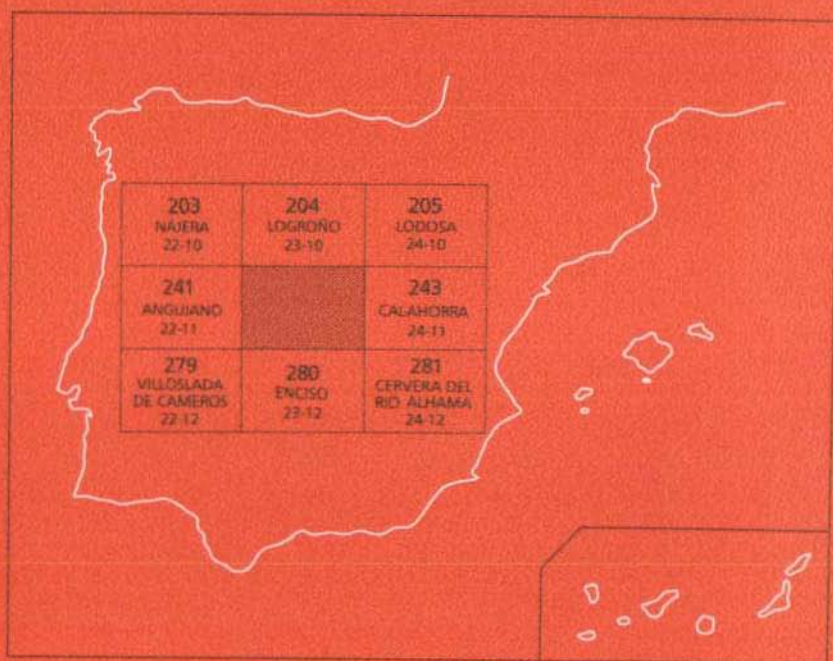




# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



# MUNILLA

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un "Geological Survey of Spain", es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D, 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

## MUNILLA

Primera edición

MADRID, 1990

Fotocomposición: CARMAGRAF, S. A. - Sambara, 40 - 28027 Madrid  
Imprime: ASEINSAPRINT, S. L.

---

Depósito legal: M. 29.124-1990  
NIPO: 232-90-005-I

La realización de esta Hoja ha correspondido a la Compañía General de Sondeos, S.A., bajo normas, dirección y supervisión del I.T.G.E.

Han intervenido:

A. Hernández Samaniego (C.G.S.): Cartografía. Secciones estratigráficas, Sedimentología de detriticos. Memoria.

J. I. Ramírez Merino (C.G.S.): Cartografía. Geomorfología. Memoria

A. Olivé Davó (C.G.S.): Coordinación y dirección. Cartografía. Memoria.

M. Alvaro López (C.G.S.): Tectónica. Memoria.

J. Ramírez del Pozo (C.G.S.): Micropaleontología y Sedimentología de Laboratorio.

M. J. Aguilar (C.G.S.): Sedimentología de Laboratorio.

A. Meléndez Hevia (Universidad de Zaragoza): Secciones estratigráficas. Sedimentología de carbonatos.

C.G.S.: Laboratorio.

A. Martín-Serrano y V. Gabaldón: Coordinación y dirección por el I.T.G.E.

## **INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Tecnológico GeoMinero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida fundamentalmente por.

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle, con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

# INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	9
1. ESTRATIGRAFIA .....	10
1.1. Triásico y Jurásico .....	10
1.1.1. Arcillas versicolores y yesos (1). Facies Keuper .....	10
1.1.2. Carniolas, dolomías y calizas dolomíticas (2). Rethiense-Hettan- giense .....	11
1.1.3. Calizas dolomíticas y calizas en bancos (3). Sinemuriense .....	11
1.1.4. Alternancia de margas y calizas arcillosas (4). Sinemuriense superior?-Bajociense .....	12
1.1.5. Calizas tableadas y oolíticas (5). Bajociense-Calloviense .....	13
1.1.6. Alternancia de calizas y margas oscuras (6). Calloviense .....	14
1.1.7. Calizas arrecifales (7). Oxfordiense?-Kimmeridgiense inferior....	14
1.1.8. Areniscas (8) Oxfordiense?-Kimmeridgiense inferior .....	15
1.2. Jurásico superior-Cretácico inferior .....	15
1.2.1. Kimmeridgiense-Berriasiense. Unidades litológicas del ciclo 1 (Facies Purbeck) .....	17
1.2.1.1. Conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas rojas. Niveles edáficos (9). Unidad de Leza-Jubera. Kim- meridgiense Berriasiense .....	17
1.2.1.2. Calizas detríticas con niveles edáficos (10). Unidad de Cabezo Santiago. Kimmeridgiense-Portlandiense ..	18
1.2.1.3. Limolitas y arcillas rojas y verdes. Niveles de areniscas (11). Kimmeridgiense-Berriasiense .....	18
1.2.1.4. Calizas, calizas oncolíticas y margas (12). Unidad de Río Leza. Berriasiense .....	19
1.2.1.5. Margas, calizas y arcillas. Limolitas y areniscas ocasionales (13). Berriasiense .....	20
1.2.2. Valanginiese. Unidades litológicas del ciclo II (Facies Weald) ..	20

1.2.2.1.	Areniscas cuarcíticas (14). Unidad de Rabanera-Ajamil. Valanginiense .....	21
1.2.2.2.	Arcillas rojas, limolitas y areniscas (15). Valanginiense .....	21
1.2.2.3.	Calizas arenosas, areniscas, limolitas y arcillas rojas y verdes (16). Unidad de Larriba, Valanginiense .....	22
1.2.2.4.	Areniscas y margas (17). Unidad de Zarzosa. Valanginiense .....	23
1.2.2.5.	Calizas y margas (18). Unidad de Munilla. Valanginiense .....	23
1.2.3.	Valanginiense-Hauteriviense. Unidades litológicas del ciclo III. (Facies Weald) .....	24
1.2.3.1.	Areniscas grises y amarillentas (19). Unidad de Jalón de Cameros. Valanginiense-Hauteriviense .....	24
1.2.3.2.	Areniscas, limolitas, margas y calizas (20). Unidad de Valdeosera-Treguajantes. Valanginiense-Hauteriviense. ....	25
1.2.3.3.	Margas y calizas. Tramos detríticos intercalados (21.) Unidad de Hornillo de Cameros-Munilla. Valanginiense-Hauteriviense .....	26
1.2.4.	Barremiense-Aptiense. Unidades litológicas del Ciclo IV .....	27
1.2.4.1.	Limolitas, arcillas rojas y areniscas (22). Unidad de La Mongía la Santa. Barremiense .....	27
1.2.4.2.	Areniscas rojas y limolitas (23). Unidad de Robres del Castillo. Barremiense-Aptiense .....	27
1.2.5.	Albiense. Unidad litológica del Ciclo V .....	28
1.2.5.1.	Areniscas y arcillas con lechos carbonosos (24). Formación Arenas de Utrillas. Albiense .....	28
1.3.	Terciario .....	29
1.3.1.	Conglomerados, areniscas y arcillas rojas (25). Unidad de Arnedo. Headoniense .....	29
1.3.2.	Conglomerados masivos. Niveles de areniscas rojas (26). Unidad de Quel. Headoniense-Arverniense .....	31
1.3.3.	Conglomerados poligénicos (27). Unidad de Islallana. Arverniense-Ageniense .....	31
1.3.4.	Areniscas de grano fino, limolitas y arcillas rojas (28). Arverniense-Ageniense .....	32
1.3.5.	Conglomerados (29). Orleaniense-Vallesiense .....	32
1.3.6.	Pudingas sueltas en matriz limo-arcillosa (30). Unidad de Cabi Monteros. Vallesiense-Plioceno inferior .....	32
1.4.	Cuaternario .....	33
1.4.1.	Pleistoceno-Holoceno .....	33
1.4.1.1.	Glacis y abanicos aluviales (32, 33, 35, 36, 39) .....	33
1.4.1.2.	Terrazas (31, 34, 38) .....	33
1.4.2.	Holoceno .....	32
1.4.2.1.	Mangas de piedras (37) .....	33

	<i>Páginas</i>
1.4.2.2. Coluviones (40, 41) .....	33
1.4.2.3. Conos de deyección (42) .....	34
1.4.2.4. Aluviales (43) .....	34
2. TECTONICA .....	34
2.1. Tectónica Regional .....	34
2.2. Descripción de la estructura .....	34
2.2.1. Evolución tectónica durante el Mesozoico .....	34
2.2.1.1. Etapa aulacogénica .....	35
2.2.1.2. La distensión cretácica .....	35
2.2.2. La estructura alpina .....	38
2.2.2.1. Zonación tectónica y dominios estructurales .....	38
2.2.2.2. El dominio de la Cordillera Ibérica .....	39
2.2.2.3. El dominio de la Cuenca del Ebro .....	41
2.3. Interpretación general y edad de las deformaciones .....	43
3. GEOMORFOLOGIA .....	43
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	45
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	51
5.1. Minería y canteras .....	51
5.2. Hidrogeología .....	52
6. BIBLIOGRAFIA .....	52



## 0. INTRODUCCION

La Hoja 242 Munilla se encuentra situada en su mayor parte dentro de la Sierra de Cameros, la cual constituye la terminación septentrional del Sistema Ibérico. Sólo la esquina NO y el borde E de la Hoja correspondería geográficamente a las zonas marginales de la Cuenca Terciaria del Ebro. Administrativamente, pertenece a la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Orográficamente, la región es muy abrupta y montuosa, con cotas que van desde los 1.388 m de la culminación del Macizo de Cabi-Monteros hasta los alrededor de 570 m de la vega del río Iregua, en las proximidades de Islallana. Las únicas zonas de relieve más o menos plano corresponde a las superficies de glacis y abanicos aluviales presentes fundamentalmente en la esquina NE de la Hoja.

La red fluvial está constituida por los ríos Iregua, Leza y Jubera, con sentidos N y NE, así como por el río Cidacos, de curso sensiblemente E-O. Toda la región es tributaria hidrogeográficamente de la Cuenca del Ebro.

Climatológicamente la zona es de una gran continentalidad, con inviernos de gran crudeza y veranos cálidos suavizados por la altitud de la zona. La pluviosidad es relativamente elevada.

La actividad económica de la región está centrada en la agricultura, fundamentalmente en las vegas de los ríos, la ganadería ovina y bovina, así como en las explotaciones madereras los no muy abundantes bosques de pinos y hayas que quedan en la zona. La existencia de aguas termales en Arnedillo ha propiciado el desarrollo de una cierta infraestructura hotelera y turística en dicho pueblo.

La densidad de población es muy baja, siendo el núcleo más importante Arnedillo. Gran parte de las aldeas situadas en esta porción de la Sierra de Cameros se encuentran deshabitadas o a lo sumo con una o dos familias como habitantes.

Geológicamente, la región es muy diversa. En su mayor parte está ocupada por las extraordinariamente potentes formaciones detríticas y carbonatadas de las facies Purbeck y Weald, en las que se pueden establecer varias discontinuidades que limitan cuatro grandes ciclos

sedimentarios, orladas por los términos marinos del Jurásico. El borde este y la esquina noroeste de la Hoja se encuentran ocupados por los materiales conglomeráticos y areniscos del Paleógeno y Neógeno constituyentes de la Cuenca Terciaria del Ebro.

El principal rasgo estructural de la Hoja corresponde al cabalgamiento de los materiales mesozoicos de la Sierra de Cameros sobre las facies detríticas del Terciario, aprovechando como nivel de despegue el tramo arcillo-yesífero del Keuper. Este cabalgamiento condiciona la tectónica de toda la región.

Para la realización de la presente Hoja se ha utilizado una abundante información sísmica del subsuelo derivada de la exploración geológica llevada a cabo por Hispanoil con un objetivo petrolero.

## 1. ESTRATIGRAFIA

En la Hoja de Munilla afloran sedimentos del Triásico, Jurásico, Cretácico, Terciario y Cuaternario.

El Triásico está constituido por los yesos y arcillas versicolores de la Facies Keuper.

El Jurásico aparece completo, formado por una sucesión de dolomías, calizas y margas. Los tramos más superiores, correspondientes al Kimmeridgiense y Portlandiense, incluyen tramos detríticos y carbonatados de origen continental (Facies Puerbeck).

El Cretácico se encuentra representado por los tramos detríticos y carbonatados de origen continental de las Facies Weald y Utrillas.

El Terciario continental, cuya edad va desde el Oligoceno al Plioceno, está constituido por diferentes unidades tectosedimentarias de carácter detrítico.

El Cuaternario viene definido por recubrimientos de tipo aluvial y coluvial, así como por glaciares, abanicos aluviales, terrazas y conos de deyección.

### 1.1. TRIASICO Y JURASICO

Sobre el Triásico superior y Jurásico marino de la Hoja de Munilla es de destacar el trabajo de MENSINK (1966). Recientemente, y en áreas próximas (Hoja de Anguiano), ALONSO y MAS (1988) se han ocupado de los términos superiores (Malm) del Jurásico marino.

#### 1.1.1. Arcillas versicolores y yesos (1). Facies Keuper

Afloran como nivel de despegue del cabalgamiento de la Sierra de Cameros sobre la Cuenca Terciaria del Ebro, principalmente en el borde norte de la Hoja. Generalmente, se presenta muy cubierta por derrubios, dado el carácter inconsistente de los sedimentos que la forman.

Litológicamente está formada por arcillas y margas de colores abigarrados: verdosos, ocreos

y rojizos, las cuales presentan intercalaciones frecuentes de yesos de colores grises y blancos, en ocasiones bastante potentes. El espesor del Keuper es difícil de evaluar, dadas sus características plásticas que lo hacen objeto de intensa tectonización, existiendo zonas donde se han llegado a acumular varios centenares de metros, mientras que en otros lugares llega a estar completamente laminado.

Regionalmente, hay constancia de la existencia de rocas subvolcánicas (ofitas) englobadas en estos materiales, aunque en Munilla no se han llegado a observar.

Atribuimos su medio deposicional a ambientes litorales restringidos del tipo *shebka* costera, bajo condiciones de hipersalinidad que permitirían la deposición de evaporitas.

Dadas las características azoicas de esta unidad, le asignamos una edad Triásica por consideraciones regionales.

#### **1.1.2. Carniolas, dolomías y calizas dolomíticas (2). Rethiense-Hettangiense**

Afloran dando un resalte topográfico sobre los materiales del Keuper, en ocasiones englobadas por los mismos. Su contacto basal, pues, se presenta mecanizado de forma sistemática. Son equivalentes a la Formación Brechas y Carniolas de Cortes de Tajuña (GOY *et al.*, 1976).

Corresponden a un paquete de unos 100 m de espesor de dolomías masivas y rugosas, de aspecto carniolar, brechas dolomíticas, dolomías estratificadas y calizas generalmente dolomíticas de tonos grises, beige y rosados. Suelen estar muy recristalizadas. En la serie de Préjano, próxima a la esquina sureste de la Hoja, se han estudiado los 45 m superiores de la formación, compuestos de muro a techo por un tramo de 25 m de calizas dolomíticas tableadas en bancos decimétricos, con laminaciones de origen algal y abundantes superficies ferruginosas a techo de las capas. La bioturbación es moderada y frecuente. Sobre ellas se sitúa otro tramo de 20 m de brechas dolomíticas-organizadas en conjuntos masivos de geometría irregular.

Su medio deposicional corresponde a una llanura de mareas hipersalina en ambientes inter a supramareales fundamentalmente, en los cuales se llevaría a cabo la sedimentación de evaporitas cuya posterior disolución daría origen a los tramos brechoides por colapso de los términos carbonatados intercalados con las evaporitas.

No se ha encontrado fauna en esta unidad. Por consideraciones regionales, la atribuimos al Rethiense-Hettangiense.

#### **1.1.3. Calizas dolomíticas y calizas en bancos (3). Sinemuriense**

Esta formación en parte equivale a la Formación Calizas y Dolomías Tableadas de Cuevas Labradas, definida por GOY *et al.* (1976).

Aflora extensamente en la orla jurásica de la Sierra de la Demanda, presentándose generalmente muy recubierta por derrubios, y en tránsito gradual con la formación inferior.

Se ha estudiado en el perfil de Préjano, donde está formada por unos 700 m. Aquí se observa un tramo basal de 25 m de espesor formado por calizas de textura *mundstone-wackstone* con laminación algal y bioturbación moderada alternantes con *packstone-grainstone* oolíticos y bioclásticos. Estos términos se organizan en secuencias granodecrecientes. Por encima se disponen 45 m de calizas tableadas en bancos decimétricos con textura *mundstone-wackstone*. Presentan estratificación ondulada o nodulosa, más frecuente hacia el techo de la sucesión, donde se intercalan juntas margosas. La bioturbación es moderada, presentando también laminaciones paralelas, *rills* bioclásticos, así como esporádicos niveles ferruginosos a techo de alguna capa. Se observan algunas secuencias estratocrecientes en los términos superiores.

El conjunto de la formación se atribuye a depósitos de plataforma interna carbonatada en condiciones de salinidad normal y ambientes submareales por encima del nivel de base del oleaje.

Esta formación presenta una fauna, más abundante a techo de la misma, de braquiópodos, lamelibranquios, gasterópodos y crinoideos. En zonas próximas (Torrecilla de Cameros, Hoja de Anguiano) se han clasificado en la parte superior de la unidad *Lingulina gr. pupa* (TERQ.), *Lenticulina*, *Praevidalina*, *Mayncina termieri* HERR. y *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINER), que indican una edad Sinemuriense.

#### 1.1.4. Alternancia de margas y calizas arcillosas (4). Sinemuriense sup.-Bajociense

Esta unidad cartográfica corresponde en parte a la Formación Margas y Calizas de Turmiel, aunque engloba también a los equivalentes de la parte inferior de la Formación Carbonatada de Chelva, de la Formaciones Calizas bioclásticas de Barahona y Margas grises del Cerro del Pez, así como posiblemente el equivalente del techo de la Formación Cuevas Labradas.

Se presenta muy derrubada, dando lugar a un blando relativo en el terreno.

En Préjano se han medido 145 m de espesor de alternancias de calizas *mundstone-wackstone*, grises y negras, con estratificación nodulosa y ondulada y margas calcáreas laminadas, con ocasiones *mundstones* arcillosos, las cuales se ordenan en secuencias marga-caliza principalmente y caliza-marga, a menudo en conjuntos estratocrecientes. Son frecuentes en el tramo los niveles ferruginosos, así como los nódulos pritosos. Es una unidad muy fosilífera, con bioturbación casi constante, ordenándose los bioclastos en niveles de acumulación y *rills*.

Se interpreta el conjunto como originado en ambientes de plataforma externa abierta de cierta profundidad, que evoluciona en el techo de la sucesión hacia ambientes ligeramente más someros.

Esta unidad presenta una abundante fauna de amimonites, belemnites, braquiópodos, lamelibranquios y gasterópodos.

Entre los primeros se han podido clasificar hacia el techo de la sucesión *Leioceras opalinum*

(REINECKE), *Leioceras comptum* (REINECKE), *Ludwigia murchisonae* (SOW.) y *Sonninia so-werbyi* (SOW.) del Aalenense.

En Torrecilla de Cameros, y en niveles equivalentes a los tramos inferiores, se han clasificado los foraminíferos *Lingulina pupa* (TERQ.), *Marginulina prima* (D'ORB.), *M. cf. elongata* (D'ORB.), *Lenticulina munsteri* (ROCM.) y *Cornuspira liasina* TERQ. del Pliensbachiense. Atribuimos, por tanto, la sucesión al intervalo Pliensbachiense-Bajociense, sin descartar la posible pertenencia de la base de la unidad al Sinemuriense inferior.

#### 1.1.5. Calizas tableadas y oolíticas (5). Bajociense-Calloviense

Afloran dando fuertes resaltes, dado que constituyen un nivel duro limitado a muro y a techo por formaciones relativamente blandas. Corresponde a parte de la Formación Carbonatada de Chelva, definida en sectores más meridionales de la Cordillera Ibérica.

En la sección de Torrecilla en Cameros, en la vecina Hoja de Anguiano, la unidad está formada por un primer tramo de unos 35 m de espesor de calizas (*mundstone-wackestone*) bien estratificadas, de color negro, con juntas margosas y estratificación paralela y ondulada. Tienen una bioturbación de moderada a alta y en ocasiones son nodulosas.

Son frecuentes los *Zoophycus* y otras pistas horizontales. Contienen fragmentos bioclásticos de bivalvos, así como ammonites, belemnites, braquiópodos y foraminíferos.

Presenta una ordenación poco clara en secuencias de margocaliza en las que las superficies de los estratos se muestran onduladas o irregulares con retoques de oleaje, y frecuentemente están ferruginizadas y bioturbadas, a veces con concentración de fauna. Corresponden a depósitos de plataforma somera abierta, bien comunicada, por encima del nivel de base de oleaje.

Sobre el tramo anterior se sitúan 150 m de calcarenitas e intraoosparitas, *grainstone* oolíticas y bioclásticas, con estratificación cruzada planar y en surco. Se observan superficies basales irregulares, erosivas y canalizadas, *sets* tabulares con estratificación cruzada, geometría de barras y superficies de reactivación. Internamente se hallan *ripples* de corriente, laminación cruzada y superficies de *ripples* simétricos. Este tramo en la Hoja de Munilla tiene una potencia menor cifrable en unos 100 m.

El conjunto corresponde a un apilamiento de secuencias de alta energía, correspondientes a un complejo de barras y canales dentro de una plataforma interna somera bajo condiciones de alto hidrodinamismo.

Entre la fauna de ammonites que presenta la unidad, en Préjano se han clasificado *Stephanoceras triplex* MASKE, *Strenoceras subfurcatum* (SCHLOT.) y *Parkinsonia parkinsoni* (SOW.), entre otros, que definen zonas del Bajociense.

Entre los foraminíferos, dentro de los tramos superiores de la formación, se han clasificado *Nautiloculina oolithica* MOHIER, *Conicospitillina basiliensis* MOHLER, *Labyrinthina mirabilis* WEYNSCH, y *Epistomina (Brotzenia)* sp., entre otros, que señalan una edad Bathoniense superior. Por tanto, asignamos una edad a la unidad que abarca el Bajociense y Bathoniense, sin descartar que también esté representada en ella la parte basal del Calloviense.

#### 1.1.6. Alternancia de calizas y margas oscuras (6). Calloviense

Se sitúa esta formación al norte del meridiano de Leza, en el cuadrante noreste de la Hoja. Se presenta bastante cubierta por derrubios, y corresponde a la parte superior de la Formación Carbonatada de Chelva.

Se ha estudiado en la vecina Hoja de Anguiano, en el perfil de Torrecilla, donde está extraordinariamente desarrollada (170 m de espesor). En la Hoja de Munilla el espesor es notablemente menor, cifrable en unos 50-60 m máximo, a la vez que el contenido detrítico de la unidad se hace mayor hacia el E.

Se trata de una alternancia de calizas (*mundstone* a *wackestone*), finamente bioclásticas y con contenido detrítico (micas y grano de cuarzo) y de margas negras igualmente arenosas.

El conjunto está bien estratificado y presenta cierta tendencia a la nodulización de los niveles calcáreos. El contenido fosilífero es variado, ammonites y belemnites raros, placas de equinodermos, artejos de crinoideos, fragmentos de braquiópodos y bivalvos, así como foraminíferos.

Presenta una ordenación de facies en secuencias caliza-marga correspondientes a episodios de relleno activo, y secuencias marga-calizas, más generalizada, con superficies netas a techo correspondientes a secuencias de ralentización en la sedimentación. El ambiente deposicional corresponde a una plataforma abierta de suave pendiente con episodios sedimentarios en que alternan fases activas y fases de relleno condicionado.

En Torrecilla se ha clasificado una microfauna con *Astraculus tricasinella* REUS, *Cornuspira orbicula* (T. y B.), *Lenticulina münsteri* (ROEM.), *Planularia crepidula* (F. y M.) y *Eothrix alpina* (LOMB.), que permite asignar al conjunto de la formación una edad Calloviense.

#### 1.1.7. Calizas arrecifales (7). Oxfordiense?-Kidmeridgiense inf.

Esta unidad ha sido definida formalmente por ALONSO y MAS (1988). Su parte basal corresponde a la Formación Calizas negras de Aldeapozo, y su parte superior a la Formación Calizas con corales de Torrecilla en Cameros.

Aflora de forma discontinua en el cuadrante noroeste de la hoja, siendo difícil en este sector las observaciones estratigráficas, ya que suele encontrarse muy recubierta.

La Formación Aldeapozo en el perfil de Torrecilla está constituida por 13 m de calizas y margas negras, arcillo-limosas, con estratificación horizontal, a veces nodulosa y generalmente tableada, organizadas en secuencias caliza-marga y marga-caliza, y con un abundante contenido fosilífero de braquiópodos, bivalvos y foraminíferos.

Por encima se sitúan 40 m (en la Hoja de Munilla no sobrepasan los 20 m) de calizas bioclásticas y fosilíferas, con texturas *packstone*, *grainstone*, *floatstone* y *boundstone* con estratificación irregular, ondulada o nodulosa y aspecto masivo. Suelen estar muy bioturbadas y corresponden a facies bioconstruidas formadas por corales planos y ramosos, con importante presencia de facies bioclásticas asociadas, correspondientes a los flancos de los edificios arrecifales.

Se interpreta el conjunto como un complejo arrecifal progradante de edificios bioconstruidos con una clara disposición geométrica de *diowulap* por el predominio del crecimiento lateral (*outbuilding*) frente al vertical (*upbuilding*).

En la Formación Torrecilla se han clasificado *Nautiloculina oolítica* MOHL., *Thaumatoporella parvosesiculífera* (RAINERI), *Everticyclammina virguliana* (KOECHL.), *Aulotortus sinuosus* WEYNSCH y *Ophthalmidium cf. cornuspiroides* KUBLES del Kimmeridgiense inferior. Asignamos al conjunto de la unidad una edad Oxfordiense-Kimmeridgiense inferior, aunque el Oxfordiense puede llegar a faltar por no deposición o erosión.

#### 1.1.8. Areniscas (8). Oxfordiense?-Kimmeridgiense inf.

Aflora esta unidad como techo del Jurásico marino en la mitad oriental de la Hoja de Munilla. Dan lugar a un cierto resalte topográfico o bien a formas de *chevrons* en los dorsos de cuevas y *hog-backs*. Equivale lateralmente a la Formación Calizas con corales de Torrecilla en Cameros.

Se ha estudiado en la serie de Cabezo Santiago, al sur de Jubera, donde consta de unos 100 m de areniscas calcáreas gris-negruzcas de grano fino y medio en bancos de 10 a 60 cm de espesor. En la base se intercalan delgados niveles de limolitas rojas, mientras que las areniscas se organizan en secuencias granodecrescentes con zonas microconglomeráticas de base erosiva que pasan a areniscas de grano grueso, medio y fino, y por fin un nivel de limos rojizos.

Como estructuras sedimentarias presentan bases erosivas, granoselección positiva, estratificación cruzada en surco y planar o estratificación paralela, así como estratificación *flaser* eventualmente y *ripples* de corriente.

El medio sedimentario corresponde a una plataforma interna somera en zonas muy marginales de la cuenca marina, donde la proximidad de áreas emergidas condicionan la abundancia de aportes detríticos y la inexistencia de desarrollos arrecifales como ocurre más al Oeste.

En esta formación hay una fauna de bioclastos de bivalvos, braquiópodos y crinoideos. Entre la microfauna se han clasificado *Cornuspira* sp., Textuláridos, *Ataxo phragmioides*, *Astacolus* sp., *Epistomina (Brotzenia)* sp. y *Trocholina alpina* LEUP, que indican una edad Malm, por lo que atribuimos la unidad al Oxfordiense-Kimmeridgiense inf.

### 1.2. JURASICO SUPERIOR-CRETACICO INFERIOR

Las formaciones continentales que constituyen los últimos episodios sedimentarios del Jurásico superior (Kimmeridgiense) y que se desarrollan durante gran parte del Cretácico inferior, Facies Purberk y Weald, tienen una amplia representación dentro de las Hojas de Anguiano (22-11) y Munilla (23-11), constituyendo los afloramientos más septentrionales de la Sierra de Cameros.

Comprenden una potente sucesión de materiales detríticos y carbonatados, en los que se pueden establecer superficies de discontinuidades sedimentarias que limitan cinco grandes ciclos sedimentarios.

Su deposición tuvo lugar en una cuenca tectónicamente activa, y compartimentada por estructuras de orden menor, cuyos movimientos durante la sedimentación quedan reflejados tanto en la variación espacial de las distintas facies sedimentarias como en los bruscos cambios de potencia que presentan.

Los primeros trabajos sobre las formaciones continentales del Cretácico inferior en esta zona corresponden a SANCHEZ LOZANO (1894) y PALACIOS (1885). En este último se propone la subdivisión en cinco grupos litológicos, de los cuales los dos inferiores corresponderían a la Formación Purbeck y los restantes a la facies Weald.

Posteriormente, SAENZ-GARCIA (1932) retoca algunos aspectos anteriormente propuestos.

Es a partir de los trabajos de BEUTHER (1965), TISCHER (1966) y KNEUPER (1967) cuando se realiza la subdivisión de la Formación Weald de la Sierra de Cameros en los grupos Tera-Oncala, Urbión, Enciso y Oliván, y su distribución en la escala estratigráfica.

Posteriormente SALOMON (1980) modifica la estratigrafía anteriormente propuesta, haciendo hincapié en los aspectos sedimentológico y tectónico de las unidades.

En un trabajo reciente GUIRAUD y SEGURET (1985) establece un modelo de evolución tectónica como cuenca de «*pull-apart*» y definen un nuevo esquema litoestratigráfico.

En la actualidad el Departamento de Estratigrafía de la U.C.M., bajo la dirección de la doctora ALONSO, está llevando a cabo el estudio sedimentológico regional de estas unidades. A este proyecto corresponden las publicaciones de DIAZ (1988) y CLEMENTE y ALONSO (1988).

Desde el punto de vista estructural son de interés las aportaciones de PEREZ-LORENTE (1987 y 1988).

La Cuenca de Cameros, durante el período comprendido entre el Jurásico superior y el Barremiense-Aptiense, sufre una evolución compleja provocada por distintos episodios tectónicos. Estos fenómenos quedan reflejados en los sedimentos asociados a ellos, y un estudio pormenorizado de estos factores nos va a dar las claves para su reconstrucción.

Uno de estos factores es las variaciones de potencias y la distribución geométrica de las litofacies (espectaculares en algunos casos, como se explicará posteriormente en cada apartado); otro factor importante es la presencia en determinados niveles de figuras sedimentarias tipo *slumps*, que nos refleja la inestabilidad de la cuenca en determinadas épocas; otro son las discontinuidades sedimentarias, etc.

Cada uno de los ciclos representados en la cartografía podrían corresponder en parte a los grupos propuestos por BEUTHER (1965) y TISCHER (1966), como Tera-Oncala, Urbión, Enciso y Oliván, aunque los límites cartográficos de cada litofacies no se corresponden con exactitud.



### 1.2.1. **Kimmeridgiense-Berriasiense. Unidades litológicas del Ciclo I (F. Purbeck)**

Las unidades del primer ciclo comprenden las que son conocidas en la bibliografía como «Grupo Tera», constituidas por conglomerados y areniscas rojizas con intercalaciones de limolitas rojas, aumentando la proporción de éstas hacia el techo de la serie, y las conocidas como «Grupo Oncala», constituidas por calizas y margas.

#### 1.2.1.1. *Conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas rojas. Niveles edáficos (9). Unidad de Leza-Jubera. Kimmeridgiense-Berriasiense*

Corresponde al denominado «Grupo de Tera» de BEUTHER y TISCHER (1966).

Se han reconocido en las secciones de Leza del Río Leza y Jubera-1. En la primera de ambas se reconocen unos 315 m de conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas con intensas tonalidades rojizas. Los conglomerados son de cantos de cuarzo y cuarcita principalmente, y de calizas y dolomías jurásicas en menor cuantía, redondeados a subredondeados y con un centil de unos 10 m y moda de 3-4 cm. Predominan hacia la base de la sucesión, mientras que hacia el techo son más frecuentes las areniscas y arcillas, formando una macrosecuencia positiva (*fining-upward*). Esta sucesión se remata por unos 5 m de brechas carbonatadas y calizas arenosas en bancos.

Sedimentológicamente, la unidad se organiza en secuencias granodecrecientes con canales areniscosos o conglomeráticos en la base, rellenos en ocasiones por estratificación cruzada en surco o planar en el caso de las areniscas, y con retoques de *ripples* y de corriente hacia techo de los bancos.

Los términos areniscosos conservan frecuentemente señales de raíces en posición de vida. Las secuencias terminan con niveles limolíticos y arcillosos, que en ocasiones incluyen nódulos carbonatados de origen edáfico o nivelillos más margosos con restos carbonosos.

En el sector de Jubera se han medido unos 160 m de conglomerados, areniscas y lutitas de colores rojizos, grises y cremas. Los 35-40 m inferiores presentan un predominio de cantos redondeados a subredondeados de cuarzo, cuarcita y liditas, mientras que hacia arriba se sustituyen por clastos de calizas y areniscas que llegan a ser dominantes. Los términos areniscosos y lutíticos tienen abundantes edafizaciones carbonatadas de aspecto noduloso.

Estos términos se organizan en secuencias granodecrecientes con canales conglomeráticos en la base, areniscas con bioturbación o estratificación cruzada planar y/o en surco y *ripples* de corriente, y limolitas y arcillas con nódulos carbonatados de origen edáfico.

El medio de sedimentación se interpreta como correspondientes a depósitos distales de abanicos aluviales, correspondiendo los términos gruesos a canales posiblemente de baja sinuosidad y los más finos a facies de llanura de inundación con desarrollo de episodios de encharcamiento que dan lugar a la formación de nodulizaciones carbonatadas.

En la zona sur de Préjano y Arnedillo (esquina SE de la Hoja) este grupo está formado por unos 25 m de un conjunto heterolítico. Predominan las areniscas de grano fino rojizas, algún canal con cantos de 1 cm de diámetro, margas arenosas grises y verdes, y algunos niveles de dolomías laminadas. En la zona de Préjano predomina el componente detrítico.

Esta sucesión se apoya sobre una serie de dolomías arenosas amarillentas laminadas, alternando con margas arenosas verdosas con glauconita y niveles de ostreidos (zona de Arnedillo), aparentemente en concordancia, aunque en la cartografía vaya como discordante por consideraciones regionales o mediante falla (zona de Préjano).

Las areniscas, generalmente de grano fino, suelen estar muy bioturbadas, lo que ha ocasionado el que las estructuras sedimentarias primarias aparezcan borrosas o inexistentes. Hay escasas bases erosivas correspondientes a canales, y cuando se presentan son de orden métrico. En los niveles finos y dolomíticos se encuentran laminaciones de *ripples* y laminaciones algales.

El conjunto de datos nos hace suponer que esta zona durante la sedimentación era marginal y alejada de la entrada de aportes detríticos y conglomeráticos.

Los levigados han proporcionado la asociación: *Perimneste cf. horrida* HARRIS y *Porochara* sp. del Portlandiense-Berriasiense.

Teniendo en cuenta los datos regionales le asignamos a estos depósitos una edad Kimmeridgiense-Berriasiense.

#### 1.2.1.2. *Calizas detríticas con niveles edáficos (10). Unidad de Cabezo Santiago. Kimmeridgiense-Portlandiense*

Corresponde a este tramo a una intercalación carbonatada dentro de los términos de la unidad anterior, con una continuidad lateral de unos 3 km.

Se trata de calizas arenosas y micríticas bien estratificadas, en bancos de 0,1-1 m y con unos 60 m de espesor máximo. Las calizas presentan abundantes oncolitos y cantos negros, con frecuencia dispuestos en forma de *lags* de bases canalizadas. Son frecuentes los niveles nodulizados y con bioturbación originada por raíces. Contienen charáceas y ostrácodos.

Se interpretan como depósitos correspondientes a una zona marginal de un sistema de abanicos aluviales, donde se desarrollan áreas de tipo lacustre con escasa profundidad de las aguas durante tiempos relativamente largos. En estas charcas se produce la alternancia de etapas de colmatación en un medio energético tranquilo y de removilización en fases de sedimentación energéticamente más activa.

#### 1.2.1.3. *Limolitas y arcillas rojas y verdes. Niveles de areniscas (11). Kimmeridgiense-Berriasiense*

En la zona centro-oriental de la Hoja, entre las localidades de San Román y Soto en Cameros se reconocen, en los núcleos de una serie de estructuras anticlinales, un conjunto de sedimentos atribuidos a los términos basales del Ciclo I (Grupo Tera).

Se trata de una serie de carácter detrítico, predominantemente constituida por arcillas y limolitas rojas y verdes con frecuentes intercalaciones de paleocanales arenosos.

La potencia máxima observable no supera los 300 m, si bien no es visible la base de la unidad. Se trataría de un equivalente lateral de la unidad cartográfica 9, correspondiendo a facies de llanura de inundación y canales fluviales quizá con influencia deltaica.

#### 1.2.1.4. *Calizas, calizas oncolíticas y margas (12). Unidad de Río Leza. Berriasiense*

Se ha estudiado en el perfil de Leza del Río Leza II. Constituyen un fuerte resalte topográfico que da lugar a los enormes cantiles que dominan la garganta del río Leza, entre Soto de Cameros y Leza del Río Leza, así como la base de las cuevas del pico Zenzano.

En el perfil del Río Leza II está constituida por 70 m de calizas micríticas grises, oscuras, con estratificación horizontal constante, aunque a veces se muestra discontinua o difusa. Presenta escasos niveles margosos intercalados que a veces se encuentran erosionados por los estratos superiores que presentan bases canalizadas con *lags* de cantos. También se han observado morfologías lenticulares convexas de hasta 1 m de altura correspondientes a montículos de fango. Los niveles superiores tienen bases erosivas débilmente canalizadas, estratificación irregular ondulada y superficies de encostramiento o de interrupción. Su contenido es de abundancia en cantos negros y oncolíticos que se encuentran dispersos en la matriz micrítica o concentrados en niveles de removilización o de arrastre. Contiene asimismo algas, que ocasionalmente aparecen como laminadas, oogonios y talos de charáceas, ostrácodos y en los niveles superiores pequeños bivalvos y gasterópodos. La bioturbación no es muy intensa y se debe fundamentalmente a huellas verticales de perforaciones de raíces. También se identifican algunos niveles de nodulización y brechificación con porosidad fenestral.

El conjunto de facies descrita dibuja una secuencia tipo constituida en la base por depósitos en fase de sedimentación activa con niveles erosivos o canalizados y montículos de fango, seguida de una fase de acumulación con micritas tableadas, estratificación ondulada y algas. Por encima se sitúan las facies correspondientes a la fase de colmatación e interrupción con laminación algal, porosidad fenestral, suelos hidromorfos, calizas palustres, brechificación, desecación, etc.

Estos procesos tendrían lugar en áreas lacustres extensas y poco profundas, generalmente de baja energía, como lo demuestran los oncolitos irregulares, la abundancia de micrita y la escasa fauna dispersa. Estos procesos de alta tasa sedimentaria tienden a la colmatación, que es interrumpida por episodios subsidentes que removilizan, canalizan y resedimentan nuevamente el material, dando paso a una nueva etapa de colmatación.

Esta unidad lateralmente se adelgaza, aunque está presente en todo el borde norte de la Sierra de Cameros en la Hoja de Munilla. Localmente presenta intercalaciones detríticas más importantes que en el corte tipo de Leza, que en ocasiones (zona de Luezas) engloban gravas cuarcíticas de 1 cm de tamaño máximo.

En la zona de Préjano y Arnedillo (esquina SE de la Hoja) este grupo está formado por unos 100 m de calizas negras, grises y rosadas en bancos masivos, a veces arenosas y oncolíticas, con niveles intercalados hacia la base de arenas, y en raras ocasiones gravilla, y hacia el techo de calizas laminadas. En la parte superior de la serie hay un nivel de unos 3 m de arenas con costras ferruginosas que marca el paso a las unidades del Ciclo II.

Las estructuras sedimentarias son escasas, con predominio de bancos masivos de calizas negruzcas, en algunos niveles con aspecto de brechoides, sobre todo a techo de capas, y cantos blandos. Con mayor frecuencia se observan niveles oncolíticos, así como laminaciones algales y domos estromatolíticos.

Estos materiales se disponen en secuencias estratocrecientes formadas en la base por calizas con laminaciones de algas; encima, calizas arenosas y calizas oncolíticas, y, por último, calizas masivas, a veces oncolíticas y brechoides.

Corresponden a depósitos lacustres de escasa profundidad y aguas ocasionalmente agitadas.

Los levigados han proporcionado la siguiente asociación *Cypridea cf. dunkeri* JONES, *Perimneste cf. hórrida* HARRIS y *Clavator sp.* del Malm-Berriasiense.

#### 1.2.1.5. *Margas, calizas y arcillas. Limolitas y areniscas ocasionales (13). Berriasiense*

Aflora en la misma zona que la unidad descrita en el apartado precedente y su potencia se puede estimar como superior a los 100-150 m, situándose en tránsito gradual sobre la misma.

Corresponde a una facies de transición entre la unidad 12, situada más al norte, constituida por términos calcáreos dominantes, y otra, localizada al sur y al oeste fuera de los límites de esta hoja, constituida por sedimentos detríticos.

La sección de Muro de Cameros en la vecina Hoja de Anguiano contiene calizas muy finas, micríticas (*mundstones*), alternando con margas y margas calcáreas que albergan pequeños lentejones arenosos.

Estos materiales se enmarcan en el muro y el techo por tramos arenosos, y se encuentran divididos en su parte superior por la presencia de un nivel arenoso con base canalizada y estructura interna de corriente. Por debajo de este nivel la sucesión es una alternancia clara de margas y calizas tableadas con estratificación irregular horizontal y laminación paralela y lentejones arenosos con estructura de corriente.

Se interpretan como depósitos en medios lacustres someros de carácter carbonatado, con entrada de material terrígeno a través de canales distribuidores que, en ocasiones, pueden constituir pequeños lóbulos deltaicos.

Se han determinado *Flabellochara grovesi* HARRIS, *Darwinula leguminella* (FORBES), *Chavator reidi* GROVES, *Cypridea praecursor* OERTLI, «*Metacypris*» *dilatata* (ANDERS), *Fabanella polita* (MARTIN), y *Damonella* («*Cypris*») *purbeckensis* (FORBES) que indican una edad Portlandiense a Berriasiense.

#### 1.2.2. **Valanginiense. Unidades litológicas del Ciclo II (F. Weald)**

El inicio de la sedimentación de las formaciones del segundo ciclo, obedece a una profunda reorganización de la cuenca como consecuencia de movimientos tectónicos, seguidos de la erosión de los relieves recién constituidos.

Estos fenómenos determinan el que las distintas unidades litológicas de este ciclo se apoyen mediante discordancia erosiva sobre distintos precedentes.

Los depósitos sedimentarios cartografiados en este ciclo corresponden en su mayor parte, a los que en la bibliografía se conoce como «Grupo Urbión», y son de las unidades del Cretácico inferior que más cambios de facies y espesores sufren en esta zona de Cameros, así, mientras en la zona norte la potencia total de este ciclo no sobrepasa unas decenas de metros, en el borde sur de la Hoja supera los 1.500 m. La explicación de este fenómeno hay que buscarla en el importante papel jugado por las fracturas de direcciones E-O y NO-SE, que compartimentaban la cuenca y fueron activas durante la sedimentación de estos materiales.

La actividad tectónica quedó reflejada en los sedimentos mediante estructuras tipo *slumps*, visibles en muchos puntos de la Hoja (por ejemplo, en el escarpe de la carretera de Munilla a Zarzosa). También ha quedado reflejada en los cambios, en ocasiones bruscos, de las potencias de sedimentos.

En la cartografía se han diferenciado cinco unidades litológicas con características sedimentarias diferentes que se describen a continuación:

#### 1.2.2.1. Areniscas cuarcíticas (14). Unidad de Rabanera-Ajamil. Valanginiense

En la zona de Rabanera-Ajamil (esquina SO de la Hoja), aflora una sucesión, de unos 300 m de potencia, de areniscas cuarcíticas y cuarcitas de tonos blanquecinos, amarillentos y pardos en capas de extensión kilométrica no canalizadas, de hasta 2 m de espesor, alternando con limolitas de tonos rojos, grises y verdes.

Los afloramientos están intensamente fracturados, por lo que no se ha podido levantar una columna de detalle. Por otra parte, el metamorfismo sufrido por las capas de areniscas ha borrado toda huella sedimentaria original.

GUIRAUD y SEGURET (1985) estudian las condiciones de metamorfismo de los depósitos del Jurásico superior-Cretácico inferior, y definen dos zonas de isometamorfismo, la zona de la Clorita-Pirofillita y la zona de Cloritoide, que afectarían a los depósitos más meridionales de nuestra Hoja. Las características de este metamorfismo es de baja presión y alto gradiente geotérmico (100-150°C/km). Su origen lo asocian a la ascensión de fluidos a través de fracturas que compartimentaban una cuenca de tipo *pull-apart*.

#### 1.2.2.2. Arcillas rojas, limolitas y areniscas (15). Valanginiense

Corresponde a un tramo de unos 50 m máximo de potencia, claramente reconocido morfológicamente al constituir una zona blanda intercalada.

Tiende a desaparecer hacia el Este y hacia el Norte, pasando lateralmente a la unidad 16, y está formada por una serie predominantemente arcillosa de tonos rojos con intercalaciones de niveles limolíticos y alguna arenisca esporádica poco potente.

Se interpretan como depósitos fluviales en zonas distales o laterales del sistema, con predominio de sedimentos atribuidos a llanura de inundación.

### 1.2.2.3. *Calizas arenosas, areniscas, limolitas y arcillas rojas y verdes (16).* *Unidad de Larriba. Valanginiense*

Esta unidad está constituida por una alternancia de areniscas, limolitas y margas, de tonalidades variadas, rojizas, verdosas, amarillentas, etc.

Donde aflora con mayor desarrollo es en la zona sur de la Hoja entre Rabanera y Larriba, con una potencia estimada del orden de los 1.000 m.

Procede en parte por cambio lateral de facies de los materiales descritos en los apartados anteriores.

Las areniscas, de granulometría variada, pueden llegar a contener cantos de pocos centímetros de diámetro, fundamentalmente en las capas inferiores. Asimismo, las potencias de las capas y el carácter erosivo de las bases de éstas son de mayor importancia en los tramos inferiores. Por el contrario, los niveles limolíticos y margosos se encuentran más desarrollados en la parte superior, donde alternan con niveles de areniscas laminadas.

Las estructuras sedimentarias más frecuentes en las capas de areniscas son estratificaciones cruzadas de surco y planar y laminaciones de *ripples*.

Estos sedimentos presentan frecuentes huellas de deslizamiento y resedimentación.

Se interpretan como depósitos fluviales en la parte inferior del tramo, pasando a la superior a medios de transición fluvial a lagunar. En algunas zonas pueden corresponder a depósitos de talud.

En los afloramientos del tercio norte de la Hoja de Munilla generalmente da lugar a una zona topográficamente deprimida y muy cubierta por derrubios, lo cual dificulta las observaciones.

En esta zona, en el perfil de Jubera-I está constituida por 35 m de areniscas, limolitas y arcillas de tonos rojizos, a veces grises, con niveles de gravas de cantos cuarcíticos, de areniscas y calizas de centil aproximado 10 cm.

Presentan bases canalizadas con *lags* de cantos, granoselección positiva y laminación paralela o cruzada planar de bajo ángulo y *ripples* de corriente. Esta facies, con mayor predominio de lutitas, puede considerarse la más común de la zona norte de la Hoja.

En el perfil de Leza del Río Leza II se han reconocido unos 60 m de arenas, calizas arenosas y calizas micríticas con niveles lutíticos intercalados. La unidad inferior consta primordialmente de areniscas con estratificación cruzada planar y base erosiva, alternando con niveles de calizas arenosas con lentejones de arenas y estructuras de corriente y *ripples*. Incluyen niveles de calizas micríticas (*wackstone-packstone*) con superficies onduladas. En ésta unidad inferior aparecen oncolitos dispersos, gasterópodos, ostrácodos y algas.

La unidad superior tiene menor contenido arenoso en favor del desarrollo de los tramos carbonatados. Las calizas arenosas y areniscas presentan bases irregulares con estratificación cruzada en surco y con laminación cruzada debida a *ripples*. En ellos pueden encontrarse algún oncolito arrastrado. Los niveles de caliza tienen oncolitos, algas, en ocasiones con laminación estromatolítica, porosidad fenestral y grietas de desecación. Hacia la parte alta del tramo se observan también brechificaciones, cantos negros y huellas de raíces.

LEYENDA

MODELADOS ESTRUCTURALES

- Líneas de capa dura
- Fallas con expresión morfológica
- Cuestas y «Hog-backs»
- Cuestas y «Hog-backs» con indicación de buzamiento
- Chevrons

FORMAS CÁRSTICAS

- Dolinas

MODELADO FLUVIAL

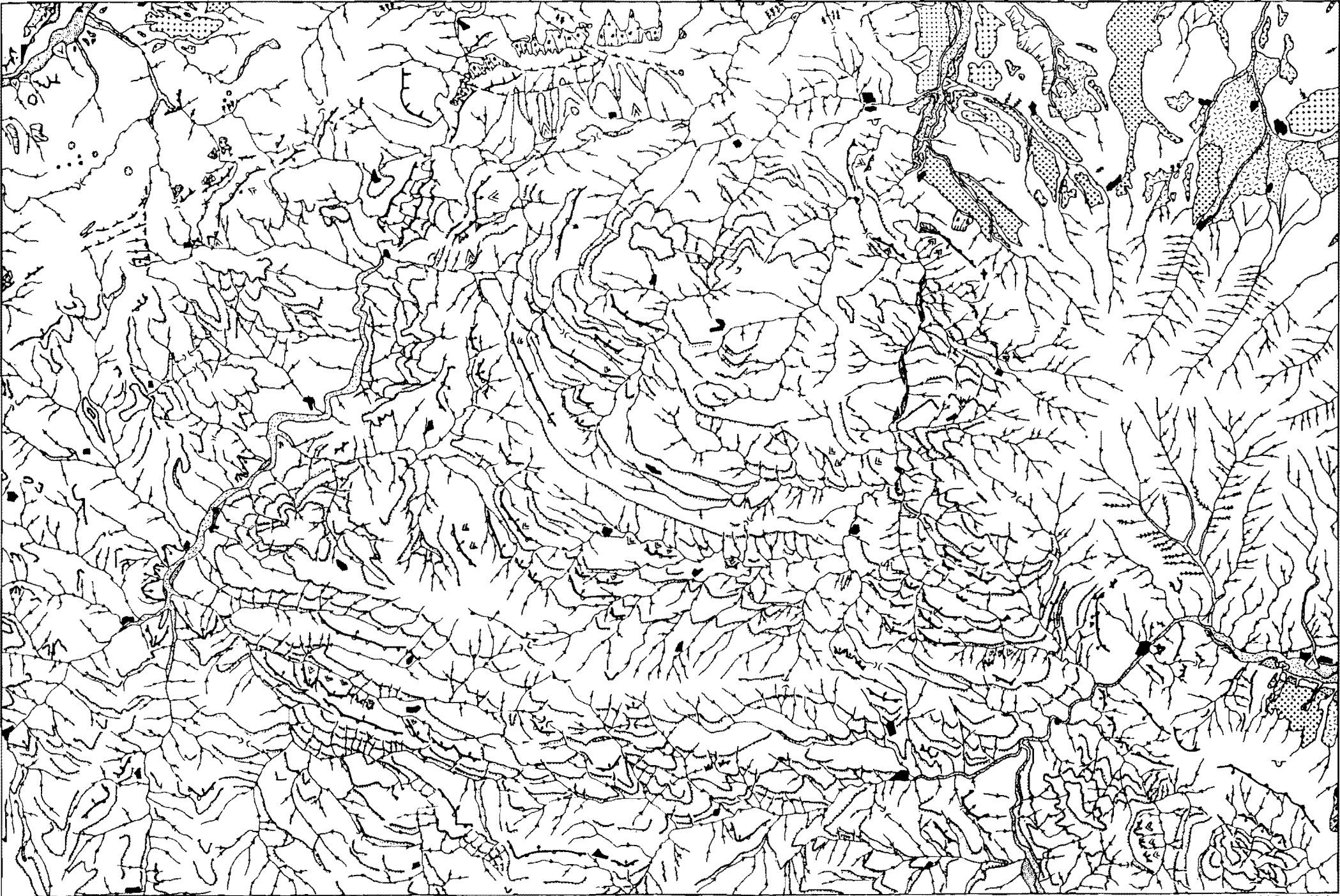
- Valle de fondo plano
- Barranco de incisión lineal
- Cárcavas
- Collado de divergencia fluvial

MODELADOS DEPOSICIONALES

- Conos de deyección
- Coluviones
- Coluviones con predominio de bloques
- Llanura de inundación
- Terraza 1
- Terraza 2
- Terraza 3
- Abanico aluvial 1
- Abanico aluvial 2
- Abanico aluvial 3
- Abanico aluvial 4
- Glacis

OTRAS FORMAS

- Escarpes > 100 m.
- Escarpes < 100 m.
- Crestas
- Núcleos urbanos
- Canteras



Autor: J. I. Ramírez Merino



Este conjunto de facies se ordena en una gran secuencia de colmatación constituida por secuencias menores con una facies basal correspondiente a una fase tractiva de aportes siliciclásticos bien canalizados con desarrollo de barras arenosas; micritas con algas y estratificación ondulada y niveles margosos. La fase de interrupción viene representada por las micritas con cantos negros, huellas de raíces, brechificación y superficies ferruginosas.

La sedimentación de estos materiales corresponde a una evolución de facies fluviales de corrientes tractivas, con desarrollo, a veces importante, de las facies de llanura de inundación a ambientes lacustres someros sometidos a la influencia directa de los aportes arenosos de las áreas circundantes emergidas, que provocan en el medio episodios de inestabilidad y la ciclicidad de secuencias de colmatación emersión observadas en la serie de Leza-II.

#### 1.2.2.4. *Areniscas y margas (17). Unidad de Zarzosa. Valanginiense*

Esta unidad aflora en el borde sur de la Hoja, en los alrededores de la localidad de Zarzosa.

Desde el punto de vista litológico, corresponde a la transición de las facies detríticas de este ciclo a las carbonatadas de la unidad de Munilla (18).

Está formada por una sucesión de margas, margocalizas y calizas arenosas, con pasadas de areniscas bioturbadas y margas lignitosas negras con costras ferruginosas. Los colores son grises oscuros o negros.

La potencia estimada es de unos 200 metros.

Son frecuentes en estos materiales las estructuras de tipo *slumps* y las secuencias de somerización.

El ambiente de sedimentación corresponde a un medio lacustre con aportes detríticos, en una zona con un régimen tectónico activo y elevada tasa de sedimentación.

#### 1.2.2.5. *Calizas y Margas (18). Unidad de Munilla. Valanginiense.*

Esta unidad aflora en el borde sur de la Hoja, en la zona al SO de Munilla, y en una franja estrecha al sur de Arnedillo.

Está constituida por calizas y calizas oscuras en bancos masivos de hasta 2 m de potencia, con niveles de margas intercaladas, algunos de ellos con pasadas de lignito. Los colores son grises oscuros y negruzcos. Lateralmente, estos materiales se indentan con los de la unidad de Zarzosa (17). La potencia estimada es de unos 150-170 m.

Los bancos de caliza contienen nódulos de pirita y frecuentes niveles ferruginosos a techo de las capas.

En los afloramientos de la zona de Arnedillo, las calizas son tableadas, con estructura interna de laminación de algas y niveles de gravas formadas por cantos redondeados de cuarcita blanquecina.



Los materiales de esta unidad presenta frecuentes marcas que reflejan la inestabilidad de la cuenca en esta época, como *slumps* y pequeñas fracturas que afectan a unos bancos y que quedan selladas por sedimentos posteriores. Estos fenómenos son visibles en varios puntos en el desmonte de la carretera de Munilla a Zarzosa.

El ambiente de sedimentación es lacustre, con aportes detríticos en las zonas próximas a paleorrelieves.

### 1.2.3. **Valanginiense-Hauteriviense. Unidades litológicas del Ciclo III (F. Weald)**

Las unidades litológicas cartografiadas en el Ciclo III corresponden en su mayor parte a lo que en la bibliografía de la zona se denomina «Grupo Enciso».

Están constituidas fundamentalmente por margas y calizas en aparente concordancia con las unidades del Ciclo II, sobre todo con los tramos carbonatados. Sin embargo, cuando nos aproximamos hacia los bordes de la cuenca se incorporan elementos detríticos y la discordancia entre ambos conjuntos de sedimentos se hace más patente, como ocurre en la zona oriental de Jalón de Cameros.

En el estudio fologeológico destaca la enorme continuidad (durante varios kilómetros) de las capas situadas por encima del nivel de discordancia, en comparación con la disposición de las capas de los materiales que constituyen el Ciclo II.

La evolución de las facies tiene una marcada orientación O-E. En los afloramientos más occidentales predominan las facies detríticas, siendo sustituidas paulatinamente hacia el Este por tramos carbonatados.

#### 1.2.3.1. *Areniscas grises y amarillentas (19). Unidad de Jalón de Cameros. Valanginiense-Hauteriviense*

Esta unidad aflora únicamente en el sector suroccidental de la Hoja, en las proximidades de Jalón de Cameros. Un buen corte de estos afloramientos se puede observar en el escarpe de la carretera de San Román de Cameros a Rabanera.

Está constituida por areniscas y limos de tonos grises y amarillentos. Las areniscas son de grano grueso, con escasos niveles de gravas, distribuidas en bancos de hasta 6 m de potencia. Presentan estratificaciones cruzadas y bases marcadamente erosivas. Son depósitos canalizados alternando con depósitos lutíticos de decantación.

El ambiente sedimentario corresponde a un sistema fluvial de tipo *braided*, formado por canales surcando una llanura lutítica.

El espesor de la unidad varía entre 0 y 60 m.

### 1.2.3.2. Areniscas, limolitas, margas y calizas (20). Unidad de Valdeosera-Treguajantes. Valanginiense-Hauteriviense

Esta unidad, cuya composición litológica es muy variada, presenta un gran desarrollo en el sector occidental de la Hoja, donde alcanza potencias del orden de los 400 m. Hacia el Este se acuña, pasando por cambio lateral de facies a la unidad carbonatada de Hornillos de Cameros-Munilla (21).

Está constituida por areniscas gris-amarillentas, en capas de hasta 5 m de potencia, limos margosos gris negruzcos, margocalizas y calizas.

Las areniscas se disponen en capas con bases erosivas y estructura interna de estratificación cruzada planar y de surco. En algunas capas presentan acreción lateral. Los limos margosos y margas suelen estar bioturbados y con costras ferruginosas. Los niveles carbonatados están, por lo general, bioturbados, con laminación paralela y *mud-craks*.

En el perfil de Jubera II, donde la formación está especialmente adelgazada dada la proximidad del borde de la cuenca, se han medido 145 m formados por alternancias de calizas arenosas, areniscas, margocalizas y margas bien estratificadas en bancos de 0,1 a 0,8 cm

Estos materiales se disponen en secuencias positivas de orden métrico con areniscas y/o calizas arenosas en la base, en ocasiones con brechas de cantos negros, con laminaciones paralelas y de *ripples*. Los techos de las secuencias presentan a menudo grietas de desecación.

Estas características sedimentarias se atribuyen a ambientes distales dentro de un sistema fluvial, con etapas de expansión de la sedimentación lacustre.

En el perfil de Leza del Río Leza II, y sin llegar al techo de la sucesión, se han medido unos 200 m que litológicamente presentan una mayor homogeneidad. Los 75 m inferiores están constituidos por una sucesión de calizas y micritas laminadas con delgadas intercalaciones margosas. Algunos niveles muestran un alto grado de recristalización. Se trata de calizas (*wackestone-packestone*) con cierto contenido en fósiles (charáceas, ostrácodos), algas, oncolitos e intraclastos. Son frecuentes las bases irregulares o ligeramente erosivas con *lags* de oncolitos e intraclastos. Tienen estratificación planar y ondulada, laminación paralela irregular y estromatolítica, además de porosidad fenestral.

Estas facies se ordenan mostrando una secuencia elemental de facies tractivas canalizadas en la base y superficies erosivas con *lags* de oncolitos. Por encima se encuentran las facies de producción de micritas con intraclastos dispersos, oncolitos, algas incrustantes en tapices laminares o en domos estromatolíticos con porosidad fenestral. A techo, se sitúan los lechos de decantación de margas que pueden tener intercalados niveles calcáreos de *mudstones* o bien lechos de terrígenos con estructuras de corriente y *ripples*.

El conjunto de este tramo se interpreta como depósitos en áreas lacustres marginales someras en áreas de alta tasa de producción bioinducida de carbonatos, en condiciones de poca agitación. La colmatación provoca la progradación de la llanura fangosa marginal en la que es posible encontrar charcas con depósito carbonatado o pequeños canales de drenaje de material terrígeno fino. La homogeneidad de facies y secuencias parece mostrar un episodio tranquilo en el que existe un cierto equilibrio entre subsidencia y depósito.

Los 125 m superiores están constituido por calizas micríticas oscuras, fétidas, con fragmen-

tos vegetales carbonosos y niveles de lignitos o arcillas lignitosas que son más frecuentes hacia la mitad inferior del tramo. También contienen algunos oncolitos dispersos, laminación paralela y algal, así como superficies de estromatolitos domáticos. Su estratificación es paralela a ondulada con alguna superficie ferruginosa. Existen igualmente algunos niveles con montículos de fango de poca entidad. Hacia techo la serie es más uniforme, de micritas bien estratificadas. Litológicamente se trata de micritas con escasez de componentes, dando lugar a texturas *mudstone-wackstone*. Su ordenación secuencial está en función de la repetición de los lechos de margas y lignitos, mientras que las calizas inferiores varían. Se han identificado: calizas masivas con algunos niveles tractivos de acumulación que llegan a constituir pequeñas *rills* que incluyen intraclastos, oncolitos y fragmentos vegetales. Igualmente se observan calizas de algas, incrustantes, laminadas o formando estromatolitos domáticos. También hay que situar en estos términos de la secuencia a los niveles de montículos de fango y a las calizas con laminación.

Este tipo de ordenación responde a procesos energético atractivos en aguas someras y a depósitos de áreas lacustres marginales poco profundas en etapas de tranquilidad, en donde los montículos se situarían en las partes más distales, estando ocupadas las áreas más proximales del lago por facies de baja energía, oncolitos y estromatolitos. Sobre este tipo de facies progadan las facies de llanura lútica que incluyen facies de marisma o pantano con fangos orgánicos y niveles de lignitos.

Al sur de la falla de dirección E-O de Luezas, cuyo funcionamiento sinsedimentario condiciona la deposición de la presente unidad, esta serie fundamentalmente carbonatada comienza a incluir abundantes niveles detríticos, con areniscas y arcillas que pueden llegar a ser mayoritarias, como en la zona de Treguajantes.

Los levigados han proporcionado la siguiente asociación: *Cypridea dorsispinata* (ANDERSON), *C. cf. marina* (ANDERSON), *C. cf. bimammata* HARBORT, *C. cf. aculeata* JONES, *C. cf. demandae* KNEUPER, *Fabanella polita* MARTIN, *F. mediopunctata* MARTIN, *Darwinula oblonga* (ROEM.) *D. leguminella* (FORBES) y *Mantelliana sp.*, del Cretácico inferior.

#### 1.2.3.3. *Margas y calizas. Tramos detríticos intercalados (21). Unidad de Hornillo de Cameros-Munilla. Valanginiense-Hauteriviense*

Esta unidad ocupa la zona central de la Hoja, estando parcialmente cubierta por las unidades litológicas del Ciclo IV.

Presenta frecuentes cambios laterales de facies, indentándose hacia el Oeste con la unidad detrítica (20) descrita en el apartado anterior. Por el contrario, hacia el Este esta unidad se engrosa alcanzando los 150 m de potencia en la zona de Munilla.

Está constituida por una alternancia de margas, margo-calizas y calizas, a veces arenosas, de tonos grises a negros, con esporádicos niveles de areniscas intercalados. Las calizas se suelen presentar en capas masivas, de hasta 5 m de potencia, en capas de aspecto tableado o en facies laminadas.

En las proximidades del borde de la cuenca (área de Arnedillo) son frecuentes los niveles brechoides y con cantos.

Las estructuras más frecuentes son laminación de *ripples*, laminaciones algales, costras ferruginizadas y *mud-craks*. Los bancos de calizas, que en ocasiones son arenosas u oncolíticas, a veces rellenan formas canalizadas.

El ambiente sedimentario es lacustre.

Los levigados han proporcionado la siguiente asociación: *Cypridea bimammata* HARBORT, *C. paulsgrovensis* ANDERS., *C. cf. menevensis* (ANDERS.), *C. aculeata* JONES, *C. cf. marina* (ANDERS.), *C. sp.*, *C. cf. propunctata* SYLV.-BRADL., *Darwinula leguminella* (FORBES), *D. oblonga* (ROEM.), *Fabanella polita* MARTIN, *F. ornata* (STEGH.), *F. mediopunctata* MARTIN, del Cretácico inferior probable Hauteriviense-Barremiense.

#### 1.2.4. Barremiense-Aptiense. Unidades litológicas del Ciclo IV

Los materiales que constituyen el Ciclo IV se apoyan mediante discordancia erosiva sobre las unidades (20) y (21) del Ciclo III. En la bibliografía regional se las conoce como «Grupo Oliván».

Se extiende por la zona central de la Hoja, con una prolongación hacia la esquina suroccidental.

Corresponden a facies detríticas cuya característica más importante en la zona es la variación de potencias del Norte a Sur. Así, mientras en la zona norte (corte de Robres del Castillo) la potencia total estimada es de 1.500 m, en la zona sur, a unos 5 km de la situación anterior, alcanza los 2.000 m de potencia.

En la cartografía se han diferenciado dos unidades, atendiendo a la distinta proporción de capas de areniscas, menos abundantes en la inferior que en la superior.

##### 1.2.4.1. *Limolitas, arcillas rojas y areniscas (22). Unidad de La Mongía-La Santa. Barremiense*

Esta unidad está constituida predominantemente por arcillas y limolitas rojizas y gris verdosas, entre las que se intercalan capas de areniscas. La potencia media del tramo es de unos 800 m.

Las capas de areniscas, que a veces presentan bases canalizadas, son de escasa potencia y extensión lateral decamétrica. Otras veces corresponden a capas extensas, por lo general bioturbadas, como muchos tramos limolíticos que además suelen registrar rasgos edáficos.

Los materiales se interpretan como facies de llanura de inundación con el funcionamiento episódico de canales fluviales.

##### 1.2.4.2. *Areniscas rojas y limolitas (23). Unidad de Robres del Castillo. Barremiense-Aptiense*

Constituye el último episodio sedimentario de la Formación Weald en la zona de Cameros. Se ha reconocido con detalle en la columna de Robres del Castillo, donde se han medido 815 m.

La mitad inferior de la unidad está formada por areniscas de tonos rojizos, amarillentos y blanquecinos, de grano medio a grueso, a veces con cantos, y en bancos de hasta 7 m de potencia, alternando con limolitas rojizas y margas arenosas y lignitosas negruzcas.

En la mitad superior de la unidad, el porcentaje arenisca/limolita está equilibrado, y son más frecuentes los niveles de margas gris verdosas y las areniscas de grano fino. Hacia el techo se intercalan margo-calizas de aspecto noduloso.

Los materiales de la parte inferior de la unidad se disponen formando secuencias negativas. Estas están formadas en la base por un tramo de limos rojos, encima limos arenosos generalmente de aspecto masivo, a veces bioturbados y otras con laminación paralela de alta energía y estratificaciones cruzadas planar y de surco. Contienen cantos blandos, restos vegetales y nodulizaciones ferruginosas. A techo de algunas secuencias se forman costras ferruginosas.

En la parte superior de la unidad, las areniscas se presentan en capas de menor potencia, por lo general bioturbadas, o con laminación paralela o de *ripples*, y los limos también bioturbados y con marcas edáficas.

El ambiente de sedimentación corresponde a una llanura aluvial, con predominio de canales de elevada sinuosidad en la mitad inferior, y con predominio de llanura de inundación en la superior.

### 1.2.5. Albiense. Unidad litológica del Ciclo V

#### 1.2.5.1. *Areniscas y arcillas con lechos carbonosos (24), Formación Arenas de Utrillas. Albiense*

Aflora esta unidad en la esquina SE de la Hoja, pinzada entre dos cabalgamientos que superponen el bloque de la Sierra de Cameros sobre el Terciario de la Cuenca del Ebro. Se presenta muy cubierta por los coluviones originados por el fuerte escarpe de Peñalmonte y Peña Isasa, lo cual dificulta las observaciones estratigráficas.

Litológicamente corresponde a una sucesión de areniscas rojizas y anaranjadas, que a veces incluyen píldoras cuarcíticas alternantes con limolitas y arcillas grises ricas en materia orgánica, que pueden englobar restos carbonosos que forman capas de hasta 1 m de potencia. El espesor de la serie se puede estimar superior a los 120 m.

Estos materiales se organizan en secuencias positivas en orden métrico formadas por un término inferior de areniscas canalizadas de base erosiva, en ocasiones con un *lag* de cantos, y estratificación cruzada planar y en surco; areniscas y limolitas con *ripples* de corriente y limolitas y arcillas con restos vegetales que forman capas de lignito que han llegado a ser explotadas en mina.

Se interpretan estos depósitos como correspondientes a una llanura aluvial generada por sistemas fluviales probablemente de tipo trenzado y baja sinuosidad, donde los términos carbonosos corresponderían a zonas permanentemente cubiertas de agua con fondo reduc-

tores, generalmente pequeñas charcas adyacentes a los cauces principales dentro de la llanura de inundación.

No se ha encontrado fauna en esta unidad, por lo que por consideraciones regionales le atribuimos una edad Albiense.

### 1.3. Terciario

Para el estudio de los sedimentos correspondientes a esta edad se ha partido de la información obtenida en el transcurso de la realización de las Hojas de Belorado, Santo Domingo de la Calzada, Nájera, Anguiano y Munilla. El término está representado por sedimentos depositados en ambiente continental en un dispositivo de abanicos aluviales que, con procedencia meridional, tiende a rellenar el surco riojano.

Dentro de este conjunto, de variada litología, se han diferenciado cinco unidades tectosedimentarias (U.T.S.), en el sentido de GARRIDO (1982), que quedan separadas entre sí por discontinuidades sedimentarias. En las zonas de borde, donde los sedimentos se adosan a los relieves de las Sierras de Demanda y Cameros, éstas son claramente discontinuas. Por el contrario, en zonas más internas de la Cuenca se presentan como paraconformidades, difícilmente deducibles a nivel de afloramiento, habiendo sido habitualmente extrapoladas en función del comportamiento y evolución regional de los cuerpos sedimentarios a los que corresponden, consideradas a gran escala.

La similitud de procesos generadores del depósito a lo largo del tiempo, así como la identidad de áreas suministradoras de las mismas, trae como consecuencia que sean frecuentes los sedimentos litológicamente similares, y que, sin embargo, pueden corresponder a U.T.S. distintas.

Para facilitar la comprensión del conjunto de sedimentos terciarios depositados en esta parte de la Cuenca del Ebro incluimos un gráfico en el que se señalan las distintas unidades diferenciadas en cada una de las hojas, localizándolas en su U.T.S. correspondiente

En este gráfico se refleja la existencia, durante el Oligoceno y Mio-Plioceno, de una serie de procesos que dan lugar a la diferenciación de cinco U.T.S. correspondientes a una determinada geometría de cuenca y una distribución de facies característica dentro de ella

#### 1.3.1. Conglomerados, areniscas y arcillas rojas (25). Unidad de Arnedo. Headoniense

Afloran en la esquina SE de la Hoja, parcialmente cubiertas por glacis y terrazas cuaternarias.

Esta unidad está constituida por un mínimo de 1.000 m de conglomerados de cantos predominantemente carbonatados, y en menor proporción de cuarcita, cuarzo y areniscas, de tamaño 7-8 cm, alternando con areniscas rojo-anaranjadas de grano medio y arcillas y limolitas rojas. Los gruesos se organizan en capas de orden métrico con bases erosivas. Presentan granoclasificación positiva, estratificación cruzada de mediana y gran escala, planar y en surco, y *ripples* de corriente.

Cronol.		U.T.S.	Belorado		Santo Domingo de la Calzada		Nájera-Anguiano		Munilla					
Plioceno Inf.		1	Calizas del Puerto de la Brújula Conglomerados areniscas y arcillas de La Pedraja		Conglomerados de Santurdejo.		Conglomerados del Serradero.		Conglomerados de Cabimonte-ros.					
Mioceno Sup.	Turo- lien.													
Mioceno Med.	Olearen- siense-Astarcien. Vallesiense		2	Calizas Yesos Arcillas. Conglomerados y areniscas de San Miguel del Pedroso.		Yesos y margas yesíferas. Limolitas y arcillas. Areniscas de Grañón. Areniscas y arcillas. Conglomerados de Amunartia.		Areniscas y arcillas Conglomerados.		Conglomerados				
Mioceno Inf.	Agien- siense	3		Yesos de Cerezo. Arcillas y margas. Conglomerados de Puras.		Yesos de Cerezo. Limolitas y margas yesíferas. Areniscas y arcillas. Arcillas de Vitoria. Areniscas y limolitas. Conglomerados de Ojacastro.		U. de Nájera	Arcillas y areniscas. Areniscas y limolitas Conglomerados de Matute y de Islallana.		Areniscas y arcillas. Conglomerados de Islallana.			
Oligoceno			Sueviense-Arvornien.	4	U. de S. Clemente	Areniscas, limolitas y arcillas Conglomerados.		U. de S. Clemente	Areniscas, limolitas y arcillas.		U. de Anguiano	Areniscas y arcillas Conglomerados.		Conglomerados de Quel.
Headoniense			5										U. de Arnedo	Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.

**Esquema de distribución de U.T.S. y unidades litológicas para el área meridional de La Bureba y Zona Suroccidental de La Rioja**

Se interpreta la unidad como correspondiente a partes medias de un sistema de abanicos aluviales con desarrollo de canales fluviales de baja sinuosidad, donde los términos lutíticos corresponderían a la llanura de inundación

No se ha encontrado fauna en esta unidad, por lo que tentativamente la atribuimos al Headoniense.

### 1.3.2. **Conglomerados masivos. Niveles de areniscas rojas (26). Unidad de Quel. Headoniense-Arverniense**

Afloran en el mismo sector que la unidad anterior, situándose por encima mediante un contacto neto. Origina morfologías escarpadas en los valles, y laderas regularizadas, donde la incisión lineal tiene menor importancia.

Está formada por un potente paquete (entre 350-400 m de espesor) de conglomerados heterolíticos masivos, *mud and clast supported*, con cantos subangulosos a subredondeados de calizas, cuarcitas, areniscas y cuarzos de centil 40 cm y tamaño medio 6-8 cm.

Presentan niveles intercalados de areniscas y limolitas en lentejones de 10-15 cm de espesor. Suelen tener un cemento carbonatado que traba los cantos y matriz arenosa rojiza. Como estructuras sedimentarias presentan cicatrices erosivas y amalgamamientos de capas.

Se interpretan como correspondientes a zonas proximales de un sistema de abanicos aluviales con desarrollo de procesos de *debris-flow*.

La unidad presenta características azoicas. Por consideraciones regionales, y al estar situada por debajo de los yacimientos de micromamíferos de Autol y Bergasilla, en la vecina Hoja de Calahorra, la atribuimos al intervalo Headoniense-Arverniense.

### 1.3.3 **Conglomerados poligénicos (27). Unidad de Islallana. Arverniense-Ageniense**

Aflora en el borde norte de la Hoja, en la zona de Islallana y alrededor del pueblo de Santa Engracia. Dan lugar a orillas del río Iregua a «mallos» y «torreones» de más de 100 m de altura, mientras que en la segunda localidad se presentan generalmente acoluvionados.

Se trata de conglomerados de aspecto masivo y color anaranjado de cantos de cuarcitas, areniscas y calizas, bien redondeados y de unos 6-7 cm de tamaño medio. Tienen cemento calcáreo y/o matriz limo-arcillosa rojiza. Hacia los términos superiores del tramo presentan intercalaciones alentejonadas de areniscas y limolitas rojas. El espesor total se evalúa superior a los 200 m.

Como estructuras sedimentarias presentan cicatrices erosivas que dan una característica estratificación difusa por amalgamamiento de las capas, así como granoclasificación positiva.

Se interpretan como correspondientes a áreas proximales de sistemas de abanicos aluviales



desarrollados desde el Sur con predominio de los procesos tractivos en medio acuoso sobre los aportes de tipo colada de derrubios.

Son azoicos, pero al presentarse en cambio lateral con la unidad (28) pueden atribuirse al intervalo Arverniense-Ageniense.

#### 1.3.4. **Areniscas de grano fino, limolitas y arcillas rojas (28). Arverniense-Ageniense**

Aflora en las esquinas NE y NO de la Hoja, originando relieves suaves generalmente muy recubiertos por Cuaternario.

Corresponde a una potente serie de alternancias de areniscas de grano medio y fino, en capas de 0,30-0,7 cm de grosor, y arcillas y limos de tonos rojizos.

Las areniscas generalmente presentan bases canalizadas y estratificación cruzada planar y en surco. A techo de algunas capas se observan *ripples* de corriente. Dentro de las lutitas se pueden intercalar finos niveles de areniscas de grano medio de bases plano-paralelas, correspondientes a depósitos de *crevasse*. Se interpreta la unidad originada por corrientes tractivas en zonas medias distales de un sistema aluvial, correspondiendo los niveles más detríticos a rellenos de canales y los más finos a depósitos de llanura de inundación.

La edad de esta formación, considerando los yacimientos de Autiel y Bergasilla en la Hoja de Calahorra, se estima como Arverniense-Ageniense.

#### 1.3.5. **Conglomerados (29). Orleaniense-Vallesiense**

Aflora en el borde norte de la Hoja, en la zona de los vértices Valmayor y Cuernosierra.

Se presentan como conglomerados poco cementados de cantos de areniscas, calizas y cuarcitas bien redondeados, incluidos en una matriz limo-arenosa de colores pardo-amari-llentos. La potencia aflorante en la Hoja se puede estimar en un máximo de unos 150 m.

Las condiciones de afloramiento no permiten observaciones estratigráficas más detalladas. Se atribuyen a zonas proximales de abanicos aluviales con desarrollo intenso de procesos de *debris-flow*.

Se les atribuye una edad Orleaniense-Vallesiense, aunque sus características azoicas han impedido la recogida de fósiles determinativos.

#### 1.3.6. **Pudingas sueltas en matriz limo-arcillosa (30). Unidad de Cabi Monteros. Vallesiense-Plioceno inf.**

Aflora en el sector este de la Hoja, discordantes sobre cualquiera de las formaciones jurásicas, cretácicas o terciarias anteriores. Originan vertientes regularizadas dada la inconsistencia de estos materiales, lo cual ha impedido el levantamiento de secciones estratigráficas en los mismos.

Se trata de una serie con unos 200 m de potencia mínima formada por cantos y bloques redondeados a subangulosos de cuarcitas, areniscas y en mucha menor proporción calizas, de 7-9 cm de tamaño medio y centil de 30-40 cm. Se encuentran englobados por una matriz limo-arcillosa de tonos beige y anaranjados, escasamente cementada, y con un aspecto general masivo y desorganizado.

Se interpretan como partes proximales de un sistema de abanicos aluviales cuya área fuente está constituida por las series «weáldicas» de la Sierra de Cameros.

Por consideraciones regionales, al ser claramente posttectónicos se les atribuye una edad Vallesiense-Turolense, sin descartar la posibilidad de que alcancen el Plioceno inferior.

#### 1.4. CUATERNARIO

##### 1.4.1 **Pleistoceno-Holoceno**

###### 1.4.1.1. *Glacis y abanicos aluviales (32, 33, 35, 36, 39)*

Corresponden a las numerosas superficies con depósitos de cantos y gravas redondeados y relativamente cementados por carbonato que aparecen asociados a las series terciarias de los bordes norte y este de la Hoja. El espesor de los mismos oscila entre 5 y 10 m.

La existencia, en niveles equivalentes de Hojas próximas, de evidencias de procesos tractivos en los mismos nos hace referirnos a estos materiales como glacis y abanicos aluviales indiferenciados.

###### 1.4.1.2. *Terrazas (31, 34, 38)*

Asociadas a los cursos del Iregua, Jubera y Cidarcos se encuentran hasta tres niveles de terraza de composición litológica similar: gravas y cantos principalmente cuarcíticos y areniscosos de tamaños diversos (hasta 5-6 cm de diámetro), bien redondeados. Se presentan irregularmente cementados por carbonato cálcico.

##### 1.4.2. **Holoceno**

###### 1.4.2.1. *Mangas de piedras (37)*

Corresponden a depósitos elongados de unos 200 m de longitud media que se sitúan en las cabeceras de los arroyos en el macizo de Cabi Monteros. Están constituidos por bloques y cantos redondeados sin matriz de finos. Genéticamente tienen un origen periglacial, y se sitúan en cotas superiores a los 1.100 m

###### 1.4.2.2. *Coluviones (40, 41)*

Corresponden a cantos y bloques subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz limo-arcillosa que se sitúan generalmente al pie de escarpes importantes. Se han diferencia-

do en la cartografía los coluviones con predominio de bloques de los que presentan mayor contenido en matriz arcillosa.

#### 1.4.2.3. *Conos de deyección (42)*

Se han cartografiado como tales algunos depósitos que, con morfología de conos de deyección, se cementan en la desembocadura de algunos barrancos de la Hoja.

Están formados por cantos cuarcíticos, areniscosos y calcáreos englobados en una matriz arenosa.

#### 1.4.2.4. *Aluviales (43)*

Se incluyen aquí los sedimentos aluviales depositados en los valles de ríos y arroyos existentes en la Hoja. Son depósitos de gravas y arenas principalmente silíceas.

## 2. **TECTONICA**

### 2.1. **TECTONICA REGIONAL**

La Hoja de Munilla (23-11) está situada en el sector noroccidental de la Cordillera Ibérica, en su contacto con la Cuenca del Ebro.

La *Cordillera Ibérica* es una cadena intracratónica de doble vergencia constituida por materiales mesozoicos y terciarios con un zócalo paleozoico deformados durante la Orogenia Alpina. Su extremidad noroccidental constituye las sierras de Demanda y Cameros, y consiste en un núcleo de materiales paleozoicos y una cobertura mesozoica, en la que destaca el gran espesor de los materiales del Cretácico inferior, estructurados mediante pliegues y cabalgamientos de rumbos NO-SE a O-E y vergencia hacia el Norte. Su borde septentrional es un cabalgamiento mediante el cual la Cordillera Ibérica ha sido desplazada varios kilómetros hacia el Norte sobre el Terciario de la Cuenca del Ebro.

La *Cuenca del Ebro* es una fosa rellena de sedimentos continentales terciarios con espesores de hasta 4.000 m en el sector riojano. El sustrato de los depósitos terciarios generalmente es el Mesozoico. Las unidades terciarias inferiores están suavemente plegadas, predominando la dirección ONO-ESE. La Cuenca está flanqueada por dos importantes fajas de cabalgamientos, la de las sierras de la Demanda y de Cameros, situada al Sur y cabalgante hacia el Norte, y la de la Sierra de Cantabria, situada al Norte y cabalgante hacia el Sur. En las proximidades de ambos cabalgamientos los materiales terciarios pueden estar deformados más intensamente.

### 2.2. **DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA**

#### 2.2.1. **Evolución tectónica durante el Mesozoico**

El ciclo alpino, que se extiende desde el comienzo del Mesozoico hasta la actualidad, comprende dos períodos de tiempos durante los cuales el ambiente geodinámico se carac-

teriza por unas condiciones muy diferentes. el período preorogénico y período de tectogénesis.

El primero de ellos abarca un lapso de tiempo dilatado (unos 180 Ma) desde el comienzo del Mesozoico hasta finales del Cretácico, durante el cual la placa ibérica estuvo sometida a un régimen de tectónica extensional con la creación de cuencas sedimentarias. Este ambiente tectónico, que concluyó a la formación de márgenes continentales en la periferia de Iberia, también se manifestó de manera notable en el interior, en el ámbito de la actual Cordillera Celtibérica. La evolución mesozoica de esta Cordillera se divide en dos etapas:

#### 2.2.1.1. *Etapas aulacogénicas*

El modelo de tipo aulacógeno de la evolución de la Cordillera Ibérica, definido inicialmente por ALVARO *et al* (1979), es aplicable al menos para el ciclo Triásico-Jurásico superior (ALVARO, 1988). La evolución del aulacógeno muestra tres etapas:

1. Etapa de grabén, que corresponde al Triásico inferior y medio, caracterizada por una tectónica de bloques que controla la formación de altos y fosas que se rellenan de clásticos y carbonatos en ambiente continental y marino somero. Su configuración está controlada por la trama de fallas tardihercínicas del zócalo paleozoico. La zona de la Sierra de la Demanda correspondería a una zona de alto relativo.
2. Etapa de transición de un mecanismo de subsidencia tectónica a otro de subsidencia por contracción termal de la litosfera. Tiene lugar durante el Triás superior, con deposición de series rojas y evaporitas. El estiramiento cortical permite efusiones de tipo fisural de basaltos alcalinos caracterizados como típicos de un ambiente de *rifting*, intraplaca (LAGO, 1988) a finales del Triásico.
3. Etapa de flexura. Comprende el Jurásico inferior y medio. Durante el Jurásico superior se perturba esta evolución. La subsidencia térmica controla esta etapa, instalándose en la región una extensa plataforma carbonatada con subsidencia decreciente y controlada por las variaciones eustáticas. La tendencia general somerizante de las secuencias del Dogger probablemente son el reflejo de la ralentización de la subsidencia térmica. Durante el Malm tiene lugar una reactivación de las condiciones de tectónica extensional, que produce episodios alternativos de aceleración-ralentización de la subsidencia premonitorias de los acontecimientos eocretácicos. Localmente se produce elevación de bloques que se manifiesta en la entrada de terrígenos en la plataforma carbonatada y el emplazamiento de olistolitos en la ritmita del Malm.

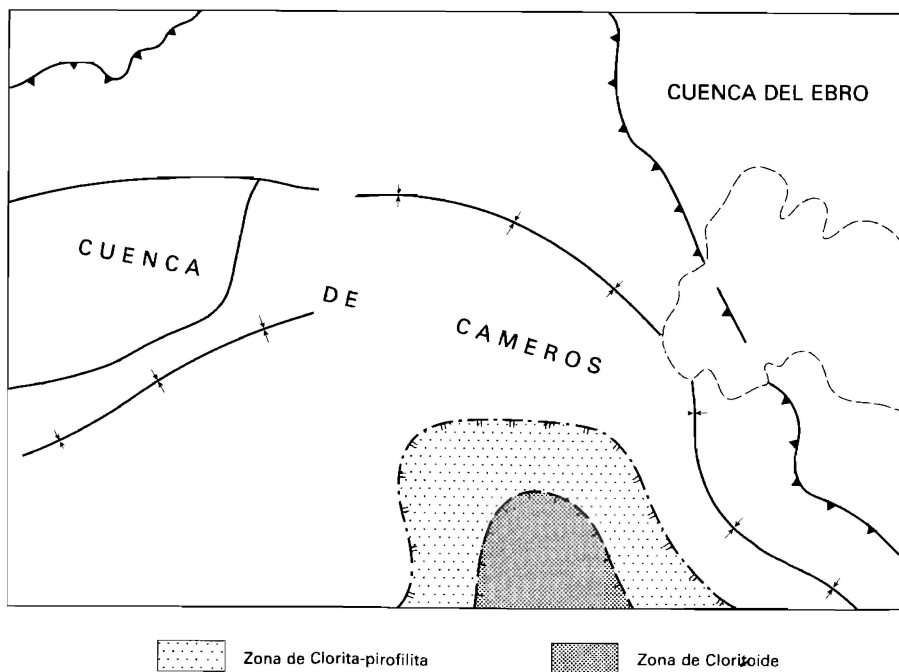
#### 2.2.1.2. *La Distensión cretácica*

A partir del Jurásico superior hay una importante reactivación de la tectónica extensional que está relacionada con la apertura del Golfo de Vizcaya y la deriva antioraria de la Placa Ibérica. Este proceso geodinámico también tiene dos etapas, una de *rifting* y otra subsecuente de subsidencia termal. La primera se manifestó como una tectónica de bloques que por un lado produjo la emersión de grandes áreas de plataforma marina de la Península Ibérica,

al mismo tiempo que se creaban cuencas locales muy subsidentes controladas por la actuación de fracturas tardihercínicas componentes de desgarres, que determinaban la ubicación y desarrollo de cubetas de tipo *pull-apart* como son las cuencas de Cameros y del Maestrazgo con la Cordillera Ibérica.

La mayor parte de la Hoja de Munilla corresponde al borde septentrional de la cuenca eocretácica de Cameros. Esta cuenca ha sido interpretada por GUIRAUD y SEGURET (1985) como una cuenca *pull-apart* aislada, cuya génesis y evolución ha estado controlada por dos fallas de desgarre destrales del zócalo de rumbo NE-SO, que originaron la apertura y hundimiento de una fase romboidal mediante fallas normales de dirección NO-SE a E-O.

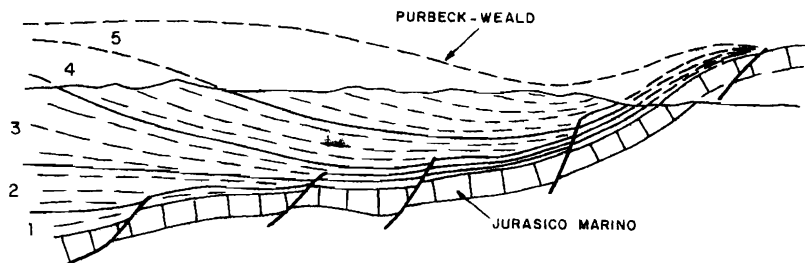
Este proceso tuvo lugar durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior, aunque la máxima subsidencia y acumulación de sedimentos en este sector corresponde a los ciclos del Cretácico inferior. El análisis de la subsidencia de las series wealdenses muestra dos períodos en que el proceso de *rifting* experimenta una fuerte reactivación (Valanginiense y Barremiense, en líneas generales, correspondiendo a los grupos Urbión y Oliván), aunque el análisis global de la cuenca por los autores citados señala una progresiva migración hacia el Norte de los depocentros y dispositivos sedimentarios, en los que se acumulaban potentes series de terrígenos. Los depósitos del Cretácico inferior de la Hoja estudiada muestran palpables evidencias de haberse sedimentado en un contexto de tectónica extensional



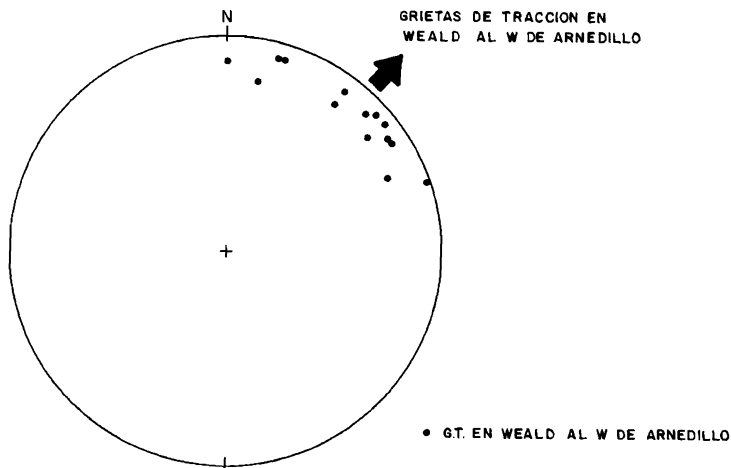
**Figura 2.1. Distribución del metamorfismo térmico Cretácico en la Hoja de Munilla, según GIRAUD y SEGURET (1985).**

activa, con acuñamientos, cambios de facies y espesores, discordancias internas y abanicos de capas, deslizamientos y pliegues de *slumping*, etc. Las microestructuras medidas en los materiales cretácicos situados al oeste del Arnedillo indican un campo de esfuerzos con extensión en dirección NE-SO, coherente con el determinado regionalmente por GUIRAUD y SEGURET (1985).

La formación de esta cuenca debió suponer un adelgazamiento litosférico de al menos un 30 %, con un estiramiento de la cobertera jurásica mediante fallas normales que enraizaban en el nivel plástico del Keuper y fallas lítricas en el zócalo que han de afectar a su parte superior de comportamiento rígido. Estas condiciones produjeron un incremento notable del flujo calorífico en las partes donde la corteza estaba más adelgazada (depocentros),



**Figura 2.2.** Esquema mostrando las relaciones deducidas entre los diferentes ciclos de la Cuenca de Cameros y su estructura interna.



**Figura 2.3.** Grietas de tracción medidas en el Weald situado al Oeste de Arnedillo. Son congruentes con una extensión en dirección NE-SO.

que junto con el enterramiento profundo de los sedimentos ha quedado registrado en ellos un metamorfismo que alcanza la zona del cloritoide ( $T\ 420^{\circ}$ ,  $P=1-3\text{ kh}$ , GUIRAUD y SEGURET, 1985). En la figura se muestra el diseño de las zonas metamórficas propuesto por estos autores en la Hoja estudiada, aunque muy probablemente la extensión del metamorfismo es mayor, extendiéndose por todo el sector meridional de la Hoja de Munilla.

Hacia el Albiense la subsidencia tectónica se ralentiza y el enfriamiento litosférico subsecuente cambia la modalidad de la subsidencia, que pasa a realizarse por contracción térmica.

Estas condiciones se mantienen durante el Cretácico superior, instalándose en la región una extensa plataforma carbonatada cuyos sedimentos se conservan en el marco de esta Hoja, aunque se conocen en zonas próximas.

### 2.2.2. La estructura alpina

A partir de finales del Cretácico tiene lugar la inversión tectónica de toda la región. Cesan las condiciones distensivas y se pasa a un régimen de tectónica compresiva que se mantiene hasta el Mioceno superior, provocando la emersión y deformación tanto del zócalo paleozoico como de la pila sedimentaria mesozoica. La Cordillera Ibérica se estructura como una cadena de pliegues y cabalgamientos de doble vergencia, que en su borde septentrional, donde se ubica la Hoja de Munilla, cabalga sobre la Depresión del Ebro, su cuenca de antepaís septentrional, que se rellena de terrígenos continentales procedentes de la denudación de los relieves orogénicos.

#### 2.2.2.1. Zonación tectónica y dominios estructurales

En la Hoja de Munilla se distinguen dos grandes dominios estructurales: la Cordillera Ibérica y la Cuenca del Ebro.

El *Dominio de la Cordillera Ibérica* ocupa la mayor parte de la Hoja, la correspondiente a los terrenos mesozoicos. La mayor parte de este dominio pertenece a la Unidad de Cameros, formada por sedimentos del Jurásico y Cretácico inferior. Esta unidad cabalga hacia el Norte mediante una estrecha banda de gran complicación estructural.

El *Dominio de la Cuenca del Ebro* ocupa las esquinas NE y NO de la Hoja, y está formada por depósitos terciarios escasamente deformados. El límite entre ambos dominios describe un arco con la concavidad hacia el Sur, generalmente es un cabalgamiento, anteriormente mencionado, vergente hacia el Norte, que en algunas zonas está fosilizado por los depósitos terciarios postorogénicos.

En la configuración tectónica de las diferentes unidades estructurales ha ejercido una notable influencia, especialmente en la estructura alpina, la naturaleza y espesor de la pila sedimentaria.

Los materiales precámbricos y paleozoicos, que afloran hacia el oeste en la Sierra de la Demanda, se han comportado como un zócalo rígido que se ha deformado fundamentalmente por fracturación. El Triásico inferior se ha deformado de manera solidaria con él,

constituyendo un *tegumento*. El Triásico superior, arcilloso y evaporítico, constituye el *nivel de despegue* regional, a través del cual la cobertera se ha desolarizado del tegumento y el zócalo, deslizándose y deformándose independientemente.

La cobertera jurásica y cretácica se ha deformado esencialmente mediante cizallamiento y plegamiento. Sus estructuras, asimismo, han estado fuertemente condicionadas por la composición litológica y el espesor de los materiales terciarios que han sido muy poco deformados, presentando exclusivamente deformaciones locales en la proximidad del cabalgamiento septentrional de la Cordillera Ibérica o estructuras de acomodación a las del sustrato mesozoico.

#### 2.2.2.2. *El Dominio de la Cordillera Ibérica*

1. *El frente de cabalgamiento sobre la Cuenca del Ebro*. Es una franja de pocos kilómetros de anchura y gran complejidad estructural, que recorre el sector septentrional y oriental de la Hoja adoptando un diseño arqueado con la concavidad hacia el Sur.

En la zona NO tiene una dirección NE-SO y está constituida fundamentalmente por materiales triásicos y jurásicos que cabalgan al Terciario en posición muy tendida (relleno en ambos bloques). La disposición de las numerosas fallas que afectan al bloque cabalgante sugiere una cierta componente de desgarre.

En la parte septentrional, entre Leza y Jubera el cabalgamiento frontal sale de la Hoja, penetrando en la de Logroño.

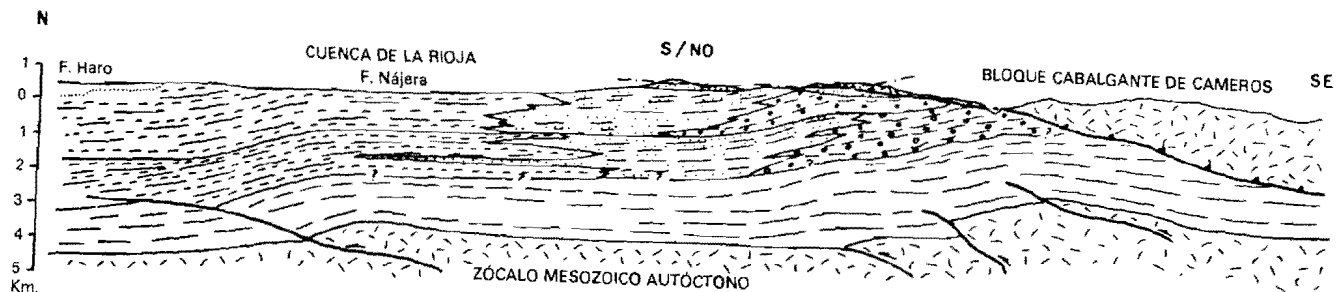
En esta zona la parte inferior y frontal del bloque cabalgante está constituida por las margas y evaporitas del Keuper, sobre la que se disponen mediante un contacto mecánico de materiales del Cretácico inferior y localmente depósitos terciarios. Estos materiales presentan una estructura antiforme de rumbo E-O, muy manifiesta en la zona del Cerro Picadero, al sur de Lagunilla de Jubera. Este anticlinal es interpretable como un pliegue de acomodación del bloque superior a una rampa frontal en el bloque cabalgado. Los materiales jurásicos no se ven en la parte frontal, pero sí en el núcleo, puesto que ésta corresponde el flanco delantero de la culminación frontal. Esta estructura reclama la existencia de una pequeña rampa lateral o una estructura de acomodación (*tear-fault*) al oeste del río Leza.

En la zona oriental de la Hoja, entre Jubera y Arnedillo, el cabalgamiento adopta rumbo NNO-SSE, y queda parcialmente enterrado en la parte central por los depósitos postorogénicos de Cabi Monteros.

Al sur de Jubera el bloque cabalgante es un monoclinal de materiales triásicos y jurásicos que corta con un buzamiento de 45° a los depósitos terciarios en situación de rampa de muro. En Arnedillo la estructura se complica, con un conjunto de escamas imbricadas y fallas anastomosadas que sugieren funcionamiento con componente de desgarre. Los materiales implicados en el bloque cabalgante son el Keuper, el Jurásico y localmente el Albiense al pie del Cerro Peñalmonte.

2. La Unidad de Cameros comprende todo el territorio de la Hoja situado al sur del cabalgamiento sobre el Ebro.





**Figura 2.4.** Corte estructural que muestra la parte frontal de la Unidad cabalgante de Cameros, la organización interna y estructura de la cuenca de antepaís y las estructuras del zócalo de la cuenca.

La información de subsuelo obtenido para la prospección de hidrocarburos muestra que toda esta unidad es alóctona y se encuentra desplazada hacia el Norte cabalgando a materiales terciarios.

La estructura interna de esta unidad es relativamente sencilla, está fuertemente condicionada por las estructuras distensivas preorogénicas y la geometría de los dispositivos sinsedimentarios. Los principales hechos a destacar son:

- 1) La brutal reducción de espesor de la serie cretácica hacia el NE, donde se situaba el borde la cuenca wealdense, y su engrosamiento hacia el SO.
- 2) Cierta preconfiguración geométrica por la forma de cubeta del dispositivo paleogeográfico.
- 3) La existencia de una fracturación heredada de la etapa de tectónica extensional. Ello es muy patente por la gran densidad de fracturas en los materiales jurásicos (acentuada, no obstante, en la proximidad del borde cabalgante) y progresivamente menor en los materiales cretácicos más modernos.

Algunas fracturas afectan a los materiales de un ciclo y son claramente fosilizadas por los del ciclo siguiente, como la falla de rumbo E-O de Soto de Cameros. Por otra parte, la mayoría de las fallas muestran un salto pequeño o nulo. Ello se debe a que inicialmente actuaron como fallas normales, con salto en la vertical, y durante la compresión rejugaron como inversos con desplazamiento contrario que anula al primitivo.

El resultado final es una unidad con una geometría general sinforme, aunque los sinclinales principales aparecen desplazados progresivamente hacia el Norte en las unidades litoestratigráficas más modernas, lo que indica que originalmente se trataba de estructuras sinsedimentarias inducidas en la cobertera por los escalones de fallas del zócalo. Finalmente, toda la estructura ha sido retocada por efecto de basculamientos al adoptarse el bloque cabalgante de toda la Unidad de Cameros o la trayectoria del cabalgamiento basal.

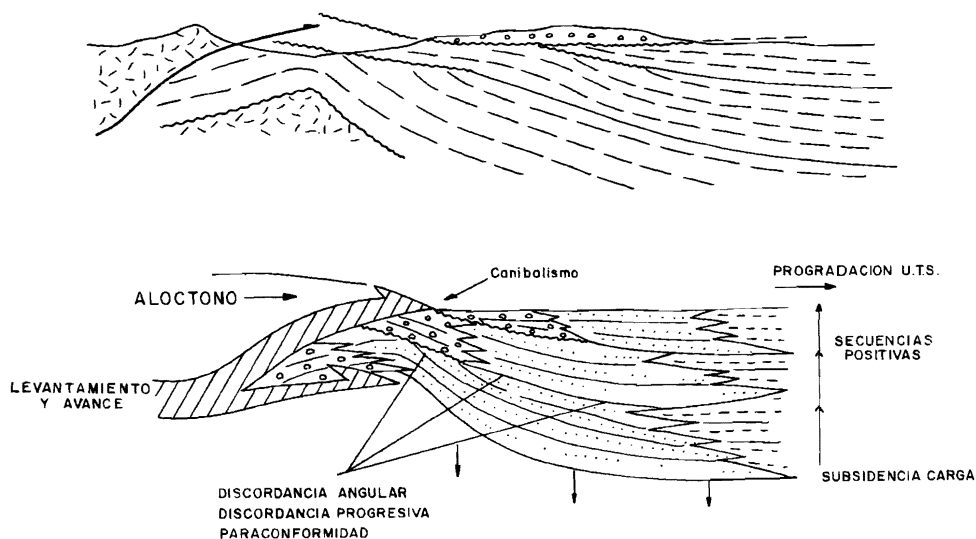
#### 2.2.2.3. *El Dominio de la Cuenca del Ebro*

Comprende la esquina NO y el sector oriental de la Hoja. Corresponde a la cuenca de antepaís frontal del alóctono ibérico. Está ocupada por unos 2.000 a 4.000 m de clásticos continentales terciarios que se han acumulado en un área con fuerte subsidencia inducida por el apilamiento de los cabalgamientos meridionales. A su vez su relleno progresivo ha facilitado que el alóctono se transportara hacia el Norte desplazándose sobre los productos de su erosión.

En superficie la estructura de los materiales terciarios es muy sencilla, pues aparecen en disposición subhorizontal o buzando suavemente hacia el Norte. Únicamente en la zona situada al este de Arnedillo los materiales de la unidad tectosedimentaria inferior (Eoceno sup.-Oligoceno inferior) aparece estructurada formando un pliegue anticlinal de dirección NO-SE. Sobre ellos se apoyan discordantemente los depósitos de la U.T.S.-2.

La información de subsuelo permite precisar mejor su estructura interna. Por una parte, las diferentes secuencias deposicionales o U.T.S. terciarias, que están separadas por discon-

tinuidades que reflejan los momentos de reactivación tectónica del alóctono, pueden presentar discordancias angulares en la parte próxima al cabalgamiento, que hacia el Norte y Oeste pasan a paraconformidades cuando se superponen facies distales.



**Figura 2.5. Simplificación del Corte geológico de Arnedillo y modelo conceptual de la organización interna de las U.T.S. terciarias incluidas por el borde tectónico activo y el sustrato de la cuenca.**

Asimismo, las facies más gruesas de cada secuencia onlapán sobre las facies más distales de la anterior. Esta «progradación» de las facies continentales hacia el Norte y Oeste es el desplazamiento del alóctono en esta dirección. En las facies proximales localmente se encuentran depósitos gravitacionales procedentes del frente del cabalgamiento.

La información de subsuelo muestra además la existencia de cabalgamientos en el sustrato mesozoico del Terciario, vergentes hacia el Norte, que han dado lugar a la formación de pliegues de acomodación en los depósitos cenozoicos. El pliegue de Arnedo que afecta a la U.T.S.-1, anteriormente mencionado se debe sin duda a la existencia en profundidad de un cabalgamiento que afecta también al zócalo paleozoico, ya que como indica el sondeo de petrolero Arnedo-1, en esta zona el zócalo del Terciario se encuentra a unos 800 metros de profundidad, mientras que hacia el NO, en el sector de Nájera su profundidad es del orden de 2.000 a 4.000 metros.

Los cabalgamientos existentes en el zócalo autóctono poseen una geometría arqueada análoga a la que presenta el frente cabalgante de Demanda-Cameros en superficie. Estas estructuras son relativamente tardías, pues deforman, aunque con intensidad variable, a todos los depósitos terciarios, excepto a Mioceno superior-Plioceno inferior, que es claramente postorogénico y fosiliza al frente cabalgante de Cameros.

### 2.3. INTERPRETACION GENERAL Y EDAD DE LAS DEFORMACIONES

La reconstrucción general geométrica de la estructura del borde Norte de las Sierras de Demanda y Cameros auxiliada de los datos de subsuelo permite poner en evidencia que este sector de la Cordillera Ibérica ha experimentado una traslación hacia el Norte de decenas de kilómetros, y que la falla septentrional no es una inversa de gran ángulo, como propugnaban todos los autores anteriores (NAVARRO *et al.*, 1960; COLCHEN, 1974, etc.), sino que en profundidad se tiende y cobija los depósitos terciarios de la Cuenca del Ebro. Esta, en un sector riojano, es una cuenca típica de antepaís, con la peculiaridad de tener dos frentes cabalgantes (C. Ibérica y C. Cantábrica), rellena de depósitos continentales sinorogénicos. Su subsidencia ha sido inducida por la sobrecarga tectónica en sus márgenes. La magnitud de la subsidencia da idea de la importancia de los bloques cabalgantes.

El paso de la Unidad de Demanda, situada más al Oeste, en la vecina Hoja de Anguiano (22-11), con núcleo paleozoico, o la Unidad de Cameros, exclusivamente mesozoica, se realiza mediante una rampa lateral en el bloque cabalgante, identificable en la zona de Torrecilla en Cameros. Este dispositivo ha estado preconfigurado por la arquitectura preorogénica de los materiales (potente serie mesozoica en Cameros, alto paleográfico en Demanda) y por la posición de los niveles de despegue (Esquistos de Anguiano, Keuper).

El registro sedimentario en la cuenca indica que la actividad orogénica compresiva se remonta al menos al Eoceno superior-Oligoceno inferior, y se mantiene constante hasta el Mioceno medio-superior. Los momentos de mayor aceleración en el desplazamiento del bloque cabalgante y rejuvenecimiento del relieve han quedado impresos en el registro sedimentario como discontinuidades, que por su posición estratigráfica son correlacionables con las de otros puntos de la Cordillera Ibérica (Eoceno sup. Oligoceno medio-superior; intraoligoceno superior; Mioceno inferior-medio e intramioceno superior, si las correlaciones con yacimientos y niveles datados son correctos). Por el momento no es posible establecer de una manera precisa la secuencia de cabalgamientos, aunque de la geometría global del sistema y de sus relaciones con la sedimentación parece deducirse una secuencia de bloque inferior con cabalgamiento más recientes, serán por tanto las que afectan a la cobertera mesozoica autóctona del sustrato de la cuenca de La Rioja, que inducen deformaciones por acomodación en los depósitos terciarios suprayacentes.

Por otra parte, la existencia de cierta actividad sísmica, con epicentros localizados en la unidad de Cameros, y las manifestaciones termales indican la existencia de una cierta actividad neotectónica

## 3 GEOMORFOLOGIA

Desde un punto de vista fisiográfico, la Hoja de Munilla encuadra dos ámbitos distintos, ambos condicionados por importantes contrastes litológicos y estructurales.

Por una parte, y ocupando la mayoría de la Hoja, está la Sierra de Cameros, formada por sedimentos mesozoicos fuertemente estructurados durante la Orogenia Alpina y con un relieve montuoso de cerros alomados que presenta desniveles importantes sobre los valles fluviales que les drenan.

Por otra, la esquina NO y el borde E de la Hoja están ocupados por las facies detríticas terciarias de la Cuenca del Ebro, con predominio de materiales poco coherentes que propician la existencia, salvo en el macizo de Cabi Monteros, de un paisaje poco contrastado y de relieves suaves, sobre los que se instalan superficies correspondientes a formas de acumulación del tipo de *glacis*, *abanicos aluviales* y *terrazas*.

Dentro de la Sierra, el modelado actual está condicionado por dos factores principales interrelacionados: uno morfoclimático, que ha dado lugar a una intensa *incisión lineal*, y otro estructural, controlado por la alternancia litológica de duros y blandos de las series mesozoicas plegadas.

Así pues, se ha distinguido en este ámbito un modelado estructural donde se han resaltado las *líneas de capa dura* correspondientes a calizas, areniscas y conglomerados, las *cuestas* y *hog-backs* que frecuentemente presentan las típicas formas *chevrans* en sus dorsos, y algunas *líneas de falla con expresión morfológica*.

La *incisión lineal* a menudo está controlada estructuralmente, siendo los barrancos paralelos u ortogonales a la dirección de las capas y/o *cuestas* y dando lugar a un drenaje dendriforme. Sólo en los cauces de los ríos Leza, Jubera y Cidacos se llegan a desarrollar *valles de fondo plano* y *terrazas* bajas, generalmente preservadas de una erosión posterior en las partes cóncavas de los meandros. En las divisorias de aguas se han señalado algunos *collados de divergencia fluvial*, también se han resaltado los principales *escarpes* y *crestas*, originados por el encajamiento fluvial en formaciones duras más o menos homogéneas, como sucede en la garganta en graderío del río Leza, al norte de Soto de Cameros.

La regulación de vertientes es un proceso generalizado en la región, dada la naturaleza relativamente incoherente de los materiales que constituyen el substrato de la Sierra, aunque solamente se han representado en la cartografía las zonas donde el proceso es más relevante, dando lugar a *coluviones* y *coluviones con predominio de bloques* que generalmente se sitúan adosados a la orla jurásica de la Sierra cabalgante sobre el Terciario. En estas mismas áreas se desarrolla un modelado cárstico que origina *dolinas* preferentemente sobre materiales calcáreos, aunque existe algún ejemplo sobre los yesos de la facies Keuper.

En los bordes terciarios predomina un modelado deposicional. Ligado a los ríos Iregua, Jubera y Cidacos se desarrolla un sistema de *terrazas*, habiéndose distinguido tres niveles distintos de las mismas. También en algún caso (río Jubera) se ha podido diferenciar, por poseer entidad cartográfica, un nivel de encajamiento de la red fluvial inferior correspondiente a la *llanura de inundación*.

Como formas de acumulación más características, en esta área se disponen hasta cinco niveles de *glacis* y *abanicos aluviales* encajados. De ellos, sólo el más superior, aflorante al norte de Santa Lucía, en dos pequeños cerros testigo, recibe la denominación de *glacis*. Los cuatro niveles inferiores, sucesivamente encajados unos en otros, y asimismo formados por depósitos de cantos principalmente cuarcíticos con matriz limo-arenosa cementada en ocasiones de forma irregular por carbonato cálcico, les atribuimos a sistemas de *abanicos aluviales*, dado que presentan estructuras sedimentarias (imbricación de cantos, por ejemplo) correspondientes a corrientes tractivas de cierta importancia. Los niveles superiores generalmente se presentan disectados por la erosión, mientras que los más modernos suelen estar encajados en los valles y apenas cortados por la red fluvial actual.

En la desembocadura de algunos barrancos se depositan *conos de deyección*, particularmente extensos en la esquina NE de la Hoja, dada la inconsistencia de los materiales acarreados, correspondientes a los términos más altos del Terciario que constituyen el macizo de Cabi Monteros.

Al sur del mismo, así como en las áreas con importantes afloramientos de Keuper, algunos arroyos desarrollan modelados de tipo *bad-land*, originando *cárcavas* que generalmente no presentan una gran extensión.

Por último, la acción antrópica tiene su reflejo en los pequeños *núcleos urbanos*, algunos de ellos despoblados, y en las *canteras* existentes en la Hoja, los cuales se han reflejado en la cartografía.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

Para describir la historia geológica de la Hoja se tendrá en cuenta los datos obtenidos en la realización de Hojas próximas (también estudiadas por C.G.S.), los disponibles en la bibliografía regional y la información obtenida en los sondeos petrolíferos.

De esta manera procederemos a efectuar una descripción de la historia regional de esta parte de la Cordillera Ibérica, particularizando los detalles que afecten a los materiales aflorantes en el área ocupada por la Hoja

El escaso desarrollo de la Formación Esquistos de Anguiano del Precámbrico no permite precisar suficientemente la historia de éste periodo. No obstante, regionalmente no parece que haya habido plegamientos importantes entre el Precámbrico y el Cámbrico, sino solamente movimientos epirogénicos de gran radio de curvatura.

En el Cámbrico inferior se inicia un gran ciclo sedimentario que se extiende hasta el Cámbrico medio, con la deposición de los Conglomerados de Anguiano, en un ambiente de playa conglomerática desarrollada en un contexto transgresivo y de subsidencia generalizado. Durante esta etapa se reconocen depósitos de *foreshore* y *shoreface*.

Este aporte clástico tan generalizado en la Cordillera Ibérica está en relación con la degradación de un relieve importante, que por las direcciones de los aportes se situaría hacia el Este. El área fuente de estos materiales podría proceder de lo que se ha dado en denominar «Macizo del Ebro».

El carácter transgresivo del primer ciclo continúa durante el resto del Cámbrico inferior y parte del Cámbrico medio depositándose las Formaciones Areniscas y Pizarras del Puntón y Dolomías de Urbión, en las que se reconocen depósitos de *shoreface-offshore* y de plataforma abierta, respectivamente. La sedimentación de los calcoesquistos de Azarrulla tras el hundimiento de la Cuenca marca el final del primer ciclo y la inversión del carácter transgresivo que había caracterizado a este período.

El segundo ciclo, que se extiende desde el Cámbrico medio hasta el Tremadoc, aparece subdividido a su vez en dos ciclos menores. El primer subciclo se inicia con la sedimentación de la Formación Pizarras de Gatón, a la que sucede posteriormente la Formación Areniscas

de Vinegra, describiendo en conjunto un ciclo regresivo, y representando ambientes de *shoreface* y *foreshore* de una playa arenoso-lutítica. Esta fase regresiva del Cámbrico medio-superior se pone de manifiesto por la presencia de megasecuencias negativas descritas en el apartado de Estratigrafía

El segundo subciclo se inicia con el hundimiento progresivo de la cuenca, pasándose de ambientes de *foreshore* representados por las Areniscas de Vinegra a los de *shoreface* de las Alternancias del Najerilla, alcanzándose durante la sedimentación de estas últimas la mayor profundidad durante el Cámbrico superior. Posiblemente en el techo de esta última formación se inicia de nuevo un ciclo regresivo que culminaría con la progradación de los depósitos de *foreshore* representados por la Areniscas de Brieva del Tremadoc.

En esta zona no se ha conservado el registro fósil correspondiente al resto del Paleozoico, como consecuencia de la actuación de las distintas fases de la Orogenia Hercínica.

Los relieves así formados sufrirían un desmantelamiento, originando depósitos en zonas deprimidas. Estos están representados por los conglomerados y areniscas rojas de la Formación Buntsandstein de la base del Triásico. Progresivamente se pasa a una etapa de subsidencia generalizada con sedimentación expansiva. Todo ello en relación con la distensión que adelgaza y estira la corteza. A través de las fracturas se produce la emisión de magmatismo básico. Esta etapa viene representada por la facies Keuper con ofitas. Los sedimentos se depositaron en extensas llanuras litorales con desarrollo de lagunas efímeras salinas (*sebkhas* litorales) y sedimentación evaporítica.

El estiramiento regional se hizo todavía más importante pasándose a un modelo definitivo de subsidencia generalizada durante el Triásico más superior y el Jurásico.

En el Jurásico se reconocen una serie de discontinuidades que conforman tres grandes secuencias deposicionales:

— La primera se inicia con la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña y finaliza con la discontinuidad (que en esta zona de la Ibérica no ha sido localizada en campo) marcada por un cambio litológico brusco, a techo de la Formación Margas y Calizas de Turmiel. Dentro de ella se reconocen otras discontinuidades de menor importancia o subciclos somerizantes. El primero está representado por la Formación Calizas y Dolomías de Cuevas Labradas depositada en una plataforma interna carbonatada somera, bajo la acción del oleaje, por encima del nivel de base. Hacia el techo se produce un enriquecimiento progresivo en carbonatos que se interpreta como efecto de la progradación de las áreas más proximales dentro de la sedimentación, en el contexto de plataforma interna. El segundo subciclo se inicia con la Formación Margas grises de Cerro del Pez, que se interpreta como depositada en un ambiente protegido de la plataforma carbonatada, y culmina con la Formación Calizas bioclásticas de Barahona, a cuyo techo se desarrollan superficies ferruginosas y puntos piritosos, depositadas en un contexto de plataforma abierta somera. El tercer subciclo está formado por la Formación Margas y calizas de Turmiel, formada en la base por un tramo preferentemente margoso y a techo por una sucesión de calizas micríticas, constituyendo en conjunto una megasecuencia somerizante, originada en un ambiente de plataforma abierta, externa, en condiciones de hidrodinamismo débil y de cierta profundidad, que evoluciona hacia condiciones más someras hacia techo.

— La segunda secuencia deposicional corresponde al Dogger y está constituida por la Formación Carbonatada de Chelva, a cuyo techo queda marcada una discontinuidad con la capa de Oolitos ferruginosos de Arroyofrío (Calloviense sup-Oxfordiense inf. ?). En la Formación Carbonatada de Chelva se diferencian tres miembros que corresponden a distintas posiciones en la cuenca. El primero, el inferior, formado por una sucesión potente de calizas micríticas (Bajociense), corresponde a depósitos de una plataforma somera, abierta, y bien comunicada y con fondo muy colonizado. El miembro medio, formado por calizas oolíticas y bioclásticas con estratificación cruzada (Bathoniense), corresponde al complejo de barras y canales de una plataforma interna, somera, en condiciones de alto hidrodinamismo. El miembro superior formado por una alternancia rítmica de caliza y margas negras (Calloviense), corresponde a la sedimentación en una plataforma abierta de suave pendiente, con episodios de sedimentación en los que alternan fases activas y fases de relleno condicionado.

— La tercera secuencia deposicional del Jurásico corresponde al Malm. El límite inferior coincide con el Oolito ferruginoso de Arroyofrío (tránsito Dogger-Malm), y el superior con el inicio de aportes detríticos pertenecientes a la Formación Purbeck y originados como respuesta a las primeras fases Neokimméricas. Este gran ciclo se subdivide en dos subciclos menores. El inferior, representado por las calizas y margas negras de la Formación Calizas negras de Aldealpozo, corresponde a un ambiente de sedimentación de plataforma abierta, y relativamente profunda, que finaliza en un *hard-ground* que nos marca una discontinuidad sedimentaria. El superior, representado por una sucesión de calizas bioclásticas y fosilíferas, en ocasiones con facies bioconstruidas, corresponde a un complejo arrecifal progradante, de edificios bioconstruidos, a cuyo techo se desarrolla una costra ferruginosa que marca el episodio de interrupción y/o emersión, sobre el que sitúan las facies continentales palustres del complejo Purbeck-Weald de la Sierra de Cameros.

La reactivación tectónica que se produce en esta época ocasionaría el desarrollo de grandes áreas emergidas por una parte y cuencas muy subsidentes por otra, controladas por la actuación de fracturas tardihercínicas que conformarían una cuenca de tipo *pull-apart* como es la Cuenca de Cameros en la Cordillera Ibérica.

En el complejo sedimentario de facies continentales del Purbeck-Weald pueden diferenciarse cuatro grandes ciclos separados por discontinuidades sedimentarias que pueden corresponder a períodos de erosión y/o no sedimentación.

— El primer ciclo (Kimmeridgiense-Berriasiense) comprende dos grupos de unidades litológicas. Las inferiores de naturaleza detrítica están formadas por conglomerados, areniscas y limos, que se distribuyen formando secuencias granodecrecientes, «Grupo Tera». Corresponden a depósitos medios y distales de abanicos aluviales. Los términos gruesos pertenecen a canales de baja sinuosidad y los finos a facies de llanura de inundación, con desarrollo de episodios efímeros de encharcamiento que dan lugar a nodulizaciones carbonatadas. Estas unidades detríticas están distribuidas preferentemente por la zona norte y este de Cameros.

La unidad superior es de naturaleza carbonatada «Grupo Oncala», y procede en parte de la anterior por cambio lateral de facies. La secuencia tipo de estos depósitos está constituida en la base por depósitos en fase de sedimentación activa con niveles erosivos o canalizados



y montículos de fango, seguida de una fase de acumulación con micritas tableadas. Por encima se sitúan las facies de colmatación e interrupción con laminación algal, porosidad fenestral, suelos hidromorfos, calizas palustres, brechificación, etc. Estos procesos tendrían lugar en áreas lacustres extensas y poco profundas, generalmente de baja energía.

— El segundo ciclo (Valanginiense) se inicia con una profunda reorganización de la cuenca, como consecuencia de movimientos tectónicos. Estos fenómenos determinan el que las unidades litológicas de este ciclo, «Grupo Urbión», se apoyen mediante discordancia erosiva sobre las precedentes. Comprende dos grupos de unidades litológicas. Las inferiores, de naturaleza detrítica, están formadas por areniscas y limolitas con esporádicas intercalaciones carbonatadas. Los niveles más inferiores se encuentran afectados de un metamorfismo de baja presión y alto gradiente geotérmico (100-150 °C/km), cuyo origen se asocia a la ascensión de fluidos a través de fracturas que compartimentaban la cuenca de tipo *pull-apart*. La distribución de ambientes durante esta época estuvo condicionada por accidentes tectónicos que actuaron durante la sedimentación de este ciclo y que provocó una mayor tasa de subsidencia en la zona meridional, mientras que la reactivación en la áreas marginales provocaba un incremento progresivo de la actividad fluvial.

Las unidades superiores, de naturaleza carbonatada, proceden en parte de las anteriores por cambio lateral de facies. Están caracterizadas por calizas micríticas y calizas arenosas con estructuras tipo «slumps», deformaciones hidroplásticas y secuencias de somerización. La sedimentación tendría lugar en áreas lacustres poco profundas.

— El tercer ciclo (Valanginiense-Hauteriviense) está formado por una serie alternante de calizas micríticas y margas («Grupo Enciso»), entre las que se intercalan niveles arenosos, a veces claramente canalizados con estructuras tractivas, que se hacen más potentes y frecuentes hacia la zona occidental. Estos depósitos son debidos a procesos sedimentarios en áreas marginales o lacustres muy someras y tranquilas, posiblemente una llanura de fangos con depósitos de carbonatos en su parte distal y surcada por pequeños canales distributarios de material terrígeno.

— El cuarto ciclo (Barremiense-Aptiense) está formado por una serie detrítica en la que se puede diferenciar dos subciclos, que en conjunto representan una reactivación progresiva en el área madre. El inferior está constituido por arcillas y limolitas rojas, con capas de areniscas que pertenecen a depósitos de una llanura aluvial distal, surcada por ríos de alta sinuosidad. El superior, constituido mayoritariamente por areniscas con limolitas intercaladas y que se disponen en secuencias negativas, a cuyo techo se desarrollan costras ferruginosas y rasgos edáficos, representa en conjunto una llanura aluvial con predominio de canales de elevada sinuosidad. Estos depósitos colmatarían las zonas deprimidas de los paleorrelieves en el Aptiense.

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.

Durante el Cretácico superior el régimen deposicional es marino en toda el área estudiada.

En función del estudio sedimentológico de las facies y de sus asociaciones correspondientes a las distintas formaciones descritas y de las discontinuidades existentes, se pueden diferenciar tres ciclos evolutivos o secuencias deposicionales.

— Ciclo I: Secuencia deposicional Cenomaniense. Esta secuencia deposicional está integrada por la Formación de Santa María de las Hoyas; tiene su inicio durante el depósito de la Formación Utrillas, y su techo viene marcado por la discontinuidad a techo de la misma.

Es de naturaleza transgresiva y se caracteriza por la instalación de una plataforma interna-llanura de mareas carbonatada con débil influencia terrígena sobre los ambientes continentales a transicionales de las arenas de Utrillas.

— Ciclo II: Secuencia deposicional Cenomaniense superior-Turonense. Descansa sobre la discontinuidad de techo de la secuencia anterior. Está integrada por las formaciones de Picofrentes y Muñecas y tiene su límite superior en la discontinuidad representada por la superficie ferruginosa perforada de techo de la Formación Muñecas.

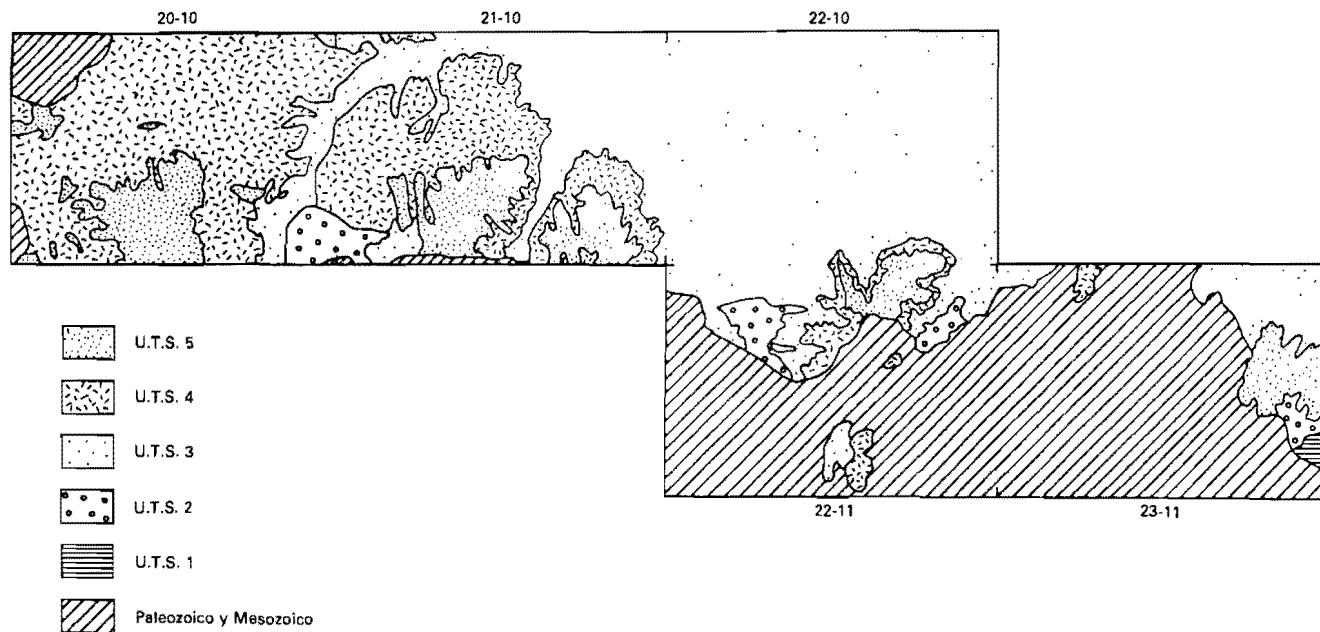
Su evolución es transgresivo-regresiva, comenzando por una reestructuración o basculamiento de la plataforma que permite el avance del mar en condiciones de plataforma abierta externa, señalando el máximo transgresivo. La progradación de los depósitos bioclásticos de plataforma interna de alta energía marca el episodio regresivo.

— Ciclo III: Secuencia deposicional Senoniense. Su base la constituye la discontinuidad de techo de la Formación Muñecas, que puede abarcar un intervalo temporal Turonense superior-Coniacense basal. La integra las formaciones del Senoniense, estando aquí representadas por las de Hortezielos y Hontoria del Pinar. El resto de las formaciones que representan el Campaniense y Maastrichtiense no están presentes. El límite superior coincidiría con el de la regresión finicretácica ausente en esta región.

En la presente zona esta secuencia sólo está representada en su episodio transgresivo que aparece en su inicio, base de la formación de Hortezielos, como una nueva reestructuración de la plataforma a condiciones de plataforma abierta y evolucionando durante el depósito de esta unidad, con carácter levemente regresivo hacia condiciones de plataforma interna. El depósito de la Formación Hontoria del Pinar marca una nueva etapa transgresiva hacia condiciones energéticas del borde de la plataforma durante el Santoniense superior.

Aunque no afloran sedimentos del Paleoceno y Eoceno, por el conocimiento regional podemos resaltar que como consecuencia de las fases regresivas iniciadas a finales del Cretácico superior, en la mayor parte de la cuenca el Paleoceno comienza por facies no marinas, salobres o transicionales con sedimentación de dolomías. El Montense y Thanetiense tiene carácter marino franco con deposición de calizas y calcarenitas en un medio nerítico (40-50 m de profundidad). Existe una discordancia preluteciense. Al final del Eoceno los Montes Obarenes y la Sierra de Cantabria sufrieron ya un plegamiento relativamente intenso, con cabalgamiento hacia el Sur (Fase Pirenaica), que motivó la separación del surco oligo-mioceno del Ebro-Rioja de la depresión de Miranda-Treviño, y que tiene su reflejo en áreas próximas (Cuencas de Villarcayo, Valdivielso, etc.).

Durante el Oligoceno y Neógeno tiene lugar una sedimentación de carácter continental muy subsidente en las cuencas o cubetas antes citadas (más de 3.000 m en la Cuenca del



***Esquema de distribución geográfica de las U.T.S. del Terciario del área meridional de La Bureba y zona suroccidental de La Rioja.***

Ebro-Rioja y más de 1.500 m en la Cuenca de Villarcayo). Se han diferenciado hasta cinco unidades tecto-sedimentarias (U.T.S.) en los sedimentos de esta edad.

Mediante su depósito se produce el relleno de la cuenca alta del Ebro (Rioja), que queda definida por la Sierra de Cantabria, al Norte, la de La Demanda, al Sur, y los relieves menos significativos de Quintanavides-Atapuerca, al Oeste, que constituyen el cierre de la misma y su límite con la cuenca terciaria del Duero.

Con este dispositivo paleogeográfico comienza el desmantelamiento de los marcos montañosos, cuya primera evidencia en la zona corresponde a los sedimentos de la U.T.S. núm. 1, que aflora exclusivamente en el borde sur-oriental de la Hoja de Munilla, en las proximidades de Arnedo.

Las otras cuatro U.T.S. reconocidas en la zona corresponden a aportes predominantemente meridionales, aunque los relieves menores situados a Occidente también proveen de materiales a la cuenca, si bien en mucha menor medida.

La evolución de facies observadas en las U.T.S. núm 3 y 4 señala la procedencia claramente meridional de los abanicos, pero con tendencia a evolucionar en las unidades medio-distales hacia el Este. La abundante presencia de facies evaporíticas en la zona más occidental (Hoja de Belorado) la interpretamos como generada a partir de aportes excepcionales relacionados con dichos abanicos, que al no ser capaces de evacuar por sus cauces normales la totalidad del agua existente, propiciaban la existencia de desbordamientos. Parte de ellos se dirigían hacia el Oeste, donde al no existir drenaje posible, por la presencia de los relieves occidentales antes citados, se producía un encharcamiento más o menos temporal que provocaba la sedimentación de las facies evaporíticas.

En el momento de la deposición de la quinta U.T.S., también con procedencia meridional, dichos relieves se encontraban ya tan degradados que posibilitaban en esta zona occidental la comunicación entre las actuales cuencas del Ebro y Duero.

El Plioceno más alto parece estar representado en la mayor parte del área estudiada por alteraciones edáficas que afectan a los materiales existentes y solamente en la Hoja de Nájera se han reconocido sedimentos tipo raña.

Durante el Cuaternario impera un modelado de disección al que se asocian depósitos propios de él, glaciares, terrazas y abanicos.

## **5. GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1. MINERIA Y CANTERAS**

En la Hoja de Munilla son escasas las labores mineras.

Con actividad en el presente sólo se pueden reseñar dos canteras situadas en las proximidades de Leza del Río Leza. La primera de ellas aprovecha los materiales evaporíticos de las facies Keuper en la fabricación de yeso, funcionando periódicamente. La segunda, justo

junto al pueblo, extrae las calizas oolíticas del Dogger para utilizarlas como áridos de construcción.

Existen también otras antiguas explotaciones actualmente abandonadas. En la esquina SE de la Hoja, en las faldas de Peñalmonte, se han extraído los lignitos asociados a la facies Utrillas. En las cercanías de Jubera, en el paraje denominado Túneles del Moro, existe una antigua explotación de Galena. El mineral arma en las carniolas y brechas dolomíticas del Jurásico basal, justo en el contacto cabalgante del mismo sobre los conglomerados terciarios de la unidad de Islallana.

Por último hay que reseñar la presencia de abundantes indicio de pirita en los materiales del Purbeck-Weald, principalmente en el Grupo Enciso, aunque desde el punto de vista minero es difícil que puedan presentar interés económico.

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

En la Hoja de Munilla son tres las unidades geológicas a considerar como potenciales acuíferos susceptibles de investigación.

Por una parte la franja de materiales jurásicos, predominantemente carbonatados que, además, se encuentran intensamente tectonizadas, por lo que presentan también una interesante permeabilidad por fractura. Un estudio de detalle en estas áreas permitiría con seguridad la obtención de caudales notables eligiendo las zonas con mayor superficie de recarga, así como la posible existencia de fallas colectoras.

En segundo lugar debe citarse el conjunto de sedimentos detríticos terciarios existentes en la zona oriental de la Hoja. La presencia de intercalaciones en la serie de litología arenosa y/o conglomerática permite suponer la presencia de niveles, si bien posiblemente poco extensos y no comunicadas entre sí. De cualquier modo, la naturaleza, en muchos casos lutítica, de la matriz dificultaría la capacidad de almacenamiento y, por tanto, la obtención de caudales importantes en la mayor parte de los casos. La unidad detrítica que corona la serie terciaria (Cabimenteros) presenta una extensa área de recarga y su naturaleza litológica es propicia para el almacenamiento de agua. Tiene el inconveniente de que por su disposición topográfica debe estar siendo drenada de forma natural, funcionando como acuífero libre, lo que disminuye su interés potencial.

Por último, debe citarse la probabilidad de que los materiales detríticos del techo de la serie wealdica puedan, localmente, constituir acuíferos de cierto interés, si bien la abundante presencia de niveles de litología arcillosa y limolítica exigiría una selección previa de áreas donde la componente granulométrica más gruesa fuera dominante.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALONSO, A. y MAS, R. (1988): «El Jurásico superior marino en el sector Demanda-Cameros (La Rioja-Soria)». *III Col. Est. Paleog. Jurásico España*. Logroño. Libro de Resúmenes, págs. 5-8

- ALVAREZ SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ, N., y SACRISTÁN, M. A. (1987): «Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain». *Münchuer Geowiss. Ahh.*, 10, págs. 43-48.
- BEUTHER, A. (1965): «Geologische Untersuchungen in Wealden und Utrillas-Schichten im Westteil der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten)». *Beih. geol. Jb.*, 44, págs 103-121.
- BOQUERA, J.; GIL SERRANO, G., y ZUBIETA, J. M. (1978): «Mapas y Memoria de la hoja geológica número 240 (Ezcaray). MAGNA». *IGME*, págs. 1-50.
- CÁMARA, P. y DURÁNTEZ, O. (1981): «Mapa y Memoria de la Hoja geológica 1:50.000 número 280 (Enciso) MAGNA». *IGME*, págs 1-27.
- CÁMARA, P. y DURÁNTEZ, O. (1982): «Mapa y Memoria de la Hoja geológica 1:50.000 núm 279 (Villoslada de Cameros). MAGNA». *IGME*, págs.1-38.
- CASTIELLA, J. (1975): «Mapas y Memoria de la hoja geológica 1:50.000 núm. 204 (Logroño), MAGNA». *IGME*, págs. 1-21.
- CASTIELLA, J.; SOLE, J., y VILLALOBOS, L. (1975): «Mapa y Memoria geológica de la hoja 1:50.000 número 243 (Calahorra) MAGNA». *IGME*, págs. 1-27.
- CLEMENTE, P., y ALONSO, A. (1988): «Estratigrafía del Cretácico inferior en la Sierra de Cabrejas, borde meridional de la Cuenca de Cameros, Prov. Soria. Sedimentología de la unidad basal». *II Congr. Esp. Geol.*, 1, págs 63-65.
- COLCHEN, M. (1974): «Geologie du la Sierra de La Demanda (Burgos-Logroño) Espagne». *Memoria IGME* núm. 85, págs. 1-436.
- CRUSAFONT, M.; TROYOLS, J., y RIBA, O. (1966): «Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja» *Not. y Con. IGME*, núm. 90, págs. 53-76.
- DÍAZ, E. (1988): «El Cretácico inferior del sector de Jubera (Norte de la Sierra de Los Cameros, La Rioja): Relación entre tectónica y sedimentación». *II Cong. Esp. Geol.*, 1, págs 67-70.
- GARRIDO, A. (1982): «Cuencas sedimentarias. análisis tectosedimentario». *Curso Explor. Explot. Hidrocarb. (SICUE)*, págs. 1-27.
- GIL SERRANO, G.; ZUBIETA, J. M., y BOQUERA, J. (1976): «Mapa y Memoria de la hoja geológica número 239 (Pradoluengo) MAGNA». *IGME*, págs. 1-48.
- GONZALO MORENO, A. (1981): «El relieve de La Rioja. Análisis de Geomorfología estructural». *Bibl. Temas Riojanos*, Inst. Estudios Riojanos, págs. 1-508.
- GOY, A.; GOMEZ, J.J., y YÉBENES, A. (1976): «El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte). Unidades litoestratigráficas». *Est. Geol.*, 32, págs. 391-423.
- GOY, A., y SUÁREZ VEGA, J. C. (1984): «El Jurásico». *Libro Jubilar J.M. Ríos.*, 2, págs. 62-79.
- GUIRAUD, M., y SEGURET, M. (1985): «A releasing solitary overstep model for the Late Jurassic-Early Cretaceous (Wealdian) Soria strike-slip Basin (Northern Spain)». *Bull. Soc. Econ. Paleon. Miner.* 37, págs. 159-175.

- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. (1949): «Criaderos de mineral de hierro de la Sierra de La Demanda. (Burgos-Logroño)». *Rev. R. Acad. Cienc. Ex. Fis. y Nat.*, 9, págs. 1-51.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1971): «Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Explicación de la hoja núm. 21, Logroño». *Inst. Geol. Min. Esp.*, págs. 1-30.
- JEREZ, L., y ESNAOLA, T. (1969): «Estudio geológico de la provincia de Logroño». *IGME* (inédito), 4 volúmenes.
- KNEUPER-HAACK, F. (1965): «Ostracoden aus dem Wealdem der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten)». *Beih. geol. Jb.*, 44, págs. 165-209.
- MAS, R., y ALONSO, A. (1988): «El complejo recifal progradante de Torrecilla en Cameros (Kimmeridgiense inferior)». *III Col. Estr. Pelog. Jurásico España*. Libro excursiones, págs. 315-329.
- MENSINK, H. (1965): «Stratigraphie und Paläogeographie des marinen Jura in den nordwestlichen Iberische Ketten (Spanien)». *Beih. geol. Jb.*, 44, págs. 55-102.
- NAVARRO, A.; VILLALÓN, C., y TRIGUEROS, E. (1960): «Explicación de la hoja geológica número 241 (Anguiano)». *IGME*, págs. 1-79.
- PALACIOS, P., y SÁNCHEZ LOZANO, R. (1985): «La formación Wealdense en las provincias de Soria y Logroño». *Bol. Com. Mapa Geol. España.*, 12, págs. 109-140.
- PÉREZ LORENTE, F. (1987): «La estructura del borde Norte de la Sierra de Cameros (La Rioja)». *Bol. Geol. Min.*, 98-4, págs. 484-492.
- PÉREZ LORENTE, F. (1988): «Heterogeneidad de un borde cabalgante, la asociación de Domo y Cubeta en Torrecilla (Sistema Ibérico, La Rioja)». *Geogr. Geol. Esp.* V. 2, págs. 173-175.
- RAMBAUD, F. (1960): «La falla inversa del borde Norte de la Sierra de la Demanda en el cerro Pañelba (Logroño)». *Bol. R. Soc. Esp. His. Nat.*, págs. 238-298.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. (1969): «Síntesis estratigráfica y micropaleontológica de las facies Purbeckiense y Wealdense del Norte de España». *CIEPSA*. págs. 1-68.
- RIBA, O. (1954): «El Terciario continental de La Rioja Alta y de La Bureba». *CIEPSA* (inédito), págs. 1-76.
- RIBA, O. (1955): «Sobre la edad de los conglomerados terciarios del borde Norte de las Sierras de La Demanda y Cameros». *Not. y Com. IGME* núm 39, págs. 39-50.
- RIBA, O. (1957): «Nuevas observaciones sobre el Terciario continental del Valle del Ebro». *CIEPSA* (inédito), págs. 1-33.
- RIBA, O. (1964): «Estructura sedimentaria del Terciario continental de la Depresión del Ebro en su parte Riojana y Navarra». *XX Cong. Geograf. Int.*, págs 127-138.
- RINCÓN, R.; VILAS, L.; ARIAS, C.; GARCÍA QUINTANA, A.; MAS, J. R., ALONSO, A., y MELÉNDEZ, N. (1984): «El Cretácico de las cordilleras intermedias y borde de la meseta». *Libro Jubilar J. M. Ríos*, 2, págs. 79-103.

- SAENZ GARCÍA, G. (1932): «Notas para el estudio de la facies Wealdica Española». *Asoc. Esp. Prog. Ciencias*, págs. 54-76.
- SALOMÓN, J. (1982): «Les formations continentales du Jurassique superieur-Cretacé inferieur en Espagne du Nord (Chaine Cantabrique et NO Iberique)». *Mem. Geol. Univ. Dijon.*, 6, págs. 1-228.
- SALOMÓN, J. (1982): «El Cretácico inferior de Cameros-Castilla». *El Cretácico de España* Univ. Compl. Madrid, págs. 345-387,
- SÁNCHEZ LOZANO, R. (1984): «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño». *Mem. Mapa. Geol. España*. Madrid.
- SCHRIEL, W. (1945): «La Sierra de la Demanda y los montes Obarenses». *Inst Juan Sebastián Elcano*. C.S.I.C., Madrid.
- TISCHER, G. (1965): «Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der Ostlichen Sierra de los Cameros in den nord-westlichen Iberischen Ketten (Spanien)». *Berh. geol. Jb.*, 44, págs. 123-164.

## Addenda bibliográfico

- AITKEN, R. (1932): «Datos geológicos sobre el Norte de la Demanda». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 82, pág. 309.
- AITKEN, R. (1942): «La Sierra de la Demanda (Burgos, Spain): note of the tectonics of the northern margin». *Geol. Mag.*, 79, págs. 34-48.
- ALVARO, M. (1987): «La subsidencia tectónica en la Cordillera Ibérica durante el Mesozoico». *Geogaceta*, 3, págs. 34-37.
- ALVARO, M.; CAPOTE, R., y VEGAS, R. (1979): «Un modelo de evolución geotectónica por la Cadena Celtibérica». *Acta Geol. Hisp.*, 14, págs. 174-177.
- LAGO, M., POCOVÍ, A., BASTIDA, J., y AMIGO, J. M. (1988): «Geochemical feactures of alkoline magmatism in the Triassic-Liasic boundary of the Iberian Chain». *II Congr. Esp. Geol.*, 2, págs. 31-34.
- LOTZE, F. (1929): «Stratigraphie und Tektonik der Keltiberischen Gaundgebirgen (Spanien)». *Abh. Ges. Wiss., Göttingen, Math, phys. Kl., W.F.*, 14, Beitr, Geol. Westl. Mediterrange-liete, Nr. 3. Berlín.
- LOTZE, F. (1939) «Zür tecktonik der östlichen Sierra de la Demanda (Kurzere Mitteleinlungen zur Geologie Spanien II)». *Neues Pb. Geol. Palaöntol., Monatsh, Dtsch.*, 79, págs. 385-391





Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España