

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

VILLADIEGO

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-2756-1997

ISBN: 84-7840-276-4

NIPO: 241-94-007-6

Fotocomposición: GEOTEM. S.L.

Impresión: Master's Gráfico, S.A.

---

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

## **EQUIPO DE TRABAJO**

### **Cartografía Geológica y Redacción de memoria**

A. Pineda (EPTISA)

### **Cuaternario y Geomorfología**

A. Pineda (EPTISA)

### **Neotectónica**

A. Pineda (EPTISA)

### **Sedimentología**

J. Solé (INYPISA)

### **Estudio de muestras**

J.M. Brell (Difracción R-X) (U.C.M.)

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

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

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

M. P. Garbayo (Petrografía microscópica) (AGEJA)

### **Paleontología de Vertebrados**

C. Sesé (C.S.I.C.)

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

### **Micropaleontología**

J. Civis (U. de Salamanca)

### **Recursos Naturales**

J. Boquera (EPTISA)

### **Hidrogeología**

B. R. García de Andoaín (EPTISA)

Y. Camarero (EPTISA)

**Geotécnica**

R. Roldán (EPTISA)

**Puntos de interés geológicos**

J. Palacio (INYPSA)

**Teledetección**

J. González Lastra (INYPSA)

**Jefe de Proyecto**

E. Piles (EPTISA)

**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
1. ESTRATIGRAFIA .....	13
1.1. TRIASICO SUPERIOR .....	13
1.1.1. Arcillas rojas (1) Keuper .....	13
1.2. JURASICO MARINO .....	13
1.2.1. Dolomías y calizas (2). Rethiense-Sinemuriense medio.....	13
1.2.1. Margas (3), Sinemuriense superior-Aalenienense inferior.....	14
1.2.3. Calizas y margas (4). Jurásico medio (Dogger).....	16
1.3. JURASICO SUPERIOR (MALM) -CREATACICO INFERIOR EN FACIES FLUVIO-LA CUSTRE (PURBECK).....	17
1.3.1. Arcillas y arenas con niveles conglomeráticos poligénicos (5) y Calizas (6). Facies «Purbeck». Jurásico sup. (Malm)- Valanginiense sup .....	17
1.4. CRETACICO .....	19
1.4.1. Arenas y conglomerados silíceos y arcillas (7) Facies Weald. Valanginiense-Barremiense superior .....	19
1.4.2. Arenas, areniscas y conglomerados silíceos (7'). Aptiense-Albiense..	20
1.4.3. Arenas, gravas y arcillas (8). Capas de Utrillas. Albiense-Cenomaniense inferior.....	21
1.4.4. Calizas y margas (9). Cenomaniense-Turonienense inferior .....	22
1.4.5. Calizas y dolomías blancas (10). Turoniense superior-Coniaciense ....	23
1.4.6. Margas (11). Santoniense inferior-medio .....	24
1.4.7. Calizas (12). Santoniense superior .....	25
1.4.8. Dolomías rojizas (13). Santoniense superior .....	25
1.4.9. Calizas (14). Santoniense terminal-Campaniense .....	26
1.5. TERCARIO.....	26
1.5.1. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (15): Oligoceno- Mioceno inferior.....	30
1.5.2. Margas blancas (16) Facies Dueñas. Ageniense-Orleaniense.....	31
1.5.3. Calizas (17). Calizas «terminales» de la Facies Dueñas.....	33
1.5.4. Arcillas rojas con conglomerados (18). Facies Grijalba-Villadiego. Astaraciense.....	33
1.5.5. Caliches, margas y calizas (19). Astaraciense .....	37
1.5.6. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (2). Facies Alar del Rey. Orleaniense-Astaraciense .....	37

1.5.7. Margas blancas (21). Tramo inferior de la Facies Cuestas. Vallesiense .....	39
1.5.8. Calizas y margas (22). Parte media de la Facies Cuestas. Vallesiense .....	40
1.5.9. Arcillas pardas con paleocanales y margas blanquecinas (23). Tramo equivalente a la parte superior de la Facies Cuestas. Vallesiense .....	41
1.5.10. Calizas (24). Calizas del Páramo inferior. Vallesiense .....	41
1.6. CUATERNARIO .....	42
1.6.1. Gravas y cantos poligénicos, arenas (Terrazas altas, medias y bajas). (25, 26 y 28). Pleistoceno .....	42
1.6.2. Gravas y cantos poligénicos, arenas, arcillas (Cauce actual, fondos de valle y llanura de inundación) (29 y 31). Pleistoceno-Holoceno ....	43
1.6.3. Gravas y cantos poligénicos, arcillas (Conos de deyección) (27 y 30), Pleistoceno-Holoceno .....	43
2. TECTONICA .....	45
2.1. TECTONICA ALPINA.....	45
2.1.1. Unidades estructurales .....	45
2.1.1.1. <i>Plataforma estructural de los Páramos (Mesozoicos) de la Lora</i> .....	47
2.1.1.2. <i>Falla del Urbel o Ubierna</i> .....	47
2.1.1.3. <i>Franja o banda plegada de Montorio</i> .....	47
2.1.1.4. <i>La Cuenca del Duero y su zona de borde</i> .....	48
2.1.2. Interpretación tectónica de conjunto .....	49
2.2. NEOTECTONICA.....	50
3. GEOMORFOLOGIA .....	53
3.1. ANTECEDENTES .....	53
3.2. DESCRIPCION FISIOGRAFICA.....	53
3.3. ANALISIS GEOMORFOLOGICO .....	54
3.3.1. Estudio Morfoestructural.....	54
3.3.1.1. <i>Unidad morfoestructural de la Orla mesozoica Vasco-cantábrica</i> .....	54
3.3.1.2. <i>Unidad morfoestructural de Los Páramos</i> .....	55
3.3.1.3. <i>Unidad morfoestructural de la Campiña</i> .....	56

3.3.2. Estudio del modelado .....	56
3.3.2.1. <i>Formas poligénicas (superficies de erosión)</i> .....	56
3.3.2.2. <i>Formas fluviales</i> .....	57
3.3.2.3. <i>Formas de ladera</i> .....	58
3.3.2.4. <i>Formas kársticas</i> .....	58
3.3.2.5. <i>Formas tectónicas o estructurales</i> .....	58
3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES.....	59
3.5. EVOLUCION DINAMICA (HISTORIA GEOMORFOLOGICA).....	60
3.6. MORFODINAMICA ACTUAL.....	61
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	63
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	67
5.1. RECURSOS MINERALES.....	67
5.1.1. <b>Minerales energéticos</b> .....	67
5.1.1.1. <i>Aspectos generales e historia minera</i> .....	67
5.1.1.2. <i>Tipos de mineralización</i> .....	67
5.1.2. <b>Rocas industriales</b> .....	67
5.1.2.1. <i>Aspectos generales e hiotóricos</i> .....	67
5.1.2.2. <i>Descripción de los materiales</i> .....	67
5.2. HIDROGEOLOGIA .....	70
5.2.1. <b>Hidrología</b> .....	70
5.2.2. <b>Hidrogeología</b> .....	70
5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES.....	72
5.3.1. <b>Introducción</b> .....	72
5.3.2. <b>Características geotécnicas</b> .....	72
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO .....	77
7. BIBLIOGRAFIA .....	79

## 0 INTRODUCCION

La hoja de villadiego está situada en la parte noroccidental de la provincia de Burgos, comprendiendo parte o la totalidad de los términos municipales de Villadiego, Sotresgudo, Humada, Basconcillos del Tozo, Las Hormazas, Urbel del Castillo, Melgar de Fernamental, Rebolledo de la Torre, Sargentos de la Lora, Valle de Sedano, Valle de Santibañez y Tobar.

El asentamiento humano se verifica en pequeños núcleos urbanos, normalmente de menos de 500 habitantes, salvo Villadiego que comporta 1.500 habitantes aproximadamente. Aún dentro de esta baja densidad de población, cabe distinguir entre núcleos de sierra (en mesozoico, mitad septentrional de la Hoja, aproximadamente) y de campiña (en terciario), los primeros con un número menor de habitantes que los segundos.

En cuanto a comunicaciones, la red de carreteras -comarcales y locales- es suficiente. En la zona de campiña hay numerosos nuevos caminos resultado de la concentración parcelaria, lo que permite un cómodo y rápido acceso a cualquier punto de la Hoja. Son peores las comunicaciones en la zona de la sierra, debido a la baja densidad de población (y agricultura prácticamente inexistente) y ausencia total de otra actividad económica alternativa como por ejemplo, repoblaciones forestales. Por lo demás, ninguna línea ferrea atraviesa la Hoja.

El clima es mediterráneo templado, según la clasificación de PAPADAKIS (en D.G.P.A., 1978), siendo la zona noroeste la más húmeda, con los valores medios climáticos siguientes: De 9 a 12°C la temperatura media anual, de 2-4°C la media del mes más frío, y de 15° a 21°C la del mes más cálido. De acuerdo con el sistema de cultivos la zona se caracteriza por un invierno tipo *Avena fresco* y un verano tipo *Maíz*. Dadas las condiciones apuntadas se dan cultivos de cereales y leguminosas, si bien el principal uso del suelo se dedica a la ganadería, dada la facilidad de cultivo de forrajeras. La vegetación natural es típica de la formación Duriluginosa, típica de zonas mediterráneas más o menos continentales: *Quercus ilex rotundifolia*, asociada con *Quercus lusitánica*.

La red fluvial vierte sus aguas en el Arlanzón, afluente del Pisuerga, tributario del Duero. Los principales ríos en la zona de campiña son Derumaz, Brullés, Odra y Riomane (citados de este a oeste), que nacen (ellos o sus afluentes principales) en las primeras estribaciones de sierras mesozoicas. En el mesozoico hay una subdivisoria hidrográfica que sigue a grandes rasgos las directrices estructurales, de tal manera que todo el sector este y noreste de la Hoja está drenado por el Urbel, que discurre localmente de ONO a ESE, hasta tomar la dirección Norte-Sur en las vecinas Hojas de Montorio y Burgos.

Tan sólo la esquina NE de la Hoja (unos pocos kilómetros cuadrados) pertenece a la Cuenca del Ebro, siendo la arteria principal el río San Antón.

La altitud media de la Hoja puede situarse aproximadamente en los 950 m, superándose la cota de los 1000 metros en toda la zona de sierras mesozoicas y también en la mayor parte de los páramos terciarios de la esquina SE. Las cotas más bajas (830-840 m) se alcanzan en el cauce del río Brullés, inmediatamente al sur de Villadiego, y el punto culminante se localiza en Peña Amaya (1362 m), sobre Mesozoico y en el ángulo NO.

Como se verá más detalladamente en el capítulo de Geomorfología, hay básicamente, tres tipos de paisajes. En la mitad septentrional (sobre Mesozoico) predomina un paisaje calcáreo gris en las zonas más altas, que contiene extensas áreas con superficies de erosión bien conservadas, lo que unido al escaso buzamiento de las capas en muchas zonas ha originado las típicas «muelas» o «loras». En el ángulo SE (sobre terciario), hay un territorio de altas planicies («páramos»), amesetado, al que la incisión hidrográfica apenas ha comenzado a desorganizar en «cerros-testigo». Por último, en el resto de la Hoja (centro, sur y suroeste) domina un paisaje de escaso relieve, débilmente alomado, labrado sobre materiales terciarios blandos, rojizos (Formación Grijalba-Villadiego, ver más adelante).

La vegetación autóctona presenta una coexistencia entre especies propias del bosque atlántico húmedo europeo (roble y quejigos) y otras del continental-mediterráneo (encinas, carrascas y escasos enebrales). Las primeras están conservadas en zonas de umbría de las sierras mesozoicas (quejigos) o bien crecen preferentemente sobre formaciones silíceas de éstas (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 este efecto se une el de la agricultura intensiva, lo que determina la total ausencia de elementos arbustivos o arbóreos, conformando la llamada estepa castellana. Tanto sobre terrenos mesozoicos como sobre terciarios hay algunas áreas de pinos de repoblación.

El cultivo de secano y la ganadería ovina de pastoreo han constituido, y aún siguen constituyendo, la principal actividad económica. La agricultura de regadío es poco importante, como las vegas fluviales que la soportan, y que quedan restringidas a algunos tramos bajos de los ríos Brullés y Odra.

En la actualidad, a esa actividad económica primaria, y principal, se han unido débiles focos de ganadería estabulada (porcino y vacuno) y pequeñas industrias transformadoras. En cuanto al sector terciario (servicios), tan sólo destaca la población de Villadiego, que aún así, tiene una influencia sólo comarcal, mientras que en el aspecto turístico toda el área septentrional (mesozoica) puede estar llamada a jugar un papel siquiera sea estacional (aunque modesto, importante a escala comarcal), y que podría complementar la actividad sólo ganadera que se perfila para esta zona tan escasamente poblada.

La Hoja de Villadiego se localiza en la parte occidental del borde este de la Cuenca del Duero, cuyos materiales terciarios y cuaternarios cubren más del 50% de la superficie de la Hoja (Fig. 1). Como ha sido indicado anteriormente, a grandes rasgos la mitad septentrional de la Hoja está formada por materiales mesozoicos (cuya edad oscila entre el Triásico superior y el Cretácico terminal) pertenecientes a la Orla Mesozoica de la Cordillera Cantábrica. Sus directrices fundamentales son ONO-ESE.

Los estudios geológicos, estratigráficos y tectónicos generales de la región comienzan el siglo pasado (LARRAZET, 1896, y CAREZ 1881) prosiguiendo en el actual (MENGAUD, 1920; CIRY, 1940, 1951 y 1967; ALMELA *et al.* 1945; RIOS *et al.* 1945, y FEUILLE y RAT, 1971), hasta la realización del mapa geológico Nacional a escala 1/50.000.

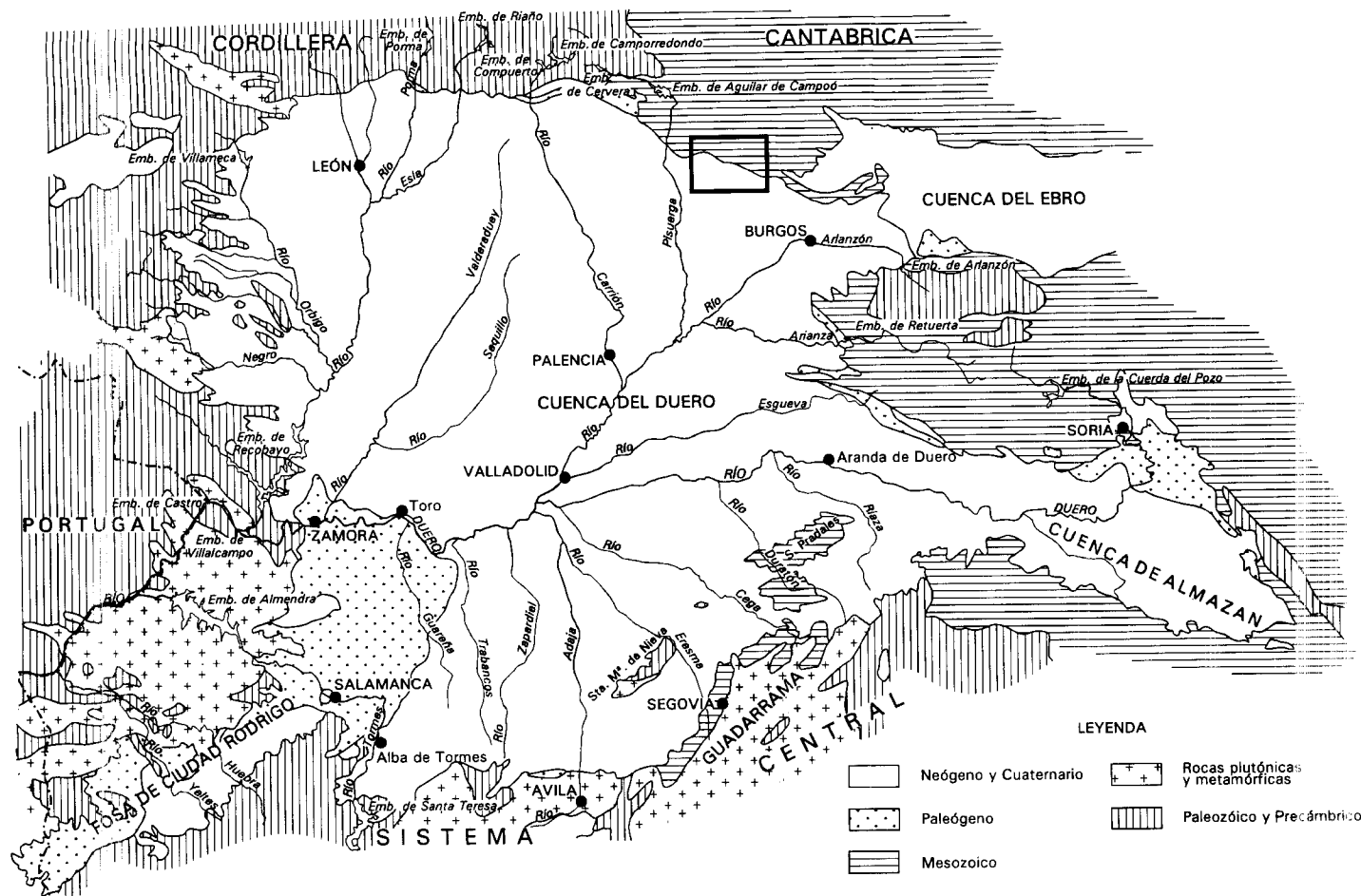


Fig. 1.- Enmarque regional de la zona en estudio.

El Triásico no ha sido muy estudiado. Las primeras referencias sobre el Jurásico de la Orla mesozoica y Vasco-Cantábrica son debidas a EZQUERRA DEL BAYO (1845 y 1851) y a VERNEUIL y COLLOMB (1852) (en CIRY, 1940), siendo la tesis de LARRAZET (1896) el primer trabajo que se ocupa con cierto detalle del Jurásico de la Cuenca Cantábrica, estableciéndose por primera vez una división en pisos. En la tesis de MENGAUD, aparecida en 1920, se estudia el Jurásico de la provincia de Santander. El trabajo de KARBENBERG (1934) representa un gran paso en el conocimiento de la estratigrafía del Jurásico. En la tesis doctoral de CIRY (1940) se estudia el Jurásico de la zona Occidental de la Cuenca Cantábrica, llegándose a conclusiones estratigráficas y paleogeográficas de interés; por otra parte, el trabajo de CIRY representa una importante contribución al conocimiento de los macrofósiles del Jurásico de Santander, Burgos y Palencia. En la tesis doctoral de RAT (1959) se estudia el Jurásico al este de Santander. La tesis doctoral de DAHN, realizada en 1957 y publicada en 1966, trata del Jurásico de la Cuenca Cantábrica (parte occidental). En 1968, aparece la tesis doctoral de RAMIREZ DEL POZO, en la que se estudian las microfaunas y microfacies del Jurásico del Norte de España, partiendo de secciones estratigráficas de detalle. Recientemente, el Jurásico superior en facies Purbeck (y el Cretácico inferior en facies Weald) y la tectónica sinsedimentaria contemporánea, han sido objeto de un sinnúmero de trabajos (PUJALTE 1979, 1981, 1982; GARCIA MONDEJAR, 1982; GARCIA MONDEJAR y PUJALTE, 1982; PUJALTE y ROBLES 1988; ROBLES *et al* 1988), mientras que en Jurásico marino caben destacar los de PUJALTE *et al* (1988) y QUESADA *et al* (1990).

El cretácico de la región Vasco-Cantábrica ha sido objeto también de numerosos trabajos, VERNEUIL, 1852; CALDERON, 1885; SAENZ GARCIA; 1940; RAT, 1959; WIEDMANN, 1962; AGUILAR, 1967; RAMIREZ DEL POZO, 1969; SALOMON, 1970 Y 1980; PUJALTE, 1979, 1981, 1982; GARCIA MONDEJAR, 1982. 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 continental de la Cuenca del Duero, de edad miocena fundamentalmente, destacan el trabajo pionero de HERNANDEZ PACHECO (1915) y luego los de ROYO GOMEZ (1922, 1926 y 1929), HERNANDEZ PACHECO (1930), MABESOONE (1959, 1961), AEROSERVICE (1967), PORTERO *et al*. (1979) y MEDIAVILLA y DABRIO (1986).

El trabajo de AEROSERVICE (1967) es el único que abarca el estudio del Terciario de la Hoja de Villadiego (166).

## 1. ESTRATIGRAFIA

En la Hoja afloran sedimentos triásicos, jurásicos, cretácicos, terciarios y cuaternarios, cuya distribución a grandes rasgos, ha sido indicada anteriormente en el capítulo de Introducción.

### 1.1. TRIASICO SUPERIOR

#### 1.1.1. Arcillas rojas (1) Keuper

Los materiales atribuibles al Triásico Superior (Keuper) afloran sólo en dos zonas de la Hoja: entre las localidades de Ordejón de Abajo y Villamartín de Villadiego (al NO) y entre Ordejón de Arriba y Barrios de Villadiego (en el centro).

Están formados por arcillas rojizas (1) (menos frecuentemente verdosas) que forman la base de la serie carbonatada jurásica. La presencia de pequeños cuarzos diseminados en las arcillas, de tamaño mili a semicentimétrico, suele ser característica.

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 subambientales lagunares, donde se produce precipitación de sulfatos (yeso).

### 1.2. JURASICO MARINO

Aflora en diversas zonas, siguiendo las proximidades del contacto Terciario-Mesozoico, muy cerca por tanto del borde de la Cuenca del Duero.

#### 1.2.1. Dolomías y calizas (2). Rethiense-Sinemuriense medio.

Los mejores afloramientos de esta unidad se localizan inmediatamente al este de Amaya, 1 km al O de Formicedo y 2 Km al ENE de Bustillo del Páramo (al NO, centro y SE de la hoja, respectivamente).

Al Keuper arcilloso sigue un tramo calizo-dolomítico que comienza con dolomías vacuolares, cavernosas (carniolas) de colores grises o amarillentos, mal estratificadas, seguidas de calizas microcristalinas y microdolomías finamente lajeadas que constituyen el conjunto Rethiense-Hettangiense. En las facies lajeadas se encuentran a veces acumulaciones de bivalvos centimétricos o pequeñas estructuras estramatolíticas, como por ejemplo en la franja más septentrional de los afloramientos situados a menos de 2 Km al NO de Ordejón de Abajo. A continuación aparece una serie de calizas grises o color crema, microcristalinas y oolíticas hacia el techo, con ostrácodos, gasterópodos, restos de moluscos y restos de crinoides, datadas como Sinemuriense Inferior y Medio, en otras áreas próximas. Todo el conjunto tiene un espesor aproximado de 110 m.

Las dolomías oquerosas y cavernosas (carniolas) son el producto de la brechificación diagenética de alternancias entre anhidritas, dolomías, arcillas y margas, que caracterizan secuencias típicas de llanura costera salina («sebkha») supramareal.

Las facies lajeadas y estromatolíticas se enmarcan en contextos intermareales a supra-mareales. Son frecuentes las estratificaciones cruzadas de tipo *wavy*. Texturalmente dominan los términos *packstone* con oolitos, intraclastos, peloides y bioclastos, como componentes principales. La dolomitización es de tipo secundario.

Las calizas grises y oolíticas constituyen un complejo de bancos marginales compuesto por «*shoals*» energéticos.

El techo de este tramo calizo-dolomítico está marcado por la presencia de una importante interrupción sedimentaria que marca el comienzo de la disgregación de la plataforma carbonatada del Lías Inferior. Este *hard-ground* está presente en todas las cuencas jurásicas y, en esta región, los autores coinciden en señalar una edad Sinemuriense medio (Zona de *Obtusum*) para este evento, que, por su significado sedimentario, es diacrónico. Las litologías ligadas a esta interrupción son calizas y dolomías oolíticas y bioclásticas, con una proporción a veces alta de granos de cuarzo, que pasa a muy alta en los techos de capas, y que muestran ferruginizaciones, perforaciones y acumulaciones de fauna. La potencia de estos niveles de sedimentación condensada varía entre varios metros y decímetros.

Los datos conocidos de hojas adyacentes hacen suponer que la historia de este tramo es compleja, con numerosos ciclos de somerización, que oscilan entre términos de plataforma *offshore* y condiciones submareales de *sebkha*, con importantes diferencias de subsidencia incluso a nivel local. Las secuencias más importantes dentro de la unidad son la profundización que comienza en la base del tramo inferior en su contacto con la facies Keuper, después, el cambio brusco a condiciones supra mareales marcada por la aparición de las brechas y carniolas del tramo medio, y, por último, la secuencialidad se hace más compleja en el tramo superior de la unidad, existiendo evidencias regionales de una relación sedimentaria entre el tramo medio y el superior. Destaca el predominio de condiciones someras en la parte alta de la unidad (con respecto a la baja) y el aumento de contenido en dolomías en la parte superior con respecto al tramo basal.

### 1.2.2. Margas (3). Sinemuriense superior-Aalenense inferior

Los mejores afloramientos de esta unidad se localizan inmediatamente al N de Quintanilla de la Presa, y 1 km al N se Formicedo (en el O y centro de la Hoja, respectivamente).

Sucede concordantemente a la serie calizo-dolomítica del Lías inferior, y origina una depresión topográfica entre ésta y las calizas suprayacentes del Dogger.

Sobre la superficie de *hard-ground* que culmina el tramo anterior se localiza una alternancia de margas y margocalizas en bancos de potencia decimétrica, de color gris ama-

riliento, más oscuro en fresco. Pequeños nódulos limoníticos centimétricos son frecuentes, así como belemnites, ammonites y, en menor medida braquiópodos, como contenido faunístico más abundante.

Los términos basales de la unidad no se observan muy bien porque suelen presentar un ligero despegue mecánico con respecto al techo de la inferior. Donde es visible este tránsito (en la Hoja al NO de la de Villadiego) se observa el desarrollo, sobre una decena de metros de ritmita, de un nivel métrico calcáreo que desarrolla un nuevo *hard-ground* a techo. Esta interrupción de la sedimentación se observa en la zona de Camino (Santander), al noroeste de la Hoja, donde se sitúa el Sinemuriense superior (Zona de *Oxinetum*). No existe certeza de la extensión de este evento, aunque parece ser notable (Jurásico de Asturias).

El límite superior de la unidad puede venir marcado por la presencia de un nivel de calizas bioclásticas, con abundantes oolitos ferruginosos, que se interpreta como otra interrupción sedimentaria. El lapso abarcado por la interrupción comprende desde el Aalenense al Bajociense basal.

La unidad se encuentra limitada, por tanto, a muro y a techo, por dos importantes interrupciones sedimentarias que la caracterizan como una macrosecuencia. No obstante, existen otras interrupciones en la sedimentación dentro de la unidad. Las edades que acotan estos límites netos van desde el Sinemuriense superior al Aalenense inferior, según datos paleontológicos.

Petrográficamente, la textura deposicional de los niveles margosos suele ser *mudstone-wackestone*, mientras que en los niveles más margocalizos es *packstone-wackestone*, con una organización en ciclo positivo. Estas capas más calizas suelen tener bases erosivas y retoques de *ripples* de oleaje a techo.

Los componentes aloquímicos corresponden a restos bioclásticos fundamentalmente, sobre todo en las capas más calcáreas, donde existe también una gradación positiva de estos componentes. En los términos margocalizos no es extraño encontrar *pellets* fecales como componentes aloquímico principal.

El medio de sedimentación de la unidad se circunscribe a una plataforma de muy baja energía. En las áreas próximas a la Hoja, de máxima subsidencia, no es rara la presencia de facies euxínicas compuestas por lutitas negras laminadas ricas en bitumen y con sulfuros dispersos. Estas litologías se encuentran al noroeste, fuera de la Hoja, en las inmediaciones de Reinosa, y se interpretan como propias de un surco subsidente, mientras que en la Hoja la unidad se ha depositado en un alto relativo.

La interpretación de este hecho debe corresponder a la existencia de subsidencias diferenciales en la cuenca de depósito debidas posiblemente a una actividad diapírica del Keuper infrayacente. Esto se pone de manifiesto en la gran variación de potencia observada regionalmente para este tramo. Mientras que en la Hoja el espesor más usual se encuentra en torno a los 80-100 m, en áreas cercanas la potencia llega a ser de varios cientos de metros (400 a 500 m).

El conjunto de la unidad es muy fosilífero, con abundantes restos de ammonoideos, nautiloideos, braquiópodos, pectínidos, belemnites, crinoideos, equínidos, ostreidos y foraminíferos. PUJALTE *et al.* (1988), en el corte de Rebolledo de la Torre (Palencia), diferencian hasta 12 zonas dentro de la unidad, llegando desde el Sinemuriense superior al Aalenense inferior.

### 1.2.3. Calizas y margas (4). Jurásico medio (Dogger)

Los mejores afloramientos de esta unidad se localizan a 1 km al NE de Formicedo y 2 km al S de Villamartín de Villadiego (al centro y NO de la Hoja, respectivamente). Se trata de una serie calizo-margosa que origina un resalte topográfico. En su parte baja aparecen calizas arcillosas y margas (calcilitas finas y biomicritas), aumentando hacia techo la proporción y el grosor de los bancos calcáreos. Puede alcanzar hasta 60-80 m. de espesor, representando el Bajociense. A continuación aparece un tramo de espesor decamétrico de calizas margosas y margas, que origina depresión topográfica, y por último, otro paquete predominantemente calizo (calizas oscuras, intraclásticas o ricas en crinoides) de edad ya Bathoniense y espesor similar al anterior.

Particularmente en el Bajociense pueden aparecer facies espongiolíticas, de interés en la prospección petrolífera, según determinados autores. En la Hoja, el subtramo calizo-margoso intermedio presente a 1 Km al norte de la población de Quintanilla de la Presa proporciona esponjas de tamaño decimétrico perfectamente conservadas.

Los horizontes espongiolíticos y bioclásticos forman dos secuencias de somerización que culminan en superficies de interrupción de la sedimentación. La parte inferior (que puede coincidir con un paquete calcáreo inferior) se encuentra dentro de las zonas de ammonites del Bajociense inferior. La segunda secuencia (que puede incluir una intercalación margosa y un paquete calcáreo superior) coincide con la zona de *Parkinsoni*, siendo su edad Bajociense superior.

Los términos calcáreos tienen un color gris claro y se presentan en capas con bases erosivas. Texturalmente son *packstones-wackestones* cuyos componentes más abundantes son los bioclásticos y en menor proporción ooides e intraclastos.

La unidad se depositó en un ambiente de plataforma energética relativamente distal, por debajo de la influencia de las mareas y con retrabajamiento del fondo mediante procesos originados por tormentas. Los intervalos margosos son colonizados por las esponjas, que junto a restos de otros organismos, son retrabajadas por las intensas corrientes (producidas fundamentalmente por tormentas) e incorporadas a los cuerpos sedimentarios bioclásticos con morfología de barras, que constituyen las estructuras predominantes de la unidad. Las esponjas suelen colonizar pequeños montículos de fango, o bioclásticos, de dimensiones comprendidas entre 1 metro y 2 ó 3 metros. Estos pequeños biostromas pueden amalgamarse, aunque lo normal es que sean disgregados, perdiendo su organización original.

En cuanto a contenido macropaleontológico, además de las esponjas litístidas hay otros organismos: cefalópodos, equinodermos, bivalvos, gasterópodos, corales, foraminíferos y poríferos.

La edad de este tramo cartográfico es como se ha indicado anteriormente, Bajociense.

### 1.3. JURASICO SUPERIOR (MALM) - CRETACICO INFERIOR EN FACIES FLUVIO - LACUSTRE (PURBECK)

Es discordante sobre los diversos términos del Jurásico marino. A nivel regional, este conjunto sedimentario es conocido con otros nombres (Grupo Cabuérniga, etc.).

#### 1.3.1. Arcillas y arenas con niveles conglomeráticos poligénicos (5) y Calizas (6). Facies «Purbeck». Jurásico sup. (Malm)-Valanginiense sup.

Las facies Purbeck, en la Hoja de Villadiego, consta de arcillas rojas y versicolores, y arenas rojas, con niveles conglomeráticos poligénicos (5), habiéndose diferenciado las intercalaciones calcáreas (6) que contiene. Suele originar una depresión topográfica, de frecuentes tonos rojizos, entre el Jurásico marino y las series arenoso-conglomeráticas, blancas, de la Facies Weald s.l. Los mejores puntos para observar la sucesión de la Facies Purbeck se localizan a 1 km al NO de Ordejón de Abajo, y 1,5 Km al sur de Ordejón de Arriba, en las proximidades del cruce de carreteras de Rioparaiso y Villadiego (en la parte centro-noroccidental de la Hoja).

Los conglomerados poligénicos son de colores variados, abigarrados en fresco; los clastos suelen ser centimétricos y generalmente ferruginosos y calcáreos. Con frecuencia forman un único nivel, de espesor métrico -decamétrico, que se sitúa muy próximo (a unos metros) de la base de la unidad.

La coloración de estos conglomerados es debida a la presencia de clastos carbonatados que han sufrido una rubefacción en la etapa previa a la erosión, y al depósito de la unidad. Es una fracción detrítica bien rodada, y con un alto grado de esfericidad. Su tamaño es centimétrico, con dimensiones comprendidas entre 1 y 15 cm. El otro componente mayor de estas ruditas son los clastos cuarcíticos, más anguloso y con tamaños máximos inferiores a los 5 cm, con una media de unos 2 cm. La selección de los clastos de este conglomerados es mediana. La matriz de estos términos *clast-supported*, es cuarcítica y de grano grueso. Los niveles arenosos asociados a los términos anteriores son de grano grueso o medio, composición cuarcítica y buena cementación. Presentan estratificaciones cruzadas. Esta asociación arenoso-conglomerática se organiza en canales de potencias decimétrica a métricas ( 0,5 a 2 m), que pueden estar amalgamados, originando potencias de 5 a 6 m como máximo. Las acuñaciones sedimentarias laterales no son difíciles de observar, siendo frecuentes dimensiones laterales de estos cuerpos sedimentarios del orden del centenar de metros.

Los términos lutíticos asociados a estas litologías detríticas groseras suelen ser de color rojizo a anaranjado. Alcanzan potencias métricas a decamétricas y se organizan en

ciclos de oxidación-reducción de potencia métrica a decamétrica, con términos inferiores representados por lutitas grises y verdes, algo margosas, y los superiores por lutitas rojas en óxidos. Los ciclos pueden culminar en paleosuelos de carácter laterítico.

Las calizas forman barras que resaltan topográficamente, constituidas por gruesos estratos, sobre todo a muro; son de color gris oscuro, grumelares a pseudointraclásticas y presentan textura *mudstone-wackestone*, con *pellets* y a veces granos de cuarzo. A techo dan lugar a alteraciones ocre-amarillentas y suelen contener oncoides centimétricos, a veces ferruginizados, así como alteraciones propias de somerización o exposición subaérea: superficies de oxidación y rubefacción y huellas de raíces. Representan zonas de encharcamiento o lagos efímeros.

El espesor de la facies Purbeck es en esta Hoja muy variable, aunque nunca debe superar los 400 m de espesor. El carácter erosivo de las Facies Weald s.l. suprayacentes lo ha hecho desaparecer en algunos puntos.

La Facies Purbeck se interpreta como el inicio de la sedimentación intracontinental que caracteriza el límite Jurásico-Cretácico en la región. Las facies conglomeráticas basales corresponden a depósitos aluviales, y los niveles arenosos constituyen secuencias de relleno de canales fluviales y fluviolacustres. Unos y otros están asociados a arcillas rojas de llanura de inundación. Las lutitas versicolores se organizan en ciclos de oxidación-reducción característicos de márgenes lacustres. Los términos superiores experimentan un enriquecimiento en óxidos y culminan frecuentemente con un horizonte laterítico. Las calizas caracterizan medios lacustres de distinta energía y muestran rasgos pedogénicos y edáficos.

La discordancia del Purbeck sobre los diversos términos del Jurásico marino y su ambiente de sedimentación continental reflejan la existencia de movimientos neokimmericos originados (para los autores más recientes) por la apertura del golfo de Vizcaya, lo que crea en el área un sistema de fallas de desgarre dextral (cf. Ventaniella). El inicio del depósito de esta unidad se realiza en cuencas de morfología irregular, creadas por el movimiento diferencial de los desgarres. Conforme se van colmatando, la sedimentación tiende a ser más homogénea, finalizando el ciclo sedimentario con una cuenca de características sedimentarias más uniformes.

El establecimiento de una edad para las unidades es una cuestión problemática. Por un lado, hay ausencia de dataciones faunísticas concluyentes dentro de ellas, y en la unidad situada a techo. Por otro, está el importante lapso temporal ocupado por la deformación Neokimmerica y el desarrollo de una superficie de erosión previa al depósito de las unidades. Se conoce que, al menos durante el Oxfordiense basal (en la provincia de Alava), las condiciones sedimentarias eran las mismas (marinas) que las existentes durante la sedimentación del Dogger. Cabe suponer que los eventos tectónicos y erosivos previos al depósito de la unidad se desarrollan durante el Oxfordiense alto-Kimmeridgiense basal. La presencia de numerosos indicios de interrupción sedimentaria dentro de la unidad hace posible que el lapso temporal de esta sea considerable, abarcando desde el kimmeridgiense medio y superior hasta el Cretácico inferior basal (Valanginiense). Esta datación, por sus limitaciones en su establecimiento, debe considerarse como tentativa y de carácter provisional.

## 1.4. CRETACICO

### 1.4.1. Arenas y conglomerados silíceos y arcillas (7) Facies Weald. Valanginiense-Barremiense superior

Esta unidad se localiza en la esquina nororiental de la Hoja. Según datos regionales y los propios de la Hoja, se sitúa sobre una marcada discordancia que lo hace localizarse a diferente altura estratigráfica sobre el conjunto infrayacente del Purbeck. Asociados a esta discordancia hay indicios de una importante interrupción en la sedimentación, que afecta al techo de los términos purbeckienses. Esta interrupción se asocia a procesos de karstificación, oxidación y rubefacción de los carbonatos infrayacentes. La discordancia del Weald fosiliza este importante evento estratigráfico.

Litológicamente, esta Facies Weald se compone de areniscas pardas, con microconglomerados, y arcillas rojas y verdes. Las areniscas son de grano medio a grueso, organizadas en niveles métrico-decamétricos, con sets de estratificación cruzada planar y en surco. Las bases de las capas son erosivas, siendo frecuentes cicatrices internas y amalgamaciones. En la base de las capas y sets es frecuente encontrar *lags* centimétricos a decimétricos de microconglomerados, con algún canto aislado que supera esta granulometría; la naturaleza de los clastos microconglomeráticos y de los granos arenosos es silícea. Las arcillas rojas y verdes son litologías más minoritarias, representando relictos no erosionados por los canales arenosos.

El análisis mineralógico de la fracción pesada de materiales de esta unidad en el afloramiento de Arroyo I, al NO de la Hoja pone de manifiesto la mayor abundancia de opacos 62,2%, circón 41,31% transparentes 35,5%, carbonatos 32,3% y turmalina 16,7%. En menor proporción se encuentran minerales como: el rutilo 5,21%, brooquita 1,5%, moscovita 1,1%, y hornblenda 1,1 %. Por último, y en una proporción inferior al 1%, aparecen: andalucita (0,7%), anatasa (0,7%) y piroxeno (0,3%).

El análisis de la fracción ligera comprendida entre 0,25 mm y de 0,50 mm de los mismos materiales refleja, que el cuarzo monocrystalino (extinción ondulante) aparece en un 32,2%. Los demás componentes aparecen en menor proporción: fracción de rocas sedimentarias, 5,2%; siendo un 3,3% carbonatos, 1,9% areniscas; chert 0,8%, feldespato potásico 0,5%, fracción de rocas metamórficas 1% (esquistos 0,5% y metamórficas 0,5%) fracción de rocas autóctonas 1,6% (carbonatos) y fracción de rocas metamórficas 0,2%.

El medio sedimentario en el que se genera esta unidad cartográfica está formado por sistemas aluviales, con predominio de los medios fluviales de carácter *braided*, responsables de la deposición de los cuerpos arenosos y microconglomeráticos. Entre las zonas de aporte detrítico preferente quedan áreas que presentan características de llanura de inundación, en donde tiene lugar la sedimentación de las lutitas rojas y verdes, que indican la existencia de ciclos de oxidación-reducción, originados por las inundaciones y posteriores desecación y exposición subaérea que afectan a este submedio.

El origen del ciclo Weald está marcado por la reactivación de los accidentes NO-SE del Sistema Ventaniella, seguramente con carácter transcurrente durante la sedimentación

de las unidades weáldicas. Esta actividad tectónica se emmarca también dentro de las fases Neokimméricas, relacionadas con la apertura del golfo de Vizcaya. Estos eventos conformaron la paleogeografía de las cuencas, hecho que se pone de manifiesto al realizar las medidas de paleocorrientes procedentes del Norte, cuyas direcciones coinciden a «grosso modo», con las de las fracturas (según datos regionales obtenidos más al noroeste).

La edad más probable para esta unidad weáldica es Valanginiense-Barremiense superior, a partir de datos paleontológicos y regionales de las unidades infra y suprayacentes.

#### 1.4.2. Arenas, areniscas y conglomerados silíceos (7'). Aptiense-Albiense

Esta unidad se localiza en toda la mitad septentrional de la Hoja. Su base es discordante sobre los anteriores términos de la serie estratigráfica, lo que sugiere la continuación y/o reactivación de las condiciones tectónicas vigentes anteriormente. A su vez, su techo está también erosionado por la unidad suprayacente (Fm. Arenas de Utrillas: 8).

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 de centil decimétrico. El conjunto se presenta poco a 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 acerca de su estructura.

Los términos arenosos-conglomeráticos, característicos de esta unidad cartográfica forman niveles métricos a decamétricos, con estratificación cruzada planar y en surco, cicatrices erosivas, amalgamaciones, etc. La naturaleza de los clastos es silícea y las areniscas suelen tener grano medio a grueso. Intercalan a veces niveles métricos de lutitas rojas y verdes con algunas intercalaciones carbonosas (en algunos puntos se observan restos de azabache incluidos como clastos en la base de las capas arenosas). En algunas localidades de la región, al NO de la Hoja, estos niveles carbonosos han sido explotados en minas de poca importancia, actualmente abandonadas.

El ambiente sedimentario es un sistema fluvial de tipo *braided*, 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, y en donde las alternancias de períodos de inundación-desección influyen sobre el sedimento. La notable importancia de los términos arenoso-conglomeráticos se debe a la posición que ocupan dentro de este sistema aluvial, correspondiendo a zonas canalizadas de aporte detrítico y de procedencia sur predominantemente.

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).

El espesor de esta unidad es del orden de 700-800 m. Su edad más probable abarca el Aptiense y la parte basal del Albiense. En la realización de la vecina Hoja de Prádanos de Ojeda, en arcillas y lutitas carbonosas de esta unidad, se determinaron los siguientes foraminíferos: *Ammobaculites* cf. *forozus* TAPPAN, *A Subcretaceous* CUSHM. y ALEX, y *A. baculoides* cf. *gainesvillensis* COEBL, que definen un Cretácico inferior (probable Aptiense).

#### 1.4.3. Arenas, gravas y arcillas (8). Capas de Utrillas. Albiense-Cenomaniense inferior

Los mejores afloramientos de esta unidad se localizan al SE de la Peña Amaya y a 1 km al SO de Coculina (en el NO y O de la Hoja, respectivamente).

Se trata de un conjunto terrígeno relativamente más variado de colorido y litología que el anterior; las arenas son blancas, más finas y feldespáticas (o caoliníticas) que las anteriores; las gravas y conglomerados son semejantes, aunque menos abundantes que en la unidad anterior. Hay una mayor abundancia de niveles arcillosos o limosos de color rojizo, y cementaciones ferruginosas locales. Aproximadamente a 1,5 Km al ONO de Amaya (NO de la Hoja) se intercala en esta serie detrítica un nivel oscuro de lignito, de potencia decimétrica.

Las gravas, de tamaño microconglomerático, son generalmente de naturaleza cuarcítica y están bien rodadas, con 1-10 cm de diámetro, poseen potencias métricas a decamétricas, apreciándose imbricación de cantos, cicatrices y erosivas y amalgamación de depósitos de canal.

Las arenas y areniscas forman sets con estratificación cruzada planar y en surco, y están organizadas con los términos conglomeráticos en secuencias positivas de relleno de canal, métricas y decamétricas.

El análisis mineralógico de la fracción pesada, de la Facies Utrillas, en los afloramientos de Amaya, al NO de la Hoja, pone de manifiesto que los porcentajes medios de los minerales más abundantes son: turmalina 41,7 %, opacos 40,8 %, biotita 34 %, moscovita 21,5 %, carbonatos 17,9 %, hornblenda 11,5%, estaurilita 7,5 % y circón 7 %. En menor proporción aparecen esfena 4,9%, biotita 2,5%, epidota 2,5 %, rutilo 1,3 % y clorita 4 %. También aparecen, pero en una proporción inferior al 1 %, los siguientes minerales: zoisita (0,7 %), anatasa (,6 %), brooquita (0,5 %), apatito (0,4 %) y granate (0,2 %).

Los análisis de la fracción ligera comprendida entre 0,25 mm y 0,50 mm realizados en materiales de la Facies Utrillas reflejan que el mineral más abundante es el cuarzo monocrystalino (extinción ondulante) con un porcentaje aproximado de 40,6 %, el cuarzo monocrystalino (extinción recta) 36,45 %. Los demás componentes aparecen en porcentajes muy bajos: cuarzo policristalino 9,8 %, feldespato 6,4 % f.r. metamórficos 5,55 % (metacuarcitas) y por último 0,95 % (chert) destacar que en estos análisis no aparecen fragmentos de rocas sedimentarias plutónicas y autóctonas.

El medio de sedimentación está compuesto por sistemas fluviales de tipo *braided*, mostrando los términos arenosos estructuras propias de cauces de alta sinuosidad. Las facies lutítico-limosas corresponden a una llanura de inundación débilmente vegetada. La alteración caolínítica refleja un clima tropical a subtropical. El tránsito con la unidad suprayacente marina está marcado por la aparición de canales meandriformes y la progresiva aparición de flujos mareales.

Su base 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 y que en la Hoja, y en general en la Orla mesozoica Vasco-Cantábrica, sella los efectos de la tectónica neokimmérica, acaecida antes y durante el depósito de la Facies Purbeck y Weald.

Las «Capas de Utrillas» alcanzan una potencia de 125-250 m, diferencia de espesor que debe ser consecuencia de su carácter tectónicamente incompetente. Topográficamente, originan una depresión entre las formaciones del Weald y las calizas y margas del Cretácico medio-superior.

No existen datos faunísticos fiables acerca de la edad de esta unidad. De acuerdo con su posición estratigráfica y con los datos regionales, el intervalo temporal ocupado puede abarcar desde el Albiense hasta el Cenomaniense inferior. En la próxima Hoja de las Rozas (nº 108), situada al norte, se sitúa sobre niveles carbonatados con rudistas y ostréidos del Aptiense inferior; sobre la Formación. Utrillas se encuentran calizas con ostréidos, margas, areniscas y lutitas del tránsito Albiense-Cenomaniense.

#### **1.4.4. Calizas y margas (9). Cenomaniense-Turonense inferior**

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 este tramo está frecuentemente cubierto por derrubios.

Las mejores observaciones se realizan al SE de Peña Amaya y 1 km al N de Coculina (al NO y E de la Hoja respectivamente).

Comprenden dos tramos litológicos, no diferenciados en la cartografía de la Hoja. El inferior corresponde a una sucesión de margas amarillentas y grises con intercalaciones de niveles bioclásticos calcareníticos y nodulosos, con una potencia del orden de 25 m, que muestran laminación algal, bioturbación y a veces superficies ferruginosas. Las calizas, bioclásticas y calcareníticas, suelen mostrar bases erosivas y a veces 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, así como gasterópodos, corales, briozoos, etc. Los niveles nodulosos que aparecen a techo de la unidad contienen además *rills* bioclásticos, estando muy bioturbados. Las texturas de los carbonatos son

*packstone-grainstone*, con cemento esparítico. Las intercalaciones margosas, decimétricas a métricas, tienen color pardo a gris y también presentan abundantes fragmentos fósiles.

El tramo superior, de unos 35-40 m. de potencia, aflora inmediatamente debajo de la barra calcárea turoniense. Es una 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, así como estratificación *hummochy* y *swaley* y *ripples* de oleaje. Petrográficamente, las calizas nodulares son biomicritas nodulosas, wackestones, con abundantes restos de bivalvos, gasterópodos, equinodermos, briozoos, ammonites y foraminíferos planctónicos y bentónicos, y gravas de cuarzo y glauconita. Las margas y las calizas arcillosas presentan fauna menos abundante.

Sedimentológicamente, el tramo inferior de esta unidad representa depósitos someros sub a intermareales, correspondientes a una llanura mareal fangosa con pequeños canales que arrastran restos bioclásticos. El tramo superior es interpretable como correspondiente al depósito, en condiciones tranquilas, de una plataforma abierta, relativamente profunda y de amplia circulación, correspondiendo a un máximo transgresivo.

Para esta unidad cartográfica se han realizado determinaciones micropaleontológicas en muestras procedentes del E de Montorio y del N de Quintana del Pino, en la vecina Hoja oriental de Montorio, indicando las asociaciones de foraminíferos y ostrácodos edades comprendidas entre el Cenomaniense y el Turoniense inferior. Debe existir un hiato estratigráfico que afecta al Cenomaniense superior, como ha sido señalado anteriormente por RAMIREZ DEL POZO (1971) para toda la región nor-burgalesa.

#### **1.4.5. Calizas y dolomías blancas (10). Turoniense superior-Coniaciense**

Esta unidad cartográfica destaca vigorosamente en el relieve, al constituir el primer o más bajo resalte topográfico de las características mesas, loras o muelas de la región. Sus mejores afloramientos se localizan inmediatamente al NNE de Fuencaliente de Puerta y 1,5 km al NE de Coclina (al N y E de la Hoja, respectivamente).

Sucede concordantemente, con unos 70-150 m de espesor, al tramo anterior. Forma el primer (o más bajo estratigráficamente) resalte calcáreo de la sucesión cretácica. Está constituido por un potente conjunto de calizas microcristalinas, calcarenitas bioclásticas, calcirruditas y calizas dolomíticas, estratificadas en gruesos bancos, en general de más de 1 m. De modo frecuente predominan las calizas microcristalinas (biomicritas, intrabiomicritas y biopelmicritas) en la base de la serie, y las calizas dolomíticas y dolomías (micritas dolomitizadas, dolomías cristalinas y dolosparitas) en el techo, aunque en ocasiones la dolomitización es muy intensa en todo el conjunto. En muchas zonas hay un tramo margoso de espesor decamétrico casi a techo. Colonias de rudistas son observables en esta unidad.

El techo de la unidad está marcado por el desarrollo de una importante interrupción en la sedimentación, que se manifiesta por repetidas superficies de *hard-ground* y, en algunas áreas, por sedimentación condensada. Los niveles formados durante esta ralentización deposicional son capas centimétricas a decimétricas de calizas arenosas, muy bioclásticas y bastante ferruginosas. Están con frecuencia dolomitizadas, total o parcialmente. Su textura es *packestone-grainstone* con cemento esparítico. Contienen intraclastos y peloides, granos de cuarzo dispersos, y los restos fósiles pertenecen a equínidos, briozoos, ostreidos, corales, miliolidos y gasterópodos. La potencia normal de este tramo culminante de la unidad es de 2 a 6 m.

A nivel regional, esta unidad cartográfica 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. Se interpreta como el resultado de migración de barras bioclásticas en condiciones de alta energía, sobre fondos tranquilos y colonizados, submareales; 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 y Coniaciense, según datos micropaleontológicos obtenidos en la vecina Hoja de Montorio. No obstante, hay que hacer notar que en amplias zonas de la región parece existir un hiato o laguna estratigráfica que abarca una parte del tránsito Turoniense-Coniaciense.

#### 1.4.6. Margas (11). Santoniense e inferior-medio

Los mejores afloramientos de esta unidad se localizan en la parte oriental de la Hoja, entre las poblaciones de Coculina y La Piedra.

Sobre el tramo anterior se dispone brusca pero concordantemente una unidad predominantemente margosa de unos 70 m de espesor máximo. Su carácter blando y fácilmente erosionable origina una depresión entre la primera (10) y la segunda (12) barras calcáreas del Cretácico.

Litológicamente se trata de margas calcáreas gris-verdosas a veces oscuras, nodulosas y en otras ocasiones hojosas. Característicamente contienen abundantes geodas centidecimétricas de calcita y pequeños *Gryphaeidae*, briozoos ramificados y púas de equínidos. En la base puede haber niveles con glauconita diseminada.

Con respecto al techo de la unidad infrayacente (10), marcado por una interrupción sedimentaria, el depósito de esta unidad supone una relativa profundización. 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 (12).

Su edad más probable es Santoniense inferior-medio, según datos micropaleontológicos obtenidos en zonas próximas (Hoja de Montorio).

#### 1.4.7. Calizas (12). Santoniense superior

Las mejores observaciones de esta unidad cartográfica se encuentran en Fuencaliente de Puerta y Talamillo del Tozo, y entre Cocolina y La Piedra (al N y E de la Hoja).

Sobre el conjunto margoso anteriormente descrito se encuentra un tramo calizo compacto, formado por calcarenitas bioclásticas de tonos beige-rojizos, caracterizado por la presencia de *Lacazina elongata* MUNCH-CHALM, con abundante fauna de miliólidos; las calizas son lajosas, de color crema a gris-blancuecino y con estratificación cruzada en surco, y planar de media escala. Muestran, en determinadas zonas, colonias de rudistas, algunas silificaciones pequeñas (decimétricas) y pueden contener pequeños *Gryphaeidae*. El tramo, de unos 80-150 m. de espesor, aparece de forma neta y brusca sobre la unidad infrayacente, aunque aparentemente en continuidad sedimentaria. En los últimos metros del techo se vuelve más margoso.

Los lechos con estratificación cruzada alternan con tramos que presentan estratificación horizontal, igualmente calcareníticas. Se observan capas decimétricas de calizas nodulosas y con contactos ondulados, que se sitúan en la base de ciclos negativos, cuyos términos superiores están representados por bancos masivos, decimétricos a métricos, de calizas bioclásticas (microfacies de biopelmicritas y biointrasparitas). La potencia de estas secuencias es métrica a decamétrica. Los términos nodulosos presentan texturas *wackestone* con abundantes intraclastos y miliólidos; los niveles bioclásticos superiores son *packstones-grainstones*, bastante recristalizados, con fragmentos de bivalvos y abundantes miliólidos.

El ambiente de depósito se enmarca en un complejo de bancos marginales formado por *shoals* en el borde de la plataforma interna, y constituyendo un episodio transgresivo con relación a la unidad infrayacente. En algunas áreas se forman niveles bioconstruidos de rudistas. Las secuencias negativas culminan con pequeñas interrupciones sedimentarias, que se manifiestan en forma de *hard-grounds* y superficies de ferruginización.

En cuanto a su edad, la aparición de *Lacazina* al techo de la serie caracteriza al Santoniense superior.

#### 1.4.8. Dolomías rojizas (13). Santoniense superior

Sucede concordantemente a la unidad anterior, alcanzando unos 50 m de espesor máximo. Los cortes mejor expuestos y más accesibles de este tramo se localizan junto a Talamillo del Tozo y en toda el área al sur de Fuente-Urbel (cuadrante NE de la hoja).

Está constituido por dolomías oquerosas o laminadas, rojizas o amarillentas, arenosas a veces, bien estratificadas en bancos de potencia decimétrica. En el paisaje, sus afloramientos de color pardo y aspecto rugoso destacan bien de los grises y estratificados de las calizas de muro y techo.

Parte de las dolomías son secundarias. Cuando es posible reconocer las calizas originales, éstas muestran una textura de *wackestone* a *packstone-grainstone*, con una organización negativa de potencia métrica. Los interclastos y peloides son abundantes, así como el cemento esparítico. Son frecuentes los restos de briozoos, corales, ostreidos, otros bivalvos, equínidos, gasterópodos y foraminíferos, entre los que destaca la presencia de lacazinas.

El medio de depósito de la unidad evoluciona desde una plataforma interna somera y protegida, a mar abierto, en donde se organizan barras submareales por procesos de tormenta y oleaje. Los procesos de somerización son frecuentes, desarrollándose superficies de ferruginización, dolomitizaciones y *hard-grounds*.

Su edad más probable es Santoniense superior, según datos y correlaciones regionales.

#### 1.4.9. Calizas (14). Santoniense terminal-Campaniense.

Es el último tramo cretácico conocido (preservado de la erosión) en la Hoja, localizándose tan sólo en el núcleo del sinclinal existente inmediatamente al SE de San Martín de Humada (N de la Hoja) y en una amplia banda aflorante durante algunos Kms tanto al ONO como al ESE de Talamillo del Tozo (NE de la Hoja). El mejor corte se obtiene inmediatamente al oeste de esta población, en la carretera. Su espesor oscila entre 20-40 m.

Son calizas de color gris-crema, rosado a veces, con foraminíferos y rudistas. Su edad más probable, por datos y correlaciones regionales, debe ser Santoniense terminal-Campaniense.

Se interpretan como depósitos de plataforma somera de baja a media energía.

### 1.5. Terciario

El Terciario de la Hoja de Villadiego comprende la parte noroccidental de la Cuenca del Duero.

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 paulativamente 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 (en la parte alta). Hacia los bordes, estas facies cambian a otras más locales (Facies Grijalba-Villadiego, Facies Tordomar, 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 Y DABRIO (1989), diferencian dos unidades (Páramo inferior y Páramo superior) en las Calizas del Páramo.

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

A continuación se pasa a una descripción de las unidades o facies representativas que aparecen en la zona septentrional y nororiental de la Cuenca del Duero, desde el meridiano de Guardo hasta el de Burgos, para familiarizar al lector con la terminología vigente o más comúnmente empleada.

**«Complejo Vegaquemada».**- Bajo este nombre denominan GARCIA RAMOS *et al.* (1982) el «Gres de Les Bodes» en Boñar (León) de CIRY (1940), y el de las «Facies de las Cuevas» de MABESOONE (1959, 1961). Se incluyen con esta terminología los conglomerados masivos del Complejo del Arroyo de las Cuevas, suprayacentes a las facies descritas por este autor. Se trata de una unidad caracterizada por dos tramos: el inferior, de carácter más arcilloso y equivalente en parte a las «Facies Garum», y el superior formado por una potente sucesión de conglomerados poligénicos, areniscas y lutitas rojas, organizado en secuencias granodecrecientes.

**«Complejo Cuevas».**- Denominado por MABESOONE (1959, 1961), en la Hoja de Guardo, «Facies de las Cuevas» y posteriormente «Complejo Cuevas» por GARCIA RAMOS *et al.*, (1982). Formado por conglomerados calcáreos y lutitas rojas, se apoya de forma gradual sobre la unidad anterior. La parte de este complejo se interdigita en parte con los conglomerados Aviñante (ver a continuación). Las direcciones de aporte en esta unidad aunque dispersas, apuntan hacia el sur y sur-suroeste.

**«Abanico de Aviñante».-** Equivalente a la «Facies de Vega de Riacos» de MABESOONE (1959, 1961), está formado por conglomerados poligénicos de calizas, pizarras, cuarzo y cuarcita, y fangos rojos. PORTERO *et al.* (1983) lo hacen equivalente en parte a la facies «Tierra de Campos».

**«Conglomerados de Alar del Rey».-** Equivalentes a la facies de Vega de Riacos-Alar del Rey de AEROSERVICE (1967), así como al tramo conglomerático de MANJON (1969). Se sitúan discordantes sobre la Orla Mesozóica del borde nororiental de la Depresión del Duero, entre Prádanos de Ojeda-Alar del Rey en la Provincia de Palencia, prolongándose hasta el borde norte en Burgos. Estos conglomerados son poligénicos y están formados por cantos de calizas mesozoicas, cuarzo y cuarcita, que intercalan a veces niveles de lutitas rojas. Resultarían correlacionables con los conglomerados del abanico poligénico de Aviñante.

**«Facies Grijalba-Villadiego».-** Definida por AEROSERVICE (1967), está formada por conglomerados poligénicos, areniscas cementadas y lutitas rojas. Resultarían similares a las facies medias y distales del abanico de Aviñante. También serían equivalentes al «Tramo arcilloso», «Facies de Herrera-Zorita y Sotobañado-Priortrato» de MANJON (1969). La distribución geográfica de esta facies es bastante extensa en todo el norte de la provincia de Palencia, desde las proximidades de Guardo (Aviñante) hasta la zona de Villadiego (Burgos). Hacia el sur se interrelacionan con la «Facies Tierra de Campos».

**«Facies Tierra de Campos».-** Definida por HERNANDEZ PACHECO (1915) en la zona de Palencia- Valladolid, resulta una de las unidades más características de la Cuenca del Duero. Esta facies se extiende hacia el sur a la parte central de la Cuenca y en principio resultaría correlacionable con la «Facies de Grijalba-Villadiego».

**«Facies Dueñas».-** Definida por DEL OLMO *et al* (1982) está constituida por una unidad detrítico-carbonatada formada por margas y arcillas calcáreas grises con intercalaciones de calizas ricas en gasterópodos, ostrácodos y charáceas. Se extienden a lo largo del valle de Pisuerga, al norte de Valladolid y en la provincia de Burgos, donde adquieren una gran representatividad. Algunos autores las han considerado en parte como cambio lateral de la facies Tierra de Campos y de la Unidad de Pedrajas de Portillo, situada mucho más al sur de nuestro sector.

**«Abanicos de Guardo y Cantoral».-** Descritos por MANJON *et al.*, (1979) se extienden al norte de la provincia de Palencia y están formados por depósitos conglomeráticos de cantos cuarcíticos y cuarzo, fundamentalmente, así como algunos de pizarras paleozoicas intercalados entre fangos ocreos, que hacia el sur se hacen más potentes y donde se observa una organización fluvial de tipo *braided*.

**«Facies de La Serna».-** Equivale a las «Facies Relea y Carrión» de MABESOONE (1961). Han sido descritas por ARAGONES (1978) y CARRERAS (1978) y se extienden por la parte central de la Provincia de Palencia. Corresponden a facies detríticas formadas fundamentalmente por lutitas (fangos) ocreos, donde se intercalan cuerpos arenosos y a veces calizas palustres. Son frecuentes las edafizaciones, intercalándose a veces suelos

calcimorfos. Los canales están formados por arenas y gravillas con direcciones de aporte hacia el sur y suroeste. Se las considera equivalente lateral de los abanicos de Cantoral y Guardo. Hacia el centro de la Cuenca (Palencia-Valladolid-Burgos) se ha supuesto pasa a la «Facies Cuestas».

**«Facies de las Cuestas».**- Definidas inicialmente por HERNANDEZ-PACHECO (1915), han sido objeto de estudios posteriores por numerosos autores (ROYO GOMEZ, 1926). Los trabajos más recientes corresponden principalmente a SANCHEZ DE LA TORRE (1979), PORTERO *et al.* (1983), MEDIAVILLA (1985) y MEDIAVILLA *et al.* (1989). Litológicamente están caracterizadas por arcillas, arcillas carbonosas, yesos, margas yesíferas y calizas margosas. Morfológicamente, esta unidad destaca en el paisaje al encontrarse coronada por las «Calizas de los Páramos». Es de resaltar el alto contenido faunístico (micro-mamíferos) que presenta esta facies, localizándose en ella numerosos yacimientos distribuidos de forma irregular en toda la cuenca y que permiten su control estratigráfico.

**«Calizas de los Páramos».**- Coronando las series miocénicas, HERNANDEZ-PACHECO (1915) define así a las calizas que constituyen el último resalte morfológico donde se construye la superficie del Páramo. En los últimos años han sido estudiadas y descritas por DEL OLMO (1978, 1979), PORTERO *et al.* (1979), MEDIAVILLA Y DABRIO (1986) y MEDIAVILLA Y DABRIO (1989). En numerosos puntos se observan dos paquetes perfectamente individualizados y que se hacen corresponder con las denominadas «Calizas inferiores» y «Calizas superiores de la superficie del Páramo». Los eventos y procesos sedimentarios que separan a ambos coinciden con los definidos por AGUIRRE *et al.* (1976) y PEREZ GONZALEZ (1979, 1982) en la submeseta meridional durante el Plioceno. Recientemente, MEDIAVILLA Y DABRIO (1989) encuentran ambos niveles separados por un episodio detrítico de génesis fluvial, por lo que podrían representar dos unidades tectosedimentarias diferentes separadas entre sí por una importante discontinuidad.

De todas las facies o unidades descritas anteriormente para el Terciario de la región, en la Hoja de Villadiego aparecen representadas las siguientes, como se verá a continuación:

- Facies Cuevas (15 en el mapa geológico)
- Facies Dueñas (16 y 17)
- Conglomerados de Alar del Rey (20)
- Facies Grijalba-Villadiego (18 y 19)
- Facies Cuestas en facies típica lacustre (21 y 22) o terrígena (23)
- Facies Páramos (Páramo inferior) (24).

Todo el borde terciario en la Hoja es de carácter conglomerático, estando los conglomerados variablemente afectados por la tectónica. Una parte de ellos (superior) muestra buzamientos débilmente inclinados hacia el sur, y en ese mismo sentido pasan lateralmente a la Facies Grijalba-Villadiego (16); simultáneamente, bajo ambos conjuntos, en el área entre Boada de Villadiego y Bruilés, parte centro-oriental de la Hoja, aparecen las facies atribuidas como Dueñas (16 y 17). Por su posición estratigráfica y por su

continuidad cartográfica hacia el oeste con los de la localidad tipo, los conglomerados superiores (20) son los del Alar del Rey. La parte conglomerática inferior (15) muestra buzamientos más fuertes, un mayor grado de implicación tectónica (aparecen incorporados en escamas con el Mesozoico, por ejemplo en el cuadrante NO de la Hoja), y se disponen bajo facies atribuibles a Dueñas (Zona de Rioparaíso, centro de la Hoja), motivos por los que una edad oligoceno-miocena inferior aparece como muy probable.

La Facies «Cuestas» es, en la Hoja, típicamente margosa en su mitad inferior (21), disponiéndose tanto sobre los conglomerados de Alar del Rey (20) como sobre la Facies Grijalba-Villadiego (18 y 19), lo cual puede verse 1-2 km al E de Brullés. En su parte media intercala calizas (22), más abundantes hacia el NE. La parte superior de la Facies «Cuestas» es, en la Hoja terrígena (23), constituida por arcillas pardo-rojizas con esporádicos niveles conglomeráticos silíceos, y podría equivaler o tener el mismo significado que la Facies de «La Serna». Este tramo terrígeno reduce su espesor hacia el NE.

Las calizas del Páramo inferior (24) culminan la serie terciaria de la Hoja.

A continuación se describen con más detalle las distintas diferenciaciones cartográficas efectuadas en el Terciario.

#### **1.5.1. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas (15): Oligoceno-Mioceno inferior**

Aparecen adosados al borde del Mesozoico y parcialmente recubiertos por formaciones neógenas más recientes. Los mejores puntos de observación se localizan junto a la población de Congosto y al norte de la de Rioparaíso, en el cuadrante NO de la Hoja.

Son materiales de característico color rojo-anaranjado. Los conglomerados contienen cantos calizos de hasta 1 m<sup>3</sup> de volumen y en general son subredondeados; también existen cantos de cuarzo y cuarcita en menor cuantía y tamaño, redondeados y probablemente heredados de las facies detríticas mesozoicas más próximas.

Los conglomerados dominan sobre las arcillas. Son materiales depositados en ambiente fluvial, originados por procesos de corrientes tractivas acuosas, coladas de derrubios (*debris flow*) y coladas de fangos (*mud flow*) de zonas proximales de abanicos aluviales.

La potencia de la serie no se puede conocer con precisión dado el carácter de discordancia probablemente progresiva para su base, y a que su techo pudo ser 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 predominarán 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 regionales, puesto que no han suministrado fósiles.

### 1.5.2. Margas blancas (16) Facies Dueñas. Ageneiense-Orleaniense

Los afloramientos de esta unidad se localizan en los alrededores de y entre las poblaciones de Villaute y Barrios de Villadiego, en las partes centro y suroriental de la Hoja.

Esta unidad está constituida por arcillas más o menos margosas, verdosas, o más raramente oscuras (ricas en gasterópodos), que alternan semimétricamente con tramos más carbonatados ricos en ostrácodos (calcareníicos). Alcanzan un espesor máximo visible de 40 m. Les es atribuible una edad Ageneiense-Orleaniense, por correlación con zonas más centrales de la Cuenca del Duero y por datos paleontológicos obtenidos en la Facies Tierra de Campos suprayacente, en la vecina Hoja de Burgos. Hacia techo pasan a las calizas «terminales» de Dueñas (17).

Análisis de la fracción arcillosa de varias muestras obtenidas en la región 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 es 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 encuentra 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 evidencia 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 oxidación) 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 micríticas (unidad 17) 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 con signos de karstificación y pedogénesis (frecuentemente con moldes de raíces). Espesor: 1-3 m. Retracciones lacustres con exposición subaérea.

El estudio micropaleontológico de las Facies Dueñas muestra ostrácodos abundantes, con *Candona albicans* (BRADY) y *Crypionotus salinus* (BRADY), y en menor proporción *Cypidarum Knigsleyi* (BRADY y ROBERTSON), *Potamocypris ef. fulva* (BRADY), etc. Son igualmente abundantes los girogonitos de Charáceas, atribuidos a *cf. Sphaerochara* y *cf. Nitellopsis (Testochara)*. Palinológicamente, las muestras son estériles, aunque suelen presentar abundante materia orgánica (principalmente hongos) que no se ha podido identificar.

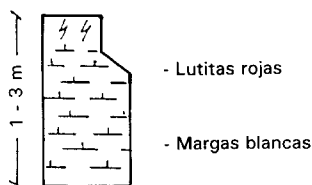
## ANÁLISIS SECUENCIAL DE LAS FACIES DUEÑAS

Está formada por depósitos lacustre-palustre. Se intercalan algunos niveles de lutitas rojas que constituyen cuñas terrígenas entre facies lacustres. La unidad termina con la sedimentación de calizas y posterior edaficación y karstificación.

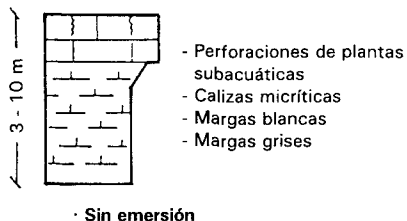
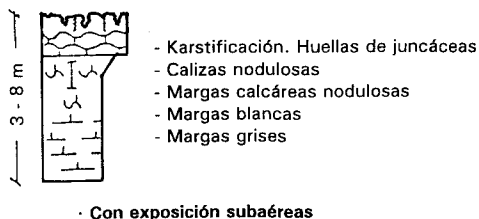
Litológicas-Facies	Estructuras-Fósiles	Interpretación
Lutitas rojas	Bioturbación, suelos rojos	Llanura de inundación, términos oxidantes palustres
Lutitas margosas verdes	Bioturbación. Algas	Palustre. Paleosuelos
Margas grises	Ostrácodos	Lacustre, fondos reductores
Margas blancas	Oxidaciones a techo, Ostrácodos	Lacustre proximal, condiciones oxidantes.
Margas calcáreas nodulosas	Bioturbación, pedrogénesis.	Lacustre proximal más retracción con procesos edáficos.
Calizas margosas y micríticas	Gasterópodos, ostrácodos, caráceas.	Lacustre proximal
Calizas nodulosas con perforaciones	Estructura prismática, nodulización karstificación	Lacustre marginal sometido a exposición subaérea.

## TIPOS DE SECUENCIAS

### Ciclos de oxidación reducción



### Ciclos de retracción lacustre



### 1.5.3. Calizas (17). Calizas «terminales» de la Facies Dueñas

Este tramo calcáreo está generalmente compuesto de bancos de 10 a 25 cm, separados entre sí por finas capas de margas blancas. Las calizas suelen ser micríticas, de color crema, más o menos oquerosa, con frecuentes gasterópodos centimétricos disueltos.

El estudio microcópico de lámina delgada de la facies carbonatadas de Dueñas determina la existencia de micritas (*mudstone*) y biomicritas (*wackestone*) con gasterópodos, ostrácodos, y caráceos y con bioturbaciones que generalmente son raíces, habiendo también fracturas ocasionales con relleno vadoso.

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. La edad de este tramo calcáreo debe ser Orleaniense superior, según datos paleontológicos de la Formación Tierra de Campos (suprayacente en la Hoja de Burgos), y por posición estratigráfica y correlación con las partes centrales de la Cuenca.

### 1.5.4. Arcillas rojas con conglomerados (18). Facies Grijalba-Villadiego. Astaraciense

Corresponden, en la Hoja, al inicio sedimentario siguiente al de la Facies «Dueñas». Es una facies contemporánea con la de Tierra de Campos, presente más al sur y este. Su distribución es muy uniforme en todo el conjunto terciario de la Hoja.

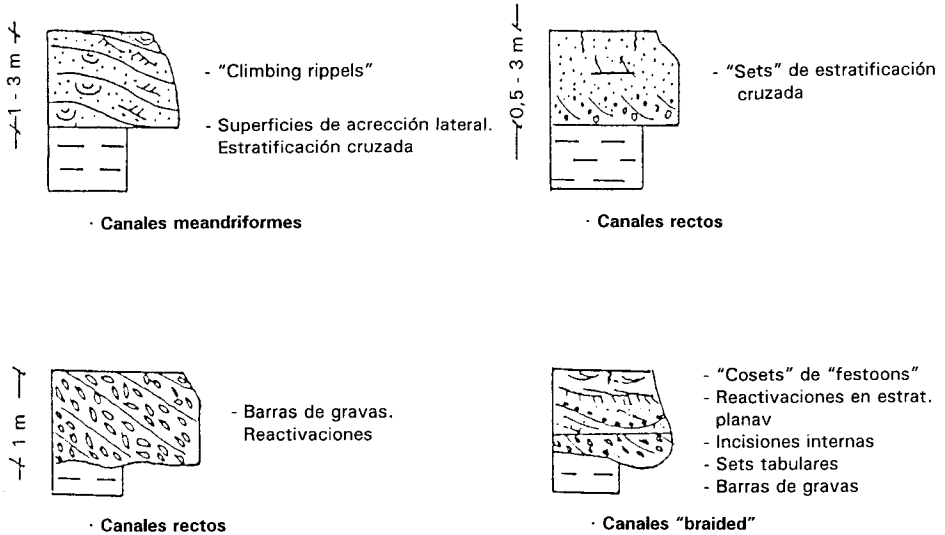
Son equivalentes de los conglomerados de borde de dicha orla denominados «Facies Vega de Riacos-Alar del Rey». Fueron definidas por AEROSERVICE (1966) y son similares a las facies medias y distales de abanico poligénicos de Aviñante. También equivalen al conjunto compuesto por el «tramo arcilloso» y las «Facies de Herrera-Zorita y Sotobañado-Priorato» de MANJON (1969).

La distribución geográfica de estas facies es bastante extensa en todo el norte de la provincia de Palencia, desde las proximidades de Guardo (Aviñante) hasta la zona de Villadiego (Burgos).

La presencia de las arcillas rojas con niveles detríticos discontinuos es la más dominante característica, junto a los pequeños niveles detríticos que se intercalan, y que configuran un relieve alomado, a veces con replanos estructurales que corresponden a niveles de terraza instalados y desarrollados sobre estos materiales. Las lutitas en general, y en particular los niveles arcillosos como ya se ha expuesto, tienen fuertes tonalidades rojizas. A veces son algo limosas e incluso arenosas, pudiendo en ocasiones adquirir puntualmente, y en corte fresco, ciertas tonalidades verdosas.

Las lutitas, cuando se observan en corte fresco, presentan intercalados suelos calcimorfos, siendo también importante el desarrollo de procesos edáficos en estos materiales.

## TIPOS DE RELLENO DE CANAL



El estudio de la fracción arcillosa mediante difracción de R-X presenta una composición mineralógica global con un contenido en cuarzo del 10 %, mayor contenido en calcita, 22 %, y presencia de filosilicatos del orden del 68%. Dentro de este grupo, la illita está presente con porcentajes del orden del 52%, la caolinita con un 20 %, la clorita con un 23 % y los interestratificados del tipo Illita-esmectita lo hacen con el 5 %.

Los niveles detríticos más groseros, es decir, las arenas y los conglomerados, aparecen fuertemente cementados, siendo la naturaleza de este cemento carbonato cálcico. El tamaño arena es muy variable, oscilando desde el tamaño fino al grueso. Los cantos son poligénicos, con un alto porcentaje de cuarzo y cuarcita, si bien también son muy abundantes los calcáreos procedentes del Mesozoico. Los espesores observados para estos cuerpos oscilan entre 1-2 m, si bien, y localmente, se encuentran potencias del orden de 3 m. También se observan pequeñas capas tabulares de arena muy fina de espesores no superiores a los 20 cm y que corresponden a facies de desbordamiento de los canales.

El análisis mineralógico de la fracción pesada de los materiales en el afloramiento de Las Hormazas (SE Hoja), resalta la abundancia de opacos 69 %, circón 41 %, turmalina 34,1 % y transparentes 27,3 %. En menor proporción aparecen granates 5,7 %, andalucita 4,3 %, hornblenda 3 %, apatito 2,7 %, rutilo 2,6 %, estaurilita 2,5 %, moscovita 1,4 %, carbonatos 1,4 %, y biotita 1 %. Por último, y en un porcentaje inferior al 1%, y por tanto muy escaso hay broquita y anatasa 0,7 %, clorita 0,5 %, zoisita 0,4 % y epidota 0,2 %.

## ANÁLISIS SECUENCIAL DE LA FACIES ALAR DEL REY-VILLADIEGO

Adosados a los relieves mesozoicos se encuentran los depósitos conglomeráticos pertenecientes a las facies Alar del Rey. Constituyen la orla proximal de los abanicos alviales y fluviales. Las facies Grijalba-Villadiego forman el frente distal de los abanicos con encajamiento y relleno de canales y en zonas poco drenadas de los sistemas fluviales. La unidad está culminada por un acúmulo de suelos calcimorfos y localmente por un nivel de calizas charcustras muy edafizada y karstificada.

### FACIES ALAR DEL REY

Litología - Facies	Estructuras - Fósiles	Interpretación
Brechas calcáreas Conglomerados calcáreos Conglomerados poligénicos y areniscas	Depósito desorganizado Cicatrices internas Canalizaciones, estratificación cruzada Vertebrados	Apice de abanicos Orla proximal y media de abanicos. Relleno de canales en orla distal.

### FACIES GRIJALBA-VILLADIEGO

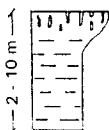
Litología - Facies	Estructuras - Fósiles	Interpretación
Lutitas rojas Caliches, calcificaciones  Capas tabulares de areniscas Areniscas y microconglomerados	Biturbación Rasgos pedogénicos marmorizaciones, Pisoides. Granoclasificación incipiente Estratificación cruzada, canalizaciones y vertebrados.	Llanura de inundación Suelos calcimorfos.  Lóbulos de desbordamiento. Relleno de canales.
Lutitas verdes  Margas arcillosas anaranjadas Margas nodulosas Calizas arenosas nodulosas	Bioturbación, algas.  Bioturbación. Bioturbación-Pedogénesis Nodulización. Algas, peloides intraclastos	Encharcamiento en llanura de inundación. Charcustras, perilacustras. Charcustras. Charcustras más exposición subaérea prolongada.

## TIPOS DE SECUENCIAS



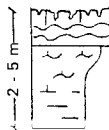
- Pedogénesis. Caliche
- Canal de areniscas
- "Crevasses" areniscosos
- Lutitas rojas

· Llanura de inundación: Encajamiento y relleno de canal. Procesos edáficos



- Caliche
- Lutitas rojas

· Llanura de inundación: Procesos edáficos



- Karstificación oxidaciones, pedogénesis
- Calizas nodulosas arenosas
- Margas nodulosas
- Margas arcillosas anaranjadas

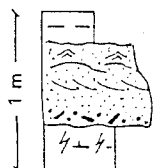
· Ciclo de desecación charcustras

## ANÁLISIS SECUENCIAL DE LA FACIES CUESTA Y CALIZAS DEL PARAMO

Esta representada por facies lacustres proximales, palustres y charcustres. La parte inferior incluye mayoritariamente depósitos terrígenos fluviolacustres y facies charcustres. Los términos superiores corresponden a las facies Páramo y están constituidos por niveles de calizas separados por intercalaciones margosas.

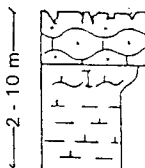
Litología - Facies	Estructuras - Fósiles	Interpretación
Lutitas rojas	Bioturbación	Fluviolacustre
Areniscas rojizas	Cantos blados, estratificación cruzada. Ripples de oleaje.	Canales fluviolacustres
Margas blancas	Ostrácodos	Lacustre proximal.
Margas calcáreas nodulosas	Rasgos pedogénicos	Lacustre-charcustre.
Lutitas margosas anaranjadas	Biturbación	Charcustre.
Calizas arenosas perforadas	Karstificación, perforaciones de juncáceas, oxidaciones. Algas intraclastos, peloides.	Charcustre con exposición subaérea.
Calizas micríticas o margosas	Ostrácodos, gasterópodos	Lacustre proximal.
Calizas con perforaciones	Huellas de juncáceas, karstificaciones	Lacustre proximal con exposición subaérea.

## TIPOS DE SECUENCIAS



- Lutitas rojas
- Areniscas:
  - Ripples de oleaje y laminación ondulada
  - Estratificación cruzada
  - Cantos blandos
  - Lutitas margosas verdes

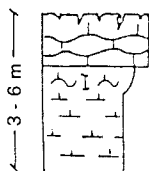
• Encajamiento y relleno de canal fluviolacustre



- Karstificación, pedogénesis
- Calizas nodulosas laminares
- Marcocalizas nodulosas
- Lutitas margosas anaranjadas

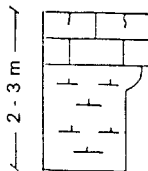
• Ciclo de desecación charcustre

### CICLOS DE RETRACCION LACUSTRE



- Karstificación, huellas de juncáceas
- Calizas nodulosas
- Margas calcáreas nodulosas
- Margas blancas

• Con exposición subaérea



- Perforaciones de plantas subacuáticas
- Calizas micríticas
- Margas blancas

• Sin emersión

El análisis mineralógico de la fracción ligera de los mismos, comprendida entre 0,25 mm y 0,50 mm, refleja los siguientes porcentajes: el mineral más abundante es el cuarzo monocristalino 34,5%, y con porcentajes importantes hay fragmentos de rocas sedimentarias 26,2% (carbonatos 17,1 y areniscas 9,1 %), cuarzo monocristalino 18%, fragmentos de rocas autóctonas 9,4 %, feldespatos potásicos 6% y cuarzo policristalino 3,4%. En menor proporción hay chert 1,4% y fragmentos de rocas metamórficas (0,8% meta-cuarcitas). Destacar la ausencia total de plagioclasa y fracciones de rocas plutónicas.

Desde el punto de vista sedimentológico, los depósitos que caracterizan a esta unidad corresponden a un sistema fluvial de tipo meandriforme de alta sinuosidad, formados por barras con superficie de acreción lateral y laminaciones internas que, en ocasiones, indican flujos heliocoidales. A veces se observan dentro de este contexto tramos rectos de canales. Es frecuente la presencia de facies de desbordamiento de los canales, o zonas de encharcamiento locales dentro de la llanura aluvial. También son importantes los procesos edáficos, observándose a veces éstos en etapas posteriores al relleno y abandono del canal, produciéndose entonces calcificaciones en las propias arenas. Existe una amplia dispersión de las paleocorrientes en las medidas realizadas, y esto obedece como es lógico a la configuración sinuosa de la red. No obstante, se observa una tendencia general hacia el SSE y SE. El área madre sin duda alguna, son los materiales mesozoicos aflorantes algo más al norte.

La potencia de esta unidad en la Hoja es del orden de 60 m.

Su edad es Astaraciense, por los datos suministrados por el yacimiento de vertebrados de Sandoval de la Reina (en el cuadrante SO de la Hoja), y por su equivalencia con la Facies Tierra de Campos, datada en otras partes de la Cuenca.

#### **1.5.5. Caliches, margas, y calizas rojas (19). Astaraciense**

Son de potencia métrica y se intercalan, a distintos niveles, preferentemente en la zona de tránsito entre los conglomerados de Alar del Rey (20) y la Facies Grijalba-Villadiego (18).

Son interpretables como testimonio de pequeñas charcas localizadas entre las partes más distales de los diferentes abanicos aluviales que constituyen la Facies. Alar del Rey.

#### **1.5.6. Conglomerados calcáreos y arcillas (20). Facies Alar del Rey. Orleaniense-Astaraciense**

Se encuentra adosada al borde mesozoico. Hacia el sur cambia lateralmente a la Facies Grijalba-Villadiego (18), disponiéndose entonces encima de las Facies Dueñas (16), como, por ejemplo, en los alrededores de Boada de Villadiego (en la parte central de la Hoja), pero en otras zonas se deduce también un paso lateral a las F. Dueñas, siendo en este caso los conglomerados de nuestra unidad menos importantes.

Es equivalente de las facies proximales del Abanico de Aviñante en la Hoja de Guardo, también conocidas como «Facies Vega de Riacos» o «Tramo conglomerático» (MANJON RUBIO, 1969).

Litológica y sedimentológicamente es una facies muy parecida a (15), aunque los cantos no alcanzan tan grandes tamaños y las arcillas son más frecuentes. Las arcillas son más abundantes cuanto más al sur, y pueden intercalar horizontes de nódulos carbonatados (caliche). Los términos de este tramo cartográfico configuran abanicos aluviales de arco amplio, cuyo ángulo apical oscila entre 80° y 160° y su radio máximo es de 2,5-3 km.

Los conglomerados calcáreos están compuestos por niveles de espesor métrico limitados por superficies erosivas pero tendiendo a morfologías tabulares. Incluyen abundantes cicatrices internas, irregulares y discontinuas. Los cantos proceden en su mayor parte del mesozoico. Presentan grados medios de esfericidad y rodamiento, y sus diámetros están comprendidos entre 5 y 25 cm. Mucho menos abundantes son los cantos cuarcíticos, resedimentados de las Facies Weald y Utrillas, y que en ningún caso superan el 10% de la fracción clástica. Muestran soporte de cantos, siendo la matriz escasa y compuesta por fragmentos de carbonatos y granos de cuarzo y cemento carbonatado. Excepcionalmente se observan imbricaciones de cantos asociados a depósitos algo más canalizados. Estas facies constituyen la orla proximal y media de los abanicos. El tipo de transporte dominante se realiza mediante mecanismos de tipo *debris-flow*. El transporte por agua es un proceso minoritario y está reflejado por estructuras de imbricación de cantos.

Como litología minoritaria dentro de la unidad hay conglomerados poligénicos que constituyen depósitos claramente canalizados. Se asocian a facies arenosas groseras configurando secuencias de relleno de canal. El porcentaje de los distintos cantos respecto la fracción clástica es muy variable. Los cantos calcáreos están bien rodados y sus diámetros oscilan entre 1 y 6 cm. El resto de cantos son de cuarzo, cuarcitas y rocas metamórficas. Muestran a su vez un alto grado de rodamiento y los diámetros oscilan entre 0,3 y 4 cm. La matriz es esencialmente cuarcítica y el cemento calcáreo. Presentan predominantemente un soporte de los cantos por matriz aunque es frecuente el soporte clástico. Se enmarcan en la orla media distal y frontal proximal de los abanicos aluviales. Se observa un predominio del transporte por flujos diluidos, evidenciado por la presencia de estructuras tractivas. El tipo de relleno indica una configuración *braided* para los paleocauces con desarrollo de barras de gravas.

Asociadas frecuentemente a las facies de conglomerados poligénicos hay areniscas, que constituyen los términos superiores de las secuencias de relleno de canal. También pueden presentarse como niveles areniscosos individualizados entre facies lutíticas. Se trata de areniscas de grano muy grueso edáficos, evidenciados por fuertes calcificaciones, desarrollo de perforaciones por raíces, y caliches. Se interpretan como canales de duración efímera, circunscritos al frente distal de los abanicos aluviales. El tipo de configuración de los canales varía de *braided* a baja sinuosidad.

Las lutitas, de color predominante rojo-anaranjado, se presentan en tramos masivos entre los que pueden intercalarse canales arenosos, y en ocasiones contienen términos más limosos. Son frecuentes los suelos rojos y caliches que se relacionan lateralmente con los procesos edáficos desarrollados a techo de los canales arenosos. Pertenecen en su mayor parte al frente distal de los abanicos. Se asimilan a inundaciones generales a escala del abanico e incluso de todo el sistema. Con la caída de flujo se produce el encajamiento de los canales y su rápido relleno *cut and fill*. Los procesos edáficos se desarrollan en los intervalos temporales de no deposición comprendidos entre dos avenidas.

La potencia de la unidad es muy variable, entre los 50 y 70 m.

No se han encontrado restos fósiles. Por su posición estratigráfica en relación con unidades distales mejor caracterizadas paleontológicamente, se ha asignado una edad fundamentalmente Astaraciense, aunque su parte baja puede ser Orleaniense.

#### **1.5.7. Margas blancas (21). Tramo inferior de la Facies Cuestas. Vallesiense**

Litológicamente este tramo corresponde a las clásicas Facies «Cuestas» definidas por HERNANDEZ-PACHECO (1915) en la parte central de la Cuenca. En la Hoja alcanzan un espesor máximo de 40 m y se localizan en el cuadrante SE. Suceden brusca pero concordantemente a las Facies Grijalba-Villadiego (18) y Alar del Rey (20). A techo finalizan con un tramo calcáreo (22), más potente cuanto más hacia el NE.

La unidad está formada por margas y arcillas blanquecinas con estratificación decimétrica a semimétrica. Minoritariamente, hay también arcillas carbonosas oscuras.

Las margas son frecuentemente dolomíticas, masivas y compactas. Diversos estudios de difracción de rayos X en la región indican la siguiente composición mineralógica: cuarzo (0-3,2 %), calcita (0-95 %), dolomita (0-64 %), yeso (0-6 %) y filosilicatos (5-85 %), dolomita (0-64), yeso (0-6 %), y filosilicatos (5-85 %), de éstos, el componente mayoritario es la illita, luego la esmectita y como minoritario, la caolinita (con 56 % y 10 % como valores máximos, respectivamente). Texturalmente son rocas con abundante componente micritica (con cristales de carbonato de tamaño inferior a 4 mm), frecuentemente recristalizada a microesparita (cristales de 4 a 8 micras) que confiere al sedimento un aspecto grumoso. Muestran, de forma muy puntual, valvas de ostrácodos dispersas.

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 a su techo y lutitas negras, 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 (1-3 m). Ciclo de oxidación-reducción.
- Margas pardas, margas calcáreas, calizas micríticas y huellas de plantas (2-6 m). Ciclo de retracción lacustre sin emersión.
- Margas pardas, margas nodulosas y calizas con karstificaciones y perforaciones a techo (22). (3-5 m). Ciclo de retracción lacustre con exposición subaérea.

Desde el punto de vista paleontológico es una facies 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 (Palencia) situadas al SO fuera de la Hoja, la edad estaría comprendida entre el techo del Astaraciense superior y el Vallesiense inferior.

El estudio paleontológico y micropaleontológico de las Facies Cuestas muestra gasterópodos abundantes, aunque en general presentan una fragmentación elevada, representados por opérculos de *Bithynia* sp. e *Hydrobia* sp., y en menor proporción *Valvata* sp, *Planorbarius* sp, etc. Los ostrácodos son abundantes, e igualmente fragmentados; *Ilyocypris gibba* (RAMDHOR), *Candona* sp. *Paralimnocythere rostrata* (STRAUB), etc. Son frecuentes los restos de talos y girogonitos de caráceas: cf. *Nitellopsis* (Tectochara). Palinológicamente, las muestras estudiadas han resultado prácticamente estériles. Hay presencia de *Betula*, *Quercus*, *Poaceae*, *Rumex*, etc., asociación que inclina a un clima templado y estacional. La presencia de *Rumex* señalaría una estación seca.

#### 1.5.8. Calizas y margas (22). Parte media de la Facies Cuestas, Vallesiense

El tramo anterior intercala a techo bancos calcáreos, más frecuentes y abundantes hacia el NE, donde la serie calco-margosa puede alcanzar 15-20 m de potencia. Hacia el SO, en la vecina Hoja de Sasamón, se adelgaza hasta adquirir carácter lenticular. Su edad más probable, por correlaciones regionales, es Vallesiense.

Las calizas son de color gris-crema, en bancos decimétricos. Presentan abundantes moldes de raíces (juncáceas). Las margas muestran a techo del tramo una mayor proporción arcillosa y un cierto tono más rojizo.

Las rocas carbonatadas son micríticas (*mudstone*) y biomicritas (*wackestone*), con gasterópodos y oogonios de charáceas. Generalmente presentan bioturbación y laminación. A veces son dolomías recristalizadas con 65-80% de dolomita, 10-20% de calcita y 0-15% de filosilicatos. Las margas son semejantes a las de las Facies Cuestas (21).

Aproximadamente a 1 km al sur de Solana (ángulo SE de la Hoja) se encuentra un *hard-ground* ferruginoso (limonítico, de espesor mili a centimétrico) a techo de este tramo calcáreo, cuya presencia, así como el cambio litológico que se verifica en el tramo suprayacente, indican una ruptura sedimentaria (ver a continuación).

### **1.5.9. Arcillas pardas con paleocanales y margas blanquecinas (23).**

#### **Tramo equivalente a la parte superior de la Facies Cuestas. Vallesiense**

Se trata de un tramo arcilloso de color pardo que contiene conglomerados silíceos de potencia métrico-decimétrica, cuyos cantos alcanzan 3-4 cm de diámetro más frecuente. Presenta unos 25 m de potencia y se localiza en el ángulo SE de la Hoja.

En sentido SO, en la Hoja de Sasamón (nº 199), incrementa notablemente su potencia (hasta 40 m), desaparecen los paleocanales y pasa lateralmente a margas y yesos de la parte superior de la Facies Cuestas. Hacia el NE, disminuye notablemente su espesor, quedando reducido a tan sólo 4 m de margas blancas, con abundantes nódulos de caliche, entre las calizas del «Páramo inferior»(24) a techo, y la intermedia de la Facies «Cuestas» (22) a muro. Sedimentológicamente, representa una facies fluvial de llanura de inundación, con canales esporádicos, que pasa hacia el sur, fuera de la Hoja, a la típica facies lacustre de Cuestas.

Aproximadamente a 1 km al sur de Solana (ángulo SE. de la Hoja de Villadiego, nº 166) se encuentra un *hard-ground* ferruginoso (de espesor centimétrico) a la base de esta unidad, sobre la caliza intermedia de la Facies «Cuestas». La existencia del *hard-ground* a la base del tramo y el propio cambio litológico (y de ambiente sedimentario) que supone éste respecto a la serie infrayacente (caliza «intermedia» de la Facies. «Cuestas», y tramo inferior de la misma) hacen considerar que nos encontramos ante una ruptura sedimentaria intra-Cuestas, probablemente correlacionable con la propuesta por MEDIAVILLA y DABRIO (1987-1988) en el área sur de la provincia de Palencia.

El tránsito, concordante, al tramo superior (calizas del «Páramo inferior», 24) se verifica mediante un nivel (pot. métrico-decimétrica) de margas blanquecinas.

La edad del tramo, de acuerdo con correlación regional con partes centrales de la cuenca, es Vallesiense.

### **1.5.10 Calizas (24). Calizas del Páramo inferior. Vallesiense**

Se localizan en el cuadrante SE de la Hoja, donde forman la parte alta de las mesetas características del paisaje y los últimos niveles terciarios preservados de la erosión. Suceden concordantemente al tramo anterior y con ellas finaliza el megaciclo sedimentario de Cuestas, por lo que también se les conoce, en Hojas próximas, con el nombre de Calizas «terminales» de Cuestas.

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 comprendido generalmente entre los 5 m (más frecuentes en la Hoja) y los 25 m.

Las calizas y calizas margosas son de color fundamentalmente gris, a veces beige, y aparecen en bancos de 0,5 a 1 m de espesor. 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. Son micritas y biomicritas, a veces dismicritas. Se observan estructuras fenestrales, desecación, bioturbación y a veces rellenos geopetales.

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 se organizan en secuencias negativas con enriquecimiento en carbonatos y representan las «Calizas terminales del ciclo Cuestas» reflejando un ambiente palustre-lacustre retractor, así como un cambio en el quimismo del agua con respecto al que debió existir durante la sedimentación de la unidad infrayacente. Las mayores concentraciones de carbonatos implican un descenso de la lámina de agua, culminando a veces la secuencia con la existencia de rasgos pedogénicos, característicos de ambientes palustres.

La edad de esta unidad es de Vallesiense inferior, según los yacimientos de micromaníferos existentes en facies similares en los alrededores de Palencia. El estudio paleontológico-micropaleontológico muestra gasterópodos representados por opérculos de *Bithynia*; ostrácodos representados predominantemente por *Cyprideis Tuberculata* (MEHES), y en menor proporción por *Ilyocypris gibba* (RAMDHOR) y girogonitos de charáceas atribuidos a *Nitellopsis* (Tectochara).

## 1.6. CUATERNARIO

Las formaciones cuaternarias son importantes, sobre todo en las áreas blandas, fácilmente erosionables. Las más frecuentes, con diferencia, son las fluviales que, por lo demás, han sido las únicas representadas en el mapa geológico. Alcanzan su mayor desarrollo en la parte de Terciario de la Hoja, donde además se identifican varios niveles de terrazas. Sobre Mesozoico, los cuaternarios fluviales adquieren una cierta entidad sobre terrenos relativamente blandos, con amplias extensiones de afloramiento, características que sólo cumple la Facies Weald (7) y (7'). Para más detalles sobre las formaciones cuaternarias, véase el capítulo de Geomorfología.

### 1.6.1. Gravas y cantos poligénicos, arenas (Terrazas altas, medias y bajas). (25, 26 y 28). Pleistoceno

Adquieren su mayor desarrollo en la mitad occidental de la Hoja, sobre el Terciario, correspondiendo fundamentalmente a las cuencas de los ríos Riomanes y Odra. Son depósitos de escaso espesor (métrico) situados a distintos niveles sobre el Terciario, desconectados entre sí y aparentemente irregularmente repartidos, pero que en realidad reflejan el carácter dendriforme de la red hidrográfica en la zona. Son depósitos areno-

sos, con cantos predominantemente cuarcíticos de tamaño centi-decimétrico, bien redondeados. Deben proceder fundamentalmente del desmantelamiento de formaciones terciarias altas o pliocuaternarias, semejantes litológicamente, y bien conservadas más al oeste, en la vecina Hoja de Herrera de Pisuerga. Las terrazas bajas son semejantes, observándose una mayor proporción de cantos de caliza (1-3%) y del elemento arcilla en la matriz.

Su edad se podría atribuir al Pleistoceno, sin más precisiones, en tanto no se obtengan dataciones.

#### **1.6.2. Gravas y cantos poligénicos, arenas, arcillas (Cauce actual, fondos de valle y llanura de inundación) (29 y 31) Pleistoceno-Holoceno**

Son los depósitos más recientes, relacionados directamente con la red fluvial actual. El cauce actual y llanura de inundación se han distinguido sólo en los ríos Odra y Brullés.

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 intercalado y algún otro arcilloso y oscuro, que testimonia épocas de menor actividad. Los depósitos de cauce actual son más lavados, con cantos más sueltos y menor proporción de matriz (arenosa, predominantemente).

En cuanto a los depósitos de llanura de inundación, la litología la constituyen gravas o cantos de cuarcitas y calizas (minoritarias) y arenas. A techo aparecen los limos y arcillas de inundación, sobre los que se desarrollan suelos pardos de vega. La edad de todos estos depósitos es, sobre todo, atribuible al Holoceno, salvo determinados fondos de valle cuya continuidad morfológica con terrazas próximas de ríos más importantes indicaría una edad más antigua (pleistocena).

#### **1.6.3. Gravas y cantos poligénicos, arcillas (Conos de deyección) (27 y 30). Pleistoceno-Holoceno**

Se localizan a la salida de pequeños barrancos, desarrollándose sobre la llanura de inundación o sobre alguna terraza. Son 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 finos (lutitas) y cantos de naturaleza, fundamentalmente cuarcíticos. También hay restos de suelos calcimorfos, areniscas y otros.

Dependiendo de su relación con las terrazas o la llanura de inundación (o fondo de valle), su edad debe ser Pleistoceno y Holoceno, respectivamente.

## 2. TECTONICA

### 2.1. TECTONICA ALPINA

Como se verá también en el capítulo de Historia Geológica, 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 las fases neokimméricas (durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior), causantes de la discordancia basal de la facies Purbeck, y que dieron lugar a un sistema de desgarres dextrales ONO-ESE, atribuido 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 Aptiene 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 el Turoniense y Coniaciense) y prosiguen en el Paleoceno (con importante extrusión diapírica de Keuper en regiones más septentrionales) y Eoceno. A finales del Eoceno hasta el Oligoceno se produce el plegamiento principal (Fase Pirenaica), comenzando a individualizarse en esa época la Cuenca del Duero.

La Fase Pirenaica, comprensiva, 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 Plaza 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 (16) sobre los conglomerados calcáreos oligomiocenos (15) inclinados, puede ser un reflejo de la Fase Sálica; y la progradación generalizada que suponen los Conglomerados de Alar del Rey (20) sobre las margas anteriores (16), de la Stayrica, momento en que se configura la cuenca definitivamente. Los accidentes tectónicos más recientes son fracturas ONO-ESE que afectan a la Facies Grijalba-Villadiego (18) (Astaraciense).

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

#### 2.1.1. Unidades estructurales

En la Hoja de Villadiego pueden distinguirse los siguientes dominios o unidades estructurales (Fig.2):

- Franja o Banda plegada de Montorio (también denominada de Rojas-Santa Casilda en Hojas más surorientales: Belorado y Briviesca).

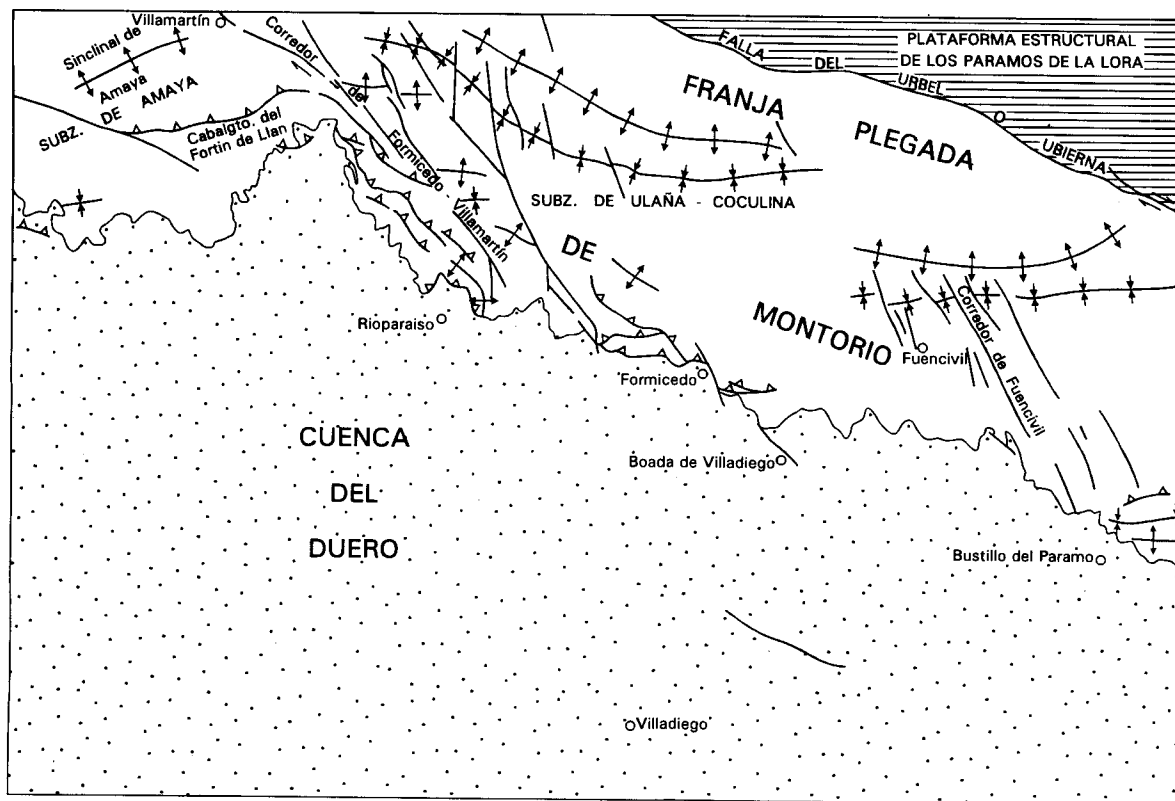


Fig. 2.- Unidades tectónicas y principales accidentes y estructuras en la Hoja de Villadiego

- Plataforma estructural de los Páramos (mesozoicos) de la Lora, también denominada Plataforma burgalesa.
- Cuenca Terciaria del Duero.

Las dos primeras están separadas por la Falla de Urbel o Ubierna.

A continuación se ofrece una descripción individualizada de estas unidades. La zona de contacto o borde entre la Cuenca del Duero y la Franja plegada de Montorio será objeto, por su complejidad e implicaciones, de una descripción más detallada.

#### **2.1.1.1. *Plataforma estructural de los Páramos (mesozoicos) de la Lora***

Corresponde a una amplia zona sinclinal, casi subhorizontal, de unos 50 x 25 km (según las direcciones ONO-ESE x NE-SO, respectivamente) situada entre las franjas plegadas de Montorio (al SO) y de los Montes Obarenes (al NE), y que está constituida predominantemente por materiales calcáreos del Cretácico superior. En la Hoja de Villadiego aflora solamente su borde SO (en la esquina NE), con buzamientos débiles (5°-12° NE) que se tornan más fuertes (hasta 80° NE) en las proximidades de la Falla del Urbel. Esta Falla le sirve de límite con la Franja o Banda plegada de Montorio.

#### **2.1.1.2. *Falla del Urbel o Ubierna***

Corresponde a un desgarre dextral ONO-ESE que sirve de límite tectónico entre la Plataforma Estructural de Los Páramos de la Lora y la Franja plegada de Montorio.

En la Hoja de Villadiego muestra un trazado algo sinuoso, relacionado directamente con la existencia de fracturas secundarias «en pluma», más norteadas, en su labio norte,

Más al SE, trazado está jalonado por extrusiones tectónicas de Keuper (Hoja de Montorio) y de ofitas triásicas (Hoja de Burgos).

#### **2.1.1.3. *Fanja o banda plegada de Montorio***

A nivel regional, es una franja alargada ONO-ESE de unos 80 km de longitud y 10-7 km de anchura, adosada al SO de la Plataforma Estructural de Los Páramos de la Lora, 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 sufre un incurvamiento hasta tomar la dirección NE-SO paralela a la del corredor terciario de La Bureba, que la separa de la Sierra de la Demanda y Atapuerca (Cordillera Ibérica). Es, sin duda, la unidad estructural más compleja de toda la Hoja, ya que muestra una coexistencia de distintas direcciones de ejes de plegamiento y una superposición de la Fase Pirenaica y la Neokimmérica.

Dentro de la Hoja de Villadiego puede distinguirse la subzona occidental, a la que denominaremos de Amaya, de la central y oriental, que llamaremos de Ulaña-Coculina, (Ulaña es el nombre de una mesa sinclinal existente en el borde norte de la Hoja, y Coculina el de una población presente casi en el límite este).

En la subzona de Amaya predominan las direcciones NE-SO de las estructuras, siendo las principales el sinclinal de Peña Amaya (de 1 x 3 km, respectivamente, según las direcciones NO-SE x NE-SO) y el cabalgamiento del Portín de Llan en el que el Jurásico «basal» de Peña Amaya monta sobre el Cretácico superior, muy cerca del borde terciario. Es también patente una fracturación ONO-ESE.

La subzona de Ulaña-Coculina muestra, como rasgos más característicos, una coexistencia de las direcciones de plegamiento NO-SE y E-O, y una fracturación NO-SE a NN OSSE aparentemente dextral, que tiende a disponerse según haces o corredores tectónicos de unos 3 km de anchura. Los pliegues presentan longitudes de 5-10 km y anchuras de 1-2, formando un característico relieve invertido (con núcleos anticlinales de Weald-Utrillas arenoso, topográficamente bajo, y sinclinales de calizas del Cretácico superior); presentan siempre vergencia al S o SO, siendo deducibles buzamientos máximos de 45° -35° N o NE para sus planos axiales. En cuanto a los corredores tectónicos con fracturación NO-SE, el más importante es el que va desde la población de Formicedo (parte Central de la Hoja) hasta la de Villamartín de Villadiego, y que debe proseguir más hacia el NO aún, limitando esta subzona simultáneamente con las de Amaya y Cuenca del Duero; característicamente, las fracturas muestran desplazamiento dextral, escalonado, bien patentizado en la disposición de los afloramientos jurásicos. El otro corredor es menos importante y está centrado en la población de Fuencivil, en la parte oriental de la Hoja, siendo sus fracturas más norteadas.

El carácter expansivo de la sedimentación miocena superior en la Depresión del Duero, y su alto grado de conservación actual (no muy erosionada aún), hace que probablemente oculte una buena parte de la Franja plegada y sin duda, el borde meridional de ésta.

#### **2.1.1.4. *La Cuenca del Duero y su zona de borde***

Litológicamente está constituida por conglomerados terciarios atribuibles a dos formaciones, una inferior de edad oligo-miocena (15 en el mapa), y otra superior (20) de edad Mioceno medio, fundamentalmente (Facies Alar del Rey).

La primera constituye el borde de la Cuenca en casi todo el contacto con el corredor tectónico de Formicedo-Villamartín, descrito en la Franja plegada de Montorio. En esta zona el Cretácico superior de la Franja suele cabalgar a los conglomerados oligomiocenos, incorporándolos incluso en algunas escamas. El cabalgamiento más espectacular es visible, con sus pequeñas rampas, inmediatamente al norte de la población de Rioparaiso, donde las calizas y dolomías del Turoniense-Coniaciense (10) recubren, con bajo ángulo y unos 500 m de componente horizontal, los congló-

merados; pequeñas fallas inversas afectan también a estos. En otros puntos del borde, más orientales, existen también pequeños afloramientos de estos conglomerados, siempre cabalgados por el Cretácico de la Franja. Por último, en el borde norte de la Franja, la Falla del Urbel limita conglomerados atribuibles a los oligomiocenos, situados localmente en un núcleo sinclinal y discordantes sobre calizas y dolomías del Cretácico superior.

La formación conglomerática superior (Facies Alar del Rey, Astaraciense) suele ser discordante sobre los conglomerados oligomiocenos, y al mismo tiempo sobre el Mesozoico de la Franja, rebasando su límite hacia el Norte la situación de los conglomerados inferiores. No obstante, están aún afectados por movimientos tectónicos; así por ejemplo, están débilmente cabalgados por el Mesozoico en algún punto occidental del borde, al SO de Amaya, y frecuentemente fracturados (por fallas de dirección NNO-SSE a ONO-ESE) en varios puntos de la parte central y oriental del borde. Estas fallas son aparentemente normales y con labio hundido sur. Otras localidades notables de este tipo de fracturas se localizan inmediatamente al NO de Boada de Villadiego (implicando las margas de Dueñas -16 en el mapa- y los conglomerados de Alar del Rey, con presencia de bloques de calizas cretácicas en la propia fractura) y 3,5 km al NE de Villadiego (implicando las margas y calizas «terminales» (17) de Dueñas y la Formación Grijalba-Villadiego (18), a la que pasa lateralmente la Facies Alar del Rey).

### 2.1.2. Interpretación tectónica de conjunto

Una interpretación factible para todos los rasgos estructurales que muestra la Franja plegada de Montorio en la Hoja de Villadiego es suponer la Falla del Urbel como reflejo superficial de fracturas de dirección, de zócalo, dextrales. Los pliegues y cabalgamientos NE-SO y E-O serían efecto de las compresiones producidas por los esfuerzos N-S en que pueden descomponerse los propios desgarres. Y la fracturación casi N-S distensiva asociada, está bien ejemplificada, por lo demás, en las numerosas fracturas que, con esta dirección, surcan la Franja. Además, los corredores de Formicedo y Fuencivil podrían ser fracturas tipo *Riedel* de esos desgarres (Fig. 3) Los pliegues NO-SE podrían responder exclusivamente a posibles compresiones perpendiculares (NE-SO) a los desgarres mencionados.

Todo esto es una interpretación estructural de conjunto idéntica a la propuesta por CAMARA (1988) para todo el área vasco-cantábrica. Este autor supone toda esta tectónica debida a un desplazamiento relativo de la Placa Ibérica hacia el NO durante el Terciario.

Teniendo en cuenta las edades atribuibles a los materiales afectados, toda esta tectónica de desgarres y su consecuente habría ocurrido principalmente durante la Fase Pirenaica (Oligoceno), existiendo movimientos tardíos probablemente correspondientes a la Fase Sávica. No obstante la actuación terciaria de estos desgarres, habrían sido rejuego de otros, creados en la Fase Neokimmérica (límite Jurásico-Cretácico), en relación con la apertura del Golfo de Vizcaya (ver 2.1, 1.3, 1.4.1, 1.4.2).

## 2.2. NEOTECTONICA

Casi la mitad meridional de la Hoja de Villadiego está representada por formaciones de edad terciaria y cuaternaria, cuya representación cartográfica viene definida por los números 15 a 31. En función de la normativa establecida, estas formaciones corresponden a materiales postorogénicos-preneotectónicos, del 15 al 20; y de edad neotectónica del 21 a 31, es decir, desde el Mioceno superior hasta la actualidad. Es por tanto en las formaciones de esta edad donde se ha analizado la presencia de fracturas, pliegues y basculamientos, indicadores de una actividad neotectónica.

No se han detectado pliegues de estas unidades, y sólo se han reconocido dos fallas en el terciario, aunque sin certidumbre de que hayan actuado en época neotectónica, ya que afectan a materiales de edad anterior (Facies Grijalba-Villadiego (18), y los materiales suprayacentes han sido erosionados.

Tanto en los materiales mesozoicos como en los terciarios, se ha reconocido una superficie erosiva, correlacionable con la del techo del Páramo 1 y, por tanto, de edad Mioceno alto-Plioceno, superficie que en el borde NO de la Hoja, ha sido reconocida sobre el Mesozoico por GRACIA *et al.*, (1990), presentando un ligero abombamiento paralelo a las direcciones estructurales del borde cantábrico. Del análisis morfométrico realizado en los restos de esta superficie erosiva a lo largo del borde meridional de la Cordillera Cantábrica, se ha observado una inclinación generalizada hacia el SO, cuya pendiente va disminuyendo a medida que nos adentramos en la Cuenca del Duero. Esta inclinación es probablemente original, y no responde a modificaciones tectónicas posteriores.

El grado de sismicidad esperado es del grado VI para un período de 10.000 años, no habiéndose registrado ningún sismo en toda la extensión de la Hoja.

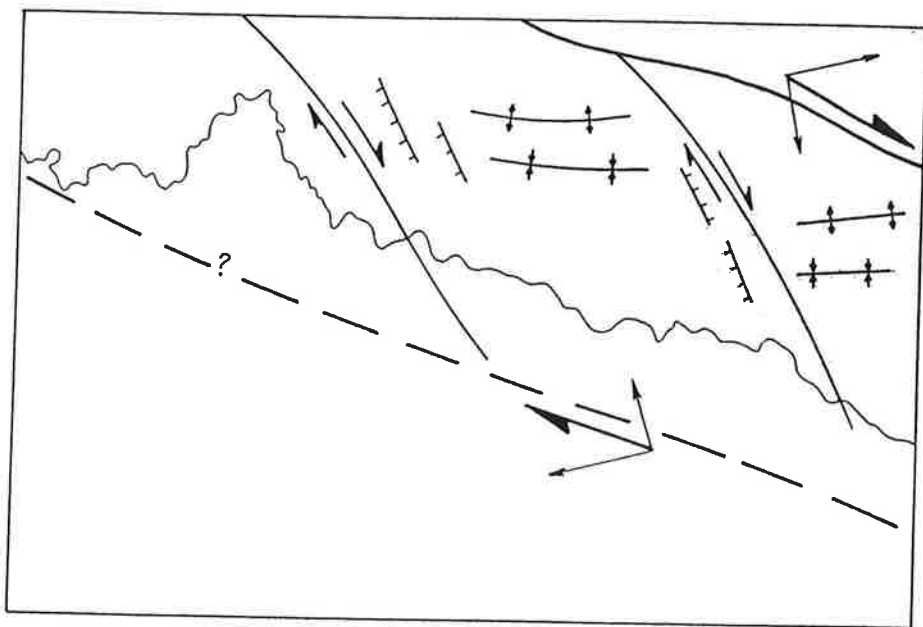
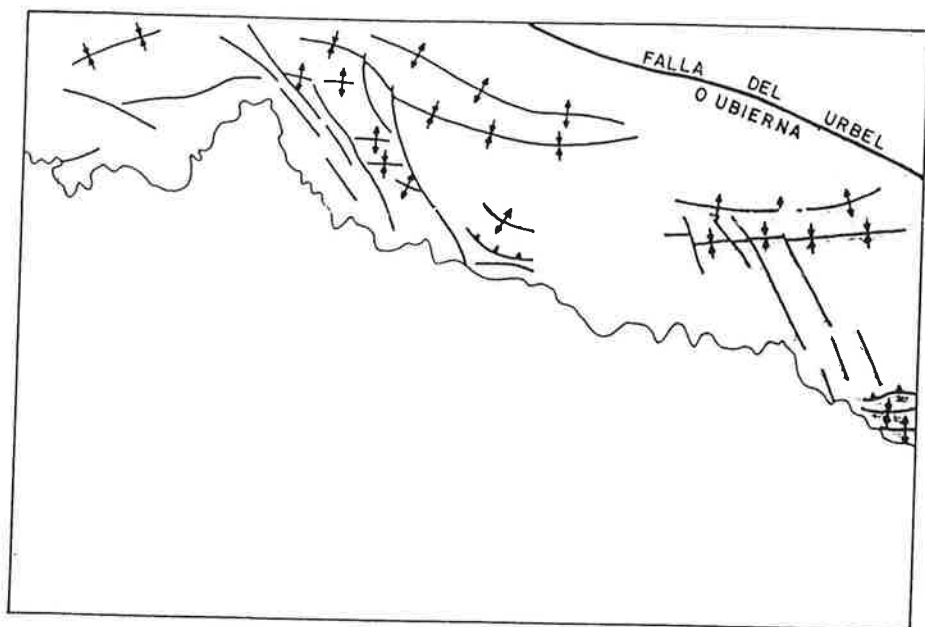


Fig. 3.- Posible interpretación tectónica para la franja plegada de Montorio.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. ANTECEDENTES

No existen trabajos geomorfológicos específicos sobre el área de la Hoja. En cuanto a la Cuenca del Duero en general, los primeros estudios prácticamente se inician con los trabajos de F. HERNANDEZ-PACHECO (1930 y 1932, en la zona de Valladolid), prosiguiendo luego con los de SCHWENZNER (1943, en el borde sur de la Cuenca) NOSSIN (1959), y SOLE SABARIS (1952 y 1983, en el conjunto de España). Las dos últimas décadas suponen un gran avance en el conocimiento geomorfológico de los diversos bordes y zonas de enlace con la Cuenca, sobre todo de los bordes occidental (MOLINA *et al.* 1987; MARTIN-SERRANO, 1988), meridional (PEDRAZA, 1978; GARZON *et al.*, 1982; y PORTERO y AZNAR, 1984) y septentrional (MABESOONE, 1959, 1961, GRACIA *et al.*, 1990).

#### 3.2. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja muestra una gran diferencia entre sus paisajes del norte y los del sur. El norte, montañoso y de elevada altitud, forma parte de la Cordillera Cantábrica (Orla mesozoica Vasco-Cantábrica) e incluye el punto más alto de las zonas: 1.362 m en la esquina NO de la Hoja (Peña Amaya). La presencia de «mesas» o «loras» cretácicas, con escasa vegetación, que conservan en su parte alta extensos restos de superficies de erosión terciarias o finiterciarias es el elemento más característico del paisaje. Entre ellas, se encuentran las depresiones topográficas originadas por los depósitos detríticos de la facies Weald.

En el sur de la Hoja cabe distinguir dos paisajes principales, unos desarrollados sobre materiales compactos horizontales, y otros sobre rocas predominantemente blandas. En la esquina SE se levantan las mesas de los Páramos, con su aspecto tabular amesetado. Más al oeste, el paisaje está compuesto de formas más suaves, caracterizado por lomas bajas y una red fluvial poco encajada en el substrato; la naturaleza arcillosa y el tono rojizo confieren los principales rasgos a esta subzona (la Campiña).

La red fluvial sobre Terciario, drena principalmente hacia el Sur. Sobre Mesozoico lo hace con otras direcciones, adaptándose a las estructuras y a la litología. En el este de la Hoja corre el río Derumaz, con sus tributarios río de San Pedro, río Bustillo y río Hormazuela. En el centro de la Hoja, y pasando por el pueblo de Villadiego, está el río Brullés, con sus afluentes el río Grande, río Chico, río del Pradal y el río Villahernando. Más al oeste se encuentra el río Odra, con el cual confluye el río de las Hazas y el río Moraleja, y finalmente, en el límite occidental de la Hoja, los ríos Fresno y Riomane. Quedan por señalar dos ríos en el norte de la Hoja, el río Talamillo y el río Urbel, siendo éste el que más fielmente sigue las estructuras mesozoicas, pasando a las vecinas Hojas de Montorio y Burgos donde finalmente y ya en Terciario, toma la dirección N-S.

Como ya está indicado por la dirección principal del drenaje, el punto más bajo de la Hoja se encuentra al sur, donde tanto el cauce del Odra como el del Brullés marcan una cota de 830 m. Todos los ríos son afluentes del Arlanzón y Pisuerga y, a través de éstos, del Duero.

Es de destacar el aspecto cartográficamente dendriforme de la red fluvial secundaria (afluentes de los ríos citados) sobre el Terciario, fruto de su encajamiento en materiales blandos arcillosos.

Las características climáticas del área fueron indicadas en el apartado de Introducción general.

### 3.3. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

A continuación se describe la disposición actual de relieves en la Hoja, agrupados en unidades morfoestructurales. Dentro de cada unidad, se efectúa un análisis de las formas que la componen, originadas como consecuencia de la actuación de factores predominantemente exógenos sobre la arquitectura litológica.

#### 3.3.1. Estudio Morfoestructural

La Hoja forma parte del borde NE de la Cuenca del Duero, y cuenta con una unidad morfoestructural que representa este borde mismo, la de la Orla mesozoica Vasco-Cantábrica, y con otras dos más propias de la Cuenca, la unidad de los Páramos y la de la Campiña. La primera ocupa prácticamente la mitad norte de la Hoja, la segunda la esquina suroccidental y la tercera el resto (fig. 4).

##### 3.3.1.1. *Unidad morfoestructural de la Orla mesozoica Vasco-cantábrica*

La morfología de esta unidad, situada al norte de la Hoja, está fuertemente controlada por la estructura geológica del sustrato mesozoico y por el contraste litológico entre capas duras (calizas y dolomías) y blandas (arenas, areniscas y margas). El relieve suele ser invertido, con amplias zonas deprimidas en el núcleo de las anticlinales (en los que aflora el Weald, arenoso) y «mesas» o «loras» constituyendo los sinclinales (formados sobre todo por calizas del Cretácico superior). Entre ambas hay formas de cuesta, siendo las más extensas las del Alto de la Roda y la Brezosa, en la esquina NE de la Hoja. Un tercer elemento del relieve de la unidad, minoritario, lo constituyen las crestas, asociadas con fallas o pliegues en las calizas, y localizadas en estrechas zonas de corredores con mayor complicación tectónica y frecuentemente dirección NO-SE.

Uno de los rasgos más notables de esta unidad morfoestructural es la extensa conservación de varias superficies de erosión talladas sobre las calizas del Cretácico y formando la parte alta de las muelas. Hay representadas tres superficies. La más antigua y alta es comparable con la  $S_1$  de SCHWENZNER (1937), la intermedia  $S_2$  enlaza con la superficie poligénica de los páramos (en el Terciario), y la  $S_3$  es más moderna, y se sitúa a cotas más inferiores que las anteriores. Esta última tiene mayor pendiente que las anteriores y podría equivaler morfológicamente a la «Raña» (ver más adelante).

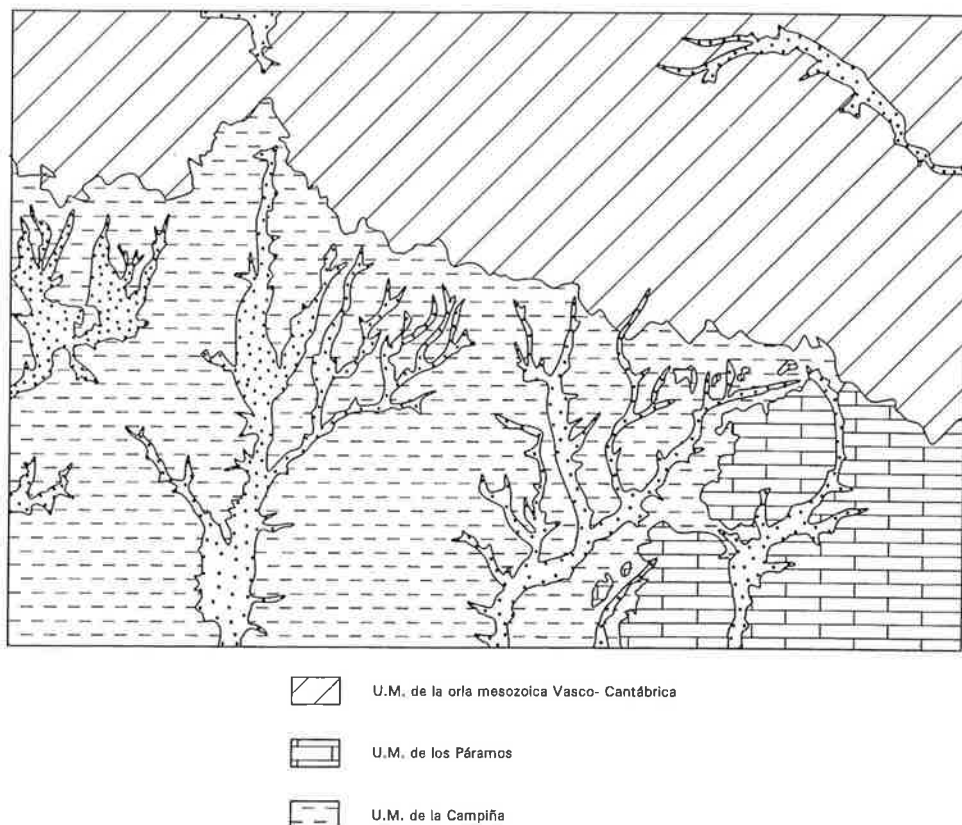


Fig. 4.- Distribución de las Unidades Morfoestructurales y los principales depósitos fluviales en la Hoja de Villadiego.

### 3.3.1.2. *Unidad morfoestructural de Los Páramos*

Con una extensión reducida dentro de la Hoja, y situada en la esquina SE, se caracteriza por su aspecto tabular y amesetado, debido a la alternancia de capas horizontales, variablemente resistentes a la erosión. Culminando las mesas y protegiendo de la erosión las capas más blandas, inferiores, se encuentran las llamadas «Calizas de los Páramos». Estas se sitúan hasta 80 m más altas que los fondos de valle excavados por la red fluvial en esta unidad.

La erosión también ha dado lugar a la exhumación de capas duras inferiores a las calizas culminantes. Estas capas han formado otra generación de replanos a cotas inferiores a la superficie de los páramos y forman un enlace en cierto modo escalonado con la unidad de la Campiña.

En la superficie de las Calizas del Páramo está afectada por procesos de karstificación y encostramiento, complejos, que definen la llamada «superficie poligénica del Páramo».

El enlace de esta Unidad con la anterior es progresivo (aunque interrumpido frecuentemente por el encajamiento hidrográfico), enlazando la superficie poligénica del Páramo con la  $S_2$  erosiva mediante un ascenso paulatino.

### 3.3.1.3. *Unidad morfoestructural de la Campiña*

Con su paisaje escasamente accidentado de lomas suaves y una red fluvial poco encajada, ocupa la mayor parte del suroeste de la Hoja (Fig. 4).

Abundan los depósitos fluviales actuales (fondos de valle, llanura de inundación), dispuestos sobre el substrato terciario y adoptando cartográficamente formas dendiformes. Irregularmente repartidos en toda la parte occidental, hay pequeños replanos a diversos niveles, que conservan restos de terrazas. Este conjunto de materiales carece de litologías resistentes y ofrece aspecto alomado sin marcados accidentes topográficos. Tan sólo muy ocasionalmente, algunos paleocanales cementados originan débiles escarpes.

### 3.3.2. Estudio del modelado

Agrupados según los procesos morfogenéticos, se han reconocido las siguientes formas exógenas.

#### 3.3.2.1. *Formas poligénicas (superficies de erosión)*

**Superficie  $S_1$ :** Es la superficie culminante en la Unidad Mesozoica, donde se sitúa a cotas entre 1.150 y 1.362 m, sobre calizas. También ha sido identificada en el borde sur de esa unidad, sobre los conglomerados terciarios de Alar del Rey, donde actualmente está fosilizada por depósitos de edad Vallesiense. Cuando esta superficie está desarrollada sobre calizas (como en las muelas de la Ulaña y el Cotarro de la Venta), está afectada por karstificación generalizada y campos de dolinas, fenómenos ambos simultáneos en su formación. Puesto que esta superficie  $S_1$  se desarrolla en el borde de la Unidad Mesozoica sobre la Facies Alar del Rey (Astaraciense) y es fosilizada por la Facies Cuestas (Vallesiense), es deducible para ella una edad Aragoniense  $S_1$ . (Astaraciense superior). Esta situación es comparable a la descrita en el borde norte de la Sierra de Pradales-Honrubia (borde sur de la Cuenca del Duero), donde una superficie correlacionable guarda idénticas relaciones con los depósitos de muro y techo (GRACIA *et al*, 1990).

**Superficie  $S_2$ :** Esta superficie se ha identificado a cotas entre los 1.035-1.080 m. Desarrollada sobre calizas mesozoicas, está afectada, sobre todo en el caso de la muela de Mesa, por la karstificación generalizada (campos de dolinas) que se supone contemporánea a su formación. Por cotas topográficas se deduce que esta superficie enlaza con la superficie poligénica del Páramo, y le es atribuible, por tanto, una edad Mioceno superior-Plioceno.

**Superficie Poligénica del Páramo:** Arrasa o mejor, altera, subparalelamente a las calizas que culminan las mesetas de los páramos, comportando procesos de karstificación y encostramiento. En general, se considera esta superficie como el sediplano final de la fase endorréica de la Cuenca terciaria del Duero. Como se ha señalado anteriormente, la Superficie Poligénica de Los Páramos enlaza con la  $S_2$  según se deduce por cotas topográficas, aunque no se ha encontrado un contacto directo entre ambas en la Hoja.

**Superficie  $S_3$ :** Esta tercera superficie de erosión se encuentra a cotas más bajas que las otras superficies, poseyendo mayor pendiente y guardando mayor relación con la red hidrográfica. Situada entre los 940-1.035 m de altura, se encaja claramente en la superficie  $S_2$ .

### 3.3.2.2. *Formas fluviales*

**Fondos de valle:** Presentes en toda la Hoja, están asociados con barrancos, arroyos y valles. Catográficamente adoptan disposiciones dendiformes en la Unidad de la Campiña, mientras que en la Unidad Mesozoica tienden a adaptarse a las estructuras geológicas.

**Llanura de inundación:** Solamente desarrollada en los valles del Odra y del Río Grande-Brullés, sobre el substrato blando de la Unidad de la Campiña.

**Terrazas:** Se han distinguido 7 niveles de terrazas a los 1-3, 5-8, 8-10, 12-17, 15-25, 25-45 y 47-50 m por encima del nivel de los cauces. La mayoría de estas terrazas están situadas en la parte occidental de la Hoja, donde se presentan mayoritariamente como terrazas colgadas. Su disposición cartográfica irregular testimonia el aspecto dendiforme de las antiguas redes a que corresponden.

**Conos de deyección:** Según su enlace con los distintos niveles de terrazas distinguidos, se han diferenciado dos generaciones de conos de deyección. La generación más antigua, escasamente representada en la Hoja, enlaza con terrazas de 8-10 m por encima del río Fresno, y está parcialmente erosionada por el mismo río. La generación más moderna enlaza con terrazas más bajas y la llanura de inundación. Los conos de mayor tamaño se encuentran en la parte NO de la Hoja, al borde de una zona de fuerte relieve.

**Incisión lineal:** Se ha producido sobre todo en la Unidad Mesozoica, donde las fuertes pendientes no permiten el depósito de sedimentos en los fondos del valle, y la acción fluvial dominante es la erosión vertical del substrato.

**Gargantas:** Se desarrollan sobre todo en el borde meridional de la unidad Mesozoica, al atravesar los ríos con dirección norte-sur los conglomerados y calizas del borde. Suelen tener profundidades de unos 90 m.

**Cárcavas:** Formadas sobre todo en los tramos arcillosos de los conglomerados terciarios (15 y 20).

**Capturas:** Casi todas las capturas que se han identificado en la Hoja se han producido en el borde sur de la Unidad Mesozoica. No se han deducido fenómenos neotectónicos asociados con estas capturas que, por lo tanto, se creen provocadas por la erosión remontante de los distintos cursos fluviales.

### 3.3.2.3. *Formas de ladera*

**Canchales:** Localizados en la esquina NO de la Hoja, están formadas por bloques de calizas heterométricas, no cementados, al pie de escarpes calcáreos.

**Deslizamientos:** Localizados exclusivamente en la esquina NO de la Hoja, donde el arroyo Gallinas ha excavado un valle con gran pendiente y una profundidad de 250 m. La erosión, por parte del arroyo, de la roca blanda («Capas de Utrillas») que aflora en el fondo, crea una inestabilidad que ha provocado varios deslizamientos en la ladera norte del valle.

**Coluviones:** Formados principalmente al pie de los escarpes y crestas en la parte norte (a partir de las «Arenas de Utrillas» y del Cenomanense suprayacente) y en las cuestas de las mesetas en el Este (a partir de las formaciones terciarias), donde tapizan los pies de las laderas. Son materiales blandos, predominantemente arcilloso-arenosos, cuya fácil erosionabilidad hace difícil el reconocimiento de varias posibles generaciones de ellos.

### 3.3.2.4. *Formas kársticas*

**Dolinas:** Desarrolladas sobre todo en las superficies de erosión ( $S_1$  y  $S_2$ ) talladas en la Unidad Mesozoica. Se trata de campos de dolinas, en los cuales éstas pueden estar alineadas, siguiendo direcciones de diaclasas. Por lo demás, las calizas están afectadas, en menor o mayor grado y en general, por la karstificación.

### 3.3.2.5. *Formas tectónicas o estructurales*

**Superficies estructurales:** Se han distinguido de dos tipos, inclinados y horizontales, las primeras, con inclinación de buzamiento, constituyendo el dorso de las cuestas talladas en calizas (en la Unidad mesozoica). Las segundas se localizan en la Unidad morfoestructural de los páramos, sobre todo, estando desarrolladas a techo infrayacentes a las del mismo nombre.

**Escarpes estructurales:** Límitan las superficies estructurales, y erosivas, y la poligénica. Cuando se localizan en el Terciario desniveles inferiores a los 100 m. Los desarrollados en la Unidad mesozoica suelen superar los 100 m de altura y pueden formar frentes de cuestas.

**Crestas:** Poco importantes y extensas, reflejan capas subverticales cerca del borde de la Unidad Mesozoica, localizándose en determinados corredores NO-SE que indican una mayor complicación tectónica.

**Cerros cónicos:** Se han localizado algunos en el límite de las unidades de los páramos y la Campiña, correspondiendo a antiguas mesetas en las que las calizas suprayacentes han desaparecido por erosión.

**Falla normal con expresión morfológica:** Localizada en la esquina NO de la Hoja, donde el contraste litológico da realce morfológico a una falla antigua (alpina), exhumada por erosión diferencial del labio blando.

**Relieve conforme (sinclinal):** Marcado en la parte centro-oriental de la Hoja, correspondiendo a la terminación occidental del sinclinal de la Mesa.

### 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 (canchales, coluviones y deslizamientos), cuyas relaciones con el relieve se han indicado en apartados anteriores y su constitución litológica se describió en el capítulo de Estratigrafía.

Otras formaciones superficiales no cartográficas 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* y *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 la Unidad mesozoica. Los *inceptisols* tienen un perfil del tipo A(B)/C y están desarrolladas 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  $S_1$  y  $S_2$  y que está preservada en dolinas. Estos materiales han sido considerados productos de decalcificación «in situ» de calizas por ALONSO *et al* (1983), MOLINA y ARMENTEROS (1986), ORDOÑEZ *et al.* (1976) y PEREZ-GONZALEZ (1979), aunque también se ha señalado la posibilidad de un cierto transporte posiblemente mediante mecanismos de *mud-flow* (OLMO *et al.*, 1982; GRACIA 1989). Mineralógicamente, están compuestos por arcillas illíticas y caoliníticas, siendo más abundante la caolinita cuanto más evolucionados se presentan (DUCHAUFOR, 1977).

En relación con la evolución de la superficie poligénica del Páramo ( $S_2$ ), y sobre calizas del mismo nombre, puede parecer una costra de potencia decimétrica que en el estudio micromorfológico presenta esqueleto silíceo escaso y matriz micrítica poco recristalizada y con estructuras biológicas, siendo el cemento muy abundante y de tipo vadoso,

con estructuras de goteo. Esta costra se puede correlacionar con la «costra laminar bandada» que PEREZ-GONZALEZ (1979) cita en la Submeseta Meridional, en relación con el final de la formación de la Superficie Poligénica.

### 3.5. EVOLUCION DINAMICA (HISTORIA GEOMORFOLOGICA)

La reconstrucción de la historia geomorfológica de la zona empieza con la formación de la superficie de erosión  $S_1$  en el Aragoniense (Astareciense superior; Mioceno medio), tallada sobre calizas cretácicas en la Unidad Mesozoica y que corresponde al sediplano materializado por el techo de los conglomerados astaracienses (Alar del Rey) en el borde sur de dicha unidad. La diferencia de cotas que muestra esta superficie sobre ambas litologías obedece a que se encuentra ligeramente inclinada hacia la Cuenca del Duero (fig. 5) quizá por efecto de un levantamiento posterior de la Unidad Mesozoica, 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  $S_1$  (techo de las Facies Grijalba-Villadiego, Tierra de Campos y Alar del Rey, contemporáneas), teniendo lugar, simultáneamente un nuevo arrasamiento de la Unidad Mesozoica.

Con las Calizas de los Páramos s.l. (en el Vallesiense alto-Turolense) finaliza el relleno endorréico de la Cuenca del Duero, siendo su sediplano correlativo con la nueva superficie de erosión ( $S_2$ ) elaborada sobre la Unidad Mesozoica, a más bajo nivel que  $S_1$  (fig. 5).

Es de resaltar, en la evolución geomorfológica presentada hasta ahora, que las superficies  $S_1$  y  $S_2$  son erosivas sobre la Unidad Mesozoica (Area fuente, o borde, 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 un estado de arrasamiento del relieve mesozoico correlativo a una colmatación de la Cuenca ya en el Astaraciense, una ruptura de este equilibrio en el Astaraciense superior (débil elevación de la Unidad Mesozoica, insuficiente para producir facies de borde importantes), y por último, nuevo arrasamiento, correlativo a una nueva colmatación para la Cuenca), y en este caso la final, durante el Vallesiense alto-Turolense. En las etapas de estabilidad (arrasamiento-colmatación) se generan importantes procesos kársticos.

En el Turolense o Plioceno finaliza por tanto el relleno de la Cuenca, debido a que la red hidrográfica atlántica (el actual tramo portugués del Duero) contacta en su acción remontante con la pila sedimentaria y comienza a erosionarla. La erosión es más fácil debido a la naturaleza blanda de los materiales terciarios, y posiblemente en el límite Plioceno-Cuaternario las cabeceras de dicha red llegaron a contactar con la Unidad mesozoica vascocantábrica, generándose en su borde la superficie  $S_3$  (posiblemente correlativa con los depósitos de «Raña de otras zonas de la Cuenca, y que, está lógicamente, encajada en la Superficie Poligénica de Los Páramos o  $S_2$ ).

En el Pleistoceno prosigue la incisión de la red fluvial, que, erosionando parte de los depósitos terciarios, llega a encajarse hasta 80 m desde la superficie poligénica del

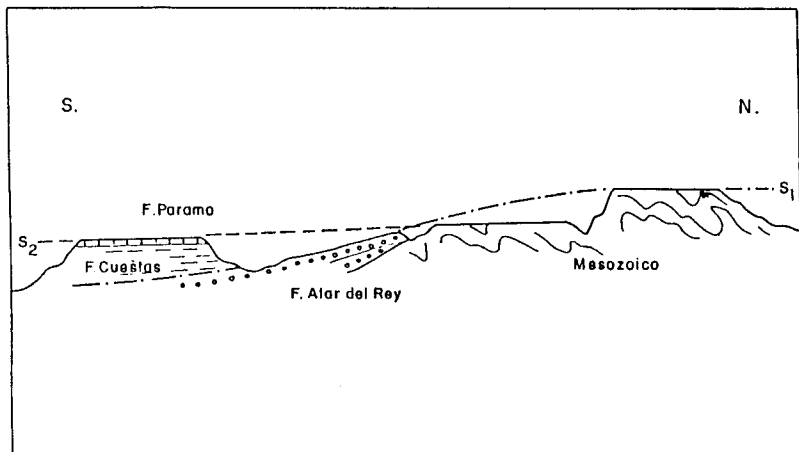


Fig. 5.- Posición esquemática de las superficies de erosión  $S_1$  y  $S_2$  en relación con las distintas unidades y formaciones Litológico-Geológicas en al Hoja de Villadiego.

Páramo. Este encajamiento no ha sido un proceso continuo sino que se ha caracterizado por pulsaciones de erosión vertical que alternan con sedimentación de terrazas. Estas alternancias también están reflejadas en los conos de deyección, de los cuales se han identificado dos generaciones.

### 3.6. MORFODINAMICA ACTUAL

Los procesos morfogenéticos más activos en la actualidad en la Hoja de Villadiego consisten en la erosión progresiva sobre todo de los sedimentos terciarios por su naturaleza más blanda respecto a la Unidad Mesozóica. Son fundamentalmente procesos fluviales y gravitacionales que tienden a rebajar los relieves existentes. La causa es el encajamiento de la red fluvial que aún continúa.

En el futuro, el relieve amesetado del SE de la Hoja (Unidad de Los Páramos) tenderá a desaparecer por erosión, extendiéndose a su costa la Unidad de Campiña. Al mismo tiempo, la erosión diferencial y la incisión hidrográfica en la Unidad mesozoica habrá de dar mayores diferencias de relieve en ella.

Las tendencias futuras a más largo plazo parecen apuntar, por tanto, hacia un vaciado progresivo de la cuenca terciaria 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. Los últimos relieves interfluviales serán erosionados y se formará una nueva superficie de erosión-depósito (por coalescencia de todas las vegas) ascendente hacia el Norte, hacia la Unidad Mesozoica.

El cuadro futurista descrito es válido para toda la Cuenca del Duero, y sobre todo para sus partes centrales. Aunque es posible que antes de que se alcance el nivel de madurez y la elaboración de esa nueva superficie, una parte importante de la actual Cuenca del Duero (la mayor parte de la provincia de Burgos) haya pasado a ser del Ebro. Ello se deduce de lo que ocurre actualmente en las vecinas Hojas de Briviesca y Belorado (ver Hoja de Burgos) donde el nivel de base de la red del segundo es más baja que la del primero lo que implica un activo capturamiento y una expansión de la red hidrográfica del Ebro a favor de la del Duero.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La Historia Geológica deducible en la Hoja comienza en el Triásico superior (Keuper). No obstante, para la elaboración 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.

Desde el final de la Orogenia Hercínica hasta la transgresión triásica, el área se vio afectada por una peneplanización incompleta. Por ello, la sedimentación paleozoica post-hercínica (Pérmico), y en parte la del Buntsandstein, se depositó en zonas deprimidas, rellenándolas, siendo posteriormente solapada por la transgresión del Keuper arcilloso evaporítico, cuya deposición fue simultánea con la efusión de materiales volcánicos de magmatismo básico (ofitas). La salinidad del medio fue muy elevada, dominando una sedimentación epicontinental. La presencia de ofitas (no representadas en la Hoja, aunque sí en otros muchos puntos del área) indica un proceso distensivo de adelgazamiento cortical.

A finales del Triásico se produjo un hundimiento general del fondo de la cuenca, depositándose la serie calizo dolomítica del Rethiense y Lías inferior, en facies costera, de plataforma marina. Durante todo el Jurásico existió una cuenca con salinidad normal, marina, y subsidencia bastante uniforme, aunque había surcos y umbrales, para algunos autores efecto de la halocinesis prematura y diferencial del Trías arcilloso-evaporítico infrayacente. Durante el Jurásico existieron, no obstante, tres grandes secuencias deposicionales (en el Lías, Dogger y Malm) de plataforma marina carbonatada-margosa.

Antes de finalizar el Malm se produce una reactivación tectónica (primeras fases neokimméricas) 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: ONO-ESE) que conformarían cuencas de tipo *pull-apart*. El origen de esta tectónica parece ser la apertura oceánica del Golfo de Vizcaya.

La Facies Purbeck es colmatante respecto a 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, en nuestra Hoja. Esto motivó el desplazamiento hacia el Oeste del borde de la cuenca de sedimentación Wealdense, por lo que estas facies son transgresivas 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 plataforma poco profunda de tipo marisma, con desarrollo de ríos, canales y llanuras aluviales. A partir de esta época cesan los movimientos tectónicos hasta la Orogenia Alpina p.d., instalándose la sedimentación marina del Cretácico superior, para la que pueden, no obstante, deducirse tres ciclos evolutivos o secuencias deposicionales (Cenomaniense: transgresiva; Cenomaniense superior-Turonense: transgresiva-regresiva; y Senoniense: regresiva). De todas formas, la subsidencia cretácica fue más intensa al norte, en el llamado Surco

Alavés, cuyo eje fue desplazándose progresivamente hacia el sur y donde hay, además, diapirismo del Triás infrayacente.

Después tiene la Fase Larámica (Orogenia Alpina p.d.) que emerge y pliega los materiales cretácicos, iniciándose la configuración de la futura Cuenca del Duero. Es muy probable que existieran en esta época numerosas subcuencas independientes, separadas por umbrales, que pueden haber evolucionado de forma algo diferente.

La Cuenca del Duero consolida su configuración a fines del Eoceno y comienzos del Oligoceno como consecuencia de la Fase Pirenaica.

Los relieves recién creados por las fases tectónicas 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 (15) de borde del Mesozoico. No obstante, la actividad tectónica debe proseguir con pulsaciones, manifestadas en toda la zona de borde por escamas que contienen conglomerados paleógenos conjuntamente con Mesozoico, y que indican el carácter de borde activo, elevándose y cabalgando hacia el sur y, simultáneamente, acentuándose el hundimiento de la Cuenca.

Durante el Neógeno prosigue el relleno de la Cuenca. En el Mioceno del Duero se han diferenciado cuatro grandes unidades que se han denominado 1) Facies Dueñas, 2) Facies Tierra de Campos (y conglomerados de Alar del Rey y Facies Grijalba-Villadiego, contemporáneos, 3) Facies Cuestas y Calizas del Páramo inferior o Calizas «Terminales de Cuestas» y 4) Páramo superior.

La primera unidad, es lacustre y probablemente contemporánea con una peneplanización del borde mesozoico.

La segunda unidad se corresponde con una reactivación del borde de cuenca, patentizándose en el borde por la Formación Conglomerática de Alar del Rey. Se ha depositado mediante abanicos aluviales cuyas facies distales (Facies Grijalba-Villadiego) ocupan parte de la cuenca. Posteriormente a su depósito deben tener lugar los últimos movimientos de elevación del borde mesozoico, manifestado por fracturas, no muy importantes, NO-SE y ONO-ESE. Finaliza el ciclo con el desarrollo de una superficie de erosión-depósito (S<sub>1</sub>)- que es posteriormente basculada por una débil elevación del borde mesozoico.

La tercera Unidad (Facies Cuestas), expansiva, se deposita a partir del Astaraciense y hasta el Vallesiense, originándose ambientes de «playa-lake» más o menos salinos con 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. Finaliza este ciclo con el depósito de las Calizas del Páramo inferior o Calizas «terminales» de Cuestas.

## ANÁLISIS SECUENCIAL DE LA FACIES CUESTA

Presenta un carácter claramente lacustre. Supone un cambio ambiental muy importante en la cuenca respecto a la unidad anterior. Está separada de ésta por una interrupción sedimentaria y un episodio erosivo. Localmente, la unidad III se dispone directamente sobre materiales mesozoicos afectadas por la superficie de erosión desarrollada a techo de la unidad anterior. La ruptura que marca el fin de la Unidad II está marcada por el desarrollo de perforaciones de juncáceas y karstificación sobre un tramo de calizas.

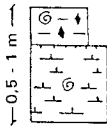
Litología - Facies	Estructuras - Fósiles	Interpretación
Lutitas negras carbonosas Lutitas negras fosilíferas	Restos carbonosos. Lignitos Gasterópodos, micromamíferos	Ciénagas Lacustre somero proximal. Fondo orgánico, aguas ácidas.
Lutitas margosas verdes Margas grises Margas blancas Margas pardas	Bioturbación Ostrácodos Ostrácodos Gasterópodos, ostrácodos, Ferruginizaciones. Bioclastos, ripples de oleaje. HCS.	Palustre Lacustre, fondos reductores Lacustre proximal Lacustre proximal. Energía media. Resedimentación en lacustre proximal.
Margas dolomíticas yesíferas Margas calcáreas nodulosas	Yeso diagenético Rasgos pedogénicos	Lacustre salino Lacustre proximal con procesos edáficos o palustres.
Calizas arenosas bioclásticas Calizas micríticas o margosas Calizas nodulosas con perforaciones	Ostrácodos, ripples de oleaje, HCS. Ostrácodos, gasterópodos Estructura prismática, nodulización, karstificación.	Capas de tormenta Lacustre proximal Lacustre marginal, sometido a exposición subaérea.

## TIPOS DE SECUENCIAS



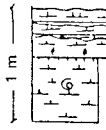
- Lutitas margosas verdes.
- Restos carbonosos
- Margas grises

Disminución en la lámina de agua.  
Fondos reductores



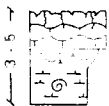
- Lutitas negras fosilíferas
- Superficie ferruginosa
- Margas pardas

Disminución en la lámina de agua sin emersión



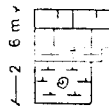
- Margas limosas bioclásticas
- Láminas carbonosas
- "Leg" bioclástico
- Margas pardas

Incremento de la energía en el medio por flujos deltaicos



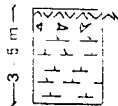
- Acumuló de yeso diagenético
- Margas dolomíticas yesíferas
- Margas blancas

Aumento de salinidad en el medio.  
Mayor evaporación



- Perforaciones de plantas subacuáticas
- Margas calcáreas
- Margas pardas

Ciclo de retracción lacustre sin emersión



- Karstificaciones, perforaciones
- Calizas
- Margas nodulosas
- Margas pardas

Ciclo de retracción lacustre con exposición subaérea

El inicio de la cuarta unidad (Facies Páramo superior, no representado en la Hoja) viene marcado por una débil ruptura sedimentaria 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) en el Turoliense (Mioceno terminal-Plioceno).

Con la finalización del depósito de las Calizas del Páramo superior se acepta que termina el relleno endorreico de la Cuenca. Para esta época la erosión del borde Mesozoico de la Hoja había llegado a su grado máximo, habiéndose desarrollado sobre él una extensa superficie de erosión (S.) que enrrasaba con la superficie calcárea del Terciario (superficie poligénica 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, que aún prosigue en la actualidad. Los testimonios del encajamiento hidrográfico progresivo están representados por los sucesivos niveles de terrazas y por la incisión hidrográfica.

## **5. GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1. RECURSOS MINERALES**

#### **5.1.1. Minerales energéticos**

##### **5.1.1.1. Aspectos generales e historia minera**

La única manifestación de minerales energéticos en la zona de estudio consiste en un indicio de lutitas carbonosas y lignito. No ha sido objeto de explotación, habiéndose localizado durante la realización de la cartografía geológica.

##### **5.1.1.2. Tipos de mineralización**

El indicio localizado consiste en un nivel de 20-30 cm de lutitas carbonosas a lignito, que encaja entre niveles lutíticos dentro del paquete de sedimentos detríticos y pelíticos de las Facies Utrillas.

Genéticamente es correlacionable con las manifestaciones de lignito que aparecen en Facies Utrillas de la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica. Corresponde al extremo suroriental de un conjunto de indicios localizados en la misma corrida del Cretácico inferior que se extiende por las Hojas situadas al noroeste de la Hoja estudiada.

#### **5.1.2. Rocas industriales**

##### **5.1.2.1. Aspectos generales e históricos**

En la Hoja estudiada han sido objeto de explotación tres tipos distintos de rocas industriales: arenas silíceas para usos industriales, calizas para áridos de machaqueo y gravas y arenas para áridos naturales.

Respecto a las primeras se trata de cuatro pequeñas explotaciones de las que sólo una actúa, en los niveles arenosos de la Facies Weald.

En calizas existen tres pequeñas explotaciones inactivas, que aprovechan las calizas del Cretácico superior y Jurásico.

En cuanto a las arenas y gravas se aprovechan depósitos aluviales ligados a la red fluvial.

##### **5.1.2.2. Descripción de los materiales**

###### **A) Arenas silíceas**

Los indicios de arenas silíceas están diseminados a lo largo de la corrida de facies Weald que aflora en el tercio norte de la Hoja en estudio.

Dentro del paquete de materiales de esta facies se encuentran niveles lentejonares, de potencia y extensión muy variables, en las que las arenas silíceas se presentan con gran

blancura y pureza. Alternan con niveles también detríticos, pero en los que el contenido en materiales pelíticos aumenta y en las 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

De los tres indicios existentes, uno explotó calizas dolomíticas y los otros dos calizas del Cenomaniense-Turonense, en el Cretácico superior.

## C) Gravas y arenas

La explotación de gravas y arenas para su uso como áridos naturales, se limita a las pequeñas explotaciones inactivas, o de utilización esporádica que aprovechan sendas terrazas en las proximidades de Villadiego y Sandoval de la Reina.

### MINERALES ENERGETICOS

Nº	Coordenadas U.T.M.	Sustancia	Término Municipal	Morfología	Mineralogía	Observaciones
1	404,30-4722,30	Lignito	Sotresgudo (BU)	Estratiforme	Lignito	Indicio no explotado

### ROCAS INDUSTRIALES

Nº	Nº En Mapa Rocas Indus.	Coordenadas	Sustancia	Término Municipal	Observaciones
2	38	428,80-4715,20	Arenas silíceas	Villadiego (BU)	Usos industriales. Explotación activa
3	—	429,00-4720,90.	Arenas silíceas	Bascarcillas del Toro (BU)	Usos industriales. Explotación inactiva.
4	—	425,30-4723,00	Arenas silíceas	Bascarcillas del Toro (BU)	Usos industriales. Explotación inactiva.
5	37	420,00-4717,20	Arenas silíceas	Villadiego (BU)	Usos industriales. Explotación inactiva.
6	34	404,50-4719,80	Calizas	Sotresgudo (BU)	Aridos de machaqueo. Inactiva.
7	—	420,40-4715,80	Calizas	Villadiego (BU)	Aridos de machaqueo. Inactiva.
8	—	412,60-4718,87	Calizas	Villadiego (BU)	Aridos de machaqueo. Inactiva.
9	40	411,80-4711,00	Gravas	Villadiego (BU)	Aridos naturales. Inactiva.
10	—	418,80-4708,80	Gravas	Villadiego (BU)	Aridos naturales. Inactiva.

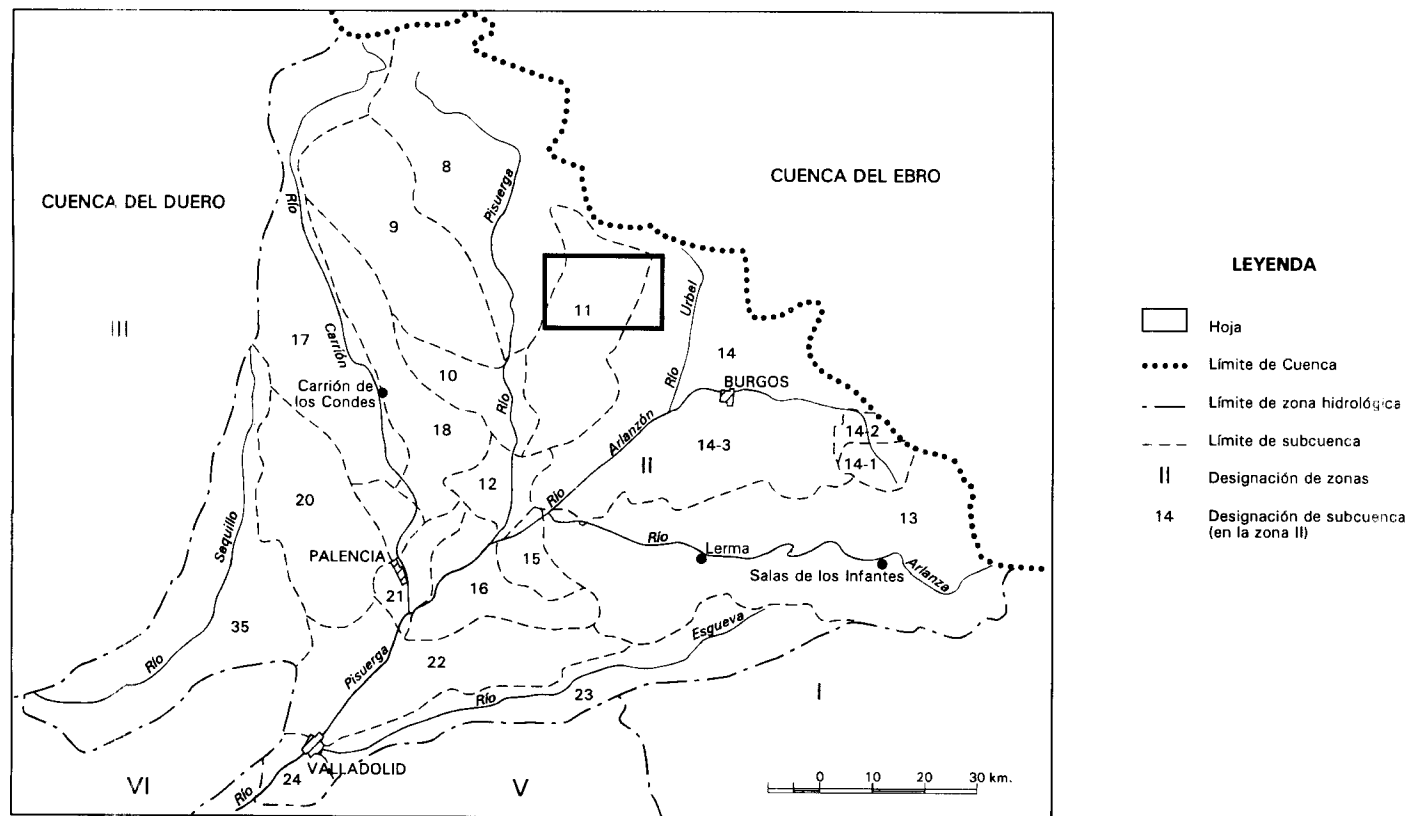


Fig. 6.- Zonación hidrológica (Datos del P.H.D.)

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

### 5.2.1. Hidrología

La hoja de Villadiego pertenece hidrológicamente a la Cuenca del Duero, salvo un pequeño sector al NE del río Urbel, que pertenece a la Cuenca del Ebro.

El clima predominante en la Hoja es de tipo Mediterráneo templado, más húmedo hacia el NE que en el resto.

La precipitación media anual para el período 1940-85 oscila entre los 700 y 1.000 mm, con precipitaciones más elevadas hacia los sectores N y NE, mientras que las precipitaciones menores (por debajo de 700 mm) se registran hacia el cuadrante SO de la Hoja. La temperatura media anual es de 10°C siendo la máxima media de 20°C y la mínima media de 3°C.

La red hidrográfica es de escasa importancia en lo que atañe a caudales, aunque existen numerosos ríos y arroyos que tienen su origen en los relieves de la zona norte. Como cursos principales de agua hay que citar los ríos Odra y Brullés que atraviesan prácticamente toda la Hoja, y a los ríos Urbel y Deramuz, en el tercio oriental.

Según la clasificación de zonas hidrológicas establecidas en el Plan Hidrológico del Duero, la Hoja de Villadiego pertenece a la denominada Zona Hidrológica II (Pisuerga) (ver fig. 6) localizándose parcialmente dentro de ella las subcuencas C-11 (Odra), C-14 (Arlanzón) y C-8 (Río Pisuerga hasta río Valdavia), teniendo la mayor representación la C-11 y siendo las aportaciones medias anuales para el conjunto de esta cuenca de 57 hm<sup>3</sup>.

La demanda de agua para esta subcuenca es de unos 0,4 hm<sup>3</sup> a para usos urbanos y de 1,02 hm<sup>3</sup>/a para usos agrícolas. De esta última, más del 75% se satisface con aguas de procedencia superficial.

Aunque no existe ningún dato directo sobre la calidad química de las aguas en esta zona, cabe superponerlas de buena calidad, ya que se trata de zonas de cabecera sin noticias de algún potencial foco de contaminación de importancia.

### 5.2.2. Hidrogeología

Hidrogeológicamente la hoja pertenece al Sistema Acuífero nº 8 (Terciario Detrítico Central del Duero) y al Sistema Acuífero nº 9 (s. I) en el que se incluyen todos los relieves del sector N y NE de la hoja (ver figura nº 7). De este último sistema no hay datos referentes al funcionamiento hidráulico. Los mejores niveles acuíferos se localizan en las calizas del Turoniense superior, que se encuentran fisuradas y karstificadas, presentando una alta permeabilidad secundaria. Asimismo constituyen niveles potencialmente acuíferos las calizas y dolomías karstificadas del Santoniense-Campaniense, que se encuentran desconectadas hidráulicamente de las anteriores por un paquete de margas, prácticamente impermeables, de edad Santoniense.

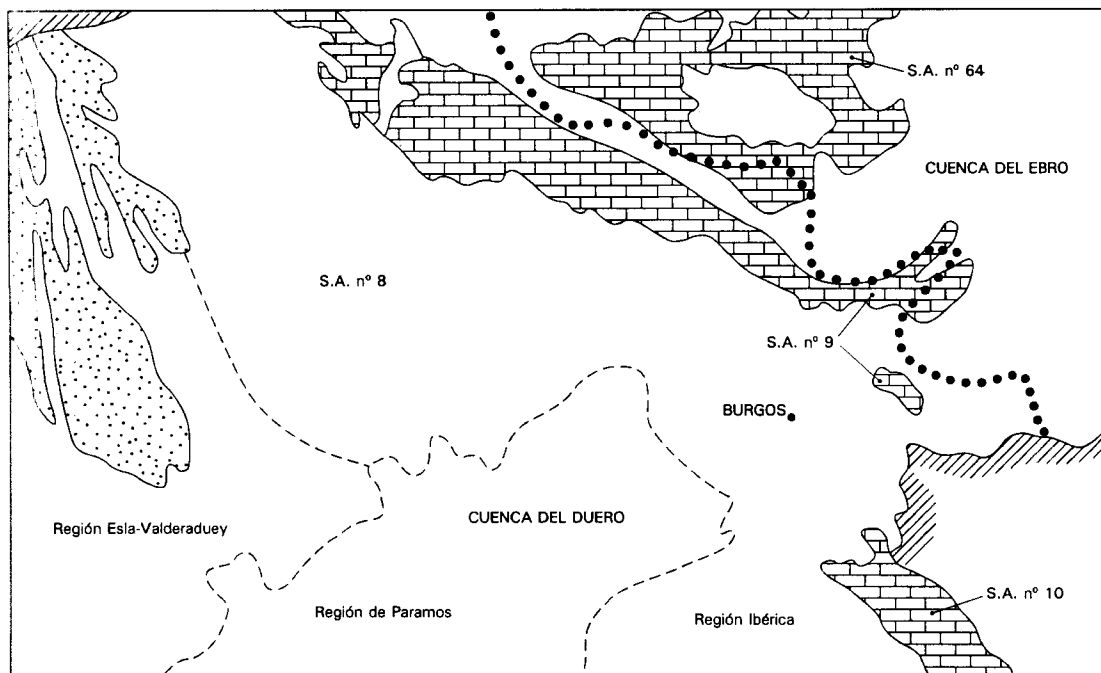


Fig. 7.- Esquema de distribución de sistemas acuíferos.

Las calizas turoniense descansan sobre un paquete de calizas y margas del Cenomaniense, considerados de permeabilidad media, que a su vez tienen a muro materiales arenosos y areno-arcillosos del Cretácico inferior, de permeabilidad baja-media. Por tanto, puede suponerse que los distintos niveles acuíferos desde el Cretácico inferior hasta el Turoniense se encuentran hidráulicamente conectados. Por otra parte la tectónica que afecta a este conjunto mesozóico puede actuar compartimentado y/o conectando los distintos niveles y por tanto complicando y condicionando su funcionamiento hidráulico.

Asimismo cabe suponer que existe comunicación hidráulica entre los materiales calcáreos mesozoicos y los sedimentos terciarios detríticos de borde de cuenca, estableciéndose una posible recarga lateral subterránea de los primeros a los segundos.

Los materiales terciarios aflorantes en el centro y mitad meridional de la hoja pertenecen a la Región Ibérica del sistema Acuífero nº 8. Está formado por sedimentos de carácter detrítico en su mayor parte, disponiéndose las mayores granulometrías hacia el borde de la cuenca o a modo de lentejones distribuidos aleatoriamente en una matriz areno-arcillosa. El conjunto puede considerarse como un acuífero multicapa, heterogéneo y anisótropo, cuyas características hidráulicas estarían condicionadas por la distribución, potencia y frecuencia de los lentejones de arenas y gravas, así como por la granulometría, tanto de las mismas como de la matriz que las engloba.

No existen datos sobre piezometría ni sobre calidad química del agua. No obstante, los datos aportados por estudios regionales apuntan que la piezometría regional se sitúa por encima de los 825 m.s.n.m.; y en cuanto a la calidad de las aguas, los mismos estudios indican que se clasifican dentro del dominio de las bicarbonatadas cálcico-magnésicas.

La explotación de las aguas subterráneas es prácticamente inexistente efectuándose mediante pozos excavados y algunos sondeos poco profundos (70 m) que se utilizan principalmente para regadíos particulares y abastecimientos privados.

Los tramos aflorantes de calizas terciarias en la Hoja (calizas del Páramo) aunque suelen encontrarse frecuentemente karstificadas, no constituyen niveles acuíferos de interés, dada su escasa potencia y desarrollo.

Asimismo, los materiales cuaternarios (aluviales de los ríos Odra y Brulles) presentan escaso desarrollo, reduciéndose su interés hidrogeológico a la relación existente entre el sedimento cuaternario y el río.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

#### 5.3.1. Introducción

A continuación se exponen, de un modo general y sintético, las características geotécnicas de los terrenos que constituyen la Hoja de Villadiego. 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 Villadiego se han distinguido tres áreas (I, II y III), y ocho zonas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), que corresponden a las siguientes unidades del Mapa Geológico.

<b>Area</b>	<b>Zonas</b>	<b>Unidades Cartográficas</b>
I	Zona 1 . . . . .	1, 3, 5, 7, 8, 11
	Zona 2 . . . . .	2, 4, 6, 9, 10, 12, 13, 14
II	Zona 3 . . . . .	15, 20
	Zona 4 . . . . .	16, 19, 21
	Zona 5 . . . . .	18
	Zona 6 . . . . .	17, 22, 23, 24
III	Zona 7 . . . . .	25, 26, 27, 30
	Zona 8 . . . . .	29, 31

### 5.3.2. Características geotécnicas

En la Hoja de Villadiego se distinguen claramente tres áreas geotécnicas bien definidas: el AREA I que corresponde a materiales pertenecientes al Triásico, Jurásico y Cretácico; el AREA II, constituida por materiales terciarios; y el AREA III por materiales cuaternarios.

#### AREA I

##### ZONA 1

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

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

**Permeabilidad y drenaje.** Se consideran materiales permeables o semipermeables, drenando por infiltración y escorrentía superficial.

**Ripabilidad.** Se consideran materiales de fácil ripabilidad, aunque zonas de areniscas y conglomerados, pueden presentar dificultad.

**Riesgo geológico.** 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.** Corresponden a los taludes más verticales observados en la Hoja, pudiendo llegar a dar escarpes de hasta 100 metros.

**Permeabilidad y drenaje.** Se consideran materiales permeables, drenan fundamentalmente por infiltración.

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

**Riesgo geológico.** Puede ser el de desprendimiento de bloques en taludes escarpados.

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

## AREA II

### ZONA 3

**Litología.** Los materiales 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.** Los taludes 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 alternancias de margas, yesos, margocalizas y arcillas.

**Pendientes y taludes naturales.** Muy suaves, salvo en los que la alternancia de yesos y margas se superponen a margas o arcilla y en estos casos, debido a la erosión diferencial, pueden dar pequeños escarpes.

**Permeabilidad y drenaje.** Aunque son impermeables, los yesos pueden presentar problemas de disolución, dando lugar a cavidades de disolución. Drenan por escorrentía superficial.

**Ripabilidad.** Son ripables.

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

## ZONA 5

**Litología.** Materiales constituidos por arenas, limos, arcilla 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 escorrentía superficial.

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

**Riesgo geológico.** Es la erosión.

**Aspectos constructivos de tipo general.** Su comportamiento ante rellenos y cimentaciones puede ser variable dependiendo de que la cimentación o relleno se realice en materiales arcillosos o no, pudiendo dar lugar a asentamientos diferenciales.

## ZONA 6

**Litología.** Los materiales están constituidos por calizas y margocalizas.

**Pendientes de taludes naturales.** Suelen ser 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 préstamo.** Pueden ser utilizados como áridos para hormigones.

## AREA III

### ZONAS 7 y 8

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

**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 Villadiego se han inventariado y catalogado trece puntos de Interés Geológico (P.I.G.), habiéndose desarrollado y seleccionado únicamente cuatro de ellos.

En general, ninguno de los puntos inventariados presentan problemas de deterioro y necesidad de especial protección: únicamente el Molino de Bernabé, paraje muy agradable, debe procurar mantenerse como en la actualidad. También debe mantenerse especial discreción con los yacimientos paleontológicos.

La relación de los puntos inventariados es la siguiente:

- Sección del Jurásico en Formicedo.
- Sinclinal del Cretácico superior en Portillo.
- Sucesión Cretácica de la Mesa de Amaya
- Garganta de Rioparaiso
- Yacimiento Paleontológico de Villanueva de Odra
- Sistema de terrazas del Arroyo de Río Fresno en Sotresgudo
- Facies marginales Miocenas en Bustillo del Páramo
- Sucesión Miocena de Boada de Villadiego
- Captura del río de Brullés por el Hormazuela
- Sucesión Cretácica del Molino de Bernabé
- Superficie estructural de la Cuesta de la Nava
- Sección Jurásica en el Arroyo de Fuentesnaldo
- Sección Jurásico en «Facies Purbeck» en Ordejón de Abajo.

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

Estratigráfico 25 %

Sedimentológico 12 %

Geomorfológico 25 %

Tectónico 25 %

Paleontológico 13 %

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

<b>INTERES PRINCIPAL</b>	<b>DENOMINACION DEL PUNTO</b>
Estratigráfico	Sección del Jurásico en Formicedo Facies marginales Miocenas en Bustillo del Páramo Sección Jurásico en «Facies Purbeck» en Ordejón de Abajo.
Sedimentológico	Sucesión Cretácica de la Mesa de Amaya Sucesión Miocena de Boada de Villadiego
Geomorfológico	Sistema de terrazas del A. de Riofresno en Sotresgudo Captura del río de Brullés por el de Hormazuela Superficie estructural de la cuesta de la Nava
Tectónico	Sinclinal del Cretácico superior en Portillo Garganta de Rioparaiso Sucesión Cretácica del Molino de Bernabé
Paleontológico	Yacimiento Paleontológico de Villanueva de Odra Sección Jurásica en el Arroyo de Fuentesnaldo

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 gráfica 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. Madrid.
- AGUILAR, M. J. (1975). «Sedimentología y paleogeografía del Albense de la Cuenca Cantábrica». *Estudios Geológicos*, 31:1-213.
- 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, 58:425-28
- 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*, 15:3-47.
- ALONSO GAVILAN, G; ARMENTEROS, I; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; DABRIO, C.; JIMENEZ, E.; LOPEZ OLIVE, A.; DEL OLMO, P.; POL, C. y PORTERO, J. M. (1983): «La depresión del Duero». *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*, 2: IGME.
- ALONSO-MILLÁN, 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*.
- ALVAREZ-RAMIS, C. (1982). «Presencia de Sagenopteris en facies wealdenses de la provincia de Burgos. Estudio fitodermatológico». *Cuad. Geol. Iber. v. 8*, pp. 187-194.
- ALVAREZ SIERRA, M. A.; GARCIA MORENO, E. y LOPEZ MARTINEZ, N (1985). Biostratigraphy and palaeobiological interpretation of Middle-Upper Miocene successions in continental sediments of the Duero basin, Northern Spain. *Abstract VIII of the RCMNS, Budapest, 1985*: pp. 56-57.
- AMIOT M.; FLOQUET M.; MATHEY, B.; PASACAL, A.; RAT., P.; et SALOMON, J. (1982). Evolution de la marge Cantabrique et de son arrière-pays Iberique au Crétacé. *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*, 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 y Energía. Madrid.

- 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*, 4:39 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. (1985). Note 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 Geologica Salamiticensia*. 22:213-246.
- CAREZ, L. (1881). *Etude des terrains cretaces 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, (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 région Basco-Cantabrique. *C. R. Soc. Geol. France*, 9: 391-394.
- COLMENERO, J. R.; MANJON, M.; GARCIA RAMOS, J.C. 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 HIDROGRAFIA 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 Salmanticensa*, 22:93-110.

- DAHN, H (1966). Stratigraphie und palaeogeographie in Kantabrischen Jura (Spanien). *Tesis Univ. Bonn. Beih. Geol. JB.*, 44:13-54.
- D.G.P.A. (Dirección General de la Producción Agraria) (1978).- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos. Hoja nº 166: Villadiego.
- DUCHAUFOR, P. (1977). *Précis de Pédologie*. III ed. Masson et Cie.
- ENRESA (1989). Estudio de las Formaciones favorables de la Región del Duero (Proyecto E.R.A.). Inédito.
- EZQUERRA 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 Pyréné Basques aux Asturies; essai d'analyse Stratigraphique. *Mem. 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.*, 22 (2) 1:48.
- FLOQUET, M.; ALONSO, A. y MELENDEZ, A. (1982). El Cretácico de España. Univ. Complutense de Madrid: 387-453.
- GARCIA DE CORTAZAR, A. y PUJALTE, V. (1982). Litoestratigrafía y facies del Grupo Cabuérniga (Malm-Valanginiense inferior?) al S. de Cantabria-NE de Palencia. *Cuad. Geol. Iber.*, 8:5-21.
- GARCIA DEL CURA, M. A. (1974). Estudio sedimentológico de los materiales terciarios de la zona Centro-Oriental de la Cuenca del Duero (Aranda del Duero). *Estud. Geol.*, 30:579-597.
- 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*, IGME, 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 Vascocantábrica 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. *Tema Geológico-Mineros, IGME 6 (1):293-304.*
- GARZON, M. G.; PEDRAZA, L 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.
- GONZALEZ, A.; PARDO, G. y VILLENA, J. (1988). El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas. *II Congreso de Geología de España, Granada; Simposios: 175-184.*
- GRACIA, F. J. (1989). A model of the genesis and evolution of erosion surfaces in a Mediterranean context. Examples from the Iberian chain (Spain). *Int. conf. on Geomorphology*, Frankfurt.
- GRACIA PRIETO, J. F.; NOZAL MARTIN, F.; PINEDA Y VELASCO, A. y WOUTERS DE VRIES, P. F. (1990) Superficies de erosión neógena y neotectónicas en el borde NE de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7:38-40.
- HERNANDEZ-PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Memorias de la Comisión de Investigación Paleontológica y Prehistórica, Madrid*. 5: pp. 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, 1ª serie. Burgos (nº 20). Ministerio de Industria.

- IGME (1973). Mapa Metalogenético en España a E. 1:200.000. Burgos (nº 20) Ministerio de Industria.
- IGME (1976) Mapa de Rocas Industriales a E. 1:200.000. Burgos (nº 20). Ministerio de Industria.
- IGME (1981). Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12. (P.I.A.S.) Colección Informe IGME.
- IGME (1982). Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero. (P.I.A.S.). Primer Informe. Colección Informe IGME.
- IGME (1987). Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero. (P.I.A.S.). Colección Informe, 2º Informe.
- JUNTA DE CASTILLA LEON (1986). Estudio de las posibilidades de regadíos a partir de aguas subterráneas en la Comunidad de Castilla-León. (Inédito).
- JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1986). Inventario de indicios mineros de la provincia de Burgos. (Inédito).
- JUNTA DE CASTILLA LEON (1988). Estudio diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas; determinación y previsión de impactos. Propuestas de corrección y red de control.
- KARRENBERG, H. (1934). Die postvarische entwicklung des Cantabro-Asturischen gebirgers (Nordwestspanien). *Publ. Extra. Geol. España (C.S.I.C.)*. (Traducción, J.G. Llarena. 1946), 3: 103-225.
- LARRAZET, M. (1985). Notas estratigráficas y paleontológicas acerca de la provincia de Burgos. *Bol. Com. Map. Geol. Esp.* 1 (22):121-143.
- 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 Geológica Salmanticensia*, 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. *1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca, Temas Geológico Mineros. IGME*, 6 (1):341-353.
- LOPEZ MARTINEZ, N.; SESE BENITO, C. y SANZ GARCIA, 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 Bassin (Palencia, Spain). *Leidse Geol. Meded*, 24:21-180.
- MABESOONE, J.M. (1961). La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *Estudios Geol.* 17 (2):101-130.
- MALLADA, C. (1902). Explicación del mapa Geológico de España. Sistema Permiano, Triásico, Liásico y Jurásico. *Bol. Com. Mapa Geol. España*, 4.
- MALLADA, C. (1904). Explicación del mapa Geológico de España. Sistemas Infracretácico y Cretáceo. *Mem. Com. Mapa Geol. de España*, 5.
- MANGIN, Ph. y SAT, P. (1962). L'évolution post-hercynienne entre Asturies et Aragón (Espagne). *Mem. Soc. France (Livre a la Mem, du prof. P. Fallot)*, 1:333-349.
- MANJON RUBIO, M. (1969). *El Terciario de Herrera de Pisuergra*. Tesis de Licenciatura Univ. Oviedo (Inédito).
- MANJON, M.; COLMENERO, J.R.; GARCIA 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 sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Temas Geológico Mineros, IGME*, 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 sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Temas Geológico Mineros. IGME*, 6 (1):373-388.
- MARTIN-SERRANO, A. (1988). *El Relieve de la Región Occidental Zamorana. La evolución geomorfológica de un borde del macizo Hespérico*. Inst. de Estudios Zamoranos «Florián de Ocampo». Dip. Zamora, 311 pp.
- 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.J. (1988). 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. (1989). Las calizas del Páramo en el Sur de la provincia de Palencia. *Studia Geológica Salmanticensis*, 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. Salmantica* 5:293-310.
- MENGAUD (1920). *Recherches géologiques dans la région Cantabrique*. Liv. Sc. J.Hermann, 374 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1978). Mapa de cultivos y aprovechamientos. E. 1:50.000. Hoja Villadiego (166).
- 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. y MARTINEZ, F.J. (1979). Esquema morfológico de la fosa de Ciudad Rodrigo (Salamanca). *Iª Reunión sobre la geología de la Cuenca del Duero*. Salamanca, 1979. *Temas Geológico-Mineros, IGME*, 6 (2):433-450.
- 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.
- NOSSIN, J.J. (1959). Geomorphological aspects of the Pisuerga Drainage area in the Cantabrian Mountains (Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 24:284-406.
- OLIVE DAVO, A.; PORTERO GARCIA, J.M.; DEL OLMO ZAMORA, P.; ARAGONES VALLS, E.; CARRERAS SUAREZ, F.; MOLINA E. y GUTIERREZ ELORZA (1979). El sistema de terrazas del río Carrión. *Iª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca 1979. Temas Geológico-Mineros*. 6 (2):451-463.
- OLMO, del 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: 179-88.
- ORDOÑEZ, S.; LOPEZ, F.; y GARCIA, A. (1976). Estudio geológico de las Facies Rojas plio-cuaternarias del borde de la Cuenca del Duero (Provincia de Segovia). *Est. Geol.* 32 (2):215-220.
- PEDRAZA, J. (1978). *Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral, Uní. Complutense de Madrid. (inédito). 459 pp.
- 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 GONZALEZ, A. (1982). El Cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. *Iª. Reunión sobre la geología de la Cuenca del Duero. Salamanca, 1979. Temas Geológico-Mineros, IGME, 6 (2):717-740.*
- PLANS SANZ DE BREMOND, P. (1967). *Estudio fisiográfico de la Tierra de Campos y de sus sectores marginales*. Tesis Univ. Comp. de Madrid. 288 pp.
- POL, C. y CARBALLEIRA, J. (1983). Características de los depósitos aluviales del Sistema del Río Arlanza (Borde Este de la Cuenca de 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 Neogeno de la transversal Norte-Sur de la Cuenca del Duero. *L.Jub. J.M. RIOS, IGME, 2:494-501.*
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P.; RAMIREZ, J. y VARGAS, I. (1979-1983). «Síntesis Geológica de la Cuenca del Duero». *Iª Reunión sobre la Geología Cuenca del Duero. Salamanca. Temas Geológico Mineros. IGME, 6 (1):11-37*
- PORTERO, J.M; DEL OLMO, P.; VARGAS, I. y RAMIREZ DEL POZO, I. (1978). Síntesis geológica previa de la Cuenca del Duero (MAGNA). IGME (Inédito).
- 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 Campóo (Jurásico Superior) y sus relaciones con la falta transcurrente de Ventaniella. *II Congr. Geol. España. Granada, Simposios: 135-144.*
- PUJALTE, V. y ROBLES, S. (1988). Evolución tectonoestratigráfica de la cuenca lacustre de Aguilar de Campóo (Mailm, Palencia y Cantabria). *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de España, Instituto de Estudios Riojanos: 95-114.*
- PUJALTE, V.; ROBLES, S. y VALLES, J.C. (1988). El Jurásico marino de las zonas de alto sedimentario relativo del borde sur de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Rebolledo de la Torre, Palencia). *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de España, Instituto de Estudios Riojanos: 85-93.*

- QUESADA, S.; PUJALTE, V.; ROBLES, S. y VICENTE, J.C. (1990). Las formaciones esponjio-líticas del Dogger de la región Vasco-Cantábrica: Características y posibilidades petrolíferas. *Geogaceta*, 7:26-28.
- 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. (1971). Algunas observaciones sobre el Jurásico de Alava, Burgos y Santander. *Cuad. Geol. Iber.* 2:491-508.
- RAMIREZ DEL POZO, J. (1969). Síntesis estratigráfica y micropaleontológica de las facies Purbeckiense y Wealdense del Norte de España. *Ediciones Ciepsa*, S.A.: 1-68.
- 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*: 1-357.
- RAMIREZ DEL POZO, J. y AGUILAR TOMAS, 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 Basque-Cantabrique (Espagne)* Thèse. Fac. Sc. Publi. Univ. Dijon, XVIII, 525 pp.
- RAT, P. (1959). *Les pays Crétacés Basque-Cantabriques (Espagne)*. Publ. Univ. Dijon, 18: 1-525 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. Acad. Sci. Paris*, 256: 455-457.
- RAT, P. (1982). Factores condicionantes en el Cretácico de España. *Cuad. Geol. Iber.* 8: 1059-1076.
- RAT, P. (1988). The Basque-Cantabrian basin between the Iberian and European Plates: some facts but still many problems. *Revista de la Soc. Geol. de España*. 1-3:327-348.
- RAT, P.; CIRY, R.; FEUILLEE, P. y AMIOT, M. (1967). Carta geológica de las Cadenas Cantábricas entre los Pirineos y Asturias. *C.R. Somm. S.G. France*, 9.
- RIAZA, C. (1984). De la importancia de las fallas NNO en la acreción del Golfo de Vizcaya I. *Cong. Español de Geología*. III: 265-278.
- 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.
- ROBLES, S.; PUJALTE, V. y VALLES, J.C. (1988). Sistemas sedimentarios del Jurásico en la parte occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de España, Instituto de Estudios Riojanos y Cuad. Geol. Iber.*, 13:185-198.
- ROYO GOMEZ, J. (1992). El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica. *Com. Invest. Paleontol. Prehist., Madrid*, 30 (5), 223 pp.
- ROYO GOMEZ, J. (1926). Terciario continental de Burgos. *XIV Congr. Int. Madrid, 1926. Exc. A-6*, pp. 67.
- ROYO GOMEZ, J. (1929). Nuevos yacimientos de Mamíferos miocenos en la Provincia de Valladolid. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)* 29:105-112.
- 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 (Chaînes Cantabrique et Iberique)*. Tesis. Universidad. Dijon.
- SANCHEZ DE LA TORRE, L. (1979). Características de la sedimentación Miocena en la zona Norte de la Cuenca del Duero. *Iª Reunión sobre la Geol. de la Cuenca del Duero. Salamanca, 1979 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. 2º Serie. Astudillo (núm. 237). IGME. Minist. de Industria.
- 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. Llarena).
- SCHWENZNER, J.E. (1937). Zur morphologie des zenstralspanischen hochlandes. *Geogr. Abjandl.* 3 ser., 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 TERAN, Ed. Montaner y Simón, S.A.: 1-500, pp
- SOLE SABARIS, L. (1983). Morfología General de la Península Ibérica. En *Geología de España. Libro Jubilar J. M. Ríos, IGME*, 2:589-605.
- TRUYOLS, J. y PORTA, J. (1982): Observaciones sobre los niveles fosilíferos del Mioceno de Castrillo de Val (Burgos). *1ª. Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero Salamanca 1979. 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. 84ª Congr. Soc. Savantes Paris et Depart., Dijon 1959, Sect. Sci., Sous-sect. Geol.*; 709-764.
- WIEDMANN, J. (1962). Contribution a la paléogéographie du Crétacé vascogotique et celtibérique septentrional (Espagne). *Livre Mém. Prof. P. Fallot*, 1:351-366.
- WIEDMANN, J. (1964). Le Cretacé superieur 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.
- ZAHO, C. y GOY, J.L. (1977). «Geomorfolological Study of the Confluence of the Rivers Pisuerga and Arlanza». X. *INQUA CONGR. Abstracts*, 510 pp.