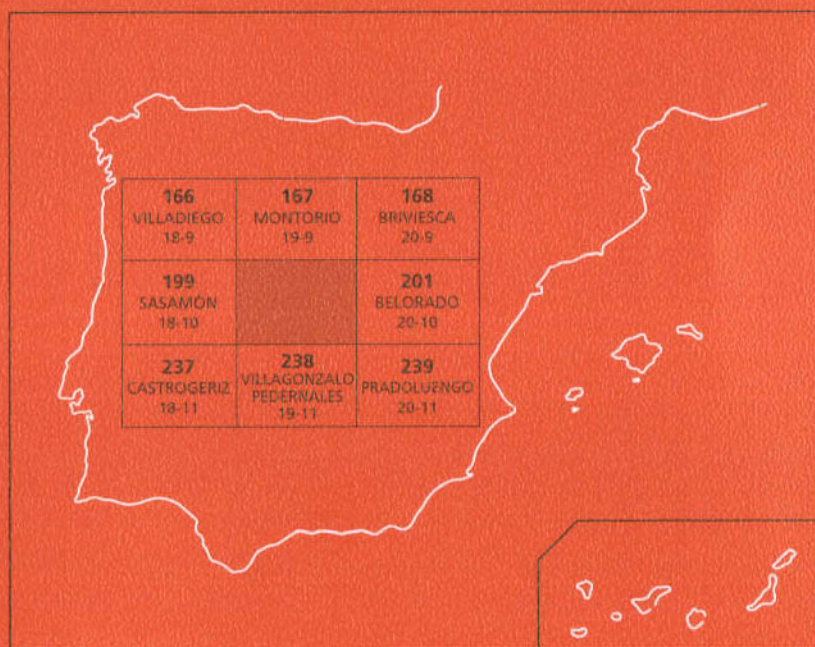




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



BURGOS

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

BURGOS

Puntos de interés geológico

J. Palacio (INYPSA)

Teledetección

J. González Lastra (INYPSA)

Jefe de Proyecto

E. Piles (EPTISA).

NORMAS Y DIRECCIÓN (ITGE)

Dirección y Supervisión del Proyecto

A. Martín-Serrano (ITGE)

Geomorfología

A. Martín-Serrano (ITGE)

Neotectónica

E. Elízaga (ITGE)

Recursos Minerales

J. M. Baltuille (ITGE)

Hidrogeología

A. Ballester (ITGE)

Puntos de Interés Geológico

E. Elízaga (ITGE)

Se pone en conocimiento del lector que en el ITGE existe una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria.

INDICE

0. INTRODUCCION	9
0.1. CONTEXTO GEOGRAFICO	9
0.2. CONTEXTO GEOLOGICO	10
0.3. ANTECEDENTES GEOLOGICOS.....	12
1. ESTRATIGRAFIA	13
1.1. TRIASICO SUPERIOR	13
1.1.1. Arcillas rojas, Facies Keuper (2). Ofitas (1)	13
1.2. TRIASICO SUPERIOR-JURASICO.....	13
1.2.1. Dolomías y calizas dolomíticas (3). Retiense-Hettangiense	13
1.3. CRETACICO	14
1.3.1. Arenas, gravas y conglomerados (4). Aptiense.....	14
1.3.2. Arenas, gravas y arcillas (5). Formación Capas de Utrillas. Albiense.....	14
1.3.3. Calcarenitas, margas y calizas margosas (6). Cenomaniense.....	15
1.3.4. Calizas, calizas arcillosas y margas (7). Turoniense inferior.....	16
1.3.5. Calizas y dolomías (8). Turoniense medio-Santoniense inferior.....	16
1.3.6. Margas (9). Santoniense inferior-medio.....	17
1.3.7. Calizas (10). Santoniense superior	17
1.4. Terciario.....	18
1.4.1. Geología regional de las Cuencas del Duero y Bureba.....	18
1.4.2. Facies y litologías en la Hoja	19
1.4.2.1. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (11). Oligoceno-Mioceno inferior	19
1.4.2.2. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (11 bis). Mioceno inferior (Orleaniense)	20
1.4.2.3. Margas, yesos y arcillas (12) Facies Villatoro. Ageniense-Orleaniense.....	21
1.4.2.4. Margas y arcillas (13). Facies Dueñas. Ageniense- Orleaniense.....	24
1.4.2.5. Calizas y margocalizas (14). Calizas «terminales» de la Facies Dueñas. Orleaniense superior.	25
1.4.2.6. Margas blancas (15), Arenas y arcillas rojas (16), Conglomerados, arenas y calizas con nódulos (17). Astaraciense.....	26

1.4.2.7.	Arcillas y limos ocre (18). Facies Tierra de Campos. Astaraciense.....	26
1.4.2.8.	Arenas y arcillas rojas con paleocanales (19). Facies Santa María del Campo. Astaraciense	30
1.4.2.9.	Calizas (20). Astaraciense superior.....	32
1.4.2.10.	Facies Cuestas: Margas, arcillas y calizas secundarias (21); Margas, margocalizas, yesos y calizas (22); Calizas y margas (22'); y Margas y yesos con intercalaciones calizas (23). Vallesiense.....	32
1.4.2.11.	Calizas con intercalaciones margosas (24). Calizas del Páramo inferior. Vallesiense	35
1.4.2.12.	Gravas, cantos y bloques de cuarcita, en matriz fangosa (25). Raña, Pioceno	38
1.5.	CUATERNARIO	39
1.5.1.	Gravas y cantos poligénicos, arenas (Terrazas altas, medias y bajas) (26, 28 y 34).....	39
1.5.2.	Gravas y cantos poligénicos, arenas, arcillas (cauce actual, fondos de valle y llanura de inundación) (32 y 33).....	39
1.5.3.	Gravas y cantos poligénicos, arcillas (Conos de deyección) (27, 29 y 31).....	40
2.	TECTONICA	41
2.1.	TECTONICA ALPINA.....	41
2.1.1.	Unidades Estructurales	41
2.1.1.1.	Cuenca o Depresión de la Bureba	42
2.1.1.2.	Sierra de Ubierna.....	42
2.1.1.3.	Sierra de Atapuerca.....	44
2.1.1.4.	La Cuenca del Duero y su zona de borde	45
2.1.2.	Sobre la conexión tectónica entre las cuencas del Duero y Ebro (Bureba) y la terminación noroccidental de la Cordillera Ibérica	46
2.2.	NEOTECTONICA.....	47
3.	GEOMORFOLOGIA	51
3.1.	ANTECEDENTES	51
3.2.	DESCRIPCION FISIOGRAFICA.....	51

3.3. ANALISIS MORFOLOGICO	52
3.3.1. Estudio Morfoestructural.....	52
3.3.1.1. <i>Unidad morfoestructural de la Sierra de Ubierna</i>	52
3.3.1.2. <i>Unidad morfoestructural de la Sierra de Atapuerca</i>	53
3.3.1.3. <i>Unidad morfoestructural de la Cuenca del Duero</i>	54
3.3.1.4. <i>Unidad morfoestructural de la Bureba</i>	55
3.3.2. Estudio del modelado	55
3.3.2.1. <i>Formas poligénicas</i>	55
3.3.2.2. <i>Formas fluviales acumulativas</i>	56
3.3.2.3. <i>Formas fluviales denudativas</i>	59
3.3.2.4. <i>Formas de ladera</i>	59
3.3.2.5. <i>Formas kársticas</i>	60
3.3.2.6. <i>Formas estructurales</i>	60
3.4. FORMACIONES SUPERCIALES	60
3.5. EVOLUCION DINAMICA (HISTORIA GEOMORFOLOGICA).....	61
3.6. MORFODINAMICA ACTUAL.....	62
4. HISTORIA GEOLOGICA	65
5. GEOLOGIA ECONOMICA.....	69
5.1. RECURSOS MINERALES.....	69
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos	69
5.1.1.1. <i>Aspectos generales e historia Minera</i>	69
5.1.1.2. <i>Tipo de mineralización</i>	69
5.1.2. Rocas industriales	69
5.1.2.1. <i>Aspectos generales e históricos</i>	69
5.1.2.2. <i>Descripción de los materiales</i>	71
5.2. HIDROGEOLOGIA	72
5.3. GEOTECNIA.....	76
5.3.1. Introducción	76
5.3.2. Características geotécnicas	77
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO	81
7. BIBLIOGRAFIA.....	83

0 INTRODUCCION

0.1. CONTEXTO GEOGRAFICO

La Hoja de Burgos está situada en la zona central de la provincia de Burgos: en el sector centro-sur de la Hoja queda incluido parte del casco urbano de la capital de la provincia.

En la superficie que abarca la Hoja se localizan total o parcialmente un total de 47 términos municipales, de los que cabe destacar, la mayor parte del de Burgos, Atapuerca, Cardeñajimeno, Sotragero, Ibeas de Juarros, Las Quintanillas, Quintanaortuño, Quintanapalla, Quintanilla de Vivar y Tardajos.

Salvo la capital de la provincia-Burgos- el asentamiento humano se verifica en pequeños núcleos urbanos, normalmente de menos de 1.000 habitantes.

En cuanto a comunicaciones, la red de carreteras es suficiente, quedando surcada la Hoja por las siguientes rutas principales:

- a) Nacional I Madrid-Irún y su autopista paralela: desde Burgos hasta la parte central del borde este de la Hoja.
- b) Nacional 623 Burgos-Santander, que atraviesa la Hoja de sur a norte dividiéndola en dos mitades.
- c) Nacional 120 de Vigo a Logroño (Camino de Santiago) y Nacional 620 de Burgos a Portugal por Salamanca, discurriendo ambas sensiblemente paralelas al borde meridional de la Hoja.

Las líneas de ferrocarril son menos frecuentes, quedando comprendida sólo la de Madrid-Irún (por Valladolid) que discurre próxima a las carreteras nacionales I y 120 (desde Burgos y hacia el NE. y O., respectivamente); la de Burgos a Madrid por Aranda de Duero apenas queda representada en la parte central del borde sur de la Hoja, en los alrededores de la capital; por último, la de Burgos a Ciudad-Dosante (antiguo Santander-Mediterráneo, inacabado) ha sido recientemente cerrada al tráfico.

En suma pues, en Burgos (y por ende en la Hoja), se localiza un nudo de comunicaciones entre en País Vasco (y frontera francesa) y Portugal, y entre el centro de la Península (Madrid) y la costa cantábrica (Santander).

Hidrográficamente es de destacar el río Arlanzón, afluente del Pisuerga por su margen izquierda, quien a su vez lo es del Duero. El Arlanzón, principal curso de la Hoja, recibe las aguas de los ríos Ubierna y Urbel, por su margen derecha y el Cardeñadizo por su izquierda.

El clima de la zona es Mediterráneo templado, según la clasificación de PAPADAKIS (en D.G.P.A., 1978), con temperaturas medias anuales de 10-12° C, 2-4°C del mes más frío y 19-21°C el mes más cálido. El área acusa rasgos de continentalización, debido a su aislamiento del mar mediante la Cordillera Cantábrica.

La altitud media de la Hoja puede situarse aproximadamente en los 875 m, superándose la cota de los 1.000 m en las zonas septentrionales y sur-este, es decir, en la zona de divisoria hidrográfica Duero-Ebro.

El tipo de paisaje predominante es el amesetado, desarrollado sobre los materiales terciarios subhorizontales de la Cuenca del Duero, que ocupan la mayor parte de la Hoja. Tan solo en las esquinas NE y SE, las sierras calcáreas mesozoicas originan un paisaje algo diferente, pero sólo con laderas más irregulares ya que las zonas altas suelen presentarse aplanadas (por comportar restos de diversas superficies de erosión).

La vegetación autóctona presenta una coexistencia entre especies propias del bosque atlántico húmedo europeo (robles y quejigos) y otras del continental-mediterráneo (encinas y carrascas). Las primeras están conservadas en zonas de umbría de las sierras calcáreas mesozoicas, o bien crecen preferentemente sobre formaciones silíceas (Raña, Weald); las segundas son propias de áreas de mayor insolación, en calizas mesozoicas; ambas se encuentran notablemente degradadas y frecuentemente reducidas al estado de matorral por efecto del pastoreo antiguamente abusivo. En el Terciario, a éste efecto se une el de la agricultura intensiva, lo que determina la total ausencia de elementos arbustivos o arbóreos (originando la llamada estepa castellana), excepción hecha de algunos rodales de pinos de repoblación.

El cultivo cerealístico de secano, y la ganadería ovina de pastoreo, han construido la principal actividad económica hasta hace sólo algunas décadas. La agricultura de regadío es poco importante, como las vegas fluviales que la soportan y que quedan restringidas al valle del Arlanzón, al este y oeste de la ciudad de Burgos. En la actualidad, la agricultura cerealista se mantiene, coexistiendo con un mayor predominio de ganadería estabulada (porcino y vacuno) y sus industrias transformadoras. Por lo demás, desde la década de los 60 la ciudad de Burgos y sus alrededores son focos de actividad industrial, con altibajos. En cuanto al sector terciario (servicios), Burgos capital ha iniciado un despegue hace algunos años que ésta llamado probablemente a tener un gran futuro, derivado de su localización como importante nudo de comunicaciones, a que se aludía antes.

0.2. CONTEXTO GEOLOGICO

La Hoja de Burgos se localiza en el borde noroeste de la Cuenca del Duero, (Fig.1) cuyos materiales terciarios y cuaternarios cubren más de las siete octavas partes de su superficie. Tan solo en las esquinas NE y SE aparecen materiales mesozoicos que constituyen los bordes de la Cuenca del Duero.

En la parte NE de la Hoja, la sierra mesozoica de Ubierna, Peñahorada o Temiño (que son sus poblaciones más importantes) presenta una dirección ONO-ESE que se incurva progresivamente hacia el este, pasando a SO-NE. Ha sido denominada Banda o Franja Plegada en la literatura geológica reciente, y hacia el NO enlaza cartográficamente con el mesozoico de la Orla o Cordillera Vasco-Cantábrica, de la que constituye su borde sur, más complejo estructuralmente. En la Hoja de Burgos separa localmente el Terciario de la Cuenca del Duero del de La Bureba (Cuenca del Ebro, al norte).

En el cuadrante SE de la Hoja se encuentra otro gran afloramiento mesozoico, la Sierra de Atapuerca (de dirección NO-SE, y localmente E-O en su terminación septentrional) que, como se verá más adelante, constituye la parte más noroccidental de la Cordillera Ibérica.

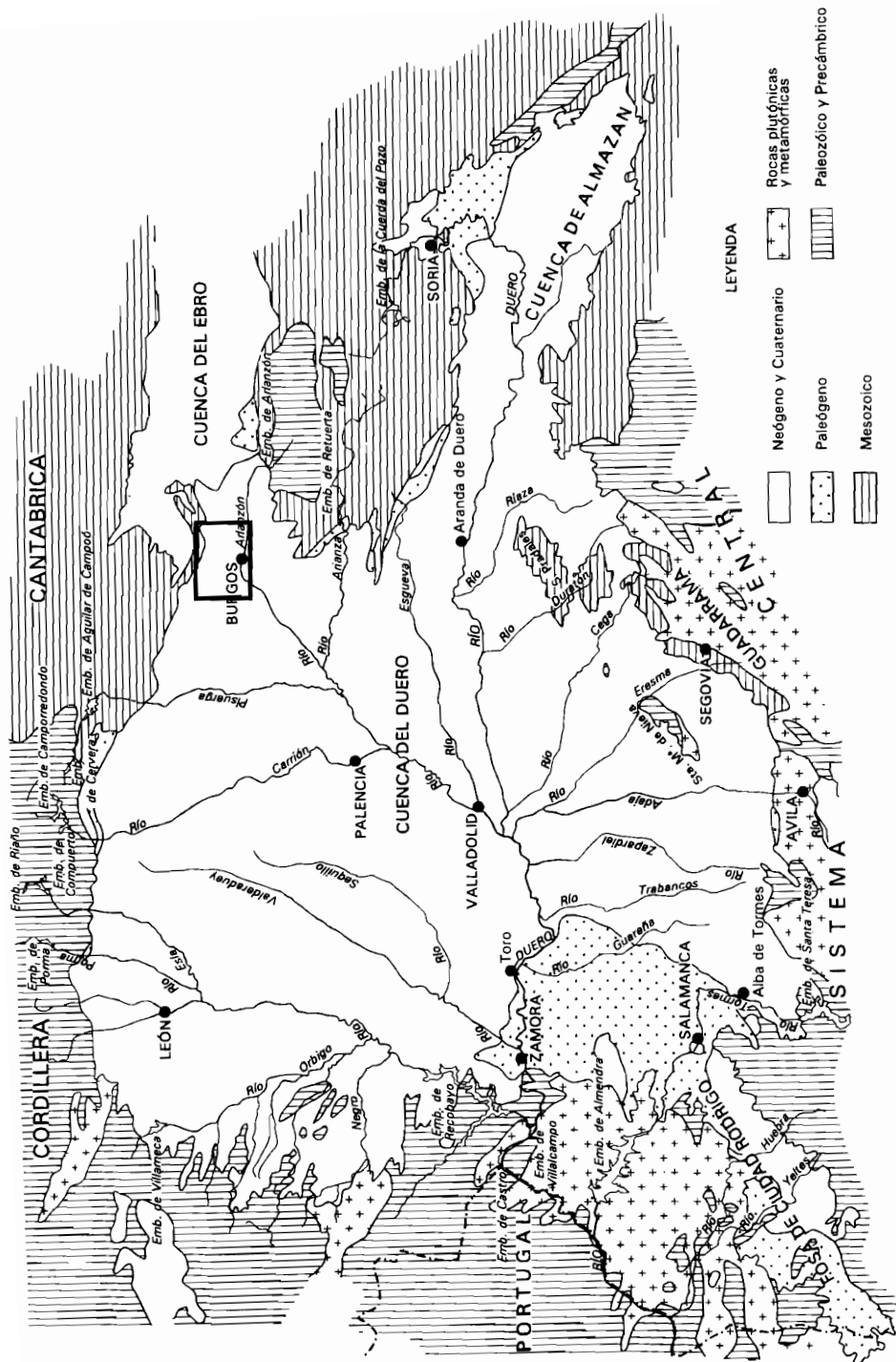


Fig. 1.- Enmarque regional de la zona en estudio.

Entre las sierras de Ubiera y Atapuerca, el Terciario de la Cuenca del Duero enlaza cartográficamente con el del Ebro. Así pues, la parte oriental de la Hoja de Burgos es compleja y plantea diversos problemas derivados de los posibles nexos de unión entre las cordilleras Vasco-Cantábrica e Ibérica, por un lado, y las cuencas del Duero y Ebro, por otro, problemas a los que se aludirá más adelante.

0.3. ANTECEDENTES GEOLOGICOS

Los estudios geológicos, estratigráficos o tectónicos de gran escala sobre la zona de la Hoja y áreas próximas, comienzan el siglo pasado (EZQUERRA DEL BAYO, 1837; VERNEUIL, 1852; ARANZAZU, 1877; CAREZ, 1881 y LARRAZET, 1895), prosiguiendo en el actual (MENGAUD 1920; CIRY, 1940, 1951, y 1967; ALMELA *et al*, 1945; RIOS *et al*, 1945, y FEUILLE y RAT, 1971; CAMARA, 1989).

El Cretácico de la región Vasco-cantábrica, del que la Sierra de Ubierna forma parte, ha sido objeto de numerosos trabajos (CALDERON, 1885; SAENZ GARCIA, 1932 y 1940; RAT, 1950 y 1963; RIOS, 1956; RAMIREZ DEL POZO, 1969 y 1971; SALOMON, 1970 y 1980; AGUILAR, 1975; PUJALTE, 1979, 1981 y 1982; GARCIA-MONDEJAR, 1982), mientras que el de la Cordillera Ibérica ha recibido menos atención (SAN MIGUEL DE LA CAMARA, 1922 y 1923; VALLADARES, 1976). Por otra parte, en cuanto a la problemática paleogeográfica del Cretácico a nivel peninsular, los trabajos son, lógicamente, bastante más recientes (AMIOT *et al.*, 1982; FLOQUET *et al*, 1982; y ALONSO-MILLAN *et al*, 1989).

En cuanto al Terciario de la Cuenca del Duero, destacan el trabajo pionero de HERNANDEZ-PACHECO, E. (1915), y los de ROYO GOMEZ (1922, 1926 y 1929), HERNANDEZ-PACHECO, F. (1930), MABESOONE (1959 y 1961), AEROSERVICE (1967), PORTERO *et al* (1979) y MEDIAVILLA, y DABRIO (1986). Para el Terciario de La Bureba, los más importantes son los de RIBA (1954) y CRUSAFONT *et al.* (1966).

Por último, se ha contado además con la información proporcionada por el sondeo Villalonguéjar, realizado por la E.N. Adaro en 1987, para prospección geotérmica. El sondeo se localiza al SO de la Hoja y alcanzó los 2.542 m. de profundidad, encontrando una temperatura máxima de agua de 80°C a los 2.200 m.

1. ESTRATIGRAFIA

En la Hoja afloran sedimentos cretácicos, terciarios y cuaternarios, cuya distribución ha sido indicada anteriormente en el capítulo de Introducción. Hay también rocas volcánicas básicas («ofitas») atribuibles al Triásico.

1.1. TRIASICO SUPERIOR

1.1.1. Arcillas rojas, Facies Keuper (2). Ofitas (1)

Los materiales atribuibles al Triásico superior (Keuper) constan de arcillas rojas y afloran en el núcleo de la Sierra de Atapuerca (SE de la Hoja), donde forman la base de la serie dolomítica del Jurásico inferior.

Son materiales muy plásticos, propiedad que los convierte en excelentes niveles de despegue tectónico o facilita su acumulación diapírica, razones por las que su potencia original resulta difícil de estimar.

Paleogeográficamente, corresponden a depósitos de ambientes cercanos al litoral, en condiciones hipersalinas supra o intermareales, y con subambientes lagunares, donde se producen precipitaciones de sulfatos (yeso).

Las rocas volcánicas básicas, «ofitas» (1), se presentan en un afloramiento de extensión inferior a 0,5 km², próximo al borde norte de la Hoja, y aislado entre formaciones cretácicas, pero en la traza una importante falla de desgarre que, más al noroeste, contiene afloramientos de Keuper, razones por las cuales se le considera al mencionado afloramiento ofítico como una extrusión tectónica.

Petrográficamente son también idénticas a las típicas «ofitas» del Keuper. Son rocas de tipo diabásico, de grano fino a medio y tectura holocristalina hipidiomorfa. Como minerales esenciales presenta plagioclasas con procesos de saurización, augita y magnetita; como accesorios, anfíbol (uralitización) e hiperstena. Las muestras estudiadas presentan alteraciones hidrotermales. Los minerales máficos, en general están convertidos en diversos constituyentes secundarios.

1.2. TRIASICO SUPERIOR-JURASICO

1.2.1. Dolomías y calizas dolomíticas (3) Retiense-Hettangiense

Afloran también exclusivamente en el núcleo de la Sierra de Atapuerca, asociadas a la formación anterior, a la que suceden concordantemente.

Son dolomías oquerosas y calizas dolomíticas finamente estratificadas en bancos de espesor decimétrico de color amarillento o rojizo. El espesor de la formación es del orden de los 100 m. En su techo quedan recubiertas discordantemente por las «Capas de Utrillas» (5).

Las dolomías oquerosas y cavernosas (carniolas) son el producto de la brechificación diagenética (colapso por disolución de evaporitas) de alternancias originales de anhidritas, dolomías, arcillas y margas, que caracterizan secuencias típicas de llanura costera salina (*sebkha*) supramareal, y que suponen una profundización respecto de la Facies Keuper.

Las facies estratificadas o lajeadas son a veces estromatolíticas y se enmarcan en contextos inter a supramareales. La dolomitización es de tipo secundario.

En otras partes de la región vasco-cantábrica, esta unidad presenta a techo calcarenitas y calizas oolíticas en las que se ha datado el Sinemuriense. Puesto que en la Sierra de Atapuerca esta facies terminal falta, debido a la erosión pre-Formación Utrillas, asignaremos una edad Retiense-Hettangiense a las litologías representadas.

1.3. CRETACICO

1.3.1. Arenas, gravas y conglomerados (4). Aptiense

Afloran exclusivamente en la Sierra de Ubierna, donde constituyen los términos más bajos de la serie mesozoica aflorante.

Son materiales predominantemente silíceos y de color blanco, excepto en algún punto localizado, donde hay cementación ferruginosa rojo-amarillenta. Las arenas son gruesas y los conglomerados, de cantos cuarcíticos (centil de centi a decimétrico). El conjunto se presenta poco o nada cementado, lo que determina una escasez generalizada de afloramientos bajo arenales eluviales; a pesar de ello originan un ligero relieve topográfico, siendo visible en foto aérea trazas de capas, lo que da una idea de su estructura.

Los términos arenoso-conglomeráticos, característicos de esta unidad cartográfica, forman niveles métricos a decamétricos, con estratificación cruzada planar y en surco, cicatrices erosivas, amalgamaciones, etc.

Esta unidad se interpreta como un sistema aluvial, de configuración «braided», fuertemente energético y relativamente cercano al área fuente, en donde alternan las áreas canalizadas, con desarrollo de barras arenosas, y zonas intercanal con características de llanura de inundación y desarrollo de sedimentos finos lutíticos. Su procedencia es, predominantemente sur, según datos de Hojas noroccidentales próximas.

Para algunos autores, esta unidad cartográfica podría representar un subciclo superior de la Facies Weald, o bien guardar más relación con las suprayacentes de Utrillas, pudiendo ser entonces un equivalente de la Formación Escucha, definida en la provincia de Teruel (Cordillera Ibérica oriental, rama aragonesa).

En la Hoja, esta unidad alcanza una potencia mínima visible de 500 m. Determinaciones de foraminíferos en facies carbonosas de Hojas noroccidentales vecinas (Hoja de Prádanos de Ojeda nº 133) definen una edad Cretácico inferior (probable Aptiense).

1.3.2. Arenas, gravas y arcillas (5) Formación Capas de Utrillas. Albiense

Se trata de un conjunto detrítico relativamente más variado de colorido y litología que el anterior; las arenas son blancas, más finas, feldespáticas y caoliníferas que las de la unidad anterior, y las gravas y conglomerados, semejantes, aunque menos abundantes. Hay una mayor presencia de niveles arcillosos o limos de color rojizo, y cementaciones ferruginosas locales. Topográficamente, originan una depresión entre las formaciones infrayacentes y las calizas y margas del Cretácico medio-superior.

Su base, en la Hoja, es una discordancia generalizada (que frecuentemente define el inicio de la transgresión marina del Cretácico medio-superior), al igual que ocurre en numerosas áreas de la Península. En la Sierra de Ubierna se dispone sobre las arenas, gravas y conglomerados de la unidad cartográfica (4), no siendo observable el contacto (que parece sensiblemente subparalelo), por lo que no es posible saber si, como ocurre en Hojas próximas del norte (Sedano, 135), existe un tramo de arcillas hojosas variadas grises oscuras en el que debe estar representado el Aptiense-Albiense inferior. En la Sierra de Atapuerca, las «Capas de Utrillas» se disponen sobre las dolomías y calizas dolomíticas del Triásico superior-Jurásico inferior (3); en el contacto existen concentraciones locales de óxidos de hierro, explotadas hasta fechas recientes y relacionadas con una superficie kárstificada.

El medio de sedimentación de la unidad está compuesto por sistemas aluviales de tipo fluvial, con paleocauces de tipo *braided*. La alteración caolinitica refleja un clima tropical a subtropical. El tránsito con la unidad suprayacente, marina, está marcado por la aparición de canales meandriformes y, progresivamente, de flujos mareales.

Las «Capas de Utrillas» alcanzan una potencia de 125-250 m, diferencia de espesor que debe ser consecuencia de su carácter tectónicamente incompetente. Su edad más probable, según datos bibliográficos regionales y posición estratigráfica, es Albiense (pudiendo su techo abarcar el Cenomaniense inferior), puesto que no existen datos faunísticos fiables.

1.3.3. Calcarenitas, margas y calizas margosas (6). Cenomaniense

Sucede transicionalmente al conjunto anterior, habiéndose marcado el límite allí donde los niveles margosos (con fauna marina, frecuentemente) comienzan a dominar sobre los arenosos.

Topográficamente aflora en las laderas entre las «Capas de Utrillas» del fondo de los valles, y las barras y crestas calcáreas del Cretácico superior, por lo que están frecuentemente cubiertas por derrubios. Se encuentran tanto en la Sierra de Ubierna como en la de Atapuerca.

Litológicamente, corresponden a una sucesión de margas amarillentas y grises, con intercalaciones de niveles bioclásticos calcareníticos y nodulosos, y una potencia total del orden de 25 m. Muestra laminación algal, bioturbación, y a veces, superficies ferruginosas. Las calizas, bioclásticas y calcareníticas, suelen mostrar bases erosivas y a veces diseminaciones de glauconita. Son abundantes los ostreidos que, a veces, forman pequeñas lumaquelas en el conjunto del tramo. Los niveles nodulosos que aparecen a techo de la unidad contienen además *rills* bioclásticos, estando muy bioturbados.

Representan depósitos someros, sub a intermareales, correspondientes a una llanura mareal fangosa, estuarina, en la que se localizan pequeños canales que arrastran restos bioclásticos. Las paleocorrientes indican sentido de aparatos coincidentes con la de la Formación Utrillas. El carácter marino aumenta hacia techo.

Su edad, es fundamentalmente, Cenomaniense y según datos micropaleontológicos de Hojas próximas.

1.3.4. Calizas, calizas arcillosas y margas (7). Turoniense inferior

Sucede concordantemente, con unos 35-40 m de potencia, al tramo anterior. Aflora inmediatamente debajo de la barra calcárea turoniense, estando presente tanto en la Sierra de Ubierna como en la de Atapuerca.

Es un sucesión de calizas nodulosas (en la base) y calizas arcillosas y margas con laminación (preferentemente a techo) que pueden contener algún nivel (decimétrico) de caliza intraclástica. La bioturbación y las pistas son frecuentes. Petrográficamente, las calizas nodulosas son biomicritas nodulosas, *wackestones*, con abundantes restos de bivalvos, gasterópodos, equinodermos, briozoos, ammonites y foraminíferos planctónicos y bentónicos. Las margas y las calizas arcillosas presentan fauna menos abundante.

Sedimentológicamente, es interpretable como correspondiente al depósito, en condiciones tranquilas, de una plataforma abierta, relativamente profunda y de amplia circulación, correspondiendo a un máximo transgresivo. En este tramo continúa, pues, la transición del Cretácico superior hacia condiciones plenamente marinas.

Su edad es, sobre todo Turoniense inferior, según datos micropaleontológicos de foraminíferos, obtenidos en la Hoja septentrional de Montorio.

1.3.5. Calizas y dolomías (8). Turoniense medio-Santonense inferior

Se dispone concordantemente, con unos 45-70 m de espesor, sobre el tramo anterior. Forma el primer (o más bajo estratigráficamente) resalte calcáreo de la sucesión cretácica. Está presente tanto en la Sierra de Ubierna como en la de Atapuerca.

La parte basal aparece constituida por calizas intraclásticas con restos fósiles centimétricos, que hacia arriba son sucedidas por calizas micriticas también con restos fosilíferos, pero frecuentemente dolomitizadas, por lo que adquieren tonos marrón-violáceo. La mitad superior la forman calizas micriticas, a veces oolíticas (en las que se encuentran ocasional y característicamente, «pinzas» de crustáceos deápodos de tamaño centi-decimétrico) y culmina con calizas bioclásticas y con abundantes foraminíferos. Esta descripción es típica para la Sierra de Ubierna y más concretamente para el corte de Serrezuela Carbonera, 3 km al NO de la población de Robredo-Temiño. En la Sierra de Atapuerca, este tramo está constituido por calizas y margas grises de aparente mayor monotonía litológica.

A nivel regional, se trata de un conjunto de ciclos granocrecientes que suelen estar constituidos en la base por *mudstones* o *wackestones* de estratificación irregular con bioturbación y *rills* bioclásticos. Los términos superiores son calcarenitas medias a gruesas, *packstones* a *grainstones* bioclásticos, con estratificación cruzada planar y en surco.

El techo de cada secuencia o ciclo suele venir marcado por una superficie ferruginosa bioturbada con concentración de bioclastos y perforaciones. El carácter ferruginoso de los materiales culminantes, y el desarrollo de superficies de interrupción de la sedimentación, indican la existencia de una ruptura sedimentaria que separa esta unidad de la suprayacente, margosa.

Se interpreta como el resultado de migración de barras bioclásticas, en condiciones de alta energía, sobre fondos tranquilos y colonizados, submareales, y evolutivamente corresponde a un episodio regresivo de plataforma interna que prograda sobre los depósitos externos del tramo anterior.

Su edad es, sobre todo, Turoniense medio-superior Coniaciense, y hasta Santoniense inferior según datos micropaleontológicos de Hojas vecinas septentrionales. No obstante, hay que hacer notar que en amplias zonas de la región parece existir un hiato o laguna estratigráfica que abarca una parte de las edades atribuibles a este tramo (Turoniense superior y Coniaciense inferior) (RAMIREZ DEL POZO, 1971).

1.3.6. Margas (9). Santoniense inferior-medio

Sobre el tramo anterior se dispone, brusca y paraconcordantemente, un tramo predominantemente margoso de unos 70 m de espesor. Su carácter blando y fácilmente erosionable origina una depresión entre la primera (8) y la segunda (10) barras calcáreas del Cretácico. Sólo se encuentra en la parte norte de la Sierra de Ubierna, ya que en el resto de las zonas ha desaparecido por erosión.

Litológicamente se trata de margas calcáreas gris-verdosas a veces oscuras, nodulosas y en otras ocasiones hojosas. Característicamente contienen abundantes geodas de calcita de tamaño centi-decimétrico.

El medio de depósito se sitúa en un contexto de plataforma abierta que experimenta, en la vertical, una disminución de la energía por profundización. La parte baja incluye abundantes niveles calcareníticos semejantes a capas de tormentas. Los términos superiores se encuentran por debajo del límite de las tormentas. El contacto superior de la unidad margosa suele ser neto, pasando sin transición a condiciones plenamente marinas, en donde se deposita una nueva unidad calcárea (10).

Su edad es Santoniense inferior-medio, según datos micropaleontológicos obtenidos en Hojas septentrionales vecinas.

1.3.7. Calizas (10). Santoniense superior

Constituyen el último tramo cretácico reconocido en la Hoja. Forman el segundo (o superior) resalte topográfico calcáreo. Sólo se encuentran en la parte norte de la sierra de Ubierna, ya que en el resto de las zonas ha desaparecido por erosión.

Este tramo está constituido por una sucesión de calcarenitas bioclásticas con abundante fauna de **Miliólidos**, lajosas, de color crema a gris-blanquecino y con estratificación cru-

zada en surco y planar de mediana escala. Muestran, en determinadas zonas, algunas silicificaciones pequeñas (decimétricas) y característicamente contienen pequeños *gryphaeidae*. El tramo, de más de 80 m de espesor, aparece de forma neta y brusca sobre el infrayacente, aunque aparentemente en continuidad sedimentaria.

Los lechos de estratificación cruzada alternan con tramos con estratificación horizontal, igualmente calcareníticos. En general se trata de *packstones* y *grainstones*. Se interpretan como el resultado del depósito en un complejo de barras y canales, que se situaría en el cinturón de alta energía al borde de la plataforma interna, constituyendo un episodio transgresivo con relación a la unidad infrayacente.

En cuanto a edad, la aparición de *Lacazina* (al techo de la unidad) caracteriza al Santoniense superior. El estudio de foraminíferos en la vecina Hoja de Montorio indica también la misma edad.

1.4. Terciario

1.4.1. Geología regional de las Cuencas del Duero y Bureba

El Terciario de la Cuenca del Duero está representado por sedimentos continentales, generados mediante un dispositivo de relleno de abanicos aluviales (facies detríticas) en los bordes, que gradúan paulatinamente a facies lacustres (margas, calizas y evaporitas) en las partes centrales. La construcción y relleno de la Cuenca se inicia en el Paleógeno (probablemente en el Eoceno), prosiguiendo a lo largo de todo el Terciario hasta el Plioceno. La sedimentación terciaria no fue continua ya que aparece interrumpida por discontinuidades estratigráficas que testimonian actividades tectónicas y/o morfologías cambiantes en sus bordes, así como ciertos cambios climáticos.

Los materiales paleógenos afloran adosados a los bordes de la Cuenca, y frecuentemente desconectados entre sí, debido al carácter colmatante de la sedimentación neógena. El Neógeno está más conocido, ya que sus afloramientos se extienden por toda la Cuenca, y la erosión cuaternaria ha penetrado en la pila sedimentaria hasta niveles correspondientes al Mioceno inferior.

El espesor del relleno terciario de la Cuenca del Duero es marcadamente asimétrico, alcanzando un máximo de 4.000 m. junto a los sistemas montañosos alpinos (Cordilleras Cantábrica e Ibérica). Hacia el oeste, el sustrato asciende, en líneas generales progresivamente.

En la zona central de la Cuenca se sigue teniendo como base las tres grandes unidades neógenas definidas por HERNANDEZ-PACHECO (1915): Facies Tierra de Campos (inferior), Facies Cuestas (intermedia) y Calizas del Páramo (superior). Hacia los bordes estas fases cambian a otras más locales (Facies Santa María del Campo, Facies Tordómar, etc) (AEROSERVICE, 1967). Más recientemente, DEL OLMO *et al* (1982) define la Facies Dueñas (a muro de la Facies Tierra de Campos); y el mismo autor, así como MEDIAVILLA *et al*. (1989) diferencian dos unidades (Páramo inferior y Páramo superior) en las Calizas del Páramo.

El primer y único ensayo de correlación de todas la facies (sobre todo neógenas) de la Cuenca, según una transversal norte-sur fue realizada por PORTERO *et al.* (1979).

El Terciario de La Bureba, al norte de la Sierra de Ubierna, constituye la parte occidental del de la Cuenca del Ebro, y entre las sierras mesozoicas de Ubierna y Atapuerca enlaza con el del Duero. Como éste, está representado por facies fluviales en los bordes (Facies Bureba, Facies Vitoria, etc.) y lacustres hacia el centro (Facies Gris-blanca, Facies Cerezo, etc.) (RIBA, 1954). Más hacia el este, en la Rioja, el Terciario del Ebro representa una amplia depresión muy subsidente durante el Oligoceno y Mioceno (la geofísica sísmica ha revelado espesores de Terciario del orden de unos 4.000 m), limitada por dos bordes activos con importantes frentes de cabalgamiento: el de los Montes Obarenes-Sierra de Cantabria (prolongaciones occidentales de las Sierras surpirenaicas), septentrional y vergente al sur; y el de las Sierras de Demanda y Cameros (Cordillera Ibérica), meridional y vergente al norte.

1.4.2. Facies y litologías en la Hoja

El Terciario de la Cuenca del Duero contenido en la Hoja de Burgos participa de las características citadas. Hay materiales atribuibles al Oligoceno-Mioceno inferior, con extensión cartográfica minoritaria y adosados a las sierras mesozoicas de Ubierna y Atapuerca. Los materiales del Mioceno inferior, medio y superior, constituyen la mayor parte de la extensión cartográfica de la Hoja, aflorando desde la Facies Dueñas a las Calizas del Páramo inferior. La Facies Dueñas es muy evaporítica en toda la parte oriental de Hoja (Facies Villatoro).

El Terciario de La Bureba aflora, con facies conglomeráticas y arcillosas, en el borde norte de la Sierra de Ubierna, y tiene muy escasa representación areal en la Hoja. En el pasillo de La Bureba, entre las Sierras de Ubierna y Atapuerca, las Facies Villatoro equivale o pasa lateralmente a la Facies Cerezo, aunque como se verá más adelante, las edades atribuidas a ésta no concuerdan con las Dueñas-Villatoro de la Cuenca del Duero.

1.4.2.1. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (11). *Oligoceno-Mioceno inferior*

Están situados en el sector NE de la Hoja, adosados a los materiales mesozoicos de la Sierra de Ubierna, teniendo una muy escasa representación en la Sierra de Atapuerca.

En la Sierra de Ubierna, aunque se presentan discordantes sobre el Cretácico, se muestran relativamente solidarios con él y moderadamente plegados y fracturados. Es bien patente en la cartografía cómo el conjunto de ambas queda recubierto discordantemente por las formaciones miocenas (Facies Dueñas: Mioceno inferior-medio).

Estos materiales constituyen afloramientos de característico color rojo-anaranjado intenso, que destaca notablemente sobre el gris de las calizas mesozoicas. Aunque generalmente los conglomerados calcáreos de cantos decimétricos predominan en la serie, hay tramos de arcillas con niveles de nódulos calcáreos de origen pedogenético, cuya erosión origina pequeñas cárcavas.

Uno de los mejores cortes de esta unidad se localiza junto a la entrada sur del túnel de Ubierna, donde tiene un buzamiento de 30° a 60° hacia el S, en los tramos más inferiores, y según se sube en la serie se va pasando por valores intermedios (hasta 6 a 10° en los niveles superiores). Esto parece indicar una disposición en discordancia sobre el Cretácico. Está constituida por un conjunto de conglomerados, areniscas, arcillas y margas, de color rojizo en la base que va pasando a colores localmente blancuzcos hacia techo. Los cantos más abundantes y de mayor tamaño son calcáreos, de 10 a 20m de longitud máxima, encontrándose esporádicamente algunos que sobrepasa los 30 cm. En general son subredondeados. También existen cantos de cuarzo y cuarcita en menor cuantía y tamaño; son redondeados y probablemente heredados de las facies detríticas mesozoicas más próximas.

Son materiales depositados en ambiente aluvial. Los primeros metros de la serie se originan por procesos de corrientes tractivas acuosas, coladas de derrubios (*debris flow*) y colocadas de fangos (*mud flow*) de zonas proximales de abanicos aluviales. En la zona superior de la unidad predomina la influencia de las corrientes canalizadas trenzadas (*braided*).

La potencia de la serie no se puede conocer con precisión, dado el carácter de discordancia progresiva para su base, y que su techo puede estar erosionado antes del depósito de las Facies Dueñas. Cabe suponer, no obstante, que alcanzará un gran espesor hacia el sur, en el subsuelo, y que los niveles arcillosos devendrán predominantes en esa dirección, conforme se verifique un alejamiento del área madre mesozoica.

La edad atribuida a estos materiales lo es por posición y correlación estratigráfica regional, puesto que no han suministrado fósiles.

1.4.2.2. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (11 bis) Mioceno inferior (Orleaniense)

Se localizan en el borde norte de la Sierra de Ubierna, representando facies marginales del Terciario de la Bureba (Formación Bureba, en concreto)

Los conglomerados están compuestos de cantos redondeados de calizas y dolomías mesozoicas de hasta 30 cm. de diámetro, con matriz arenosa y cemento calcáreo rojizo, y alcanzan espesor métrico-decamétrico. Minoritarias, pero más abundantes hacia el norte, intercalan arcillas limosas rojas, con suelos calciformes blanquecinos.

Los niveles conglomératicos presentan geometrías canaliformes, siendo frecuente la estratificación cruzada de tipo planar y las cicatrices internas, que corresponden a fenómenos de incisión de canales menores. Se interpretan como cursos *braided* con desarrollo de barras de gravas. En los términos arcillosos son abundantes los niveles tabulares de arena fina, debidos a procesos de *crevasse-splay* y otros con base canalizada, que corresponden a canales efímeros conectados intermitentemente con las redes principales de drenaje.

En conjunto, la unidad se enmarca en el frente proximal a medio de un sistema de abanicos fluviales.

Hacia el norte, en la vecina Hoja de Montorio, esta unidad pasa lateralmente a la facies gris-blanca, lacustre, equivalente lateral (según datos obtenidos en dicha Hoja) de la Facies Dueñas. Por ello, y porque no ha proporcionado fósiles, le asignaremos una edad provisional Mioceno inferior (Orleaniense).

1.4.2.3. *Margas, yesos y arcillas (12) Facies Villatoro. Ageniense-Orleaniense*

Como se ha anticipado antes, corresponde a una subfacies lacustre, evaporítica, de la Facies Dueñas. Ha sido definida o nombrada por primera vez en esta Hoja.

Afloran al N de Burgos capital, ocupando gran parte de la cuenca del río Ubierna, llegando hasta Vivar del Cid, y desde la capital hacia el Este en la cuenca de los ríos Arlanzón y Vena.

Hacia el norte, presentan cambio lateral de facies con las típicas margas de la Facies Dueñas (13). Hacia el este pasan o equivalen a la Formación Yesos de Cerezo, de La Bureba.

Se trata de sedimentos lacustres de aspecto varvado, finalmente estratificado en capas milimétricas y centimétricas, en las que se alternan colores grisáceos y negruzcos a blanquecinos y amarillentos, existiendo incluso capas de color negro. Constituyen una serie heterolítica con arcillas, margas y gypsarenitas, e intercalaciones de yesos diagenéticos que pueden alcanzar hasta 15 cm de espesor. Esta formación presenta una potencia máxima aflorante de unos 45 m.

Se ha estudiado la composición mineralógica de los niveles de arcilla mediante difracción de R-X. La composición global es de un 5% de cuarzo, un 48% de dolomita, el 7% de yeso y un 40% de filosilicatos. En los filosilicatos se aprecia un alto porcentaje de illita, (el 85%), un 10% para la caolinita y un 5% para interestratificados.

Desde el punto de vista sedimentológico, la Facies Villatoro representa depósitos lacustres, y más concretamente de lago salino. Las secuencias más comunes, de 2-6 m de potencia, vienen constituidas por margas dolomíticas basales con cristales de yeso dispersos (diagenéticos) y a veces depositados en bandas continuas (precipitados), más frecuentes hacia techo. Bandas gypsareníticas suelen localizarse a techo de esos acúmulos de precipitados. Las secuencias suelen terminar con gypsarenitas o con acúmulos relativamente importantes.

Por correlación con zonas más centrales de la Cuenca, y por dataciones obtenidas en las Facies Tierra de Campos, suprayacentes, se atribuye una edad fundamentalmente Orleaniense y posible Ageniense (Mioceno inferior). A la Formación Yesos de Cerezo (su equivalente) se ha atribuido en la vecina Hoja oriental de Belorado (nº 201) una edad más alta (hasta Vallesiense), que está menos fundamentada (ver más adelante).

NALISIS SECUENCIAL DE LAS FACIES DUEÑAS Y VILLATORO

Están representadas por depósitos lacustres que reflejan distintos subambientes. Al Norte se desarrolla una serie eminentemente calcárea que pasa gradualmente hacia el Sur a depósitos de lago salino. La discontinuidad que indica el límite superior refleja una retracción lacustre generalizada y un período prolongado de exposición subaérea. Esta ruptura queda evidenciada por la existencia de un nivel de calizas karstificadas y con rasgos pedogénicos que hacia el Sur pasa a acúmulos estratiformes de cristales de yeso característicos de emersiones prolongadas en ambientes lacustres salinos

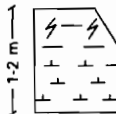
Litología-Facies	Estructuras-Fósiles	Interpretación
Lutitas margosas verdes	Bioturbación, oxidaciones	Palustre, paleosuelo
Margas grises	Ostrácodos, barbas	Lacustre, fondo reductor
Margas blancas tableadas o lajosas	Laminado de decantación, ostrácodos	Lacustre
Margas pardas	Ostrácodos, gasterópodos	Lacustre proximal
Margas limosas bioclásticas	Laminado tractivo	Lacustre proximal energético
Margas calcáreas modulosas	Bioturbación, rasgos pedogénicos	Lacustre proximal con edafización
Margas dolomíticas	Cristales de yeso, laminado	Lacustre salino
Gypsarenitas	«Ripples» de oleaje, gradación	Resedimentación en lacustre, salino
Acúmulos de yeso	Cristales de yeso	Emersión prolongada en lacustre salino
Calizas micríticas o margosas	Casterópodos, ostrácodos	Lacustre proximal
Calizas perforadas	Karstificación, pedgénesis	Lacustre palustre con exposición subaérea.

TIPOS DE SECUENCIAS



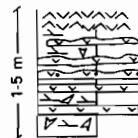
- Margas blancas tableadas
- Margas grises laminadas

- Ciclos de retracción en fondos lacustres reductores



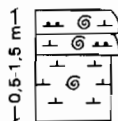
- Oxidaciones
- Lutitas margosas verdes
- Margas grises

- Ciclo de oxidación-reducción



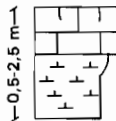
- Acúmulo de yeso
- Gypsarenitas
- Margas dolomíticas

- Retracción en lacustre salino



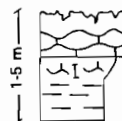
- Margas limosas bioclásticas
- Margas pardas

- Incremento de la energía en lacustre proximal



- Caliza micrítica
- Margas blancas
- Margas grises

- Retracción lacustre sin emersión



- Karstificación Pedogénesis
- Calizas nodulosas
- Margas calcáreas nodulosas
- Margas

- Retracción lacustre con exposición subaérea

1.4.2.4 . *Margas y arcillas (13). Facies Dueñas. Ageniense-Orleaniense*

Su definición se debe a DEL OLMO et al/ (1982). En su localidad-tipo se extiende a lo largo del valle del Pisuerga, al norte de Valladolid.

Ocupan una amplia extensión dentro de la Hoja, aflorando, como equivalente lateral de la Facies Villatoro, en las mitades septentrionales y occidental. Al sur y este se presenta suprayacente a dicha facies.

La unidad está constituida por arcillas más o menos margosas, verdosas, que alternan semimétricamente en tramos más carbonatados y blancos, ricos en ostrácodos (a veces calcareníticos). En partes muy concretas junto al borde sur de la Sierra de Ubierna se intercalan arcillas y limos rojizos de potencia métrica y longitud hectométrica. En otros puntos aparecen niveles oscuros, de potencia métrica, ricos en gasterópos (p. ej., el situado 3 km al sur de Temino, en la esquina NE de la Hoja, que ha proporcionado probables placas de crocodílidos). Esta facies alcanza un espesor máximo visible de 40 m.

La unidad suele culminar hacia arriba (en toda la mitad nororiental de la Hoja) con un tramo calcáreo de potencia métrica (unidad cartográfica 14); este tramo adquiere mayor importancia hacia el NE, en parte por amalgamación de bancos calizos similares que se intercalan a techo de las margas.

Análisis de la fracción arcillosa de varias muestras mediante difracción de R-X, indican un alto contenido en calcita que oscila desde un 8 a un 75%, la dolomita varía de 0 a un 68% y en menor proporción está el cuarzo, que tiene desde un 3 a un 6%. Los filosilicatos varían desde el 15 al 59%, la illita es mayoritaria variando desde el 19 al 92%, mientras que la caolinita puede faltar o alcanzar hasta un 44%. En menor orden de valores se encuentran la esmectita con un 8% y los interestratificados con el 15%.

La Facies Dueñas representa una sucesión lacustre en la que las secuencias distinguibles representan siempre alternancias de ciclos que comienzan por facies con mayor lámina de agua (arcillas verdosas u oscuras) que evolucionan a techo a facies que evidencian siempre una mayor somerización y, por tanto, una retracción lacustre. Los principales tipos de secuencias son las siguientes:

Margas grises laminadas a muro y margas blancas tableadas a techo. Espesor: 1-5 m. Ciclos de retracción en fondos lacustres reductores.

Margas grises a muro y lutitas margosas (con oxidaciones) a techo. Espesor: 1-2 m. Ciclos de oxidación-reducción.

Margas pardas a muro y margas limosas bioclásticas a techo. Espesor: 0,5-1,5 m. Incremento de la energía en lacustre proximal.

Margas grises a muro, blancas intermedias y calizas (unidad 14) a techo. Espesor 0,5-2,5 m. Retracciones lacustres sin emersión.

Margas basales que pasan a margas calcáreas nodulosas, finalizando la secuencia con calizas nodulosas (unidad 14) con signos de karstificación y pedogénesis (frecuentemente con moldes de raíces). Espesor: 1-3 m. Retracciones lacustres con exposición subaérea.

En cuanto a la edad de la Facies Dueñas, véase lo dicho para la unidad anterior, a la que cambia en parte lateralmente.

1.4.2.5. *Calizas y margocalizas (14). Calizas «terminales» de la Facies Dueñas. Orleaniense superior.*

En toda la mitad noreste de la Hoja, la serie margosa de la Facies Dueñas culmina con un tramo calcáreo generalmente compuesto de bancos de 10 a 25 cm, separados entre sí por finas capas de margas blancas, aunque otras veces (hacia el NE) se presentan bancos de caliza, de potencia métrica, con estromatolitos. El tramo alcanza su mayor espesor (unos 20 m) en la esquina NE de la Hoja, por amalgamación o mayor abundancia de calizas, que aparecen a techo de la Facies Dueñas en esa dirección. Las calizas suelen ser micríticas, de color crema, más o menos oquerosas, con frecuentes gasterópodos centimétricos disueltos. El estudio microscópico de lámina delgada determina la existencia de micritas (*mudstone*) y biomicritas (*wackestone*), con gasterópodos, ostrácodos y charáceas, y con bioturbación generalmente debidas a raíces, habiendo también fracturas ocasionales con relleno vadoso.

A techo de este tramo calcáreo, y más importante cuanto más al norte, existe un karst de desarrollo vertical métrico-decimétrico. La presencia de arcillas rojas de neoformación y de granos de cuarzo detrítico en ellas, (procedente probablemente de niveles suprayacentes), y el importante grado de cementación del conjunto, hace pensar en una edad intramiocena para este karst, justificando el final del ciclo Dueñas.

Sedimentológicamente las calizas «terminales» de Dueñas suponen una uniformización general (a todo el ciclo lacustre del techo de Dueñas) de las condiciones retractivas indicadas para la unidad anterior. El ciclo lacustre finaliza y es afectado por una karstificación en determinados lugares (hacia el NE). La no existencia de «calizas terminales» hacia el sur y suroeste podría implicar que han sido erosionadas por el ciclo posterior, o bien no se han depositado por haber comenzado éste antes (con facies fluviales) en dichas áreas; otra posibilidad es que, puesto que representan una etapa de retracción, pudieron no haberse depositado en zonas más «proximales».

La edad de este tramo calcáreo debe ser Orleaniense superior, según datos paleontológicos obtenidos en la Facies Tierra de Campos suprayacente (unidad cartográfica 18), por posición estratigráfica y correlación con las partes centrales de la Cuenca. Pasa a la vecina Hoja oriental de Belorado, donde suele formar la parte alta de la serie terciaria y se le ha atribuido una edad Vallesiense, sin datos paleontológicos.

Las siguientes unidades cartográficas que se describen a continuación, predominantemente terrígenas, representan, pues, el inicio de otro ciclo sedimentario.

1.4.2.6. **Margas blancas (15), Arenas y arcillas rojas (16), Conglomerados, arenas y calizas con nódulos (17). Astaraciense.**

Estas diferenciaciones cartográficas son típicas de la parte septentrional de la Hoja, es decir, de un área próxima a la Sierra de Ubierna. Se disponen directamente encima de las Calizas «terminales» de Dueñas (14), constituyendo en esta zona la base del ciclo sedimentario supra-Dueñas, fundamentalmente terrígeno, y que en el resto de la Hoja y Cuenca del Duero, comporta la Facies Tierra de Campos, entre otras.

Al N y NO, de Quintanilla (y a unos 2 km en ambos sentidos), en la parte oriental de la Hoja y formando la base de unos pequeños cerros testigo, se ve cómo las arcillas rojizas (pardas y verdosas, conteniendo algún grano milimétrico de cuarzo detrítico y cantitos silíceos redondeados) (16) se apoyan en la caliza «terminal» de Dueñas (14) y el karst tallado en ella. Encima se dispone un nivel claro, de color gris y potencia métrica, que corresponde a una concentración estratoide de nódulos calcáreos (caliche) (15).

En los alrededores del pueblo de Ubierna (2-3 km al oeste), al norte de la Hoja, el primer tramo que se dispone sobre las Calizas «terminales» de Dueñas está constituido por arenas arcillosas margosas (con intercalaciones de conglomerados) de unos 8 m de potencia, de color rojizo (16), que se acuña rápidamente hacia el S y SO en una serie de margas blancuzcas y grisáceas con nódulos abundantes (15). Encima de ambos hay conglomerados (no diferenciados en cartografía en este punto); los conglomerados (17) son parecidos a los de borde (11), rojizos, con cantos de caliza, cuarzo y cuarcita, y afloran más ampliamente en varios puntos de la Sierra de Ubierna, superpuestos siempre tanto al Cretácico como a las facies margosas de Dueñas.

Estas series son los representantes más orientales, tanto a nivel litológico como estratigráfico o paleogeográfico, de la Formación conglomerática de Alar del Rey y su tránsito a la de Grijalba-Villadiego, mejor conocidas (y preservadas de la erosión) más al noroeste, en las vecinas Hojas de Montorio y Villadiego. Los conglomerados (17) son los de Alar del Rey y representan abanicos aluviales de desarrollo local hacia el sur y procedencia del Mesozoico, mientras que las margas blancas y caliches (15) representan zonas de charcas localizadas en la parte distal de esos abanicos, en la misma zona de tránsito a la facies Grijalba-Villadiego (16), fluvial.

Su edad más probable es Astaraciense, por datos paleontológicos de formaciones contemporáneas (ver apartado siguiente), y por correlación regional.

1.4.2.7. **Arcillas y limos (18). Facies Tierra de Campos. Astaraciense**

Se disponen sobre las Calizas «terminales» de Dueñas (14) en toda la parte central de la Hoja, incluidos sus bordes oriental y occidental. Esta facies, de color ocre, fue definida por HERNANDEZ-PACHECO (1915), siendo una de las más características de la Cuenca del Duero.

Litológicamente se trata de una unidad que se caracteriza por la presencia fundamentalmente de arcillas, y a veces limos, de tonos ocre, con raras intercalaciones disconti-

nuas de calizas limolíticas arenosas, suelos calcimorfos (paleosuelos) desarrollados sobre dichas arcillas, e intercalaciones detríticas (canales de grava y arena con un relativo alto contenido de cuarzo y de fragmentos de rocas). La potencia máxima observada es de 40 m. En otras ocasiones, es escasa la presencia de estos canales, que si a veces se observan son pequeños, de potencia métrica, e incorporan en la mayoría de ocasiones cantos blandos y cantos calcáreos poco rodados procedentes del dismantelamiento de suelos calcimorfos de propia unidad. En ocasiones estos canales pueden haber sufrido procesos de edafización posteriores, una vez que han dejado de funcionar como tales.

El análisis mineralógico de la fracción pesada pone de manifiesto una mayor abundancia de turmalina (37%), zircon (id.) y granate (8,5%), encontrándose en menor proporción rutilo (5,1%), epidota (3,3%), anatasa, estauroлита, apatito, brookita y andalucita (2,5-0,8%).

Las lutitas son los materiales más representativos, que, con sus tonos ocre y a veces con tonalidades rojizas, debidas a procesos de edafización, imprimen la característica más dominante de esta unidad. El estudio de la fracción arcillosa mediante difracción de R-X proporciona en estos materiales una composición mineralógica global de cuarzo comprendida entre el 14%-23%, calcita entre el 4-18% y filosilicatos entre el 64-80%. Entre estos últimos, aparecen illita, caolinita, clorita, esmectita e interestratificados tipo illita-esmectita, generalmente en muy baja proporción. La illita se presenta en porcentajes comprendidos entre el 48% y el 70%, la caolinita entre el 12% y el 20%, la clorita entre el 22% y 26% y la esmectita está generalmente ausente, aunque cuando aparece es del orden del 17%. En conjunto se puede decir que la illita es el componente mayoritario, y que estas arcillas presentan niveles de carbonatación bajos, aunque los afloramientos asociados a los suelos calcimorfos presentes pueden tener un mayor contenido.

Los suelos calcimorfos tienen un marcado carácter discontinuo, que está en relación con el desarrollo en la vertical de éstos. Suelen tener colores beige claros, indicativos de procesos de carbonatación. Sus espesores no suelen sobrepasar el metro, siendo generalmente de tamaño decimétrico y teniendo el grado de litificación proporcional al contenido en carbonatos. Suelen presentar procesos de bioturbación por raíces, con tonos de oxidación-reducción y estructura prismática que corresponderían a suelos marmorizados tipo *pseudogley* (CARRERAS 1978). A veces el contenido en carbonatos es alto, pudiendo resultar hasta calizas detríticas si se han encontrado durante un tiempo bajo lámina de agua.

En partes centro-orientales de la Hoja (entre Celada de la Torre y Hurones) se reconocen niveles ricos en oncoides calcáreos centi-decimétricos, a veces asociados a facies arenosas con estratificación oblicua (*point-bars*), y en otras ocasiones, acumulaciones de bivalvos y gasterópodos tipo *planorbis*.

El contacto de esta unidad cartográfica con la superior (Facies Cuestas) parece estar marcado por una ralentización sedimentaria, con un mayor desarrollo y presencia de procesos edáficos hacia el techo o partes altas de la Facies «Tierra de Campos», donde llegarían a predominar estos procesos sobre los deposicionales. Este hecho será correla-

ANÁLISIS SECUENCIAL DE LA FACIES DETRÍTICA ALAR DEL REY

Está constituida esencialmente por depósitos fluviales. Podrían distinguirse tres sistemas de abanicos fluviales húmedos en función de su área de procedencia. Las «Facies Sta. María del Campo» de áreas próximas proceden de la Sierra de la Demanda, y desarrollan canales de muy distinta configuración. Las «Facies Grijalba-Villadiego», proceden de los dominios mesozoicos de la Cordillera Cantábrica y presentan canales de baja a media sinuosidad que se dirigen hacia el SE. El término «Facies Tierra de Campos» en sentido estricto se aplica a los depósitos fluviales que proceden de los relieves paleozoicos zamoranos. Estos tres sistemas se consideran equivalentes lateralmente, no obstante es posible que los sistemas fluviales de las «Facies Sta. María del Campo» y «Tierra de Campos» hayan sido activos durante parte de la sedimentación de la F. Dueñas y sean progradantes sobre éstas.

En el espacio estratigráfico de la F. Tierra de Campos s.l. los abanicos aluviales (17) alcanzan su máximo desarrollo. Se encuentran adosados a los materiales mesozoicos de la Cordillera Cantábrica.

Los depósitos charcustras (15), se limitan a zonas de drenaje deficiente y se sitúan entre la orla distal de los abanicos aluviales y la red principal de los sistemas fluviales.

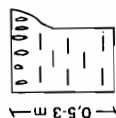
FACIES MARGINALES CONGLOMERÁTICAS (17, F. Alar del Rey).

Litología-Facies	Estructuras-Fósiles	Interpretación
Brechas calcáreas	Depósito caótico	Apice de abanicos, desprendimientos
Conglomerados calcáreos	Soporte clástico	Orla proximal de abanicos aluviales
Areniscas y conglomerados poligénicos	Estr. cruzada, imbricación de cantos	Orla media a distal, relleno de canales
Lutitas rojas	Bioturbación, edafificaciones	Orla distal, frente de abanico aluvial

FACIES TIERRA DE CAMPOS, GRIJALBA-VILLADIEGO Y STA. MARIA DEL CAMPO

Litología-Facies	Estructuras-Fósiles	Interpretación
Lutitas rojas y ocreas	Bioturbación, suelos	Llanura de inundación
Caliches	Pisoides, pedogénesis	Suelos calcimorfos
Arenas ocreas, areniscas ocreas y microconglomerados	Canalización, estratificación cruzada ripples, acreciones, vertebrados, fluidificaciones	Rellenos de canal fluvial
Capas tabulares de arena fina	Granoclasificación incipiente	Lóbulo de desbordamiento
Lutitas margosas verdes	Bioturbación. Oxidaciones, Restos de hojas	Charcustras-Palustre
Margas arcillosas anaranjadas	Bioturbación	Charcustras
Margas nodulosas	Rasgos pedogénicos	Charcustras
Calizas arenosas nodulosas	Karstificación. Pedogénesis, silicificaciones Algas, intraclastos	Charcustras con exposición subaérea
Limos oncolíticos	Oncoides bivalvos.	Perilacustras-fluvial.

TIPOS DE SECUENCIAS



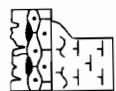
- Caliche
- Lutitas grises u ocreas

1 0,5-2 m



- Pedogénesis
- Canal arenoso
- "Crevasses"

1 0,5-2 m



- Karstificación pedogénica, silicea
- Calizas arenosas nodulosas
- Margas nodulosas
- Margas arcillosas anaranjadas

1 4-8 m

- Edificación en llanura de inundación

- Encajamiento y relleno de canal

TIPOS DE RELLENO DE CANAL

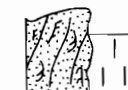
1 0,5-4 m



- Canales rectos

- Sets de estratificación cruzada

1 3 m



- Estratificación cruzada, "ripples" superficie de progradación

- De baja sinuosidad

1 1-5 m



- "Climbing ripples". Estrat. cruzada, superficies de acreción lateral



- Estratificación cruzada con reactivaciones. Incisiones internas, ripples y fluidificaciones

- Meandriforme

- "Braided"

cionable con la discontinuidad atribuida más al sur, en el sector de Palencia por MEDIA-VILLA y DABRIO (1987). Pero el que esta ralentización (y por tanto quizá ligera discontinuidad) pueda significar el inicio de un nuevo ciclo sedimentario, como apuntan algunos autores, es un tema discutible.

Desde el punto de vista sedimentológico y paleogeográfico, la «Tierra de Campos» corresponde a vastas llanuras de lodos en zonas de poco drenaje, o drenaje deficiente, dada la ausencia de encajamiento de caudales relacionados con sistemas aluviales. En estas llanuras tendrían lugar procesos de edafización con desarrollo discontinuo de suelos calcimorfos. En ocasiones, éstos se verían cortados por canales de pequeña envergadura que, con un trazado discontinuo y efímero, dismantelerían parte de algunos de los suelos desarrollados. En otras, los canales parecen ser más frecuentes, indicando fluviales sinuosos, de características meandriformes. En todo el ámbito de la Hoja, las paleocorrientes medidas indican procedencias desde el noreste y oeste.

Datos paleontológicos obtenidos junto a la localidad de Villarmero (parte central de la Hoja), mediante levigado para micromamíferos, indican una edad Astaraciense (Vallesiense inferior, como máximo), que concuerda con la obtenida por correlación regional con partes centrales de la Cuenca del Duero. Esta unidad, y sus contemporáneas descritas en el apartado anterior, pasan a la vecina Hoja oriental de Belorado, donde alcanzan una potencia máxima de 15 m y se presentan como escasos restos respetados por la erosión, habiéndoseles atribuido una edad Vallesiense-Plioceno, sin datos paleontológicos.

1.4.2.8 . Arenas y arcillas rojas con paleocanales (19). *Facies Santa María del Campo. Astaraciense*

Sustituye a la unidad anterior, a la que tiende a progradar, en la parte sur de la Hoja. Su límite máximo de distribución hacia el norte lo constituye el extremo septentrional de la Sierra de Atapuerca.

La Facies Santa María del Campo fue definida por AEROSERVICE (1967) al suroeste de la Hoja, y equivale aproximadamente a la Unidad Detritica de Aranda, de ARMENTEROS (1986) y a la Unidad Detritica Inferior de ORDÓÑEZ *et al* (1981). Todos estos materiales se localizan en la mitad sur-oriental de la Cuenca del Duero, al este del río Pisuerga, representando sistemas fluviales procedentes de la Cordillera Ibérica.

Los mejores puntos de observación en la Hoja se localizan en las canteras de los alrededores de la ciudad de Burgos. La facies está constituida por niveles arenosos de grano mediofino, arcillas y limos rojos, que imprimen una tonalidad característica al paisaje, e intercalan conglomerados poligénicos (paleocanales) aunque con una proporción bastante alta de cantos de cuarzo y cuarcita. El espesor observado fluctúa entre 40 y 25 m, si bien junto a la Sierra de Atapuerca se reduce a solo unos pocos metros.

Las arenas se organizan en cuerpos de escala métrica y por lo general se encuentran con una base muy neta y tendida. Son de aspecto masivo, a veces con amalgamaciones,

observándose estructuras internas tipo estratificación cruzada y bioturbación a techo que puede llegar a destruir las estructuras internas. El color de estas arenas por lo general también es rojo, aunque a veces presentan tonalidades amarillentas. La paleo-corrientes medidas apuntan por lo general hacia noroeste, norte y noreste.

El análisis mineralógico de la fracción pesada pone de manifiesto un abundante contenido en turmalina (58,5-69,0%). El circón es el siguiente componente, aunque ya en menor proporción (8,1-12,4%). El resto de los componentes del espectro mineralógico se presentan ya en porcentajes muy bajos (rutilo, granate, estaurolita) e incluso a veces inapreciables (andalucita, esfena, epidota) o casi inexistentes (distena, sillimanita, apatito y anatasa).

En cuanto a la fracción ligera se refiere, y al margen del relativo alto contenido en cuarzo y la escasa presencia de feldespatos, destaca la abundancia de fragmentos de rocas sedimentarias, tanto de rocas carbonáticas como de areniscas, frente a la escasez de fragmentos de otro tipo, tales como las metamórficas. Los componentes detríticos más frecuentes, y su porcentajes, son como a continuación se indican: cuarzo monocristalino de extinción recta (36,3-14,5), de extinción ondulante (13,3 - 1,2), cuarzo policristalino (2,2 - 0,6), feldespato potásico (2,7 - 0,6), chert (0,5 - 0), carbonatos (38,3 - 41,7), areniscas (22,1 - 2,2), arcillas (3,7 - 0), esquistos (1,6 - 0) y metacuarcitas (5,6 - 2,2).

Las lutitas, de color rojo y aspecto masivo, pueden incluir ocasionalmente algunas capas de arenas finas de espesores centimétricos y de aspecto tabular, que corresponden a depósitos de desbordamiento de canales próximos. También son de destacar los procesos edáficos a los que han sido sometidas, lo que motiva a veces la existencia de suelos calcimorfos y de pequeños niveles de encharcamiento, también de poco espesor.

Desde el punto de vista mineralógico, el análisis por difracción de Rayos X ha aportado la siguiente composición para estas lutitas: illita 80%, caolinita 15% e interestratificados 5%.

Sedimentológicamente esta unidad corresponde a un ambiente fluvial con desarrollo de extensas llanuras de fangos, frecuentemente edafizadas, por la que discurrirían canales de distinta configuración y de duración efímera, procedentes de zonas sur-orientales y en un contexto de media a baja energía, que se podrían enmarcar en el frente distal de un sistema de abanicos fluviales, cuyos ápices quedarían instalados en áreas relativamente próximas, tales como los mesozoicos de las estribaciones de la Sierra de la Demanda. No obstante, la mayor frecuencia de paleocanales respecto a «Tierra de Campos», así como sus características (canales más rectos, correspondientes a veces a ríos trenzados), hablan de un carácter más proximal respecto de dicha facies.

La edad Astaraciense para esta facies está asegurada merced al estudio faunístico del yacimiento de Aranda de Duero (ARMENTEROS, 1986), edad que concuerda con la atribuible en la Hoja de Burgos, por correlación lateral con la Facies Tierra de Campos, descrita anteriormente.

1.4.2.9 . *Calizas (20). Astaraciense superior*

Aparecen culminando las Facies Tierra de Campos (18) y Santa María del Campo (19) en las partes central y suroriental de la Hoja.

En el centro (área entre Vivar del Cid y Hurones) se trata de un tramo de potencia métrica de caliza margosa gris (amarillenta por alteración), rica en bivalvos de tamaño centimétrico y gasterópodos (cf. *planorbis*).

En el ángulo SE de la Hoja, entre la Sierra de Atapuerca y el valle del Arlanzón, aflora en facies diferente, de caliza micrítica, oquerosa, de color crema y alcanza localmente espesor decamétrico. Contiene espectaculares (por su tamaño, próximo al metro cúbico) silicificaciones, bien expuestas en la superficie estructural que forma entre Cardeñuela-Riopico y Rubena.

Su edad es Astaraciense según datos paleontológicos obtenidos en las formaciones infrayacentes y posición estratigráfica.

1.4.2.10. *Facies Cuestas: Margas, arcillas y calizas secundarias (21); Margas, margocalizas, yesos y calizas (22); Calizas y margas (22'); y Margas y yesos con intercalaciones calizas (23). Vallesiense*

La Facies Cuestas es una de las más características de la Cuenca del Duero, por su color blanco, su carácter blando y por encontrarse típicamente en las laderas de los cerros testigo constituyentes del relieve amesetado del área.

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

Litológicamente, está caracterizada por un conjunto heterogéneo formado por margas, arcillas carbonosas, yesos, margas yesíferas y calizas margosas.

Localmente, pueden existir tramos decimétricos oscuros, carbonosos, que representan ciénagas. En algunas zonas del sector occidental de la Hoja se han observado finos nivelillos milimétricos de sílex, generalmente asociados a facies evaporíticas. Las distintas proporciones de estas litologías según áreas, definen las diferenciaciones cartográficas efectuadas en la Facies Cuestas y que se describen más adelante.

En la Hoja, la Facies Cuestas alcanzan unos 25-35 m de espesor. En toda la parte oriental es exclusivamente margosa, y decrece generalizadamente su potencia, alcanzando tan solo 10-15 m en los afloramientos más nororientales preservados de la erosión (entre Celada de la Torre y Hurones). Más hacia el NE, cerca del límite con la Hoja de Belorado, no parece existir la Facies Cuestas, encontrándose la Caliza del Páramo inferior (29) directamente encima de facies terrígenas infra-Cuestas (18 y 15).

No se han encontrado en la Hoja argumentos que justifiquen la diferenciación de la Facies Cuestas en dos ciclos, inferior y superior (rico éste en depósitos yesíferos) separados por una ruptura sedimentaria importante, tal y como MEDIAVILLA Y DABRIO (1987, 1988) indicaron para el área de Palencia. En la Hoja, las sucesiones más parecidas a las palentinas se localizan al suroeste.

La facies mayoritaria en extensión, margas y margocalizas (22), se localiza por todo el Terciario de la Hoja. En el cuadrante suroeste se ha diferenciado un tramo superior (23) yesífero.

Otra diferenciación cartográfica (21) se encuentra en los alrededores de Burgos y está caracterizada por contener pasadas de limos rojizos en una alternancia, dominante, de calizas y margas; las calizas, de color crema, muestran frecuentes pseudomorfosis de cristales lenticulares de yeso, pudiendo atribuirse a yesos calcificados. Por último, en la parte noroccidental de la Hoja se ha diferenciado otro tramo superior (22') de calizas y margas, litológicamente transicional con las Calizas del Páramo inferior (24).

Las margas de la Facies Cuestas son frecuentemente dolomíticas, masivas y compactas, y de tonos blanco-verdes. Se han realizado varios estudios de difracción de rayos X para la determinación de su composición mineralógica, que es: cuarzo (0-3,2%), calcita (0-95%), dolomita (0-64%), yeso (0-6%) y filosilicatos (5-85%). De éstos, el componente mayoritario es la illita, después la esmectita y, como minoritario, la caolinita (con 100, 56 y 10% como valores máximos respectivamente). Texturalmente son micritas o dolomicritas, formadas por una masa homogénea de cristales de carbonato de tamaño inferior a 4 mm, si bien este conjunto puede mostrar una recristalización casi imperceptible a microesparita (cristales de 4 a 8 micras) que, si no es completa, confiere al sedimento un aspecto grumoso. Muestran de forma muy puntual valvas de ostrácodos dispersas.

Las rocas carbonatadas (calizas y margocalizas) de la Facies Cuestas se presentan en bancos de espesor decimétrico o, más raramente, métrico. Se trata de micritas (*mudstone*) y biomicritas (*wackestone*), con gasterópodos y oogonios de charáceas. Generalmente presentan bioturbación y moldes de raíces, muchas se presentan laminadas y rara vez se han observado arena o yesos calcitizados.

A veces existen dolomías recristalizadas, con 65-80% de dolomita, 10-20% de calcita y 0-15% de filosilicatos.

Los depósitos yesíferos forman bancos tabulares, de 1-3 m de espesor, habiendo yesos químicos y yesos retrabajados. El sedimento margoso asociado es fundamentalmente dolomítico.

Los yesos químicos se presentan en niveles de 1 a 6 cm de espesor y gran continuidad lateral, con límites generalmente netos y planos. Muestran tonos verdes claros y son deleznable y masivos. Están constituidos por un conjunto de cristales de yeso lenticular (contenido superior al 60%), con dolomita (dolomita o dolomicroesparita) en cantidades inferiores al 30%, emplazada tanto en los espacios intercristalinos como dentro de

algunos cristales. Las lenticulas, aplanadas según el eje C y con una marcada exfoliación según (010), muestran una gran variedad de tamaños, situándose su longitud máxima entre 90 μm y 1 mm. Dentro de estas facies, las maclas de dos individuos son raras, y en los límites de intercrecimiento de la lenticula con otras se dispone sedimento dolomítico, aunque generalmente aquel está ausente y las lenticulas muestran contactos largos entre sí y, más raramente, suturados. Con todo, el aspecto más significativo es la disposición fundamentalmente horizontal o subhorizontal de las lenticulas (eje c del cristal, perpendicular a la estratificación) que confiere el sedimento en lámina delgada un aspecto laminado. Los cristales de mayor tamaño son los que muestran una tendencia mayor a la horizontalidad, y los más pequeños se inclinan y adaptan a los anteriores, mostrando las lenticulas en ocasiones sus extremos deformados. Aunque no siempre, estas capas masivas presentan tubos cilindricos verticales de hasta 0,3 cm de diámetro y longitud equivalente a la de la capa, y su relleno es de naturaleza litológica similar a la del nivel suprayacente a estos depósitos. Asimismo, es frecuente observarlos tapizados por algas. Finalmente, cabe señalar que un aspecto muy frecuente en estos depósitos es la presencia de lutecita (sílice) dentro de las lenticulas.

Los niveles retrabajados constituyen capas de cierta continuidad lateral (longitud máxima observada 30 m y espesor 0,20 -0,75 m) y están representadas por arenas yesíferas de tonos verdes y de grano grueso a fino (los tamaños más frecuentes se sitúan entre 40 y 200 μm), las primeras, con un *sortig* pobre y su contenido en matriz dolomítica escaso; las segundas, con una selección generalmente buena y una distribución grano-decreciente de los tamaños de grano dentro de cada lámina, están constituidas por granos de yeso monocristalinos, de sección subcircular, angulosos a subredondeados (subhedrales o anhedrales) y, más raramente, de sección lenticular, con sus extremos redondeados y sin orientación preferente. El contenido en matriz dolomítica (dolomita) es muy escaso (0-30%) y aumenta hacia el techo de cada lámina, o bien se observa una alternancia de lámina de yeso y carbonato; contienen como componentes accesorios cuarzo (0-30%) y feldespato (0-1%).

La estructura interna de los bancos de yesos retrabajados con cierta continuidad lateral consiste en la laminación cruzada debida a ripples de oscilación de cresta.

Sedimentológicamente, las Facies Cuestas representan ambientes lacustres, palustres o de llanura fangosa. Los tipos de secuencias sedimentarias más frecuentes son (siempre descritas de muro a techo):

Margas grises, lutitas negras, restos carbonosos y lutitas verdes. Espesor: 1-3 m. Fondos reductores con disminución progresiva de la lámina de agua.

Margas pardas con superficie ferruginosa en su techo y lutitas negras. Espesor: 0,5-1 m. Disminución de la lámina de agua (sin emersión) en ambientes proximales.

Margas pardas que pasan a margas bioclásticas mediante un «lag» bioclástico 1 m. Incremento energético en el medio.

Margas grises, margas blancas y lutitas rojizas. Espesor: 1-3 m. Ciclo de oxidación-reducción.

Margas pardas, margas calcáreas, calizas micríticas y huellas de plantas. Espesor: 2-6 m. Ciclo de retracción lacustre, sin emersión.

Margas pardas, margas nodulosas y calizas con karstificaciones y perforaciones a techo. Espesor: 3-5 m. Ciclo de retracción lacustre con exposición subaérea.

Margas dolomíticas, margas y yesoarenitas, con ripples de oleaje y estratificación lenticular, a las que se superponen acúmulos de yeso cristalino, testimoniando en unos 3-5 m de espesor, una retracción en ambiente lacustre salino energético. El conjunto de estos materiales se interpretan como depósitos lacustres donde los yesos químicos registran una sedimentación por debajo del nivel de la base del oleaje y los yesos retrabajados se originarían por encima de éste.

El contacto de las Facies Cuestas con las terrígenas infrayacentes es neto, estando el techo de éstas afectado por un cambio de coloración a verdoso, de amplitud métrica, atribuible a alteraciones por encharcamiento posterior, aunque algunos autores (POZO *et al.*, 1984), en el área de Valladolid, señalan alteraciones de tipo paleosuelo *pseudogley* que testimoniarían una interrupción sedimentaria. Hacia arriba, las Facies Cuestas pasan transicionalmente, y en general de forma rápida, a la Caliza del Páramo inferior (24), razón por la cual se ha denominado también a esta caliza en la Hoja, «terminal» de Cuestas.

Desde el punto de vista paleontológico, la Facies Cuestas es muy fosilífera, con abundantes ostrácodos, charofitas, gasterópodos y foraminíferos, que generalmente no son determinantes en cuanto a edad. Esta está bien establecida en los yacimientos de vertebrados de Miranda 1 y Autillo (área de Palencia) situadas al SO, fuera de la Hoja: la edad estaría comprendida en el Vallesiense inferior, fundamentalmente.

1.4.2.11. Calizas con intercalaciones margosas (24). Calizas del Páramo inferior. Vallesiense

En general se encuentran repartidas por toda la Hoja de Burgos, excepto en el cuadrante NE, donde tienen una escasa representación.

Se han considerado como Calizas del Páramo a aquellas que culminan tradicionalmente la serie de las Facies Cuestas y que además constituyen el nivel calcáreo superior de la serie terciaria en la zona, originado una extensa superficie morfológica que sigue en continuidad hacia el interior de la Cuenca del Duero.

Litológicamente, esta facies está formada por un conjunto alternante de calizas, calizas margosas y margas con frecuentes variaciones laterales de facies. Por esta razón, porque es un tránsito de la Facies Cuestas infrayacente, y porque su techo está erosionado, su espesor muestra oscilaciones notables, estando comprendidos generalmente entre los 4 y 17 m, alcanzando su máximo en el noroeste de la Hoja, y sus mínimos en el sur y este. En el extremo oriental, coincidente con el adelgazamiento de la Facies Cuestas, calizas atribuibles al Páramo Inferior (por criterios morfológicos y de cotas topográficas).

ANÁLISIS SECUENCIAL DE FACIES CUESTAS Y CALIZAS DEL PARAMO

Debido a las limitaciones de los afloramientos y a procesos de convergencia de facies no ha sido posible diferenciar con suficiente fiabilidad el límite entre estas dos unidades a lo largo de toda la hoja. Están compuestas por depósitos lacustres pertenecientes a distintos subambientes. En los sectores próximos a los relieves marginales se desarrollan facies lacustres pertenecientes a ambientes de aguas dulces mientras que en los sectores más centrales de la cuenca dominan los depósitos de contextos lacustres salinos y mayor batimetría. La serie mioceña culmina con un tramo de calizas lacustres y palustres correspondientes a las «Facies Páramo» que representan un episodio de retracción y colmatación de la cuenca.

Litología-Facies	Estructuras-Fósiles	Interpretación
Lutitas rojas	Bioturbación, edafizaciones	Llanura aluvial, fluviolacustre
Arenas y areniscas	Estr. Cruzada, canalización	Relleno de canales fluviales y fluviolacustres
Lutitas margosas verdes	Bioturbación. oxidaciones.	Palustres, paleosuelos
Lutitas margosas anaranjadas	Bioturbación	Charcustré
Lutitas negras carbonosas	Lignitos. Bioturbación	Palustres, canagoso
Lutitas negras fosilíferas	Gasterópodos, micromamíferos	Lacustre proximal, fondo orgánico, aguas ácidas.
Margas grises	Ostrácodos. Laminado	Lacustre fondo reductor
Margas blancas	Ostrácodos. Oxidaciones	Lacustre medio oxidante
Margas pardas	Ostrácodos, gasterópodos. Ferruginización	Lacustre proximal
Margas limosas bioclásticas	Bioclastos, laminado tractivo	Resedimentación en lacustre proximal energético.
Margas dolomíticas yesíferas	Cristales de yeso	Lacustre salino
Gypsarenitas	«Ripples» de oleaje	Resedimentación en lacustre salino
Acúmulos de yeso	Cristales ideomorfos de yeso	Emersión en lacustre salino
Arenas amarillas	Granoclasificación	Depósitos deltaicos distales
Calizas con moldes de yeso	Estratificación irregular u ondulada	Llanura fangosa salina
Calizas micríticas o margosas	Gasterópodos, ostrácodos	Lacustre proximal
Calizas nodulosas perforadas	Karstificación, pedogénesis	Lacustre-palustre con exposición subaérea
Calizas limosas bioclásticas	Laminado tractivo. Bioclastos	Capas de tormenta.

TIPOS DE SECUENCIAS



- Lutitas rojas
- Margas blancas

- Ciclo de oxidación-reducción



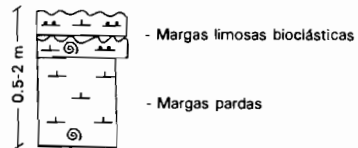
- Lutitas margosas verdes
- Margas grises

- Ciclo de retracción en medios lacustres reductores



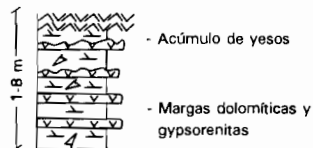
- Lutitas negras fosilíferas
- Margas pardas

- Ciclo de retracción en lacustre proximal



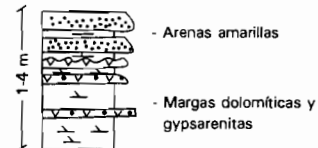
- Margas limosas bioclásticas
- Margas pardas

- Incremento de la energía en lacustre proximal



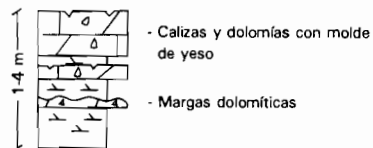
- Acúmulo de yesos
- Margas dolomíticas y gypsarenitas

- Retención en lacustre salino



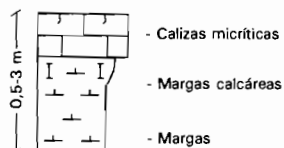
- Arenas amarillas
- Margas dolomíticas y gypsarenitas

- Depósitos deltarios distales en lacustre salino



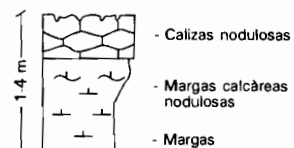
- Calizas y dolomías con molde de yeso
- Margas dolomíticas

- Retracción en llanura fangosa salina



- Calizas micríticas
- Margas calcáreas
- Margas

- Retracción lacustre sin emersión



- Calizas nodulosas
- Margas calcáreas nodulosas
- Margas

- Retracción lacustre con exposición subaérea

cas), que presentan abundantes texturas pedogenéticas (caliches), se disponen directamente sobre la Facies Tierra de Campos.

Las calizas y calizas margosas son de color fundamentalmente gris a veces crema y aparecen en bancos de 0,5 a 1 m de espesor, aunque ocasionalmente pueden presentarse espesores mayores. En ocasiones, algunos niveles presentan abundantes restos de gasterópodos, siendo también muy frecuente el contenido en ostrácodos y charáceas. También se observan huellas de raíces.

Desde el punto de vista petrográfico, estas calizas palustres-lacustres y con frecuencia fosilíferas, son micritas y biomicritas (mudstones y wackestones), a veces dismicritas, ricas en charáceas, ostrácodos, gasterópodos y bivalvos. Se observan estructuras fenestrales, desecación, huellas de raíces, bioturbación y, a veces, rellenos geopetales, así como recristalizaciones.

los niveles margosos son frecuentes y se intercalan entre los litosomas carbonáticos encontrándose a veces éstos sustituidos por arcillas rojas como consecuencia también de los procesos de karstificación y de lavado que afectaron a estos niveles.

Desde el punto de vista sedimentológico, estas calizas y margas, organizadas en secuencias negativas con enriquecimiento en carbonatos, representan las «calizas terminales del ciclo Cuestas» y reflejan un ambiente palustre-lacustre retractico. Las mayores concentraciones de carbonatos implican un descenso de la lámina de agua, culminando a veces la secuencia con la existencia de rasgos pedogénicos, característicos de ambientes palustres.

La edad de esta unidad es Vallesiense, a partir de los yacimientos de micromamíferos existentes en facies similares en los alrededores de Palencia.

Por último, es necesario indicar que según se deduce del afloramiento hacia el NE observado para la parte superior de la Facies Cuestas en la Hoja de Villadiego (Nº 166) (PINEDA, 1990), las «Calizas del Páramo inferior» de la mitad ororiental de la Hoja de Burgos (Nº 200) podrían equivaler a las Calizas intermedias de la Facies Cuestas de las Hojas de Villadiego (Nº 166) y Sasamón (Nº 199) (diferenciaciones cartográficas nº 22 y 6, respectivamente, de dichos mapas) (ver también ARCE, M. 1990).

1.4.2.12 *Gravas, cantos y bloques de cuarcita, en matriz fangosa (25).*

Raña. Plioceno

Tan sólo hay un depósito atribuible a la Raña, situado en la esquina SE de la Hoja y cuya cota enrasa ascendentemente con idénticos depósitos de la vecina Hoja de Pradoluengo (situados, por tanto, más al ESE). La procedencia de estas facies se sitúa, con total certeza, en la Sierra de La Demanda.

Son materiales incoherentes, de potencia métrico-decamétrica, constituidos por cantos y bloques cuarcíticos redondeados, con patina ferruginosa y tamaño más frecuente decimétrico. Estos elementos detríticos están englobados en una matriz arcillosa rojiza.

En la Hoja de Burgos constituye el depósito detrítico topográficamente más alto, a partir del cual se encaja la red hidrográfica y su sistema de terrazas. Según cotas, se deduce que él mismo está encajado en la superficie del Páramo.

Según datos bibliográficos regionales, su edad más probable debe ser pliocena, pudiendo llegar incluso al Pleistoceno más inferior.

1.5. CUATERNARIO

En el mapa geológico, únicamente se han representado las formaciones cuaternarias fluviales. Para información sobre las otras y para más detalles sobre éstas, véase el capítulo de Geomorfología.

Los cuaternarios fluviales alcanzan su mayor desarrollo en el borde sur de la Hoja, en el valle del río Arlanzón (que corre localmente de este a oeste), donde comportan seis niveles de terrazas. En el resto de la Hoja, se distribuyen uniformemente y son menos importantes, adoptando forma de red dendriforme en la mitad occidental, mientras que en la oriental hay una mayor tendencia al alineamiento NE-SO, probablemente reflejo superficial de fracturas de zócalo.

Toda la red (perteneciente por tanto al margen derecho del Arlanzón) está conectada por los afluentes Urbel, Ubierna y Vena, citados de oeste a este, por ser los principales.

1.5.1. Gravas y cantos poligénicos, arenas (Terrazas altas, medias y bajas) (26,28 y 34)

Adquieren su mayor desarrollo, complejidad y extensión en el valle del Arlanzón, donde dominan los cantos cuarcíticos de tamaño decimétrico y matriz arenosa, de procedencia paleozoica (Sierra de la Demanda) y de rañas dismanteladas. La constitución litológica de las terrazas del río Vena es semejante, dada la identidad de procedencia.

En los ríos Urbel y Ubierna, la procedencia del Mesozoico determina una litología distinta, con mayor proporción de arcilla, y de cantos cuarcíticos de menor tamaño (procedentes del Weald-Utrillas), así como cierta proporción de los de caliza, variables según lejanía al área fuente.

Los niveles de terrazas no alcanzan gran extensión (particularmente en el Urbel) y hay menor número de niveles. Son depósitos de espesor métrico en los que se observa una mayor rubefacción cuanto más antiguos (y altos) son. En general, la edad atribuible es pleistocena.

1.5.2. Gravas y cantos poligénicos, arenas, arcillas (cauce actual, fondos de valle y llanura de inundación (32 y 33)

Son los depósitos más recientes, relacionados directamente con la red fluvial actual. El cauce y la llanura de inundación se han distinguido sólo en los ríos Arlanzón, Urbel, Ubierna (y tramos bajos de sus afluentes Rioseras y Hoz) y Vena (sólo en su tramo bajo).

En cuanto a los depósitos de llanura de inundación, la litología la constituyen gravas y cantos de cuarcitas, calizas (minoritarias) y arenas, dependiendo su distinta proporción de las zonas de procedencia (ver apartado anterior). A techo aparecen los limos y arcillas de inundación, sobre los que se desarrollan suelos pardos de vega.

Los depósitos de cauce actual son más lavados, con cantos sueltos y menor proporción de matriz (arenosa, predominantemente).

Respecto a los fondos de valle, interesa destacar que existe un gran número de pequeños valles inactivos o casi inactivos por donde en ocasiones discurren pequeños arroyos. Estos valles tienen en su fondo, en la mayoría de las ocasiones, depósitos procedentes de la combinación de la acción fluvial y de las laderas (aluvial-coluvial). En ocasiones son complejos, con más de un nivel de cantos y algún otro, arcilloso oscuro, intercalado (que testimonia épocas de menor actividad). Estos niveles arcillosos oscuros (turberas a veces), con abundantes gasterópodos dulceacuícolas, adquieren una mayor importancia en el área mesozoica del NE de la Hoja, al NE de Temiño.

La edad atribuible a todos estos depósitos es holocena, salvo determinados fondos de valle, cuya continuidad morfológica con terrazas próximas de ríos más importantes indicaría una edad más antigua (pleistocena).

1.5.3. Gravas y cantos poligénicos, arcillas (Conos de deyección) (27,29 y 31)

Se localizan a la salida de pequeños barrancos, desarrollándose sobre la llanura de inundación o sobre alguna terraza. Suelen ser de pequeña extensión superficial. Los espesores de estos depósitos son muy variables, pero por lo general de carácter métrico. La composición litológica es muy heterogénea, con predominio de fino (lutitas) y cantos de naturaleza muy diversa, fundamentalmente cuarcíticos o calizos. También dependiendo del área fuente, hay restos de suelos calcimorfos, areniscas y otros. Se han distinguido tres generaciones, y dependiendo de su relación con las terrazas o la llanura de inundación (o fondo de valle) su edad debe ser Pleistoceno u Holoceno.

2. TECTONICA

2.1. TECTONICA ALPINA

En la región han actuado diversas fases o pulsaciones tectónicas desde el fin de la Orogenia Hercínica (materializada ésta por la discordancia basal del Triás, no observable en la Hoja).

Las primeras etapas tectónicas alpinas son la fase Neokimmérica (durante el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior), causantes de la discordancia basal de la facies Purbeck (que, aunque no está aflorante en la Hoja, está bien representada en Hojas próximas), y que dieron lugar a un sistema de desgarres dextrales ONO-ESE, atribuida al comienzo de la apertura del Golfo de Vizcaya, aunque hay que señalar que el sentido de esa apertura es senestral. A continuación viene una etapa de tranquilidad tectónica durante el Aptiense y Albense inferior. Después hay un nuevo rejuvenecimiento de los relieves, atribuible a la Fase Austrica, responsable de la discordancia basal de las « Capas de Utrillas».

Las primeras fases alpinas p.d. comienzan en el Cretácico superior (con aparición de hiatos en turoniense y Coniacense) y prosigue en el Paleoceno (con importante extrusión diapírica de Keuper en regiones más septentrionales) y Eoceno. A finales del Eoceno y hasta el Oligoceno se produce el plegamiento principal (Fase Pirenaica), comenzando a individualizarse en esa época las Cuencas de Duero y Ebro (Bureba).

La Fase Pirenaica, compresiva, rejuega los accidentes formados con anterioridad y está marcada por la existencia de desgarres dextrales ONO-ESE (Falla de Urbel, etc) (y cabalgamientos NE-SO asociados), siendo atribuible todo ello a un desplazamiento relativo hacia el NO de la Placa Ibérica durante el Terciario (CAMARA, 1989).

En la Hoja, las últimas manifestaciones tectónicas detectadas afectan a los materiales terciarios. La discordancia que muestran las margas de Dueñas (13) sobre los conglomerados calcáreos oligomiocenos (11), inclinados, puede ser un reflejo de la Fase Sávica; y la disconformidad, de los materiales atribuibles a la Facies de Alar del Rey (17) sobre las calizas y margas de Dueñas (13 y 14) de la Stayrica.

Toda esta superposición de fases deformativas conforman el aspecto tectónico actualmente observable en la Hoja de Burgos, aunque los efectos más patentes los suministra la Fase Pirenaica.

2.1.1. Unidades Estructurales

En la Hoja de Burgos pueden distinguirse las siguientes, aproximadamente de norte a sur (Fig.2):

- Cuenca o Depresión Terciaria de La Bureba.
- Sierra de Ubierna (denominada Franja o Banda plegada de Rojas-Santa Casilda o de Montorio, en las vecinas Hojas de Belorado y Briviesca o Montorio y Villadiego respectivamente).

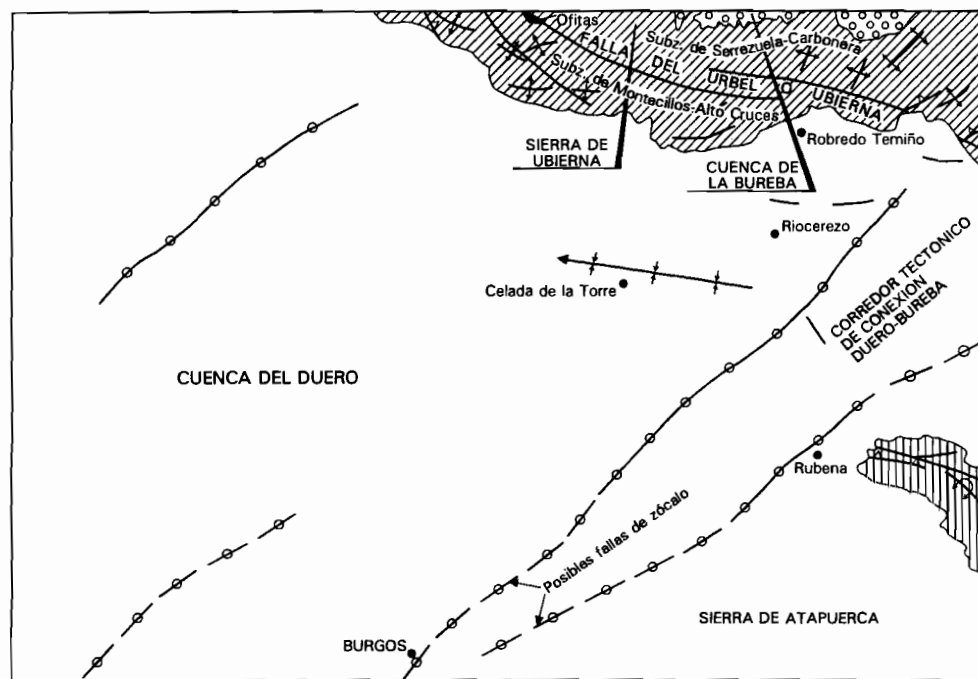


Fig. 2.- Unidades tectónicas y principales accidentes y estructuras en la Hoja de Burgos.

- Sierra de Atapuerca.
- Cuenca o Depresión Terciaria del Duero.

A continuación se ofrece una descripción individualizada de estas unidades y sus distintas conexiones.

2.1.1.1. *Cuenca o Depresión de la Bureba*

Está apenas representada en la Hoja, situándose en una pequeña zona de la esquina NE, inmediatamente al norte de la Sierra de Ubierna. Datos geológicos sobre esta Cuenca, que forma el extremo más occidental de la Cuenca del Ebro, se ofrecieron en el apartado 1.4.1.

Al Oeste, la Cuenca de La Bureba queda limitada por el Mesozoico de la Plataforma estructural de los Páramos mesozoicos de la Lora (al oeste) y por la Sierra de Ubierna.

Debido a la escasísima representación cartográfica de la Cuenca de La Bureba en la Hoja, no puede ofrecerse, de momento, ningún dato más específico sobre ella, excepto que el Terciario de la Cuenca se suele disponer discordantemente sobre el Mesozoico.

Según datos obtenidos en vecina Hoja septentrional de Montorio (Nº 167), el relleno terciario en esta Cuenca parece finalizar antes que en la del Duero. Además, el borde norte de la Sierra de Ubierna parece haber sido tectónicamente más activo que el sur, con respecto a dicho relleno.

2.1.1.2. *Sierra de Ubierna*

A nivel regional forma parte de una franja alargada ONO-ESE de unos 80 km de longitud y 7-10 km de anchura (Franja o Banda plegada de Montorio), adosada al SO de la plataforma estructural de los páramos mesozoicos de La Lora (también llamada Plataforma burgalesa), y que forma el borde nororiental de la Cuenca del Duero. Su extremo ONO contacta con el Paleozoico del SE del Macizo Asturiano (en la provincia de Palencia), mientras que en su terminación ESE (Sierra de Ubierna) va sufriendo un encurvamiento hasta tomar la dirección NE-SO (Franja de Rojas-Santa Casilda), paralela a la del corredor terciario que une las Cuencas del Duero y Ebro (Bureba), y que también la separa de las sierras de Atapuerca y Demanda (Cordillera Ibérica). Pertenece a la Orla Mesozoica Vasco-Cantábrica.

La Sierra de Ubierna presenta una anchura de unos 4 km y una estructura geológica compleja, derivada de la coexistencia de, al menos, dos tipos de ejes de plegamiento, y fracturas longitudinales ONO-ESE paralelas a su elongación general.

La fractura más importante es la del Urbel o Ubierna, que corresponde a un desgarre dextral ONO-ESE, y que más al ONO sirve de límite tectónico entre la plataforma estructural de los páramos de La Lora y la franja plegada de Montorio. Su trazado está jalo-

nado por extrusiones tectónicas de Keuper (Hoja de Montorio) y de ofitas triásicas (éstas, en la misma Hoja de Burgos). Divide la Sierra de Ubierna en dos subzonas (el área de Serrezuela Carbonera o Sierra de Peñahorada, al norte, y la de Montecillos-Alto Cruces, al sur) y tanto parece afectar a, como estar sellada por, conglomerados atribuíbles al Oligo-Mioceno (11, en el mapa). Hacia el este se desdobra en dos ramas paralelas, la más meridional de las cuales queda parcialmente oculta por sedimentos de edad Mioceno inferior-medio a Holoceno.

La subzona de Serrezuela Carbonera se presenta como una estructura anticlinal en el este, ligeramente vergente y parcialmente laminada al Sur, en cuyo núcleo (próximo a la Falla del Urbel) afloran sedimentos terrígenos de Weald-Utrillas, y sobre cuyo techo, constituido por calizas del Cretácico superior, se dispone el Terciario de La Bureba. En el Oeste, esta sencilla estructura evoluciona a una sucesión de pliegues (y alguna falla inversa relacionada) de dirección NE-SO y vergencia SE, preludio de su terminación en la franja de Rojas-Santa Casilda.

La subzona de Montecillos-Alto Cruces presenta una sucesión de pliegues de direcciones NO-SE (en la parte más septentrional) que evolucionan hacia el E-O, e incluso ENE-OSO, más hacia el SE. Estos pliegues suelen mostrar vergencias hacia el SO o SSE y a veces derivan a falla inversa de gran ángulo. La serie estratigráfica implicada en estas estructuras abarca desde las «Capas de Utrillas» (5) hasta las calizas y dolomías del Turoniense-Coniaciense (8), aunque los conglomerados oligomiocenos, discordantes sobre estas últimas, también están moderadamente plegados.

Una interpretación factible para todos los rasgos estructurales que muestra la franja plegada de Montorio en la Hoja de Burgos es suponer la Falla del Urbel como fractura de dirección dextral de zócalo, que al mismo tiempo está sometido a componentes compresivas aproximadamente perpendiculares (NE-SO) a su trazado. Los pliegues y cabalgamientos ENE-OSO y E-O serían efecto de las comprensiones producidas por los esfuerzos N-S en que puede descomponerse el desgarre. Es una interpretación idéntica a la propuesta por CAMARA.(1989) para todo el conjunto del área vasco-cantábrico. Los pliegues NO-SE responderían exclusivamente a las comprensiones perpendiculares (NE-SO) al desgarre, mencionadas anteriormente. En un marco regional más amplio, también sería posible interpretar este dominio, que clásicamente se ha distinguido por la dirección anómala de sus estructuras, como una rampa lateral del frente surpirenaico, de manera que el frente del sistema de cabalgamientos de la Sierra de Cantabria (al este) se desplaza hacia el S, a lo largo de la franja plegada de Rojas-Santa Casilda, para recuperar la orientación ONO-ESE en la Hoja de Burgos.

2.1.1.3. *Sierra de Atapuerca*

En conjunto (incluyendo su prolongación en la vecina Hoja de Belorado) corresponde a un anticlinal de rumbo NNO-SSE, con vergencia NE y su flanco oriental invertido, desarrollado predominantemente en calizas y dolomías del Turoniense-Coniaciense (8).

En su terminación NO, este anticlinal se incurva hasta adoptar una dirección ONO-ESE y adquiere una mayor complejidad, aflorando los materiales más antiguos de la Sierra

contituidos por arcillas del Keuper (2) y dolomías del Trías-Jurásico (3) a favor de pequeñas escamas NO-SE limitadas entre fallas ONO-ESE probablemente de desgarre.

Geológicamente, la Sierra de Atapuerca corresponde, pues, a una estructura anticlinal de materiales mesozoicos, aislada tanto de la Sierra de Ubierna como de la de La Demanda (Cordillera Ibérica) por formaciones más recientes (terciarias y pliocuaternarias). Ello, y su posición geográfica en una zona donde terminan o confluyen tectónicamente las Cuencas del Duero y Ebro (Bureba), la Sierra de La Demanda (Cordillera Ibérica) y la Orla Vasco-Cantábrica (Sierra de Ubierna), hace sumamente importante su atribución tectónica precisa. Por su orientación general, por el sentido de sus vergencias, e incluso por algunas particularidades estratigráficas de su Mesozoico (equiparables a las que se presentan más al sur, en la vecina Hoja de Villagonzalo-Pedernales), la Sierra de Atapuerca debe ser considerada como el afloramiento más noroccidental de la Cordillera Ibérica.

2.1.1.4. La Cuenca del Duero y su zona de borde

La formación conglomerática calcárea atribuible al Oligo-Mioceno (11) (la más antigua de las terciarias representadas en la Hoja) se adosa discordantemente, y con muy pequeña inclinación de origen tectónico, al Mesozoico, tanto en la Sierra de Ubierna como en la de Atapuerca; no se han detectado en el ámbito de la Hoja cabalgamientos o fracturas del Mesozoico sobre esos conglomerados. Las formaciones inmediatamente suprayacentes de edad Aragoniense (Dueñas y Tierra de Campos s.l.), se disponen subhorizontal y discordantemente sobre ambas anteriores. Finalmente, y debido a haber desaparecido localmente por erosión, los depósitos vallesienses y tuolienses no se presentan en la zona de borde, pero de su examen en todo el ámbito de la Hoja se deduce que en la superficie poligénica de los páramos se observa una inclinación generalizada hacia el SO, cuya pendiente va disminuyendo a medida que se avanza más hacia el interior de la Cuenca.

Así pues, de todo lo dicho cabe deducir una actividad tectónica fundamentalmente de elevación (en ningún caso se detecta compresión horizontal generalizada) para el borde mesozoico y durante el lapso de tiempo indicado por las formaciones terciarias representadas. Esta actividad parece haberse ido amortiguando progresivamente.

Más hacia el interior de la Cuenca (en las partes centrales y meridionales de la Hoja), además de la inclinación mencionada de la Superficie de los Páramos, hay fracturas y pliegues de gran radio que afectan, por lo menos, a las Calizas «terminales» de Dueñas (14). Estos fenómenos se localizan en el cuadrante NE de la Hoja. Hay fracturas, sin salto apreciable, de dirección NO-SE (entre las poblaciones de Rubena y Riocerezo) y también E-O y ENE-OSO (entre Riocerezo y Robredo-Temiño). Sobre el Terciario que recubre localmente la traza de la falla de Ubierna o Urbel, hay también, 2 km al SE de Temiño, una fractura de dirección ONO-ESE a E-O, con labio hundido sur, en cuya proximidad las capas terciarias alcanzan hasta 45° de inclinación, existiendo también pliegues de amplitud deca a hectométrica, inmediatamente al norte de esta última fractura. Pero el «plegamiento» más importante, muy laxo, tiene una dirección E-O, con más

de 5 km de longitud y otros tantos de anchura; su eje, ligeramente inclinado hacia el oeste se sitúa, aproximadamente, según el paralelo de Celada de la Torre, y es visible en el paisaje desde el área de Quintanaortuño. Todos estos fenómenos deben testimoniar la existencia de ligeros movimientos diferenciales de elevación-hundimiento en zonas de la Cuenca un poco más alejadas del borde, o bien el reflejo superficial de fracturas de zócalo, de «enlace» entre las Sierras de Ubierna y Atapuerca.

Además de todo lo expuesto, y preferentemente en la mitad oriental de la Hoja, la red hidrográfica muestra orientaciones dominantes NE-SO que básicamente tienden a recorrer longitudinalmente el corredor terciario que conecta las Cuencas del Duero y Bureba. Estas orientaciones (denominadas también anomalías geomorfológicas lineales) deben corresponder a fracturas de zócalo NE-SO tipo Plasencia, estando, de hecho, en la prolongación NE de la «Falla» del Arlanzón, lineamiento que desde Burgos por Valladolid y Béjar (Salamanca) llega hasta Plasencia (Cáceres), donde se une a la del mismo nombre, que, como es sabido, se trata de un desgarre senestral.

2.1.2. Sobre la conexión tectónica entre las cuencas del Duero y Ebro (Bureba) y la terminación noroccidental de la Cordillera Ibérica

La inflexión que presenta la Sierra de Atapuerca en su extremo noroccidental podría testimoniar también un sentido de desplazamiento lateral senestral para las posibles fracturas de zócalo de tipo Plasencia, en el corredor terciario que conecta las cuencas del Duero y Ebro (Bureba). De este modo, la Cordillera Ibérica (Sierra de Atapuerca) terminaría en superficie ante accidentes de zócalo NE-SO hoy cubiertos por Terciario; aunque es factible su prolongación en el subsuelo, una vez recuperada la inflexión que provoca el desgarre (Fig. 3).

La curvatura que exhibe la Sierra de Ubierna en su terminación suroriental podría ser efecto, igualmente y al menos en parte, del posible desgarre. No obstante hay otras explicaciones, indicadas antes.

La edad de actuación de estos posibles desgarres está comprendida entre el Cretácico superior (o más probablemente Eoceno: Fase Pirenaica) y el Mioceno inferior, cuyos depósitos (Facies Dueñas) son los más antiguos, aflorantes, que rellenan el corredor.

Hay poca variación en cuanto a las características que muestran los depósitos miocenos en el paso de la Cuenca del Duero a la de La Bureba. Las calizas «terminales» de Dueñas y las que culminan «Tierra de Campos» adquieren mayor importancia hacia La Bureba, ocurriendo lo contrario con la Facies Cuestas, que se adelgaza hasta desaparecer. Por lo demás, el basculamiento generalizado hacia el SO que muestran las formaciones miocenas (y que persiste aun en el corredor) hace lógica una mayor antigüedad de los depósitos hacia el este, como ha sido repetidamente indicado en el capítulo de Estratigrafía.

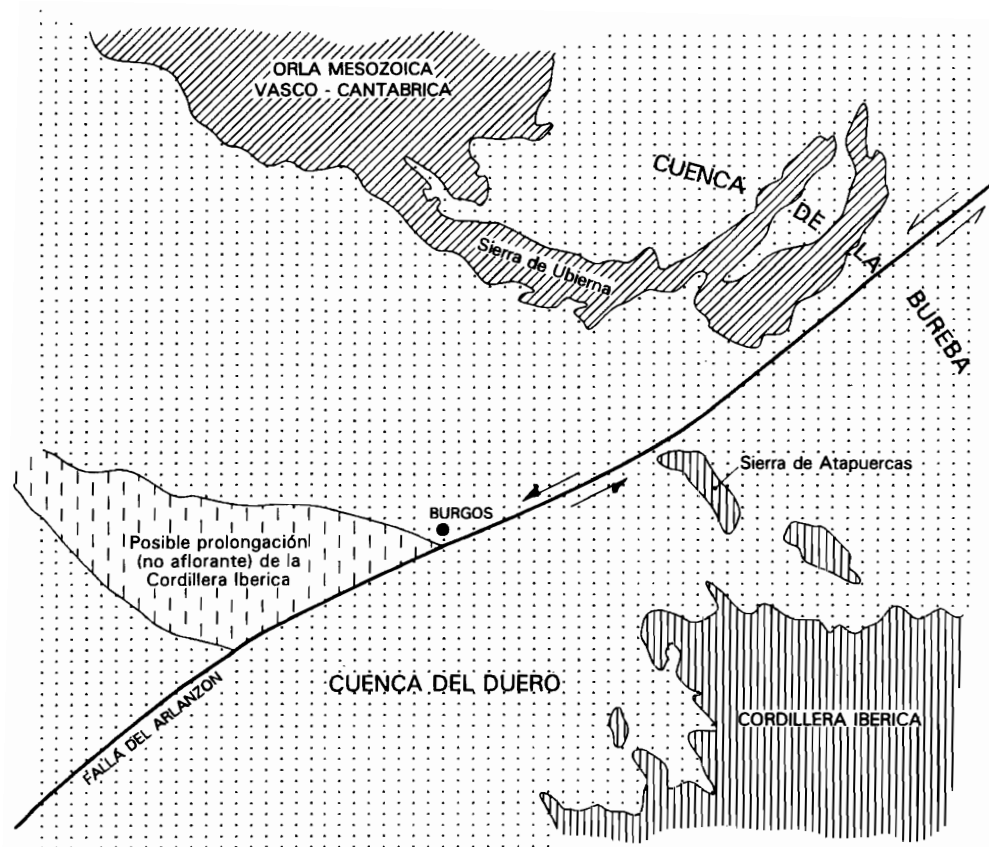


Fig. 3 - Hipótesis estructural posible para la terminación noroccidental de la Cordillera Ibérica y el enlace entre las Cuencas del Duero y Bureba.

2.2. NEOTECTONICA

En esta Hoja no se ha registrado ninguna estructura neotectónica de importancia.

La sismicidad máxima esperada es de V (escala MKS) (Fig. 4), no habiéndose registrado ningún sismo en toda la extensión de la Hoja.

Por lo que respecta al frente cantábrico, no se ha registrado ninguna actividad del mismo en épocas recientes, ni tampoco en la Sierra de la Demanda.

Se han identificado 3 anomalías geomorfológicas lineales de dirección N40°E a N50°E, que se marcan siguiendo los cauces del arroyo de las Rebolledas, río Vena y río Morquillas. Su origen no está claro pero podría atribuirse a fallas de zócalo de tipo Plasencia.

En cuanto a las fallas, no se ha identificado ninguna de clara actuación en la época neotectónica, aunque la no existencia de materiales neotectónicos donde se localizan esas fracturas impide asegurar su no actuación en épocas recientes.

Ya se ha comentado la existencia de un basculamiento generalizado hacia el SO de la superficie del techo de las Calizas de los Páramos. Este podría ser la respuesta de un levantamiento de pequeña magnitud de la Cordillera Cantábrica.

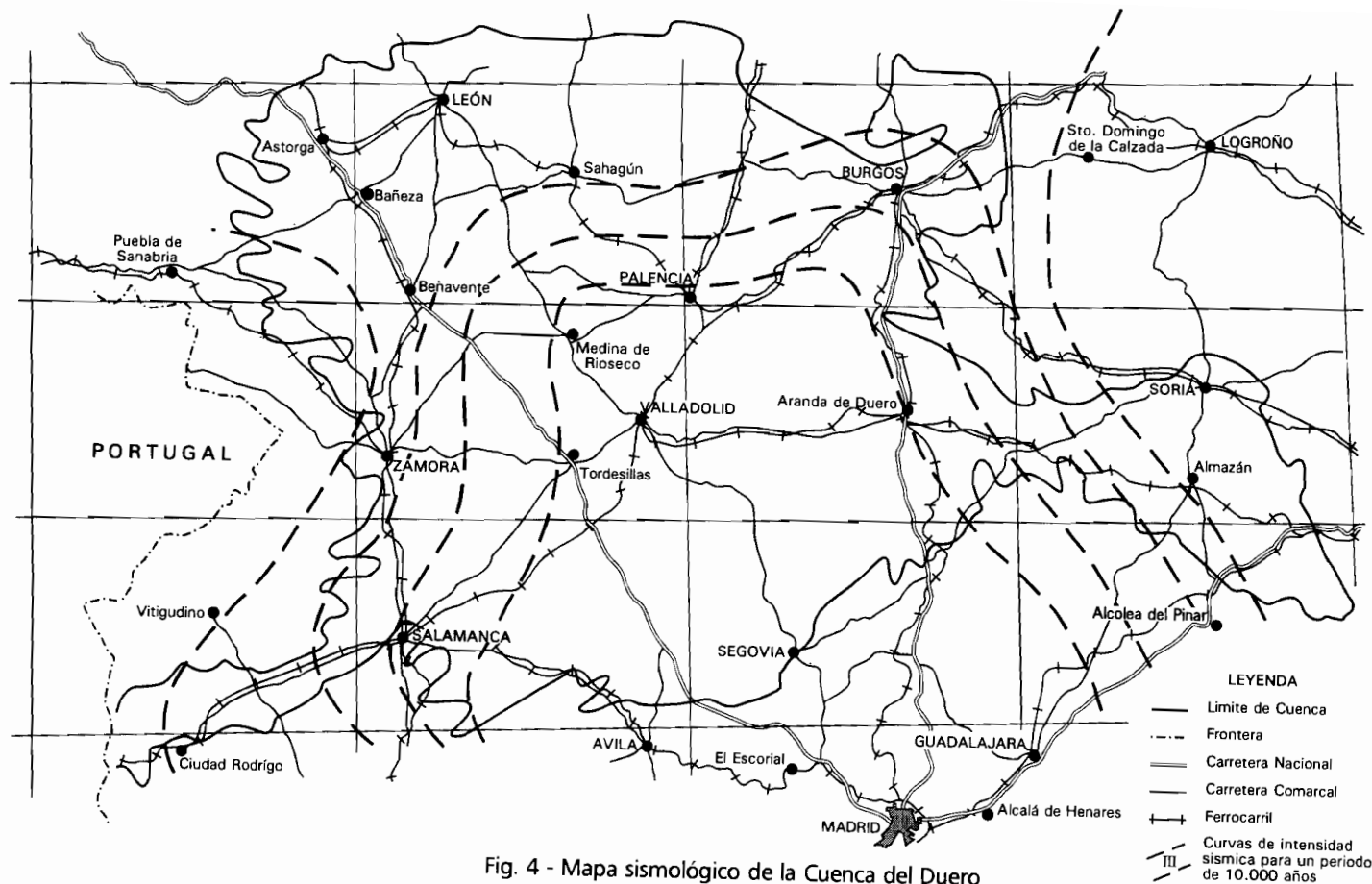


Fig. 4 - Mapa sísmológico de la Cuenca del Duero

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. ANTECEDENTES

La bibliografía que existe sobre esta zona, en relación a los aspectos geomorfológicos, es bastante escasa, destacando tan solo los de ZAZO *et al.* (1983) sobre la zona SE de la Hoja y áreas colindantes fuera de ésta (de las que presentan un mapa geomorfológico a escala aproximada 1:50.000 y GRACIA *et al.* (1990) sobre todo el borde noreste de la Cuenca del Duero y el enlace Duero-Cantábrica. Este último trabajo, se refiere concretamente al área de estudio y hojas adyacentes y establece la relación entre las superficies de erosión neógenas de este borde de la Cuenca del Duero, y los sedimentos de la misma. También establece la presencia de una tectónica reciente, basándose sobre todo en la deformación de dichas superficies y la distribución de los depósitos asignados a la «Raña».

En cuanto a la Cuenca del Duero en general, y sus bordes, los primeros trabajos fueron iniciados por E. HERNANDEZ-PACHECO (1930) y F. HERNANDEZ-PACHECO (1932), en la zona central de la Cuenca, prosiguiendo luego con los de SCHWENZNER (1943) en el borde sur, y MABESOONE (1959 y 1961) en la parte norte. SOLE SABARIS (1952 y 1983), en sus trabajos sobre el conjunto de la Península, trata también sobre la Cuenca.

En las últimas décadas, y con motivo de la realización de numerosas hojas geológicas, a escala 1:50.000, para el Proyecto MAGNA, se han multiplicado los conocimientos sobre la Cuenca del Duero. A esto hay que añadir una serie de publicaciones científicas y tesis doctorales que han contribuido, sin duda, a aumentar estos conocimientos. De entre todos ellos se destacan los de PEDRAZA (1978), PEREZ-GONZALEZ (1979), PORTERO y AZNAR (1984), HERAIL (1984), MOLINA *et al.* (1986, 1987) y MARTIN-SERRANO (1988).

3.2. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja de Burgos se localiza en la parte NE de la Cuenca del Duero, justo ante el umbral que comunica geológicamente ésta con la del Ebro. Como ha sido indicado en capítulos anteriores, este umbral queda definido entre materiales mesozoicos de la Sierra de Ubierna (pertenecientes a la Orla Mesozoica Vasco-cantábrica del Macizo Ibérico), al norte, y de la Sierra de Atapuerca (Cordillera Ibérica), al sur. Estas sierras están parcialmente contenidas en las esquinas NE y SE de la Hoja. La Sierra de Ubierna limita hacia el sur la Depresión de La Bureba, escasamente contenida en la Hoja de Burgos, y que constituye el extremo occidental de la Depresión del Ebro.

El relieve es típicamente amesetado en el sector perteneciente a la Cuenca del Duero, por la estructura subhorizontal y la diferente resistencia a la erosión de sus materiales. Las sierras mesozoicas presentan un relieve más variado, controlado por su estructura tectónica, aunque la presencia generalizada de cumbres planas le confieren también caracteres de relieve amesetado, aunque más masico u homogéneo que el del Terciario, debido a su naturaleza calcárea, gris, predominante. La red fluvial desarrolla vegas más anchas en la parte sur de la Hoja, con varios niveles de terrazas.

La altitud media es de unos 900 m aproximadamente, situándose las cotas máximas en las sierras mesozoicas de Atapuerca (1.078 m) y Ubierna (1.027 m), y la mínima (815 m)

en la esquina SO de la Hoja, en el cauce del Arlanzón. Las mesetas terciarias presentan cotas variables entre 910 y 1020 m, ascendentes de SO y S a NE y N.

Una de las características principales de este paisaje, mayoritariamente meseteño, es el modelado fluvial. El principal curso de agua es el Arlanzón, afluente del Pisuerga (y éste, a su vez, del Duero), que atraviesa la Hoja subparalelamente, de E a O y próximo al borde sur, y procedente de la Sierra de la Demanda. El Arlanzón recibe por su margen derecha los ríos Vena (que fluye de ENE a OSO y procede también de La Demanda), Ubierna y Urbel (de N a S y procedentes de la Orla Mesozoica Vasco-cantábrica). La Sierra de Ubierna es límite hidrográfico Duero-Ebro en la Hoja.

Datos climatológicos, y de geografía física, humana y vegetal, se ofrecieron en el apartado de Introducción.

3.3. ANALISIS MORFOLOGICO

Este capítulo consta de dos apartados: uno, dedicado al estudio morfoestructural, en el que se describe la disposición actual del relieve como consecuencia de la naturaleza de los materiales que forman el sustrato geológico y la disposición estructural de los mismos, y otro a la influencia de los procesos exógenos en el modelado, definiendo las morfologías resultantes de cada uno de estos procesos.

3.3.1. Estudio Morfoestructural

Como ya se ha anticipado anteriormente, la Hoja comprende cuatro unidades morfoestructurales distintas, que se corresponden exactamente con las definidas en el capítulo de Tectónica: las estribaciones más meridionales de la Orla Mesozoica Vasco-Cantábrica (constituidas por la Sierra de Ubierna y que, en particular, forma parte de Franja o Banda plegada, al NE de la Hoja), la Sierra de Atapuerca (formada por materiales mesozoicos, y considerada aquí como la terminación más NO de la Cordillera Ibérica) y la Cuenca del Duero propiamente dicha (constituida por materiales terciarios) que sólo es una muy pequeña parte del borde septentrional. Al este, aparece una escasa representación de la Depresión de La Bureba (constituida por materiales terciarios y formando la terminación Occidental de la Cuenca del Ebro). Además, la zona entre las Sierras de Atapuerca y Ubierna supone también el enlace entre las depresiones del Duero y Ebro (Fig. 5).

3.3.1.1 . *Unidad morfoestructural de la Sierra de Ubierna*

En el dominio de la Sierra de Ubierna la morfología está controlada principalmente por la diferente competencia de los materiales del sustrato mesozoico y por la estructura geológica del mismo. Calizas y dolomías constituyen los niveles más duros, y margas y arenas los de menor competencia. Los relieves derivados de estas litologías y de un complejo plegamiento alpino, dan como resultado relieves invertidos, cuestras, crestas, *hog back*, etc. Los relieves invertidos se manifiestan por lo general en las estructuras sinclinales, que ofrecen morfología de mesas y muelas (Sinclinal de los Montecillos), aunque hay también ejemplos de relieves conformes o normales (Anticlinal de Altos Cruces).

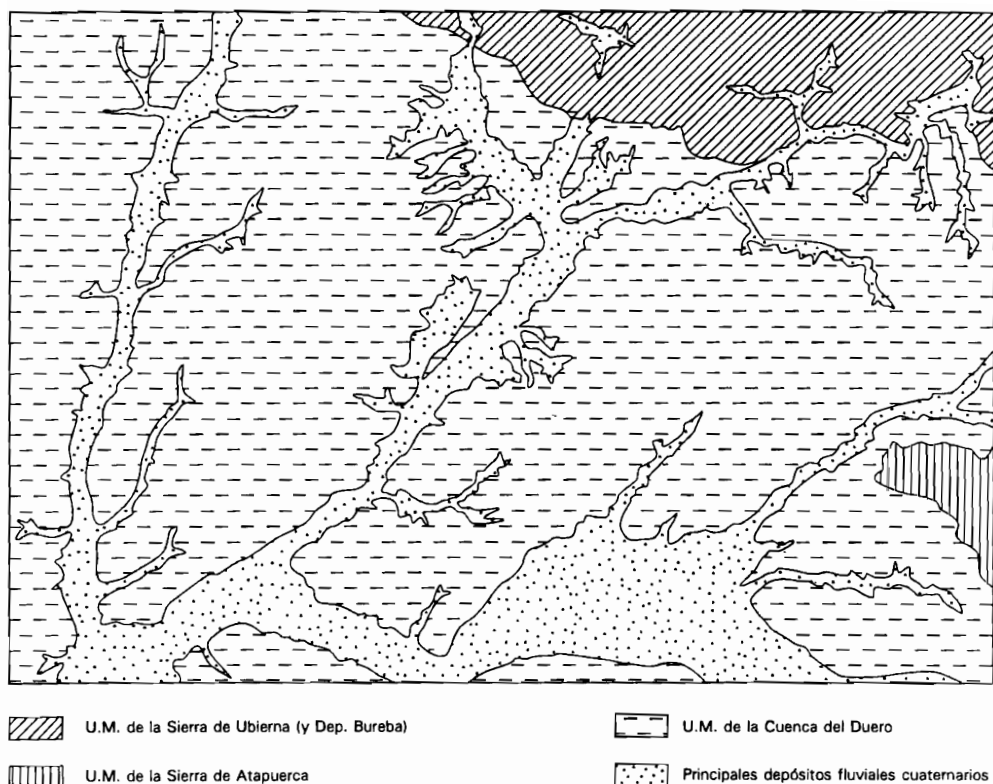


Fig. 5 - Distribución de las Unidades Morfoestructurales y los principales depósitos fluviales cuaternarios en la Hoja de Burgos

Un rasgo notable de este dominio es el carácter aplanado de la línea de cumbres, originado por la existencia de dos superficies de erosión a muy próximas cotas entre sí, de edad terciaria a finiterciaria (ver más adelante).

La red hidrográfica secundaria se adapta a las estructuras tectónicas dominantes (ONO-ESE), sobre todo cuando se excava en materiales blandos. La red principal (Ubierna, Urbel, Rioseras) las atraviesa casi perpendicularmente, frecuentemente mediante fenómenos de sobreimposición, buscando su salida al SO hacia el dominio de la Cuenca del Duero.

El enlace de este dominio con la Unidad morfoestructural de la Cuenca del Duero suele venir manifestado por un área de vaciado erosivo de unos 2 km de anchura y 20-30 m de profundidad, fruto, lógicamente, del encajamiento de la red hidrográfica cuaternaria en los depósitos terciarios de la Cuenca.

3.3.1.2. *Unidad morfoestructural de la Sierra de Atapuerca*

En este dominio la morfología está controlada fundamentalmente por el contraste litológico que supone el sustrato mesozoico de la Sierra en sí respecto del Terciario que la

rodea y que la hace resaltar morfológicamente. Se trata de un anticlinal conforme o normal en el que sólo en su extremo noroccidental la erosión ha descubierto los materiales más blandos de su núcleo, cuya relativa complejidad tectónica y contraste litológico origina pequeñas crestas circundadas por los escarpes de las calizas que constituyen la Sierra.

Uno de los rasgos más notables de esta sierra es el aplanamiento de su parte alta, que corresponde a un retazo, bien conservado, de una superficie de erosión de edad terciaria (ver más adelante).

La Sierra de Atapuerca enlaza, mediante vertientes regularizadas, con mesetas terciarias contiguas, aunque en la parte NE, éstas han sido eliminadas por disección fluvial posterior, lo que ha determinado una exhumación del Mesozoico.

3.3.1.3. *Unidad morfoestructural de la Cuenca del Duero*

Es la unidad con mayor extensión en la Hoja. Debe su morfología amesetada al contraste litológico entre las capas sub-horizontales duras (calcáreas y, en menor medida conglomerática) y blandas (terrágenas, arcillosas y margosas) que la componen.

En las partes altas de la unidad, y protegiendo las facies blandas, subyacentes, de la erosión, se encuentran las «Calizas de los Páramos», que buzan ligeramente hacia el SO y representan los últimos depósitos lacustres endorreicos de la Cuenca. En la fig. 6 se representa el típico modelado amesetado de esta unidad.

La erosión de las Calizas de los Páramos ha exhumado, sobre todo en la parte oriental de la Hoja, capas de calizas infrayacentes que forman superficies estructurales, a veces de gran extensión. En otras ocasiones, cuando las Calizas de los Páramos están preservadas, la erosión resalta los niveles más competentes, dando lugar a una serie de replanos escalonados o resaltes en las vertientes.

La distribución de la red de drenaje y la morfología de la misma, son también un reflejo de la arquitectura estructural sobre la que se asienta. La disposición cartográfica de la red hidrográfica en esta unidad tiende a ser dendriforme en la mitad occidental de la Hoja, mientras que en la oriental tiende a alinearse según direcciones NE-SO y ONO-ESE. Los aspectos dendriformes son típicos de litologías tridimensionalmente homogéneas y/o estructuralmente indeformadas, características que cumple esta unidad, mientras que las mencionadas alineaciones probablemente reflejan en superficie fracturas de zócalo.

Los depósitos fluviales alcanzan su mayor extensión sobre esta unidad, en particular en la parte meridional de la Hoja, donde el curso principal (río Arlanzón) presenta, además, hasta seis niveles principales de terrazas, lo que da origen a un paisaje local de llanuras escalonadas.

La red fluvial se presenta encajada hasta un máximo de 90 m bajo las Calizas de los Páramos.

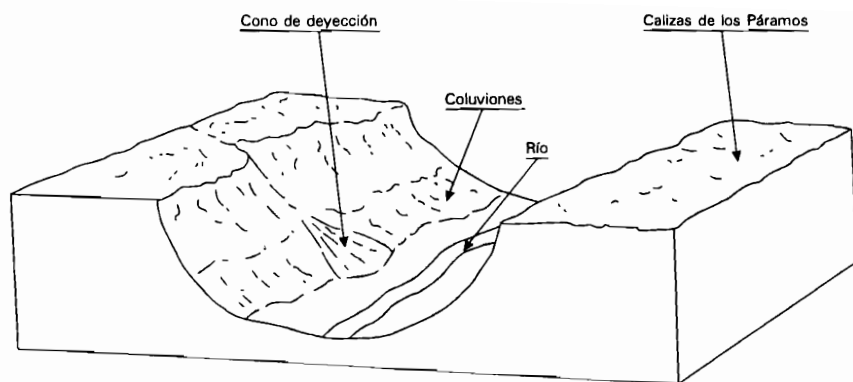


Fig. 6.- Corte mostrando el modelado típico de los valles en la zona de los Páramos.

3.3.1.4. *Unidad morfoestructural de La Bureba*

Tiene escasa representación en la Hoja, al norte de la Sierra de Ubierna, efectuándose el drenaje hacia el Ebro. La estructura subhorizontal de la serie terciaria, y el carácter casi exclusivamente blando de ésta, determinan una disposición dendriforme de la red hidrográfica, sin resaltes importantes en las vertientes. El mayor acarcavamiento y el escaso desarrollo de las formaciones aluviales son otras características que la diferencian de la Cuenca del Duero, y que obedecen, como se verá más adelante, a la mayor velocidad de incisión de la red del Ebro.

3.3.2. Estudio del modelado

Una vez conocidas las características morfoestructurales que condicionan la distribución de volúmenes del relieve, se describen las morfologías, tanto erosivas como de acumulación, derivadas de la actuación de los agentes externos. Las terrazas conforman, en este sentido, los depósitos de mayor significación, tanto por su importancia para conocer la evolución morfológica del Cuaternario, como por su desarrollo superficial. También las superficies de erosión son importantes por su extensión, así como elemento base para el estudio de la morfogénesis. Por último, otras formas, como coluviones, glacia, áreas endorreicas, etc., completan el espectro de formas presente en la Hoja. El conjunto de formas y elementos se agrupan y describen a continuación según el proceso generador.

3.3.2.1. *Formas poligénicas*

Pertenecen a este grupo todas aquellas formas en cuya génesis han intervenido más de un proceso morfogenético. En la Hoja de Burgos se han reconocido tres superficies de erosión (S1, S2 y S3), la superficie poligénica de los páramos, de alteración-depósito, y el depósito correspondiente a la «Raña».

La superficie de erosión S1 se sitúa a 995-1.020 m en la Sierra de Ubierna y 1.060-1.070 m en la de Atapuerca, siendo la más elevada de la Hoja y encontrándose frecuentemente karstificada. Se le ha atribuido una edad oligocena por ZAZO *et al* (1983), debido a que la superficie S2, de edad bien establecida, se encuentra encajada en ella. No obstante, es probable una edad más reciente, Mioceno medio, pues parece equivalente de la superficie de erosión intramiocena de GRACIA *et al* (1988) y la superficie de erosión S1 definida en la vecina Hoja de Villadiego por PINEDA (1990). Otras posibilidades de correlación son el aplanamiento más antiguo («Dachfläche») de SCHWENZNER (1937), en el Sistema Central, y la superficie de GLADFELTER (1971) en el enlace de éste con la Cordillera Ibérica.

La superficie de erosión S2 se localiza a 960-1.000 m en la Sierra de Ubierna (donde se encuentra claramente encajada en la S1) y a 1.030 m en la de Atapuerca (donde se conserva con extensión reducida), mostrando también degradación y karstificación. Es correlacionable con la «Superficie de Erosión fundamental» de otras partes de la Península, ya que enlaza con la superficie poligénica de los páramos.

La superficie poligénica de los páramos es compleja, de alteración-depósito, aunque en cualquier caso, enlaza con la superficie de erosión S2. Representa el fin de la colmatación terciaria de la Cuenca del Duero, pero el hecho de que ésta haya sido probablemente heterócrona (Vallesiense a Turolense) en la Cuenca, (dependiendo de si se depositó, o no, el ciclo Páramo 2, en determinadas áreas) confiere complejidad al tema, ya que pudieron coexistir sobre la misma superficie morfológica áreas de depósito y otras de alteración (karstificación), pudiendo estas últimas estar fosilizadas a veces por nuevos y delegados depósitos (ciclo Páramo 2, por ejemplo), pero todo ello dentro de un contexto de senilidad y final de ciclo morfogenético. En la Hoja, la superficie poligénica de los páramos se localiza a cotas de 900-1.020 m ascendiendo suavemente de S y SO a N y NE.

La superficie de erosión S3 está representada sólo en la Sierra de Ubierna, con cotas de 960-990 m, y posee una mayor pendiente, deduciéndose su encajamiento en S2. Puede ser un equivalente erosivo de la «Raña» o bien ser más reciente, en relación con el encajamiento de la red hidrográfica actual. No presenta karstificación, tan importante como las anteriores.

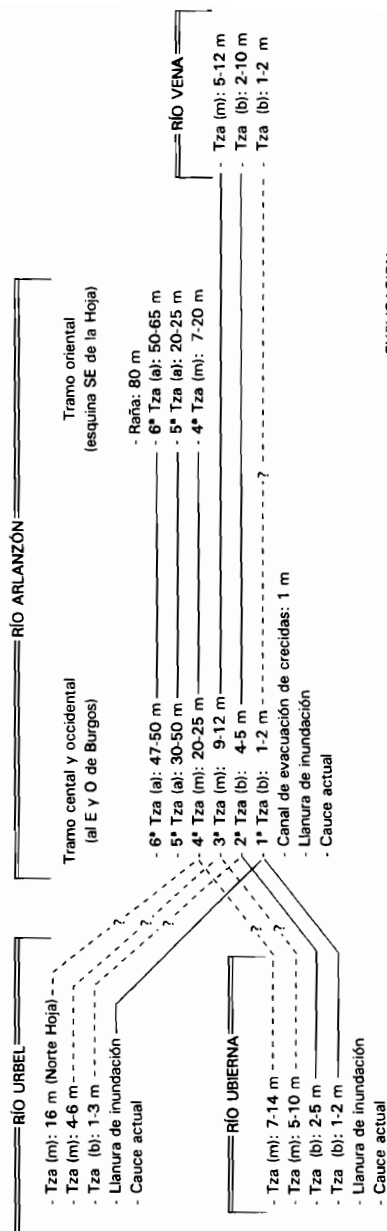
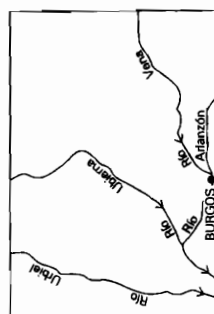
La «Raña» o «Aluvial finineógeno» se localiza en la esquina SE de la Hoja, próxima a la Sierra de Atapuerca. Se trata de materiales conglomeráticos formados por gravas cuarcíticas con pátina rojiza y matriz arcillosa cuyo sediplano se localiza a cotas de 985-990 m, por lo que se deduce está encajada en S2. Desciende, a través de la vecina Hoja de Pradoluengo, desde el borde de la Sierra de La Demanda, con una pendiente de 5-12 %.

3.3.2.2. *Formas fluviales acumulativas*

Las *terrazas* son las formas fluviales más importantes y con mayor desarrollo superficial, sobre todo en la parte meridional de la Hoja. El colector principal, el río Arlanzón, posee un máximo de 6 terrazas, y sus afluentes los ríos Vera, Ubierna y Urbel, 3-4.

CUADRO 1

Correlación y alturas relativas de los principales depósitos fluviales en la Hoja de Burgos



EXPLICACION

- Tza = Terraza (a = alta, m = media, b = baja)
 m = Metros sobre el cauce actual del río
 — = Correlación segura
 - ? - = Correlación probable

La correlación morfológica de estos sistemas de terrazas se ha plasmado con el Mapa Geomorfológico, indicando asimismo sus cotas respecto al *thalweg* actual. La disposición de estas terrazas es asimétrica sólo para el perfil transversal del Arlanzón, mostrando la tendencia del río a desplazarse a su derecha. Los depósitos de terrazas muestran mayor rubefacción cuanto más altos (y antiguos) son. Los escarpes de terraza muestran una gran variedad en altura, entre 0,5-3 m en el caso de terrazas solapadas, y están mejor conservados en las bajas. Los escarpes de las terrazas colgadas, altas, suelen situarse a mayores alturas, pero están más degradados, originando coluviones ladera abajo.

La *llanura de inundación* se ha distinguido en los valles de los ríos Arlanzón, Ubierna y Urbel. Sus depósitos son litológicamente similares a los de las terrazas, pero presentan a techo un nivel de limos grises o pardos, de decantación. Pueden reconocerse meandros abandonados tanto sobre la llanura de inundación como sobre la terraza más baja del río Arlanzón.

La correlación morfológica de los sistemas de terrazas de la Hoja se presenta en el cuadro nº 1, de cuyo examen pueden extraerse los siguientes hechos:

Disminuye el número de terrazas del Arlanzón aguas arriba, en el tramo comprendido en la Hoja.

Cada nivel de terraza suele situarse aguas arriba a menor altura sobre el cauce actual.

Las terrazas del Arlanzón suelen encontrarse a mayor altura (respecto del cauce actual) que sus equivalentes en sus afluentes.

ZAZO *et al* (1983) estiman unas dataciones para las terrazas del Arlanzón en la esquina SE de la Hoja, según las cuales la 6ª terraza definida en esta Hoja sería de edad Pleistoceno inferior-medio, la 5ª Pleistoceno medio, la 4ª Pleistoceno medio, alto, y la 2ª Pleistoceno superior, alto; ello por datos regionales y por el hallazgo de industria lítica del Paleolítico inferior en la zona de los Cuarteles de Castrillo del Val (4ª terraza).

Dentro de los *fondos de valle* se incluyen todos aquellos depósitos constituidos por gravas, limos y arcillas que tapizan el fondo de la mayor parte de arroyos y barrancos. Están constituidos por aportes de procedencia longitudinal (fluvial) y lateral (laderas) dando fondos planos o en «u», apuntándose para estos valles una «génesis de solifluación con concavidad de enlace en las vertientes» y cuya alimentación principal procede de las vertientes regularizadas en las que los depósitos se han movido también por solifluación. Su edad es variable, observándose a veces en algunos arroyos secundarios, cómo enlazan con terrazas del río mayor al que fluyen (es el caso del río Pico -SE de la Hoja- enrasado con la terraza definida como 3ª del Arlanzón).

En cuanto a los *conos de deyección*, se han distinguido tres generaciones, según el nivel de terraza con que enlacen. La generación más antigua se encuentra al sur de la Sierra de Ubierna y al norte de la de Atapuerca, y actualmente se encuentra parcialmente

erosionada; son los conos mayores, que presentan gran planitud. La generación intermedia enlaza con las terrazas de una altura de 4-5 m respecto al nivel del río. La más moderna enlaza con las terrazas más bajas o la llanura de inundación o fondo de valle. Los conos de estas dos últimas generaciones son más pequeños, de perfil más pronunciado.

3.3.2.3. Formas fluviales denudativas

En las cabeceras de la red hidrográfica se produce incisión lineal, más patente sobre el Mesozoico de la Sierra de Ubierna, ya que en el Terciario, y dada la naturaleza predominantemente blanda de sus materiales, la red hidrográfica tiende rápidamente a originar fondos de valle.

La dinámica fluvial actual origina erosión lateral del cauce en determinados puntos, estando el más notable en la parte SO de la Hoja, al oeste de Villalonguejar, y en la parte cóncava de los meandros del Arlanzón, allí donde éste inflexiona su dirección general, pasando de ESE-ONO a NE-SO.

Las cárcavas son poco importantes en la Hoja, habiéndose formado en laderas donde afloran materiales blandos (sobre todo margas y arcillas de la Facies Cuestas) no tapizados por depósitos de ladera.

La dinámica fluvial subactual o pasada ha provocado al menos tres capturas hidrográficas localizadas en el cuadrante suroccidental de la Hoja. Dos están situadas cerca de las aldeas de Villatoro y Sotopalacios, y pertenecen a la cuenca del río Ubierna. La tercera, al ENE de Las Quintanillas, pertenece a la del Urbel. En conjunto definen un área de captura «centrípeta», que podría testimoniar un mayor descenso del nivel de base local del Ubierna y del Urbel próximos a su confluencia con el Arlanzón.

En cuanto a gargantas, la más notable se encuentra en el norte de la Hoja, donde el río de la Hoz corta perpendicularmente, por sobreimposición, las estructuras mesozoicas de la Sierra de Ubierna en las Altas Cruces.

3.3.2.4. Formas de ladera

Como formas deposicionales, destacan los coluviones, que tapizan las laderas. Los de mayor entidad están asociados, generalmente, a los valles más amplios. Son materiales blandos, predominantemente arcillosos, aunque en la parte occidental de la Hoja, en el valle del Urbel, contienen gran proporción de fragmentos y bloques de Calizas de Los Páramos. Su fácil erosionabilidad hace difícil el reconocimiento de varias posibles generaciones de ellos.

Las vertientes regularizadas son poco frecuentes en la Hoja, indicando una cierta madurez para esas laderas, que poseen un típico perfil parabólico. Existen en la ladera sur de la Sierra de Atapuerca, y en la parte oeste del Valle del Urbel, en el NO de la Hoja.

3.3.2.5. *Formas kársticas*

La karstificación de las capas de calizas ha dado a éstas un aspecto a grandes rasgos ondulado, y en detalle ligeramente irregular, sin llegar, en la mayoría de los casos, a producirse zonas karstificadas espectaculares o lapíaces. Existen algunas dolinas de fondo plano y pequeña dimensión (300 m de diámetro máximo) en las Calizas de los Páramos, sobre replanos estructurales de otras calizas terciarias infrayacentes, y también en relación con las superficies de erosión S1 y S2 en las Sierras de Ubierna y Atapuerca.

3.3.2.6. *Formas estructurales*

En el dominio de la Cuenca del Duero dominan los replanos o superficies estructurales subhorizontales, definidos fundamentalmente por niveles calcáreos del techo de la Facies Dueñas, encontrándose el más extenso en la parte oriental de la Hoja. Tanto estos replanos como las Calizas de los Páramos quedan limitados frecuentemente por escarpes.

En los dominios mesozoicos, y particularmente en el de la Sierra de Ubierna, se reconocen crestas (reflejo morfológico de capas subverticales), escarpes y replanos estructurales, relieves conformes y fallas con expresión morfológica, en las cuales la erosión diferencial del labio blando ha exhumado el plano de falla.

3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Los depósitos superficiales de mayor importancia están constituidos por acumulaciones aluviales (fondos de valle, llanura de inundación, terrazas y conos de deyección) y de ladera (coluviones), cuyas relaciones con el relieve se han indicado en apartados anteriores y cuya constitución litológica se describió en el capítulo de Estratigrafía.

Otras formaciones superficiales no cartografiables corresponden a los suelos actuales y a los depósitos de carácter residual o de paleoalteración climática relacionados con las superficies poligénicas.

Los suelos actuales son de tipo *entisols*, *inceptisols*, *alfisols*. Los *entisols* son los menos evolucionados, presentan un perfil tipo A/C, sin horizonte de alteración B, y se localizan sobre llanura de inundación y primera terraza de los ríos, y sobre las zonas más abruptas de las unidades mesozoicas. Los *inceptisols* tienen un perfil del tipo A/(B)/C y están desarrollados en la Unidad de Campiña. Los *alfisols*, con perfil A/B/C son los más evolucionados, encontrándose generalmente sobre las terrazas más antiguas (D.G.P.A., 1978).

Los depósitos residuales más importantes corresponden a la «terra rossa» asociada con la karstificación que afecta a las superficies de erosión S1 y S2 y que está preservada en dolinas. En relación con la evolución de la superficie poligénica de los páramos (S2), y sobre calizas del mismo nombre, puede aparecer una costra de potencia decimétrica

que se puede correlacionar con la «Costra laminar bandeada» que PEREZ-GONZALEZ (1979) cita en la Submeseta Meridional, en relación con el fin de la formación de la superficie poligénica.

3.5. EVOLUCIÓN DINAMICA (HISTORIA GEOMORFOLOGICA)

La reconstrucción de la historia geomorfológica de la región comienza con la formación de la superficie de erosión S1 sobre las calizas cretácicas de Ubierna y Atapuerca. Según datos obtenidos en la vecina Hoja de Villadiego, esta superficie es de edad Mioceno medio (Astaciense superior) y corresponde al sediplano materializado por el techo de los conglomerados astarcienses (Alar del Rey) en el borde sur del Mesozoico Vasco-cantábrico. Esta superficie se encuentra ligeramente inclinada hacia la Cuenca del Duero, probablemente por efecto de un levantamiento posterior del Mesozoico (y/o hundimiento de la Cuenca).

Durante el Vallesiense prosigue la sedimentación y la acumulación de depósitos endorréicos en la Cuenca que sepultan al sediplano S1 (techo de las Facies Tierra de Campos, Alar del Rey y Grijalba-Villadiego, contemporáneas), teniendo lugar, simultáneamente un nuevo arrasamiento de las unidades mesozoicas.

Con las Calizas de los Páramos S.1. (en el Vallesiense alto-Turolense) finaliza el relleno endorréico de la Cuenca del Duero, siendo su sediplano correlativo con la nueva superficie de erosión (S2) elaborada sobre la unidad mesozoica, a más bajo nivel que S1.

Es de resaltar, en la evolución geomorfológica presentada hasta ahora, que las superficies S1 y S2 son erosivas sobre las unidades mesozoicas (Áreas fuente, o bordes, de la Cuenca del Duero) mientras que corresponden a techos de sediplanos (y, por tanto, no son erosivas) en los materiales de relleno de la Cuenca. Todo ello indica: 1) un estado de arrasamiento del relieve mesozoico, correlativo a una colmatación de la Cuenca, ya en el Astarciense, 2) una ruptura de este equilibrio en el Astarciense superior (débil elevación de las unidades mesozoicas, insuficiente para producir facies de borde importantes) y, por último, 3) nuevo arrasamiento correlativo a una nueva colmatación para la Cuenca, en este caso, la final, durante el Vallesiense alto-Turolense. En las etapas de estabilidad (arrasamiento-colmatación) se generan importantes procesos kársticos. Las sierras de Ubierna y Atapuerca se encontraban, por tanto, en esta última etapa, érrasadas con la superficie de los páramos (salvo algunos débiles relieves residuales con restos de S1)

En el Turolense o Plioceno finaliza, por tanto, y de forma compleja (con procesos simultáneos de alteración), el relleno de la Cuenca. Ello es debido a una ruptura del equilibrio alcanzado en la última etapa de estabilidad del Mioceno terminal, por la creación de un nuevo y más bajo nivel de base en el borde occidental de la Cuenca. El nuevo nivel de base se origina porque la red hidrográfica atlántica (el actual tramo portugués del Duero) contacta en su acción remontante con la pila sedimentaria endorréica y comienza a erosionarla. La erosión es más fácil debido a la naturaleza blanda de los materiales terciarios.

Posiblemente en el límite Plioceno-Cuaternario, dicha red llegó al área actualmente ocupada por la Hoja de Burgos y , también, en general, a los bordes de la Cuenca, instalando sus cabeceras bastante más al norte de la actual Sierra de Ubierna, probablemente en la Sierra de Oña y Páramos de Poza de la Sal (actuales Hojas de Oña y Montorio). El proceso de encajamiento de la red atlántica, fue continuo desde esta época. La «Raña» y la superficie de erosión S_3 , quizá equivalentes, guardan relación con estos primeros estados del encajamiento.

En el Pleistoceno prosiguió la iniciación de la red fluvial atlántica, determinando la sobre imposición del río Ubierna y otros más orientales sobre la sierra del mismo nombre y la exhumación de su Mesozoico por erosión lateral, y creando una depresión topográfica («paleobureba», ver Hoja de Montorio), al norte de dicha sierra. En la Cuenca del Duero la incisión, aunque continua, sufrió ciertas pausas, registradas en los distintos niveles de terrazas.

También en el Pleistoceno, el río Oca (red mediterránea del Ebro), en su acción remontante atravesó la Sierra de Oña (Hoja de Oña) comenzando a erosionar, por su menor nivel de base, la cuenca «paleobureba» y formándose a sus expensas una nueva depresión a menor altitud, la depresión «neobureba» (ver Hoja de Montorio N°167). La creación de la depresión «neobureba» supuso además la decapitación en un proceso progresivo de este a oeste, de todos los ríos atlánticos sobreimpuestos a la Sierra de Ubierna, que quedaron como gargantas no funcionales. Actualmente, el río Ubierna es el último representante de este grupo de ríos.

3.6. MORFODINAMICA ACTUAL

En la actualidad, la magnitud de la incisión de los ríos atlánticos en el dominio del Duero ha alcanzado los 90-100 m bajo la superficie inicial de referencia (poligénica de los páramos y su equivalente S_2). El mayor número de terrazas y el mayor grado de encajamiento del colector principal de la Hoja, el Arlanzón, respecto a sus afluentes, indican su mayor antigüedad dentro de la jerarquización de la red en la Hoja. Una zona de erosión más activa parece ser la cuenca baja del río Ubierna, ya que las 3 capturas identificadas en la Hoja existen en este área.

En la Bureba , la incisión de los ríos mediterráneos ha alcanzado los 140 m respecto de S_2 .

Los procesos morfogenéticos más activos en la actualidad en la Hoja de Burgos se orientan hacia una erosión progresiva sobre todo de los sedimentos terciarios blandos. Son fundamentalmente procesos fluviales y gravitaciones que tienden a ensanchar los valles fluviales y a rebajar los relieves existentes. En las sierras de Ubierna y Atapuerca, la mayor resistencia a la erosión de los materiales calcáreos supondrá un acentuamiento de sus relieves, así como una exhumación generalizada del sustrato mesozoico.

Al norte de la Sierra de Ubierna , en la Hoja de Montorio, la exhumación será más rápida, desapareciendo la cuenca «paleobureba» (red atlántica) a expensas de la depresión «neobureba» (red mediterránea). El río Ubierna sufrirá una decapitación al norte de la

Sierra del mismo nombre, y quedará como garganta no funcional, similar a otras actuales más orientales.

Las tendencias futuras a largo plazo parecen indicar, por tanto, un vaciado progresivo de la Cuenca del Duero y la creación de un paisaje de formas suaves y bajo relieve, en el que las vegas de los ríos irán adquiriendo mayor anchura conforme se acerque la época en que su nivel de base deje de descender y se haya aproximado al del Atlántico, tendiendo a formarse finalmente una nueva superficie de erosión-depósito por coalescencia de todas las vegas.

El cuadro futurista descrito es válido para toda la Cuenca del Duero, y sobre todo para sus partes centrales. Pero en el ámbito de la Hoja, habrá antes un drástico cambio de paisaje debido a la previsible expansión de la cuenca «neobureba» entre las Sierras de Ubierna y la de Atapuerca (y/o Demanda), capturando en primer lugar las cabeceras de los ríos Vena y, luego, Arlanzón, y, posteriormente, prosiguiendo hacia el SO.

En realidad esto implica que cuando se alcance el nivel de madurez y la elaboración de la nueva superficie mencionados anteriormente, una parte de la actual Cuenca del Duero (una parte importante de la provincia de Burgos) haya pasado a ser del Ebro.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La Historia Geológica deducible en la Hoja comienza en el Cretácico inferior. No obstante, para la descripción de este capítulo y según datos de Hojas próximas y bibliografía regional, situaremos el punto de partida en el comienzo del Mesozoico, tras la actuación de la Orogenia Hercínica.

Los relieves formados a causa de la actuación de la Orogenia Hercínica habían sufrido un desmantelamiento, originando depósitos en zonas deprimidas, representados por los conglomerados y areniscas rojas continentales de la Facies Buntsandstein de la base del Triásico. Progresivamente se pasa a una etapa de subsidencia generalizada con sedimentación expansiva, todo ello en relación con la distensión que adelgaza y estira la corteza. A través de las fracturas se produce la emisión de magmatismo básico (etapa que viene representada por la facies Keuper y sus ofitas). Los sedimentos se depositaron en extensas llanuras litorales con desarrollo de lagunas efímeras salinas (sebkjas litorales) y sedimentación evaporítica.

El estiramiento regional se hizo todavía más importante, pasándose a un modelo definitivo de subsidencia generalizada, durante el Jurásico, donde se reconocen una serie de discontinuidades que conforman tres grandes secuencias deposicionales (en el Lías, Dogger y Malm) de plataforma marina carbonatada-margosa, con surcos y umbrales (para algunos autores, efecto de la halocinesis prematura y diferencial del Keuper infrayacente).

Antes de finalizar el Malm se produce una reactivación tectónica (primeras fases neokiméricas) que da lugar a una retirada del mar y al inicio de la sedimentación continental (lacustre-fluvial) del Purbeck-Weald en grandes cuencas muy subsidentes, controladas por la actuación de fracturas de desgarre del sistema de la Falla de Ventaniella, que conformarían cuencas de tipo *pull - apart*. El origen de esta tectónica parece ser la apertura oceánica del Golfo de Vizcaya, próximo.

La Facies Purbeck produce la colmatación de dichas cuencas. Posteriormente, la actuación tectónica debe terminar por levantar la Meseta Castellana y el Macizo Asturiano, cuya activa erosión origina la Facies Weald, fluvial y discordante. Esto motivó el desplazamiento hacia el oeste del borde de la cuenca de sedimentación wealdense, por lo que estas facies son extensivas sobre el borde oriental del Macizo Asturiano.

Durante el Albiense se produce un rejuvenecimiento de los macizos emergidos (Fase Aústrica), depositándose en el interior de la cuenca una importante serie terrígena (areniscas, microconglomerados y arcillas), en una amplia zona baja, de tipo marisma, con desarrollo de ríos, canales y llanuras aluviales.

Durante el Cretácico superior, el régimen deposicional vuelve a ser marino, de plataforma, en toda el área estudiada, pudiéndose diferenciar tres ciclos evolutivos o secuencias deposicionales (Cenomaniense transgresivo, Cenomaniense superior-Turonense transgresivo-regresivo y Senoniense, regresivo).

A continuación acaece la Fase Larámica (Orogenia Alpina p.d.) que emerge y pliega los materiales cretácicos, iniciándose la configuración de la futuras Cuencas del Duero y Bureba.

La Cuenca del Duero consolida su configuración a fines del Eoceno y comienzos del Oligoceno como consecuencia de la Fase Pirenaica, con posibles removilizaciones de las fracturas tardihercínicas. Es muy probable que existieran numerosas subcuencas independientes separadas por umbrales, que puedan haber evolucionado de forma algo diferente. De todas formas es ésta una época poco conocida para la Cuenca del Duero en general, y nuestra zona en particular. Ello por la falta de afloramientos y por que en parte de la Cuenca del Ebro hay Paleógeno marino y no en el Duero, y nuestra zona está en la conexión entre ambas.

Los relieves recién creados por las fases pirenaicas empiezan a erosionarse, rellenando las subcuencas mediante un mecanismo de abanicos aluviales durante el Paleógeno y principios del Neógeno en un clima intertropical húmedo. De forma amplia, y a falta de una datación cronológica precisa, se podrían hacer corresponder a esta época los depósitos conglomeráticos (11) de borde de la Sierra de Ubierna.

Después comienzan a depositarse los sedimentos neógenos. No existen criterios suficientes para definir con precisión el límite Paleógeno-Neógeno en la mayor parte de la Cuenca del Duero, pero algunos autores establecen, en zonas de borde, discordancias entre formaciones que se podrían corresponder con este límite. Dentro del contexto de la Hoja de Burgos, en las facies marginales terciarias adosadas a la Sierra de Ubierna no ha sido posible por el momento establecer esta distinción de una forma precisa.

La sedimentación continental neógena se detiene aproximadamente en el límite Mioceno inferior-medio en La Bureba, pero prosigue en el Duero.

Recordaremos que en el Mioceno del Duero se han diferenciado cuatro grandes unidades que se han denominado 1) Facies Dueñas, 2) Facies Tierra de Campos, 3) Facies Cuestas y Calizas del Páramo inferior o Calizas «terminales» de Cuestas, y 4) Páramo superior.

La primera unidad, común a las Cuencas del Duero y Bureba, es lacustre y probablemente contemporánea con una peneplanización del borde mesozoico.

La segunda unidad se corresponde con una reactivación importante de los bordes de la Cuenca. Se han depositado mediante abanicos aluviales cuyas facies distales ocupan gran parte de la Cuenca procediendo del O y S, y en menor medida del N, en el ámbito de la Hoja.

Después comienza a depositarse la tercera Unidad (Facies Cuestas), a partir del Astaraciense alto y hasta el Vallesiense, con ámbitos de *playa-lake* más o menos salinas y etapas generalizadas de ambientes lacustres y facies de ciénaga en la base, que muy probablemente coincide con una etapa de aridez que facilita la creación de caliches y silicificaciones.

Hacia techo se realiza el tránsito a la tercera Unidad, Calizas del Páramo, en donde se generaliza el ambiente lacustre, que evoluciona a facies carbonatadas con carácter expansivo en el Vallesiense más alto.

A continuación, el inicio del tercer ciclo sedimentario o cuarta unidad (Páramo superior, en zonas más centrales de la Cuenca del Duero) viene marcado por una ruptura sedimentaria, procesos kársticos y la instalación de un pequeño sistema fluvial que quizá corresponda con una ligera elevación de alguna zona del borde de la Cuenca, de localización aún no bien precisada. Pero enseguida se vuelve a generalizar el ambiente lacustre (facies carbonatadas, con carácter expansivo, del Páramo superior) en el Turoliense (Mioceno terminar)-Plioceno.

Con la finalización del depósito de las Calizas del Páramo superior se acepta termina el relleno endorreico de la Cuenca del Duero. Para esta época, la erosión del borde Mesozoico de la Hoja habría llegado a su grado máximo, habiéndose desarrollado sobre él una extensa superficie de erosión que enrasaba con la superficie calcárea del Páramo. Aproximadamente en el Plioceno, la red atlántica, con más bajo nivel de base, contacta con la Cuenca del Duero, iniciando su vaciado erosivo (ver también apartado de Geomorfología).

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

5.1.1.1. Aspectos generales e historia minera

Las manifestaciones de minerales metálicos y no metálicos en la Hoja estudiada, consistentes en cinco indicios mineros de hematites (Cuadro nº2), se sitúan en los materiales mesozoicos que afloran en la zona SE de la Hoja.

Los indicios de mineral de hierro se concentran en el distrito de Atapuerca. Están todos inactivos en la actualidad, pero fueron objeto de una explotación de cierta importancia en la primera mitad del siglo. Las labores se desarrollan principalmente por medio de bocaminas, concentrándose en dos puntos la explotación. En los últimos años se realizó una explotación a cielo abierto de una zona de bonanza, terminando la actividad minera en 1972.

El mineral, hematites y oligisto, era trasladado en camión hasta Villafría, desde donde se transportaba por ferrocarril a Bilbao.

5.1.1.2. Tipo de mineralización

La mineralización existente en el área de Atapuerca, consiste en un yacimiento de hematites grises que se presenta en bolsadas irregulares de morfología masiva. Encaja en los niveles arenosos de las facies Utrillas, aunque las calizas cretácicas suprayacentes presentan también una fuerte impregnación de mineral de hierro, en forma de vetillas y brechas del tipo de hidrofracturación.

La mineralización parece estar relacionada con la fractura de orientación NO-SE y buzamiento al sur que atraviesa la zona, produciendo una repetición del afloramiento de Utrillas. Todos los indicios y afloramientos de mineral están alineados a ambos lados de esta fractura, que posiblemente haya sido la vía de acceso para los fluidos mineralizadores que produjeron la impregnación de los niveles de arena de Utrillas y de las calizas cretácicas.

5.1.2. Rocas industriales

5.1.2.1. Aspectos generales e históricos

En la Hoja estudiada han sido objeto de explotación cinco tipos distintos de rocas industriales: arenas silíceas, calizas para áridos, áridos naturales, margas yesíferas y arcilla común (Cuadro nº 3).

En cuanto a las arenas silíceas, se han localizado dos pequeños indicios inactivos y una explotación activa de importancia media. Se trata de una explotación a cielo abierto, sita en la zona de Robredo-Temiño, que ha comenzado su actividad recientemente. Aprovecha los niveles arenosos de las Facies Utrillas y dispone de una planta de tratamiento donde se efectúa el lavado y clasificación de las arenas.

MINERALES METALICOS

N.º	Coordenadas U.T.M.	Sustancia	T. Municipal	Morfología	Mineralogía	Observaciones
1	454,05-4693,15	Fe	Rubena (BU)	Relleno kárstico	Hematites	Labor reconocimiento
2	454,50-4693,10	Fe	Atapuerca (BU)	Relleno kárstico	Hematites	Labor reconocimiento
3	454,85-4693,20	Fe	Atapuerca (BU)	Relleno kárstico	Hematites	Explotación abandonada
4	455,25-4693,17	Fe	Atapuerca (BU)	Relleno kárstico	Hematites	Explotación abandonada
5	455,25-4693,17	Fe	Atapuerca (BU)	Relleno kárstico	Hematites	Explotación abandonada

ROCAS INDUSTRIALES

N.º	N.º Mapa de Rocas Industriales	Coordenadas U.T.M.	Sustancia	T. Municipal	Observaciones
6	—	452,70-4704,35	Arenas silíceas	Robredo-Temiño (BU)	Explotación activa
7	—	453,50-4703,40	Arenas silíceas	Temiño (BU)	Explotación abandonada
8	—	446,90-4704,85	Arenas silíceas	Peñahorada (BU)	Explotación abandonada
9	145	454,60-4693,60	Caliza	Bubena (BU)	Aridos machaqueo (activa)
10	—	455,60-4693,30	Arenas y gravas	Atapuerca (BU)	Aridos naturales (activa)
11	146	455,85-4693,30	Arenas y gravas	Atapuerca (BU)	Aridos naturales (activa)
12	—	456,10-4693,25	Arenas y gravas	Atapuerca (BU)	Aridos naturales (activa)
13	—	454,80-4652,50	Caliza	Atapuerca (BU)	Aridos machaqueo (activa)
14	127	445,80-4730,00	Caliza	Merindad del río Ubierna (BU)	Aridos machaqueo (activa)
15	124	446,05-4704,55	Caliza	Peñahorada (BU)	Aridos y balasto (activa)
16	130	456,30-4703	Caliza	Temiño (BU)	Aridos (inactiva)
17	183	456,85-4690,25	Caliza	Cardeluela-Riopico (BU)	Aridos (inactiva)
18	147	430,85-4692,10	Margas yesíferas	Las Quintanillas (BU)	Yeso (inactiva)
19	140	443,35-4694,20	Margas yesíferas	Villarmero (BU)	Yeso (inactiva)
20	141	443,30-4694,20	Margas yesíferas	Villarmero (BU)	Yeso (inactiva)
21	150	443,10-4692,30	Margas yesíferas	Villatoro (BU)	Yeso (inactiva)
22	153	441,55-4690,25	Arcilla	Burgos (BU)	Ladrillería (inactiva)
23	161	442,85-4690,35	Arcilla	Burgos (BU)	Ladrillería (inactiva)
24	155	442,55-4690,00	Arcilla	Burgos (BU)	Ladrillería (inactiva)
25	142	447,50-4694,30	Arcilla	Villayermo-Morquillas (BU)	Ladrillería (inactiva)
26	166	446,40-4688,20	Arenas y grava	Burgos (BU)	Aridos naturales (inactiva)
27	167	447,90-4687,90	Arenas y grava	Castañares (BU)	Aridos naturales (inactiva)

Las explotaciones de mayor entidad son las que aprovechan calizas para áridos, existiendo tres de ellas activas en la actualidad, explotando todas ellas calizas del Cretácico superior.

Las arenas y gravas del «Utrillas» se explotan activamente en la zona de Atapuerca, donde se localizan las tres explotaciones existentes. Así mismo en el aluvial del río Arlanzón existieron dos explotaciones de áridos, actualmente inactivas.

Las otras dos sustancias no se explotan en la actualidad, pero fueron objeto de una importante laboreo en el pasado.

Así en las proximidades de Burgos, se han explotado arcillas arenosas para ladrillería, en niveles del Mioceno.

Igualmente del Mioceno fueron objeto de explotación, algunos niveles de margas yesíferas, aprovechadas para la fabricación de yeso.

5.1.2.2. Descripción de los materiales

a) Arenas silíceas

Los indicios de este mineral están diseminados a lo largo de la corrida de Facies de Utrillas que aflora en el NE de la Hoja de estudio.

Dentro del paquete de materiales de esta facies se encuentran niveles lentejonares de potencia y extensión muy variables en los que las arenas silíceas se presentan con una gran blancura y pureza elevada. Alternan con niveles también detríticos, pero en los que el contenido en materiales pelíticos aumenta y en los que la fracción arenosa presenta coloraciones causadas por la presencia de impurezas (óxidos de hierro, titanio y manganeso).

Dado el origen de esta formación, ligada a la dinámica fluvial, la distribución espacial y morfológica de los niveles productivos es muy irregular, variando mucho tanto su potencia y extensión como la composición mineralógica y química de los mismos.

b) Calizas

Se explotan los niveles carbonatados del Cretácico superior, especialmente los paquetes de calizas y dolomías del Turoniense superior y las calizas del Santoniense superior.

Son tres las explotaciones actualmente activas, todas de gran tamaño y fuerte actividad. Dos de ellas se localizan en la zona de Rubena, cerca de Burgos, y la otra en Merindad de Río Ubierna. En todas ellas el producto obtenido son áridos de machaqueo.

c) Arenas y gravas

En la zona de Atapuerca existen tres canteras que explotan las arenas y gravas de la Facies Utrillas, para su utilización como áridos naturales.

Aunque las tres son de tamaño considerable, actualmente la actividad se concentra principalmente en una de ellas, donde está instalada una planta de lavado y clasificación.

El aluvial del río Arlanzón fue objeto de explotación en el pasado, en una zona situada al E de Burgos. Se extrajeron arenas y gravas de la llanura de inundación para su uso como áridos naturales. Actualmente están inactivas las dos explotaciones existentes.

d) Margas yesíferas

En el pasado se han aprovechado diversos niveles del Mioceno para la obtención de margas yesíferas. Las labores, todas ellas de pequeña entidad y actualmente inactivas, se localizan principalmente en los niveles yesíferos de la Facies Cuestas y, en menor escala, en los de la Facies Dueñas.

En todos los casos el objeto de la explotación era alimentar una industria artesanal de fabricación de yeso, actualmente desaparecida.

e) Arcillas

Se trata de arcillas arenosas, utilizadas para la fabricación de ladrillería. Aunque en la actualidad no existe ninguna explotación activa, en otros tiempos hubo una intensa actividad extractora, como lo demuestran los huecos existentes, algunos de dimensiones importantes.

Los niveles objeto de explotación corresponden todos a la Facies Tierra de Campos

5.2. HIDROGEOLOGIA

Como ha sido indicado anteriormente, la Hoja de Burgos se sitúa íntegramente dentro de la Cuenca Hidrográfica del Duero, en su sector NE, próxima al límite con la Cuenca del Ebro. El clima predominante es de tipo Mediterráneo templado, con unas temperaturas medias anuales de 10°C y una precipitación media anual de 600 mm para el período 1940-85.

La red hidrográfica está compuesta por los ríos Arlanzón, Urbel y Ubierna, siendo el primero de ellos el más importante, al cual vierten sus aguas tanto el Urbel como el Ubierna, los cuales a su vez recogen las aguas de numerosos arroyos y pequeños ríos, generalmente de carácter temporal.

En la zonificación establecida en el Plan Hidrológico del Duero, la Hoja de Burgos se encuadra dentro de la denominada Zona Hidrológica II (ver Fig. nº 7) (Pisuerga) y abarca parte de la subcuenca nº 14 (Río Arlanzón) concretamente, de la subcuenca nº 14-3 (Subcuenca C-14) cuyas aportaciones para el período 1940-85, en una media anual de 351 Hm³.

Las demandas de agua para el conjunto de la subcuenca nº 14 (para el año 1988) se estiman en unos 23 Hm³/año para usos urbanos, y unos 40,5 Hm³/año para regadíos. De estos últimos, más de 40 Hm³/año se satisfacen con aguas de procedencia superficial.

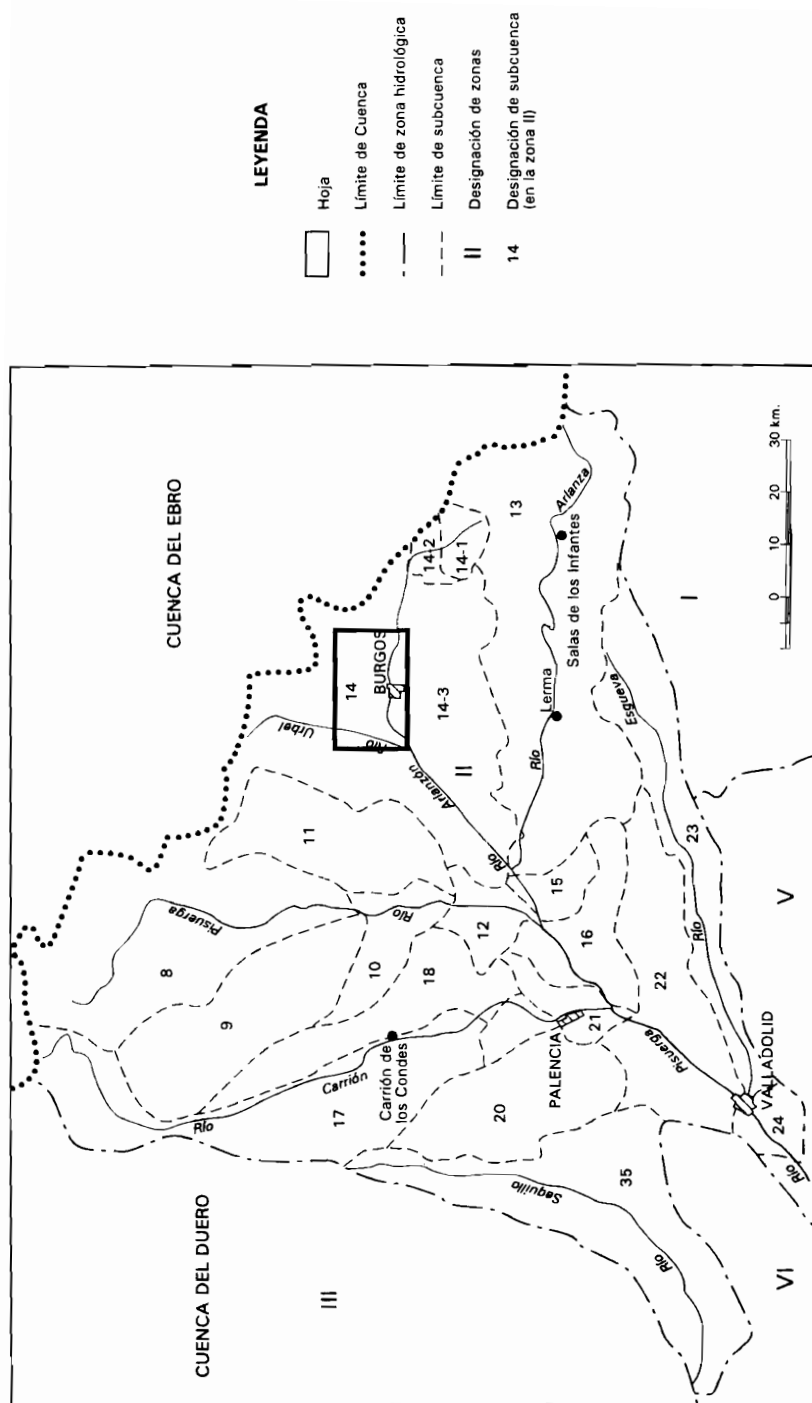


Fig. 7.- Zonación hidrológica (Datos del P.H.D.).

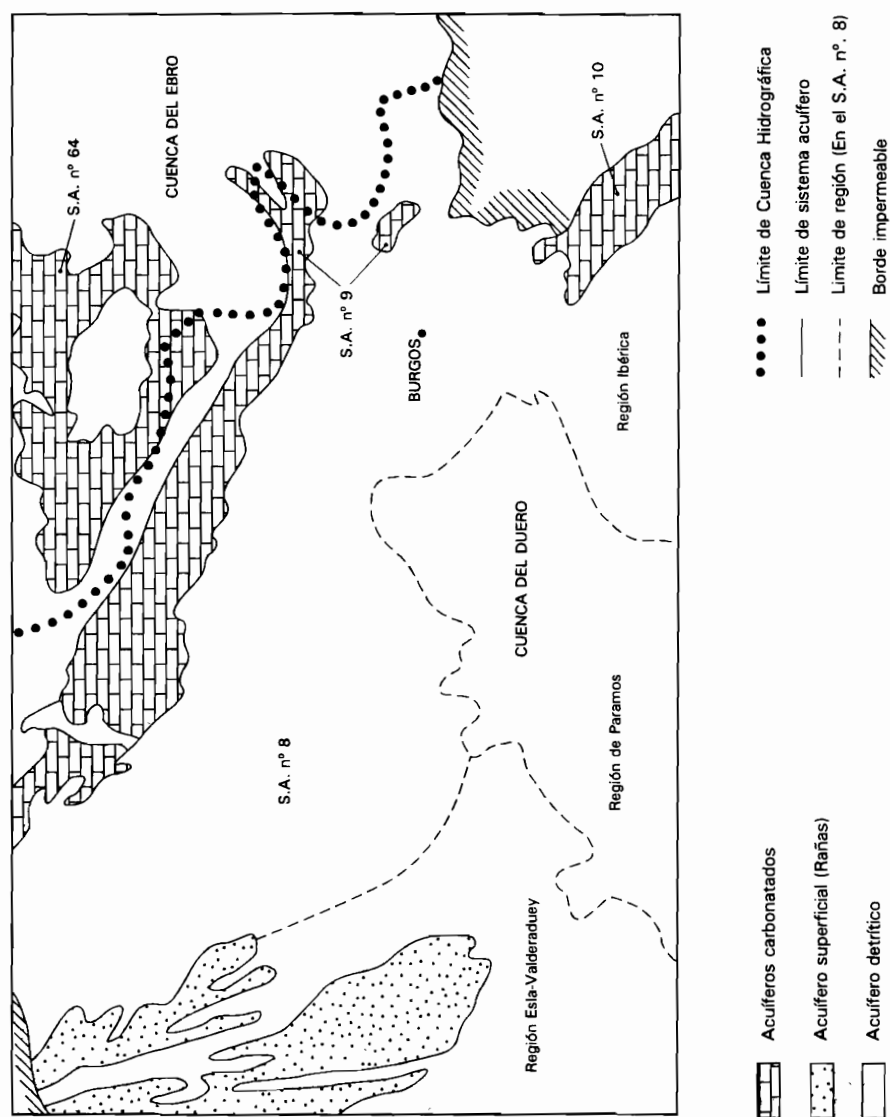


Fig. 8.- Esquema de distribución de sistemas acuíferos.

La calidad química de las aguas superficiales resulta excelente para las aguas del río Arlanzón hasta su entrada en la capital de Burgos, a partir de la cual las aguas, río abajo, son de calidad inadmisibles, debido a los vertidos urbanos e industriales de dicha ciudad.

Hidrogeológicamente la hoja de Burgos participa de dos sistemas acuíferos, según la clasificación de ITGE (Ver Fig. nº 8): al N, se localiza la denominada Unidad Kárstica del Norte de Burgos perteneciente al Sistema Acuífero nº 9 (Unidad Kárstica del Norte de León-Palencia-Burgos), que está constituida por calizas, calizas arenosas y dolomías del Cretácico. El resto de la Hoja pertenece al Sistema Acuífero nº 8 (Terciario Detrítico Central del Duero) y dentro de éste, a las Regiones de la Ibérica (en su mayor parte) y de los Páramos (al SO); estas regiones están litológicamente constituidas por materiales detríticos (arcillas y arcillas arenosas con niveles lenticulares de arenas, margas...) y materiales de carácter evaporítico y químico (yesos y calizas) pertenecientes al Terciario. Los depósitos cuaternarios presentes en la Hoja, fundamentalmente gravas, arenas y limos (aluviales y terrazas) constituyen acuíferos de carácter local, estando en su mayoría conectados hidráulicamente a los ríos.

En los terrenos cretácicos los niveles acuíferos se localizan principalmente en las calizas y dolomías del Turonense superior al Santoniense, que se agrupan en tres subunidades: las denominadas de Villaverde-Peñahorada, la de Rioseras y la de Atapuerca. Los materiales acuíferos que las conforman son permeables por fisuración y karstificación, presentando unas transmisividades superiores a los 1.000 m²/día. La recarga se efectúa a partir de la infiltración de la precipitación y su descarga se realiza por manantiales (de 1-15 l/s) y ríos (Ubierna, Rioseras, Aº de la Hoz). Las aguas presentan una facies química de tipo biocarbonatado cálcico siendo perfectamente aptas para cualquier uso.

No existe apenas explotación de estos acuíferos; únicamente se encuentran captados algunos manantiales para abastecimiento de pequeñas poblaciones. Asimismo existen varios sondeos emboquillados en Terciario que profundizan hasta 300 m y que captan materiales cretácicos, dando unos caudales entre 120 y 140 l/s. Dichos sondeos se utilizan para abastecimiento.

El resto de los materiales presentes en la Hoja corresponden a las litologías terciarias (Tierra de Campos, Cuestas, Dueñas, Páramo...) que conforman el sistema Acuífero nº8. Son fundamentalmente arcillas y margas con niveles arenosos intercalados y niveles de calizas y margocalizas.

El interés hidrogeológico de este sistema acuífero reside en los niveles arenosos dispersos en la matriz arcillo-arenosa. Asimismo cabe considerar el interés local que pueden presentar los niveles calcáreos en aquellas zonas donde la potencia y el grado de karstificación que presenten, permita considerarlos como acuíferos, que en la mayoría de los casos responderán a un funcionamiento de tipo *trop lein* o acuífero colgado.

La recarga del acuífero se produce por infiltración directa de lluvia y probablemente existan entradas laterales subterráneas desde el S.A. nº 9. El flujo profundo adopta una dirección general hacia el SO, hacia la Región de Los Páramos, al que cede agua lateralmente.

En general, las características hidráulicas conocidas del conjunto terciario son bastante limitadas. Los sondeos inventariados en la hoja presentan entre 43 y 340 m de profundidad, sin que los caudales lleguen a superar los 5 l/s.

Los materiales cuaternarios (aluviales y terrazas) vienen siendo explotados tradicionalmente por pozos de gran diámetro y escasa profundidad, utilizándose fundamentalmente para regadíos de escasa importancia.

En cuanto a la calidad química de las aguas subterráneas no existen apenas datos de análisis químicos, y sólo hay un punto de la Red de Vigilancia de Calidad del ITGE cuyas aguas se clasifican como sulfatadas-cloruradas-sódicas.

Estudios regionales realizados en la Cuenca, atribuyen una facies de tipo bicarbonatada cálcico-magnésica en el resto de la hoja, tanto más acusada en las proximidades del borde de los materiales mesozóicos.

5.3. GEOTECNIA

5.3.1. Introducción

A continuación se exponen de forma sintética y general, las características geotécnicas de los terrenos que constituyen la Hoja de Burgos. Como documentación complementaria se presenta un informe y plano geotécnico a Escala 1:100.000.

Los datos que se han utilizado para establecer dicha caracterización geotécnica proceden tanto de información bibliográfica existente, como del análisis de los datos obtenidos en campo sobre afloramientos y excavaciones realizadas en la superficie de la Hoja.

La metodología seguida ha sido la de dividir la superficie de la Hoja en áreas de comportamiento geotécnico diferente y posteriormente cada área en zonas.

El criterio utilizado para la división en zonas ha sido fundamentalmente geológico, es decir, se han agrupado las unidades con igual o parecida similitud en los aspectos litológico, estructural, morfológico e hidrogeológico, ya que estos aspectos son los que, en general, analizados conjuntamente, dan a cada zona un comportamiento geotécnico frente a las obras que puedan realizarse en ellas (excavaciones a cielo abierto, rellenos, cimentaciones y obras subterráneas), así como una cierta vulnerabilidad frente al riesgo geológico (deslizamiento e inundación).

En la Hoja de Burgos se han distinguido tres áreas (I, II y III) y ocho zonas (1,2,3,4,5,6,7,8) que corresponden a las siguientes unidades cartográficas del Mapa Geológico.

Area	Zonas	Unidades Cartográficas
I	Zona 1	2,4,5,6,7,9
	Zona 2	1,3,6,8,10
II	Zona 3	11
	Zona 4	12,13,21,22,23
	Zona 5	16,17,18,19
	Zona 6	14,20,24
III	Zona 7	25,26,27,28,29,30,31
	Zona 8	32,33

5.3.2. Características geotécnicas

En la Hoja de Burgos se distinguen claramente tres áreas geotécnicas bien definidas, el Area I constituida por depósitos cretácicos, el Area II, constituida por depósitos terciarios y el Area III por cuaternarios.

AREA I

Zona I

Litología. Los materiales están constituidos por arena, gravas, conglomerados y arcillas rojas en la base.

Pendientes de taludes naturales. Varía entre media a suave, no sobrepasando los 45°.

Permeabilidad y drenaje. Se consideran permeable o semipermeables, drenando por infiltración y escorrentía.

Ripabilidad. En superficie, se consideran de fácil ripabilidad, aunque existen zonas, areniscas y conglomerados, que pueden presentar dificultad para el ripado.

Riesgo geológico. Es el de la erosión superficial.

Materiales de préstamo. Las arenas y gravas pueden ser utilizadas para áridos y rellenos.

Zona 2

Litología. Los materiales están constituidos por calizas, margocalizas, calizas arcillosas, dolomías y calcarenitas.

Pendientes y taludes naturales. A esta zona corresponden los taludes más verticales, pudiendo llegar a dar escarpes de hasta 100 metros.

Permeabilidad y drenaje. Se consideran permeables, drenan por infiltración.

Ripabilidad. Son no ripables, siendo necesario utilizar explosivos para su excavación.

Riesgo geológico. De desprendimiento de bloques en taludes escarpados.

Materiales de préstamos. Pueden ser utilizados como materiales para áridos de hormigones y como materiales de escollera.

AREA III

Zona 3

Litología. Los materiales correspondientes están constituidos por conglomerados calcáreos, y se sitúan en los bordes de la Cordillera Cantábrica e Ibérica, cuadrantes noreste y sureste.

Pendientes y taludes naturales. En esta zona no sobrepasan los 30°.

Permeabilidad y drenaje. Se consideran permeables, drenando por infiltración.

Ripabilidad. Puede ser dificultosa, siendo previsible, en ocasiones, el uso de explosivos.

Zona 4

Litología. Los materiales están constituidos por alteraciones de margas, yesos , margocalizas y arcillas.

Pendientes y taludes naturales. Son muy suaves, salvo en aquellos casos en los que la alternancia de yesos y margas se superponen a margas o arcillas y en estos casos, debido a la erosión diferencias, pueden dar pequeños escarpes.

Permeabilidad y Drenaje. Aunque, en principio, son impermeables, los yesos pueden presentar problemas de disolución, dando lugar a cavidades de disolución. Drenando por escorrentía.

Ripabilidad. Son ripables.

Riesgo geológico. Hundimientos producidos por cavidades de disolución y agresividad a hormigones.

Zona 5

Litología. Los materiales están constituidos por arenas, limos, arcillas y conglomerados.

Pendientes de taludes naturales. Varía entre media y suave no rebasando los 35-45°.

Permeabilidad y drenaje. Se consideran impermeables a semipermeables, drenando por infiltración y escorrentia.

Ripabilidad. Son ripables, aunque algunos niveles de conglomerados pueden que ofrezcan resistencia a la ripabilidad.

Riesgo geológico. Es la erosión.

Zona 6

Litología. Los materiales están constituidos por calizas y margocalizas.

Pendientes de taludes naturales. Suelen dar escarpes prácticamente verticales, sobre todo cuando se superponen a materiales arcillosos o margosos.

Permeabilidad y drenaje. Se consideran permeables, drenando por infiltración.

Ripabilidad. Son no ripables.

Riesgo geológico. Desprendimiento de bloques en los bordes de las mesas de los páramos.

Materiales de préstamos. Pueden ser utilizados como áridos para hormigones.

Zona 7 y 8

Estas dos zonas se describen juntas dada la similitud de características comunes.

Litología. Los materiales están constituidos por gravas, arenas, cantos poligénicos, limos y arcillas.

Pendientes de taludes naturales. Son horizontales.

Permeabilidad y drenaje. Son muy permeables, drenando por infiltración.

Ripabilidad. Son ripables.

Riesgo geológico. Inundaciones y socavaciones en estructuras situadas en los cauces de los ríos.

Materiales de préstamo. Las arenas y gravas pueden ser utilizadas como áridos.

6 PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO

En la Hoja de Burgos se han inventariado y catalogado dieciseis puntos de Interés Geológico (P.I.G.), habiéndose seleccionado y desarrollado únicamente dos de ellos.

En general no presentan grandes problemas de protección si se exceptúa el punto «Secuencia de «Point-Bar» en Granjas las Mijaradas» que se está utilizando como vertedero de un taller de marmolería. También debe mantenerse la lógica discreción con los yacimientos paleontológicos.

La relación de puntos inventariados es la siguiente:

Ofitas de Arroyo de Villaverde.

Sucesión Cretácica de Peñahorada.

Garganta del río de la Hoz.

Páramo de Celada de la Torre.

Secuencia de «Point-bar» en Granja Las Mijaradas.

Cretácico de la Sierra de Atapuerca.

Silicificaciones en la caliza de Villaval.

Minas de hierro de Olmos de Atapuerca.

Yacimiento antropológico de la Sierra de Atapuerca.

Formaciones salinas de las Facies de las Cuestas.

Sección completa del Mioceno medio-superior en Santibañez.

Yesos de Facies Dueñas.

Captura Hidrográfica en Villatoro

Conglomerados de Ubierna.

Yacimientos de vertebrados de Cuesta del Rey.

Superficie del Páramo en las Celadas.

Los puntos seleccionados reflejan en general con bastante exactitud las características Geológicas y Geomorfológicas de la Hoja y en proporciones en principio bastante correctas dado que como interés principal se han seleccionado:

Geomorfológicos	25%
Estratigráficos	25%
Paleontológicos	14%
Sedimentológicos	18,8%
Petrológicos	6%
Mineros	6%
Hidrogeológicos	6%

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

INTERES PRINCIPAL	DENOMINACION DEL PUNTO
Geomorfológico	Garganta del río de la Hoz. Cretácico de la Sierra de Atapuerca. Captura Hidrográfica en Villatoro. Superficie del Páramo en las Celadas.
Estratigráfico	Formaciones salinas de las Facies de las Cuestas. Sección completa del Mioceno medio-superior en Santibañez. Yesos de Facies Dueñas. Conglomerados de Ubierna.
Sedimentológico	Sucesión Cretácica de Peñahorada. Secuencia de «Point-bar» en Granjas Las Mijaradas Silicificaciones en la caliza de Villalval.
Paleontológico	Yacimiento Antropológico de la Sierra de Atapuerca. Yacimientos de vertebrados de Cuesta del Rey.

INTERES PRINCIPAL	DENOMINACION DEL PUNTO
Petrológico	Ofitas de Arroyo de Villaverde.
Minero	Minas de hierro de Olmos de Atapuerca.
Hidroeológico	Páramo de Celada de la Torre.

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

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

7. BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION

- AEROSERVICE LTD (1967). Mapa Geológico de la Cuenca del Duero. Escala 1:250.000. *Instituto Nacional de Colonización e Instituto Geológico y Minero de España*.
- AGUILAR, M.J. (1975). Sedimentología y paleografía del Albense de la Cuenca Cantábrica. *Estudios Geológicos*, V.XXXI. 1-213.
- AGUIRRE, E., CARBONELL, E., y BERMUDEZ DE CASTRO (Edit.) (1987). El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca I. *Junta de Castilla y León*: pp. 439.
- AGUIRRE, E.; DIAZ MOLINA, M. y PEREZ GONZALEZ, A. (1976). Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central Española. *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 6: 7-29. I.L.M. C.S.I.C.
- ALLEN, P (1955). Age of the Wealden in Northwestern Europe. *Geología. Magazine*, 92: 265-281. Helford.
- ALMELA, A.; RIOS, J.M.; y GARRIDO, J. (1945). «Estudio de parte de las provincias de Burgos, Alava, Vizcaya y Santander». *Bol. Inst. Geol. Min. de España*, 5 (58): 45-228.
- ALONSO GAVILAN, G., ARMENTEROS ARMENTEROS, I., DABRIO GONZALEZ, C.J. y MEDIAVILLA LOPEZ, R.M. (1987).- Depósitos lacustres terciarios de la cuenca del Duero (España). *Studia Geológica Salmanticensia*, XXIV: 3-47.
- ALFONSO GAVILAN, G., ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A., DABRIO, C.; JIMENEZ, E.; LOPEZ OLIVE, A.; DEL OLMO, P.; POL, C.; PORTERO, J.M. (1983): La depresión del Duero. *Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España*. IGME, 2:487-489.
- ALONSO-MILLAN, A.; FLOQUET, M.; MAS, J.R. y MELENDEZ, A. (1989). Origin and evolution of an epeiric carbonate platform upper Cretaceous. Spain. *XII. Congreso Español de Sedimentología. Simposios y Conferencias*: 21-31.
- ALVAREZ SIERRA, M. A.; GARCIA MORENO, E. y LOPEZ MARTINEZ, N. (1985). Biostratigraphy and paleoecological interpretation of Middle Upper Miocene successions in continental sediments of the Duero basin, Northern Spain. *Abstract VIII Congress of the RCMNS, Budapest, 1985*: 56-57.
- AMOT M.; FLOQUET M.; MATHEY, B., PASCAL, A.; RAT., P.; et SALOMON, J. (1982). Evolution de la marge Cantabrique et de son arrière-pays Iberique au Cretacé. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8: 37-63.
- ANTON PACHECO, C.; GARZON, G.; UBANELL, A. C.; VEGAS, R. y ROIZ, J. M. (1983). Evaluation of Mss Landsat Imagery Over Central Spain. *Adv. Space. Res.* 3, Tomo 0-3-2: 41-48.
- ARAGONES, E. (1978). Mapa Geológico de España a E 1:50.000. Memoria de la hoja 16-09 (Saldaña). IGME. Ministerio de Industria.

- ARAGONES, E. (1978). Informe sedimentológico sobre las hojas geológicas MAGNA de la transversal Norte-Sur de la Cuenca del Duero. IGME. Inédito.
- ARANZAZU J. M. (1877). Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara, *Bol. Com. Geol. de España*, IV: 39.
- ARCE, A. (1990). Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Edición (MAGNA). Hoja y Memoria de Sasamón (Nº 199). ITGE.
- ARMENTEROS, I. (1986). *Estratigrafía y sedimentología del Neógeno del sector suroriental de la Depresión del Duero*. Ed. de la Dip. de Salamanca. Serie Castilla y León. 470 pp.
- ARMENTEROS, I. y ALONSO GAVILAN, G. (1984). Génesis y evolución de los caliches miocenos del Sureste de la Depresión del Duero. *Estud. Geol.*, 40: 153-163.
- BATALLER, J. R. (1945). Bibliografía del Cretácico de España. *Est. Geol.* 1: 7-10.
- CALDERON, S. (1885). Norte Sur le Terrain Wealdien du Nord de L'Espagne. *Bull. Soc. Geol. France*, 14: 405-407.
- CAMARA, P. (1989). La Terminación Occidental de la Cuenca Vasco-cantábrica. *Libro Homenaje a Rafael Soler. Asoc. Geol. y Geof. Esp. Petróleo*: 27-35.
- CARBALLEIRA, J., POL. C. (1986). Características y Evolución de los Sedimentos Lacustres Miocenos de la Región de Tordesillas («Facies de las Cuestas») en el Sector Central de la Cuenca del Duero. *Studia Geológica Salmantica*, 22: 213-246.
- CAREZ, L. (1881). *Etude des terrains cretacés et tertiaires du Nord de L'Espagne*. Fac. Sciences Paris (Tesis Doctoral): 323 pp.
- CARRERAS, F. (1978). Mapa Geológico de España E 1:50.000. Memoria de la hoja 16-10 (Carrión de los Condes) IGME. Ministerio de Industria.
- CIRY, R. (1940). Etude geologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, León et Santander. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 74: 1-513.
- CIRY, R. (1951). L'Evolution paleogeographique de l'Espagne septentrionale au Cretace inferieur. *Inst. Geol. Min. de España Libro Jubilar*, 2: 19-36.
- CIRY, R. (1967). Etude paleogeographique et structurale de la región Basco-Cantabrique. *C.R. Soc. Geol. France*, 9: 391-394.
- COLMENERO, J. R.; MANSON, M.; GARCIA RAMOS, J. R. y VARGAS, L. (1982) Depósitos aluviales cíclicos en el Paleógeno del borde N. de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros, IGME*, 6 (1): 185-196.
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO (1988). Plan Hidrológico de la Cuenca del Duero. (Inédito).

- CORROCHANO, A.; FERNANDEZ, B. RECIO, C.; BLANCO, J. A.; y VALLADARES, I. (1986). Modelo sedimentario de los lagos neógenos de la Cuenca del Duero. *Studia Geológica Salmantica*, 22: 93-110.
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J.; y RIBA, O. (1966). Contribución al conocimiento de la Estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja. *Not. y Com. IGME*, 90: 53-76.
- D.G.P.A. (Dirección General de la Producción Agraria) (1977). Mapa de Cultivos y Aprovechamientos escala 1:50.000. Hoja nº 200 (Burgos).
- ENRESA (1989). Estudio de las Formaciones favorables de la Región del Duero (Proyecto E.R.A.). Inédito.
- EZQUERRA y DEL BAYO, J. (1837). Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España. *An. de Minas*, T. III.
- FEUILLE, P. (1967). Le Cenomanien des Pyrénées Basques aux Asturies; essai d'analyse Stratigraphique. *Men Soc. Geol. France. Nouvelle Serie*, 46, (108): 1-343.
- FEUILLE, P. y RAT, P. (1971). «Structures et paléogeographies Pyrénéo. Cantabriques». *Publ. Inst. Fr. du Pet., Col. coloc. y sem.*, núm. 22 (2) 1: 48.
- FLOQUET, M.; ALONSO, A. y MELENDEZ, A. (1982). *El Cretácico de España*. Univ. Complutense de Madrid: 387-453.
- FREYET, P. (1973). Petrography and paleoenvironment of continental carbonates with particular reference to the U. Cretaceous and L. Eocene of Languedoc. *Sedimentary Geology*, 10: 25-60.
- GARCIA DEL CURA, M. A. (1975). Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Terciario continental de la Cuenca del Duero (Zona Oriental). *Actas I Col. Int. Bioestr. Cont. Neóg. Sup. Cuat. Inf.*: 77-82.
- GARCIA DEL CURA, M. A. y ORDOÑEZ, D. S. (1982): Texturas y estructuras en calizas continentales: un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros*, 6 (1): 227-252.
- GARCIA MORENO, E. (1988). The Miocene rodent biostratigraphy of the Duero basin (Spain): a proposition for a new Aragonian/Vallesian limit. *Paleontologia i Evolució*, 22:103-112.
- GARCIA MONDEJAR, J. (1982). Tectónica sinsedimentaria en el Aptiense y Albiense de la Región Vasco-cantábrica Occidental. *Cuad. Geol. Iber.*, 8: 23-36.
- GARCIA MONDEJAR, J. y PUJALTE, V. (1987). El Jurásico superior y Cretácico inferior de la Región Vasco-cantábrica. (Parte Occidental). *Libro «Guía Jornadas del Campo*, 9-

12 Septiembre. Grupo Español del Mesozoico. P.I.G.C. Mid Cretaceous Events. Dpto. Geología, Bilbao, 133 pp.

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

GARCIA RAMOS, J. C.; MANJON, M.; COLMENERO, J. R. (1982): Utilización de minerales pesados y espectros litológicos como ayuda en la identificación del área madre y en los diferentes sistemas de abanicos aluviales. Terciario del borde N de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros, IGME*, 6 (1): 293-304.

GARZON M. G.; PEDRAZA, J. y UBANELL, A. G. (1982). Los modelos evolutivos del relieve del Sistema Central Ibérico (Sectores de Gredos y Guadarrama). *Rev. Real Acad. Cienc. Exactas, Físicas y Naturales*, 76 (2): 475-496.

GLADFELTER, B. G. (1971). *Meseta and Campiña Landforms in central Spain., A. geomorphology of the Alto Henares Basin*. The University of Chicago. Dep. of. Geography, 139: 1-204.

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

GRACIA, F. J., GUTIERREZ, M. y LERANOZ, B. (1988): Las superficies de erosión neógenas en el sector central de la cordillera Ibérica. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, (1-2): 135-142.

GRACIA PRIETO, J. F.; NOZAL MARTIN, F.; PINEDA VELASCO, A. y WOUTERS DE VRIERS, P. F. (1990). Superficies de erosión y neotectónica en el borde NE de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7: 3840.

HERAIL, G (1984). *Geomorphologie et géologie de l'or detritique. Piémonts et bassins intramontagneux du Nord-Ouest de L'Espagne*. Ed. du CNRS. 506 p. Toulouse.

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

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

HERNANDEZ-PACHECO, E. (1932). Síntesis fisiográfica y geológica de España. *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., Sec. Geol.*, 38 (1): 5-258 y 38 (2): 259-584.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1930). Fisiografía, Geología y Paleontología del Territorio de Valladolid. *Com. Invest. Paleont. y Prehist. Mem.*, 37: 5-205.

- HERNANDEZ PACHECO, F. (1932). Las terrazas cuaternarias del Duero en su tramo medio. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 32: 479-487.
- IGME (1970). Mapa Geológico de España a E 1:200.000, 1º serie. Burgos (nº 20). Ministerio de Industria.
- IGME. (1981). Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12. Colección Informe IGME.
- IGME (1982). Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero. Primer Informe. Colección Informe IGME.
- IGME (1987). Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero. Colección Informe. 2º Informe.
- IGME (1973). Mapa Metalogénico de España a E.: 1.200.000. Burgos (nº 20). Ministerio de Industria.
- IGME (1973). Mapa de Rocas Industriales a E.: 1.200.000. Burgos (nº 20). Ministerio de Industria.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1986). Inventario de indicios mineros de la provincia de Burgos (Inédito).
- JUNTA DE CASTILLA LEON (1986). Estudio de las posibilidades de regadíos a partir de aguas subterráneas en la Comunidad de Castilla-León. (Inédito).
- LARRAZET, M. (1985). Notas estratigráficas y paleontológicas acerca de la provincia de Burgos. *Bol. Com. Map. Geol. Spain.* 1, 22: 121-143.
- LOPEZ, N.; AGUSTI, J.; CABRERA, L.; CALVO, J. P.; CIVIS, J.; CORROCHANO, A.; DAANS, R.; DIAZ, M.; ELIZAGA, E.; HOYOS, M.; MORALES, J.; PORTERO, J. M.; ROBLES, F.; SANTIESTEBAN, C. y TORRES, T. (1985). Approach to the spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *VIII th Congress of the Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy. Symposium on Late Cenozoic Mineral Resources. Hungarian geological Survey. Abstracts.*, LXX: 383-391.
- LOPEZ MARTINEZ, N.; GARCIA MORENO, E.; ALVAREZ SIERRA, M.A. (1986). Paleontología y Bioestratigrafía (Micromamíferos) del Mioceno medio y superior del sector central de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmantica*, XXII: 191-192.
- LOPEZ MARTINEZ, N. y SANCHIZ, F. de B. (1979). Los primeros microvertebrados de la Cuenca del Duero: listas faunísticas preliminares e implicaciones bioestratigráficas y paleofisiográficas. IGME, 11ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, *Temas Geológico Mineros*. 16 (1): 341-353.

- LOPEZ MARTINEZ, N.; SESE BENITO, C. y SANZ GARCIA, A., J.L. (1977). La microfauna (Rodentia, Insectivora, Lagomorpha y Reptilia) de las fisuras del Mioceno medio de Escobosa de Calatañazor (Soria, España). *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 8: 47-73.
- MABESOONE, J.M. (1959). Tertiary and Quaternary Sedimentation in a part of the Duero Basin (Palencia, Spain). *Leidse Geol. Meded.*, 24: 21-180.
- MABESOONE, J.M. (1961). La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *Estudios Geol.*, 17 (2): 101-130.
- MALLADA, C. (1902). «Explicación del mapa Geológico de España. Sistema Permiano, Triásico y Jurásico». *Bol. Com. Mapa Geol. de España*, t. 4.
- MALLADA, C. (1904). «Explicación del mapa Geológico de España. Sistemas Infracretácico y Cretáceo». *Mem. Com. Mapa Geol. de España*, t. 5.
- MANGIN, Ph. y SAT. P. (1962). «L'évolution post-hercynienne entre Asturies et Aragon (Espagne)». *Mem. Soc. France* (Livre a la Mem. du prof. P. Fallot), 1: 333-349.
- MANJON RUBIO, M. (1969). *El Terciario de Herrera de Pisuerga*. Tesis de Licenciatura Univ. Oviedo. (Inédito).
- MANJON, M.; COLMENERO, J.R.; G. RAMOS, C y VARGAS, I. (1979). Génesis y distribución espacial de los abanicos aluviales siliciclásticos del Terciario superior en el borde N de la Cuenca del Duero (León-Palencia), 1ª Reunión Geológica Cuenca del Duero. *Temas Geológicos Mineros IGME* (1982), 6 (1): 357-370.
- MANJON, M.; RAMOS, L.C.; COLMENERO, J.R. Y VARGAS, I. (1979). Procedencia, significado y distribución de diversos sistemas de abanicos aluviales con clastos poligénicos en el Neógeno del borde N. de la Cuenca del Duero. 1ª Reunión Geológica Cuenca del Duero. *Temas Geológico Mineros. IGME*. (1982), 6 (1): 373-388.
- MARTIN-SERRANO, A. (1988). *El Relieve de la Región Occidental Zamorana. La evolución geomorfológica de un borde del macizo Herpérico*. Inst. De Estudios Zamoranos «Florián de Ocampo». Dip. Zamora, 311 pp.
- MARTIN MERINO, A.; DOMINGO, S. y ANTON, T. (1981). Estudio de las cavidades de la zona BU-IV-A (Sierra de Atapuerca). *Diputación de Burgos*: 51-91.
- MEDIAVILLA, R. M. (1985). *Estratigrafía y sedimentología del Neógeno de Palencia*. Tesis Licenc. Dpto. Estratigrafía Univ. Salamanca (Inédita), 135 pp.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C.J. (1986). La sedimentación continental del Neógeno en el sector centro-septentrional de la Depresión del Duero (Provincia de Palencia). *Stud. Geol. Salmanticensis* XXII: 111-132.

- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C.J. (1987). Tectonics as a major control of sedimentation and facies distribution in the Neogene of the Duero Basin (Spain). *Inst. Ass. Sedim. 8th Reg. Meeting of sedimentology*. Abstr: 346-347.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1989). Controles Sedimentarios Neógenos en la Depresión del Duero (Sector Central). *Rev. de la Soc. Geol. de España*, 1: 187-195.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C.J. (1989). Las calizas del Páramo en el Sur de la provincia de Palencia. *Studia Geológica Salmantica*, 5: 273-291.
- MEDIAVILLA, R.M.; y DABRIO, C.J. (1989). Análisis sedimentológico de los conglomerados de Tariego (Unidad 4. Neógeno de la Depresión del Duero). *Stud. Geol. Salm.* 5: 293-310.
- MEIN, P. (1975). Proposition de biozonation du Neogène Méditerranéen à partir des Mammifères. In Alberdi, M.T. y Aguirre, E. (Edits). *Actas I Col. Int. Biostrat. Neog. sup. Cuat. o inf., Traba. Neog. Cuat.*, 4: 112-113.
- MENGAUD (1920). *Recherches géologiques dans la région Cantabrique*. Liv. Sc. J. Herman, 374 pp.
- MOLINA E. y ARMENTEROS, J. (1986). Los arrasamientos Plioceno y Plio-Pleistoceno en el Sector Sur-Oriental de la Cuenca del Duero. *Stud. Geológica Salmantica*, 22: 293-308.
- MOLINA, E.; BLANCO, J.A.; PELLITERO, E.; y CANTANO, M. (1987). Weathering processes and morphological evolution of the Spanish Hercynian Massif. In: GARDINER (Ed.). *International Geomorphology*. John Wiley and Sons: 957-977.
- OLIVE DAVO, A.; PORTERO GARCIA, J.M.; DEL OLMO ZAMORA, P.; ARAGONES VALLSE CARRERAS SUAREZ, F.; MOLINA E.; GUTIERREZ ELORZA. El sistema de terrazas del río Carrión. *I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Temas Geológico Mineros, IGME*, 6 (2): 451-463.
- DEL OLMO, P. del; GUTIERREZ, M.; MOLINA, E. (1982). Mapa Geológico E 1:50.000 de Cigales (343). MAGNA, IGME.
- ORDOÑEZ, S. y GARCIA DEL CURA, M.A. (1976). Estudio de las facies detríticas del Terciario Continental del Sector Oriental de la Cuenca del Duero. *Estudios Geol.*, 32: 179-188.
- ORDOÑEZ, S.; GARCIA DEL CURA, M.A. y LOPEZ AGUAYO, F. (1981). Chemical carbonated sediments in continental basins. The Duero Basin. *I.A.S. 2nd. Eur. Mtg. Abstracts*, 130-133.
- ORDOÑEZ, S. y GARCIA DEL CURA, M.A. (1983). Recent and Tertiary fluvial carbonates in Central Spain. In: Modern and Ancient Fluvial Systems. J.D. Collinson y J. Lewis (Eds). *Spec. Publis. int. Ass. Sediment.* 6: 485-497.

- PEDRAZA, J. (1978). *Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid. (Inédito). 459 pp.
- PEREZ GONZALEZ, A. (1977). El Cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. *I Reunión sobre la geología de la Cuenca del Duero, Temas Geológico Mineros*, 6 (2): 717-740.
- PEREZ GONZALEZ, A. (1979). El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos. *Trabajos Neógeno Cuaternario* 9: 19-32.
- PEREZ-LLORENTE, F. (1987). La estructura del borde norte de la Sierra de Cameros (La Rioja). *Bol. IGME*, XCVIII: 484-492.
- PEREZ-LLORENTE, F. y CALATAYUD, P. (1988). El Contacto del Sistema Ibérico con la Depresión del Ebro. *III Coloquio de Estratigrafía y Paleografía del Jurásico de España*, Instituto de Estudios Riojanos: 115-118.
- PINEDA, A. (1990). Mapa Geológico E.: 1/50.000. 2ª Edición (MAGNA). Hoja y Memoria de Sasamón N° 199. ITGE.
- PLANS SANZ DE BREMOND, P. (1967). *Estudio fisiográfico de la Tierra de Campos y de sus sectores marginales*. Tesis Univ. Comp. De Madrid, 289 pp.
- POL, C. y CARBALLEIRA, J. (1983). Características de los depósitos aluviales del Sistema del Río Arlanza (Borde Este de la Cuenca del Duero). *X Congr. Nac. Sedimentología*. Menorca. Resumen de Comunicaciones:
- PORTERO, J.M. y AZNAR, J.M. (1984). Evolución Morfotectónica y Sedimentación Terciaria en el Sistema Central. *I Congr. Español de Geología*. III (3): 253-263.
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P. y OLIVE, A. (1983). El Neógeno de la transversal Norte-Sur de la Cuenca del Duero. «Geología de España». *Tomo II Libro Jubilar J.M. RIOS*, IGME, 2: 494-501.
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P.; RAMIREZ, J. y VARGAS, I. (1979-1983). Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. *1ª Reunión Geología Cuenca del Duero. Salamanca. Publ. Temas Geológico Mineros*. IGME, 6 (1): 11-37.
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P.; VARGAS, I y RAMIREZ DEL POZO, I. (1-1978). Síntesis geológica previa de la Cuenca del Duero (Proyecto MAGNA). IGME (Inédito).
- POZO, M., RAMES, M.C. Y FONOLLA, F. (1984). Estudio mineralógico, geoquímico y paleontológico de los materiales de transición de facies fluviales a evaporíticas en sector central, C. de Duero. *Univ. Compl. Madrid; Rev. Mat. Proc. Geol.*, 2: 95-113.

- PUJALTE, V. (1979). Control tectónico de la sedimentación «Purbeck-Weald» en las provincias de Santander y N. de Burgos. *Acta Geol. Hisp.*, 14: 216-222.
- PUJALTE, V. (1981). Sedimentary succession and paleoenvironments within a fault-controlled basin: The «Weald of the Santander area, Northern Spain». *Sedimentary Geology*, 28: 293-325.
- PUJALTE, V. (1982). La Evolución Paleogeográfica de la Cuenca Wealdense de Cantabria. *Cuadernos Geología Ibérica*, 8: 65-83.
- PUJALTE, V. (1988). La cuenca lacustre de Aguilar de Campoo (Jurásico superior) y sus relaciones con la falla transcurrente de Ventaniella. *II Congr. Geol. España. Granada, Simposios*: 135-144.
- RAMIREZ DEL POZO, J. (1969). Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España. (Resumen). *Acta Geológica Hispánica*, 4 (3): 49-59.
- RAMIREZ DEL POZO, J. (1969). Síntesis estratigráfica y micropaleontológica de la facies Purbeckiense y Wealdense del Norte de España. *Ediciones Ciepsa, S.A.*, 1-68 pp.
- RAMIREZ DEL POZO, J. (1971). «Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del norte de España (Región Cantábrica)» *Mem. Inst. Geol. y Min. de España*, 78: 357 pp.
- RAMIREZ DEL POZO, J. y AGUILAR, M.J. (1972). «Consideraciones sedimentológicas y paleogeográficas de las facies Purbeckiense y Wealdense de la cubeta de Santander-Burgos. *Estudios geológicos*, 28: 173-192.
- RAT, P. (1950). *Les pays Crétacés Basco-Cantabrique (Espagne)*. Thèse. Fac. Sc. Publi. Univ. Dijon, XVIII: 525 pp.
- RAT, P. (1959). *Les pays Crétacés Basque-Cantabrique (Espagne)*. Publi. Univ. Dijon, 18: 525 pp.
- RAT, P. (1963). Problemes du Crétacé inferieur dans les Pyrénées de l'Espagne. *Sonderd. Geol. Rudschau*, 53: 205-220.
- RAT, P. (1963). A propos du Wealdien Cantabrique: transgressions and regressions marines climatiques. *C.R. Rada. Sci. Paris*, 256: 455-457.
- RIAZA, C. (1984). De la importancia de las fallas NNO en la creación del Golfo de Vizcaya. *I Cong. Español de Geología*, 3: 265-278.
- RIBA (1954). El terciario continental de la Rioja Alta y la Bureba. Ciepsa. (Inédito).
- RIOS, J.M. (1956). El sistema Cretácico en los Pirineos de España. *Mem. Inst. Geol. Min. de España*, 57: 1-128.
- RIOS, J.M.; ALMELA, A. y GARRIDO, J. (1945). Contribución al conocimiento de la Geología Cantábrica (un estudio de parte de las provincias de Burgos, Alava, Vizcaya y Santander). *Bol. IGME*, 58: 45-228.

- ROYO GOMEZ, J. (1922). El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica. *Com. Invest. Paleontol. Prehist., Madrid*, 30 (5): 223 pp.
- ROYO GOMEZ, J. (1926). Nuevos yacimientos de mamíferos miocenos en la provincia de Valladolid. *Bol. Real. Soc. Española Hist. Nat.*, 29.
- ROYO GOMEZ, J. (1929). Moluscos del Terciario continental de la provincia de Burgos. *Bol. Real. Soc. Española Hist. Nat.*, 29: 239-244.
- ROYO GOMEZ, J. (1926). Terciario continental de Burgos. *XIV Congr. Int. Madrid, 1926. Exc. A-6*, pp. 67.
- SAENZ GARCIA, C. (1932). Notas para el estudio de la facies wealdica española. *Asoc. Esp. para el progreso de las Ciencias*, 5 (4): 59-76.
- SAENZ GARCIA, E. (1940). Notas acerca de la estratigrafía de la parte occidental del país Vasco y NE. de la provincia de Burgos. *Las Ciencias*, 5 (1): 53-87.
- SALOMON, J. (1970). Sur la stratigraphie des formations «Wealdienses» de la bordure sud-est du massif asturien. *C.R. somm. S. G. F.*, 3: 75-77.
- SALOMON, J. (1980). *Les formations continentales du Jurassique superieur et du Crétacé inferieur en Espagne du Nord (Chaines Cantabrique et Iberique)*. Tesis. Universidad. Dijon.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. (1922). Excursiones geológicas por la provincia de Burgos. *M. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona* (2) XVI: 229 pp.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. (1923). Adiciones a la nota: Estudios geológicos en el macizo cretácico del E de la provincia de Burgos. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 23, pp. 200-201.
- SANCHEZ BENAVIDES, F.J. (1987). *Estratigrafía y sedimentología del Neógeno del NE de la Cuenca del Duero (Castrillo del Val, Burgos)*. Tesis de Licenciatura, Departamento de Geología. Univ. Salamanca (Inédita) pg. 180.
- SANCHEZ BENAVIDES, F. J., ALONSO GAVILAN, G. Y DABRIO, C.J. (1988). Sedimentología de los depósitos lacustres neógenos de Castrillo del Val (Burgos). España. *Stvd. Geol. Salmanticensia*, XXV: 87-108.
- SANCHEZ DE LA TORRE, L. (1978). Planteamiento provisional de la distribución de facies de la Cuenca del Duero. Proyecto MAGNA. IGME (Inédito).
- SANCHEZ DE LA TORRE, L. (1979). Características de la sedimentación Miocena en la zona Norte de la Cuenca del Duero. I Reunión sobre la Geol. de la Cuenca del Duero. Salamanca, *Temas Geológico Mineros. IGME*, 6 (2): 701-708.
- SANCHEZ DE LA TORRE, L.; PAVON MAYORAL, I.; GARCIA ARGÜESO, J. M.; MANJON, M. Y COLMENERO, J.R. (1975). Mapa Geológico de España. E 1:50.000. 2ª Serie. Astudillo (237). IGME. Minist. de Industria. Madrid.

- SCHRIEL, W. (1945). La Sierra de la Demanda y los Montes Obarenes. Inst. Juan Sebastián Elcano C.S.I.C. Madrid (Traduc. del alemán por L. García Sáinz y J.G. Larena).
- SCHWENZNER, J. (1937). *Zür morphologie des Zentralspanischen hochlandes. Geograph. Abhdl*, 10, 1-128. Trad. al castellano por C. Vidal Box (1943) título: Morfología de la región montañosa central de la Meseta española. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 41 (1-12): 121-147.
- SERVICIO GEOLOGICO OBRAS PUBLICAS (S.G.O.P.) (1988). Estudio de delimitación y síntesis de las Unidades Hidrogeológicas del Territorio Peninsular.
- SOLE SABARIS, L. (1952). España. Geografía Física I. «Geografía de España y Portugal» de M. DE TERRAN, Ed. Montaner y Simón, S.A.; pp. 1-500, Barcelona.
- SOLE SABARIS, L. (1983). Morfología General de la Península Ibérica. *En Geología de España. Libro Jubilar de J.M. Ríos*, IGME, 2: 589-605.
- TORRES, T. de (1976). El karst de la Sierra de Atapuerca. Estudios sobre Atapuerca (Burgos). *Cuadernos de Arqueología de Burgos*: 13-15.
- TRUYOLS, J. y PORTA, J. (1982): Observaciones sobre los niveles fosilíferos del Mioceno de Castrillo de Val (Burgos). *Temas Geológico Mineros IGME*, 6 (2): 663-676.
- VALLADARES, I. (1976). Estratigrafía del Cretácico superior calcáreo en el borde occidental de la Cuenca de Cameros (Burgos-Soria). *Studia Geológica XI*: 93-108.
- VERNEUIL, E. (1852). El terreno Cretáceo en España. *Revista Minera*, 3: 339-471.
- WIEDMANN, J. (1960). Le Cretacé supérieur de l'Espagne et du Portugal et ses Céphalopodes. C...R.. 84° Congr. Soc. Savantes Paris et Depart., Dijon 1959, Sect. Sei., Sous-sect. Géol. pp. 709-764, 16 fig., pl. 1-8. Paris, 1960.
- WIEDMANN, J. (1962). Contribución a la paléogéographie du Cretacé vascogotique et celtibérique septentrional (Espagne). *Livre Mém. Prof. P. Fallot*, 1: 351-366.
- WIEDMANN, J. (1964). Le Cretacé supérieur de l'Espagne et du Portugal et ses Cephalopodes. *Estudios Geológicos*, 20: 107-148.
- WIEDMANN, J. (1979). Itineraire géologique a travers le Cretacé Moyen des Chaines Vascogotiques et Celtiberiques (Espagne du nord). *Cuad. Geol. Iber*, 5: 127-214.
- ZAZO, C. y GOY, J.L. (1977). Geomorphological Study of the Confluence of the Rivers Pisuerga and Arlanza. X. *INQUA CONGR. Abstudies*: 510-510.
- ZAZO, C.; GOY, J.L. y HOYOS, M. (1983). Estudio geomorfológico de los alrededores de la Sierra de Atapuerca (Burgos). *Estudios Geológicos*, 39: 179-185.

