomo II. I.G.M.E. Madrid.
- ROYO GOMEZ, J. (1.926). "Tectónica del Terciario Continental Ibérico". *Bol. Inst. Geol. Min. España* Nº 47, pp 131- 168.
- ROYO GOMEZ, J. (1.926). "El terciario Continental de Burgos". Excursión A-6 XIV *Congreso Geológico Internacional*. Madrid.
- ROYO GOMEZ, J. (1.929). "Moluscos del Terciario Continental de la Cuenca del Duero". *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Tomo 29, pp 239-244
- ROYO GOMEZ, J. (1.934). "Algunos vertebrados fósiles de la Cuenca del Duero". *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.* Tomo 34, pp 505-511.

- SANCHEZ BENAVIDES, F.J.; DABRIO, C. y CIVIS, J. (1.989). "Interpretación paleoecológica de los depósitos lacustres neógenos de Castrillo de Val (Noreste de la Depresión del Duero)". *Stvdia Geológica Salmantica*. Vol. 5. Ediciones Universidad de Salamanca.
- SANCHEZ DE LA TORRE, L. (1.978). "Planteamiento provisional de la distribución de facies de la Cuenca del Duero". *Proyecto MAGNA*. I.G.M.E. (Inedito)
- SANCHEZ LOZANO, R. (1.884). "Breve noticia sobre la geología de la Provincia de Burgos" *Bol. Com. Mapa. Geol. de España*. Tomo XI. Madrid
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1.946). "Explicación de la Hoja nº 346, Aranda de Duero". *Mapa Geol. de España*. 1:50.000. I.G.M.E. Madrid
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1.953). "Explicación de la Hoja Nº 313 Antigüedad (Palencia-Burgos)". *Mapa Geol. de España*. 1:50.000 I.G.M.E. Madrid

ISBN 978-84-7840-664-7



9 788478 406647 >