



319

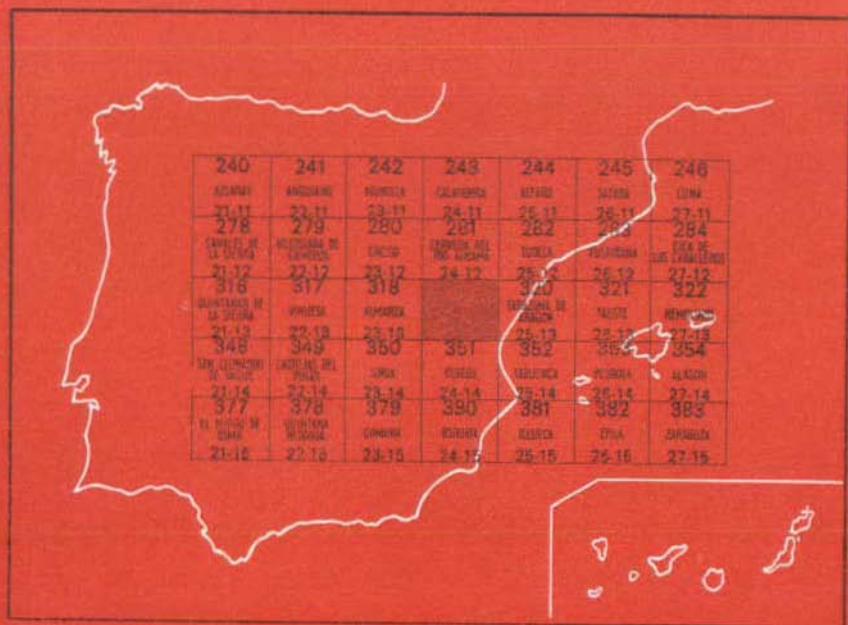
24-13

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

AGREDA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

AGREDA

Segunda serie - Primera edición

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por GEOTECNIA, S. A., bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido los siguientes técnicos superiores:

En la *Memoria*: Jesús Rey de la Rosa y Sebastián Rivera Navarro.

En *Sedimentología* y *Columnas estratigráficas*: Angela Alonso, Alvaro García, José Ramón Más y Ricardo Rincón.

En *Micropaleontología*: Luis Granados.

En *Macropaleontología*: Indalecio Quintero Amador y Hermenegildo Mansilla.

Estudios metalogénicos de probeta pulida: Casilda Ruiz.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero 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.

Servicio de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Depósito Legal: M - 24.844 - 1981

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

INTRODUCCION

La Hoja 319 se sitúa en un entorno geológico que pertenece a la parte más septentrional del dominio de las Cadenas Ibéricas.

En ella se encuentran representados materiales atribuidos al Mesozoico, Terciario y otros más recientes.

El Mesozoico está constituido por dos facies de características bien distintas: una marina, y otra cuyo proceso sedimentario ocurrió dentro del ámbito de un extenso delta fluvial, con influencias marcadamente continentales, se trata de la «facies wealdica» de anteriores autores.

El Terciario es en su totalidad continental, así como los materiales más recientes, pertenecientes al Plioceno y Cuaternario, representados por rañas en el primer caso, y materiales fluviales y coluviones en el segundo.

El estudio de estos materiales se ha realizado con base a escasas publicaciones recientes, ya que la mayoría de las existentes son demasiado antiguas, aún dentro de la indiscutible calidad que en su tiempo tuvieron, o bien no atienden exactamente a la región que nos ocupa.

Sin embargo, deben mencionarse nombres como ARANZAZU, PALACIOS y LOZANO, P. FALLOT, C. SAENZ, J. M. RIOS, I. QUINTERO, E. TRIGUEROS y otros que de alguna manera iniciaron los primeros estudios sobre esta región de la Cordillera Ibérica, o sobre la totalidad de la misma.

Finalmente, diremos que las publicaciones más recientes con las que se cuenta y que son de un gran valor, corresponden a los autores: A. BEUTHER, H. DAHM, F. KNEUPER-HAAK, F. MENSINK y G. TISCHER, así como P. BRENNER y J. WIEDMANN, cuyos trabajos se centran en general en el estudio de las características estratigráficas, sedimentológicas, paleontológicas, etc., del delta wealdico de la Cuenca de Cameros (Cordillera Ibérica Occidental) y sus enlaces tectónicos.

1 ESTRATIGRAFIA

1.1 JURASICO MARINO

El Jurásico marino en esta Hoja está constituido por materiales eminentemente calizos, sin que aparezcan series margosas como en sectores adyacentes. También cuenta la serie con abundantes episodios detríticos y alguno limoso a lo largo de ella y sobre todo lateralmente hay un paso gradual por cambio de facies y se convierte en una serie clástica casi exclusivamente. Este hecho es reflejo directo de la influencia que sobre el depósito de los materiales ha tenido el juego en bloques del zócalo durante la sedimentación.

1.1.1 BAJOCIENSE-BATHONIENSE (Js₂₂₋₂₃ y J₂₂₋₂₃)

En el límite Sur de la Hoja se ha diferenciado el tramo más bajo de la serie (Js₂₂₋₂₃) que comprende. Está constituido por calizas en bancos de 30 a 40 cm., bien estratificadas, que al microscopio son biomicritas arcillosas y arenosas bastante recrystalizadas.

Estos materiales se cortan en la carretera de Agreda a Aldehuela de Agreda y ocupan el núcleo de un anticlinal cuyo cierre periclinal es lo único que queda representado en la Hoja.

La fauna encontrada, ammonites y belemnites, ha sido escasa y de difícil extracción.

En el núcleo del anticlinal de Pégado y en el fondo del cauce del río Fuentesrún, junto al pueblo de Añavieja, aparecen también unas calizas de color negro en capas de 20 a 40 cm. que forman paquetes de 1 a 2 m. Se trata de biomicritas arcillosas con filamentos (pelecípodos) parcialmente recrystalizadas y dolomitizadas (J₂₂₋₂₃).

La potencia máxima visible es de unos 40 m. y la fauna encontrada consta de ammonites, belemnites y filamentos.

La posición relativa con el tramo descrito anteriormente no está clara, debido a que en aquel sector se pasa insensiblemente del tramo Js₂₂₋₂₃ al J₂₄₋₃₂ sin interrupción aparente, mientras que en el sector que ahora estudiamos a techo del tramo J₂₂₋₂₃ aparece otro (Jc₂₃₋₂₄ descrito más adelante) que allí no existe.

Dado que las observaciones de campo no permiten discernir con exactitud la relación que existe entre los materiales de uno y otro afloramiento es por lo que optamos por diferenciarlos en dos tramos distintos, aunque existe gran posibilidad de que sean dos conjuntos de la misma unidad, a través de una correspondencia lateral.

1.1.2 BATHONIENSE-CALLOVIENSE (Jc₂₃₋₂₄ y Jcl₂₃₋₂₄)

Sobre las calizas del tramo J₂₂₋₂₃ y exclusivamente en el área del anticlinal de Págado, se sitúa un paquete de 43 m. de potencia que da un resalte importante en el campo. Son calizas masivas que hacia el techo adquieren una estratificación mejor definida. Al microscopio son pelsparitas e intraesparitas oolíticas con fósiles (ammonites, filamentos).

En la parte superior de este tramo aparecen unos niveles detríticos con abundantes granos de cuarzo y en el techo de todo el paquete se localiza una costra ferruginosa; aunque es probable, las condiciones del afloramiento no permiten afirmar que se trata de un «hard-ground».

En el extremo oriental de la Hoja, en el cauce del río Cajo, existen unas calizas limosas de color verduzco con abundantes cristales de pirlita (Jcl_{23,24}). En el tramo más bajo que puede verse en aquel sector y por su posición estratigráfica se le ha asignado la edad Bathoniense-Calloviense, ya que no se ha encontrado fauna que permita una datación más exacta.

1.1.3 CALLOVIENSE-KIMMERIDGIENSE (J₂₄₋₃₂ y Jg_{24,32})

Sobre las calizas masivas del Bathoniense-Calloviense, se sitúa una grosera alternancia irregular de calizas y areniscas (J₂₄₋₃₂), en la parte central y oriental del área estudiada, que lateralmente pasa a una serie detrítica (Jg_{24,32}).

En el corte del Cerro de San Blas (de coordenadas: muro X = 742.563, Y = 810.883; techo X = 742.875, Y = 809.312) las calizas son de colores grises y presentan una estratificación muy variable, masivas, tableadas y lamosas, cuyo espesor varía de 5 a 40 cm. Son oomicritas, biomicritas, pelmicritas, micritas y esparitas con fósiles, por lo general arcillosas (0 al 17 por 100) y arenosas (0 al 32 por 100), que se presentan parcialmente recristalizadas y dolomitizadas.

Localmente aparecen estratificaciones oblicuas difusas, estromatolitos de algas y huellas de bloturbación. Son por lo general bastante fosilíferas, con ammonites, esponjas, gasterópodos, pelecípodos, filamentos, fragmentos de equinodermos, foraminíferos, algas y briozoos.

Las areniscas son de colores grises, en ocasiones con tonos ocre y se presentan también con una estratificación muy variada. El contenido en carbonatos es relativamente alto y contienen fósiles como equinodermos y ammonites.

La potencia máxima del tramo que corresponde al corte estudiado es de 340 m.

En la parte más oriental de la Hoja, en las cercanías y al sur de Valdegutur (coordenadas: X = 747.598, Y = 820.467) estas calizas son muy detríticas y bastante bituminosas.

La facies detrítica, constituida por areniscas y areniscas calcáreas (Jg₂₄₋₃₂), se encuentra representada al oeste de la Hoja en toda la Sierra del Madero. En los niveles más carbonatados se encuentran normalmente bastantes restos fósiles (pelecípodos, gasterópodos, etc.). La potencia total visible en este área es de 275 m.

1.1.4 KIMMERIDGIENSE (J₃₂ y Jcl₃₂)

El Kimmeridgiense constituye el techo de la serie marina del Jurásico. Se ha estudiado en los cortes del Cerro de San Blas (coordenadas: muro X = 742.563, Y = 810.883; techo X = 742.875, Y = 809.312) y de la carretera a Añavieja (coordenadas: muro X = 740.730, Y = 807.114; techo X = 741.474, Y = 806.692).

Se trata, en el caso del primer tramo (J₃₂), de calizas pararecificales, de colores grises y beige en bancos gruesos de hasta más de 1 m., oolíticas y muy fosilíferas, bastante recristalizadas y dolomitizadas. Cabe destacar la abundancia de corales coloniales y solitarios, equínidos, crinoides, algas coralinas, «algall balls», briozoos, gasterópodos, etc.

Frecuentemente estas calizas tienen terrígenos de tamaño grava y en el flanco oriental del anticlinal del Pégado el porcentaje de granos de cuarzo aumenta considerablemente, hasta que las calizas quedan totalmente enmascaradas, en un paso gradual, para cambiar de facies, lateralmente, al tramo inferior de la facies Purbeck-Weald. De esta manera, en el flanco oeste del mismo anticlinal, desaparecen casi totalmente las calizas. Asimismo en la parte más oriental de la Hoja, puede verse cómo el tramo inferior clástico de la facies Purbeck-Weald, presenta indentaciones bien desarrolladas, que se intercalan entre los materiales carbonatados del tramo J₂₄₋₃₂.

La potencia es muy variable. El máximo valor lo consigue en la carretera de Añavieja, donde alcanza los 190 m. En el corte del cerro de San Blas, la potencia oscila alrededor de los 50 m. En la Sierra del Madero y en la parte SE de la Hoja disminuye considerablemente de espesor, y llega incluso a desaparecer.

Sobre el tramo de calizas pararecificales aparece, en la parte más meridional de la Hoja, un tramo discontinuo (Jcl₃₂) constituido en el sector sudoriental por calizas recristalizadas blancas, con una potencia que oscila alrededor de los 10 m., y en el sector sudoccidental (Sierra del Madero), por calizas blancas, limosas con terrígeno de tamaño grava y fundamentalmente limo. Allí llegan a alcanzar los 50 m. de potencia.

1.2 JURASICO Y CRETACICO CONTINENTALES O EN FACIES «PURBECK-WEALD»

Los materiales Mesozoicos en facies continental se encuentran extensamente representados y ocupan la mayor parte de la Hoja.

La potencia de estos materiales es bastante considerable y se alcanzan valores, dentro de la Hoja, de hasta 3.000 m., si bien el espesor total de los mismos supera con creces los límites de ésta y su consideración total únicamente puede hacerse a nivel regional.

Esta potente serie de sedimentos continentales de ambiente deltaico está representada por una variable gama de conglomerados cuarcíticos, cuarzoarenitas, arenistas en general, limos, limonitas, calizas y margas que presentan colores muy vistosos y diversos.

Esta gran formación continental había sido atribuida al Cretácico Inferior en facies Weald. El estudio de TISCHER, BEUTHER y KNEUPER-HAAK en la Sierra de Cameros, puso de relieve la edad Jurásico de parte de estos materiales. TISCHER denominó a este sistema como «facies wealdica», queriendo señalar que es una facies wealdense en sentido cronológico muy alto.

De los trabajos realizados por estos autores, resulta que dichos materiales wealdicos son susceptibles de una división en grupos, merced a sus características litológicas. Esta división se sustenta en la preponderancia de facies clásticas que se repiten tres veces y se llega así a la subdivisión en cinco grupos, que son: (1) Tera, (3) Urbión, (5) Oliván, caracterizados por el predominio de sedimentos clásticos, con importantes series conglomeráticas, y los grupos (2) Oncala y (4) Enciso, que tienen también importantes series calizas.

Los grupos representan divisiones con significado regional. Están separados unos de otros por superficies, que si bien no son totalmente isócronas (a nivel regional), si lo son aproximadamente (consideradas a escala menor, como lo es la de una Hoja), teniendo en cuenta además el carácter de sedimentación rápida. Los subgrupos o tramos diferenciados, por el contrario, tienen un significado restringido de facies locales; están separados unos de otros por superficies totalmente diácronas.

Sobre la base del estudio de BRENNER y WIEDMANN, a partir de ahora, nos referiremos a esta facies con el nombre de facies «Purbeck-Weald», ya que si utilizamos criterios cronológicos para la denominación de facies, los dos grupos inferiores recibirían el nombre de «Facies Purbeck», dada la edad Jurásico que se le atribuye, y el resto «Facies Weald» por pertenecer al Cretácico. Pero, por otra parte, si utilizamos criterios litológicos e intentamos asimilar estos materiales con los que sirvieron para definir estas facies, nos encontramos con que, alternativamente, los cinco grupos pertenecerían a ambas, de manera que los grupos impares, Tera, Urbión y Oliván serían «Weald» dadas sus características clásticas, y los grupos pares, Oncala y Enciso, serían «Purbeck», ya que cuentan además con importantes series carbonatadas.

En nuestra Hoja están representados únicamente los tres primeros gru-

pos, esto es, Tera, Oncala y Urbión, y utilizamos esta división para la descripción de los materiales que a ellos pertenecen.

1.2.1 GRUPO 1. TERA (J1cg₃₂, J1sl₃₂, J1as₃₂, J1l₃₂ y J1s₃₂)

Sobre los materiales del Jurásico marino y de forma no totalmente isócrona, como ya hemos visto, se encuentran los sedimentos groseramente clásticos del grupo Tera.

Los niveles inferiores corresponden a conglomerados de cuarzo con matriz cuarcítica, con cantos de tamaño grava, y cuarzoarenitas. Hacia arriba en la serie, los materiales están constituidos por una alternancia irregular de conglomerados, cuarzoarenitas y limolitas (J1cg₃₂). Tiene una potencia muy variable, desde más de 150 m., en el flanco O del anticlinal, a 94 m. en el flanco E, por donde se ha realizado una de las series (coordenadas: muro X = 740.543, Y = 814.607; techo X = 741.060, Y = 818.767). Disminuye lateralmente de potencia hacia los bordes de la Hoja, llegando incluso a desaparecer bajo la Sierra del Madero.

Las limolitas tienden a ser más abundantes hacia el techo, a medida que desaparecen paulatinamente los conglomerados, lo que ha permitido diferenciar el tramo superior (J1sl₃₂) con una potencia máxima de 560 m. en el corte de Pégado. También se aprecia en su zona superior el progresivo enriquecimiento en carbonatos.

Las areniscas pueden dividirse en dos conjuntos. Las más bajas presentan como componentes casi exclusivos cuarzo y feldespato potásico, éste a veces sólo como trazas. El grano es grueso y las fracciones grava son a veces muy altas. Las areniscas de la parte superior presentan cuarzo, feldespatos calcosódicos, frecuentes micas y cloritas, tanto en tamaño arena como en matriz, y respecto a la granulometría tienen en conjunto tamaños de grano dentro de la fracción arena. Además, aparecen cementos carbonatados.

Este conjunto (J1sl₃₂) se ha podido desglosar en dos tramos en la serie del sector oriental de la Hoja (coordenadas: muro X = 747.598, Y = 820.467; techo X = 747.788, Y = 823.378), en función de la mayor abundancia de niveles limolíticos en el inferior (J1l₃₂) y de la disminución de estos en el superior (J1s₃₂) las potencias son de 50 y 30 m., respectivamente. Además, en la Sierra del Madero, la base del grupo Tera y parte del tramo superior está constituido por una alternancia de arcillas, limos y areniscas rojas muy características, con algunos niveles conglomeráticos hacia el muro (J1as₃₂). Estos materiales pasan lateralmente por cambio de facies a los del tramo (J1sl₃₂), en ese mismo sector.

1.2.2 GRUPO 2. ONCALA

Cuando el enriquecimiento en carbonatos que se observa en la parte

superior del grupo Tera toma verdadera consistencia y empiezan a aparecer estratos de calizas, se considera el tránsito al grupo Oncala.

Se han distinguido en la parte inferior del grupo Oncala cuatro tramos en cartografía en los cortes de Pégado y del antiguo ferrocarril a Agreda (coordenadas: muro X = 746.015, Y = 809.052; techo X = 748.096, Y = 809.923) que corresponden en la leyenda a J2sl₃₂, J2ls₃₂, J2lac₃₂ y J2l₃₂.

La base de cada uno de ellos viene marcada por la presencia de uno o varios bancos calizos de color ocre y de potencia variable, con abundantes terrígenos de tamaño arena y limo, muy recristalizados y dolomitizados. Encima de los niveles calizos basales, se desarrollan alternancias de niveles limolíticos, areniscosos y calizos. A medida que se asciende en la serie, van desapareciendo las limolitas y sobre todo las areniscas y quedan fundamentalmente las calizas.

La potencia de estos cuatro tramos de la parte inferior o de tránsito del grupo Oncala es de 500 m. en la serie de Pégado y de 400 m. en la del antiguo ferrocarril a Agreda. La fauna encontrada es de ostrácodos y algunos niveles con lamelibranquios.

Este conjunto, tanto hacia la parte oriental como hacia la occidental, se reduce considerablemente. Llegan a alcanzar 20 m. de espesor ya comprendidos en un solo tramo (J2c₃₂), en el corte de la carretera de Valdegutur a Cabretón en la parte oriental (coordenadas: muro X = 747.598, Y = 820.467; techo X = 747.788, Y = 823.378); allí consiste en una alternancia de niveles calizos limolíticos y areniscosos, sin poder diferenciarlos entre sí.

En la parte occidental, por otro lado, reducen su potencia a 50 m. y los niveles detríticos se hacen mayoritarios (J2cs₃₂). En este sector, en la esquina SO de la Hoja correspondiendo con estos materiales, pero sin continuidad lateral observable, aparece un nivel de micritas limosas en bancos de 50 a 60 cm., que al microscopio son biomicritas y micritas con limo y arcilla (J2c1₃₂). La potencia total visible en la Hoja es de 80 metros.

Sobre los cuatro tramos distinguidos en la parte central (Series de Pégado y del antiguo ferrocarril de Agreda), se encuentra otro superior (J2cl₃₂) constituido por calizas negras muy bituminosas con fauna de ostrácodos y algunos niveles calizos blancos con algas. La potencia máxima es de 80 m. y hacia el NE se acuña hasta desaparecer por completo.

Encima, un nuevo tramo (J2c2₃₂) formado por calizas bandeadas de tonos muy claros, en bancos gruesos (1-1,5 m.) que alcanza una potencia máxima de 50 m. También se acuña lateralmente hacia el E y desaparece como tal al cambiar de facies con los materiales inmediatamente superiores.

Estos dos últimos tramos no pueden diferenciarse entre sí en la parte más occidental de la Hoja y se distinguen en cartografía con el signo J2₃₂. Su potencia es variable y disminuye a medida que nos dirigimos hacia el O.

A partir de toda esta serie se encuentra un potente y monótono conjunto de calizas de colores claros, por lo general bien y finamente estratificadas,

de capas finas a toda la gama de láminas, en el que aparecen estructuras de huellas de carga, laminación paralela, diques clásticos y ocasionalmente ripples, laminación oblicua y marcas de burbujas. Desde el punto de vista de microfacies, son biomicritas o micritas con fósiles, generalmente arenosas (0-29 por 100) y/o arcillosas (0-28 por 100), que presentan avanzados estadios de recristalización y dolomitización, así como incipientes procesos de silicificación. En cuanto a su contenido paleontológico, queda reducido a ostrácodos y ocasionalmente caraceas.

En este conjunto superior, se distingue un tramo de gran e irregular potencia (J2c₃₂₋₃₃) constituido por calizas en láminas («lajas»), en el seno del cual aparecen, a manera de grandes lentejones, algunas intercalaciones. Es frecuente en las calizas en láminas la presencia de yesos interestratificados y rellenando diaclasas.

La primera intercalación (J2c₁₃₃) está constituida por calizas y calizas margosas de tonos oscuros, algo bituminosas. Tiene una potencia máxima de 95 metros.

Más arriba en la serie aparecen otras tres grandes intercalaciones que están formadas por alternancias de calizas brechificadas bastante compactas, que constituyen la base de cada tramo, y un paquete superior, de calizas sin brechificar (en «lajas») y mucho más deleznable. Este ciclo, o bien es único, o bien se repite dos o tres veces según una transversal u otra. Corresponden a los tramos distinguidos en la cartografía con la nomenclatura J2c₂₃₃, J2c₃₃₃, J2cc₃₃₃. En el último de ellos, aún puede distinguirse otro (J2lc₃₃₃) diferenciado lateralmente por su carácter mucho más margoso.

En la parte occidental de la Hoja se han diferenciado también dos tramos (J2cls₃₃ y J2cl₃₃) intercalado el último entre el primero, formados ambos por una alternancia de calizas en bancos (20-40 cm.) muy compactos, de color negro en corte fresco y calizas en láminas finas, también de color negro. Hacia el techo de esta formación de calizas aparece un nivel de 1,5 m. de potencia de arenisca muy compacta.

En la parte oriental de la Hoja, donde las potencias se reducen bastante, se ha diferenciado en primer lugar un paquete de unos 60 m. de potencia de calizas brechoides de aspecto ruinoso, con algunos niveles muy dolomitizados (J2c₃₃₃).

Sobre éste, y mediante cambio lateral de facies con los materiales ya descritos para el sector central, como puede verse en la leyenda litoestratigráfica, se sitúan otros tramos de bastante continuidad lateral, aunque de potencia variable.

El primero de ellos (J2cc₁₃₃) está formado por calizas ocre limosas, bastante recristalizadas. La potencia máxima es de 65 m. El segundo (J2cs₃₃₃) está formado por una alternancia de limos calcáreos y areniscas finas micáceas con una potencia de 85 m. Finalmente, el tercero (J2cc₃₃₃) son cali-

zas tableadas, limosas, algo brechoides, de color blancuzco y muy recristalizadas. Su potencia es de 80 metros.

Por encima de todos los materiales hasta ahora descritos y mediante cambio lateral de facies con algunos de ellos, se diferencia otro tramo ($J2_{33}$) de bastante continuidad lateral, aunque de potencia variable. Está formado por calizas, bien estratificadas en láminas muy compactas, de tonos beige.

Sobre el conjunto anterior, y con buen desarrollo hacia el O (hacia el E se van acuñando hasta desaparecer) aparece una nueva sucesión. En primer lugar un tramo de pocos metros constituido por calizas y margas alternantes de color negro, muy deleznales ($J2m2_{33}$); a continuación una serie formada por calizas en láminas de colores claros alternantes con láminas limosas que da al conjunto muy poca consistencia, de la que resulta una morfología con abarrancamientos muy profundos y estrechos, próximos a los del tipo «bad-lands»; corresponde al tramo señalado en cartografía con el símbolo $J2c11_{33}$. Su potencia va desde los 300 m. hasta desaparecer hacia el E.

En el techo del anterior aparecen otros dos paquetes que sirven de niveles guía en toda la parte occidental de la Hoja. El tramo $J2cm_{33}$ inferior está formado por un nivel basal de calizas tableadas (en «lajas») muy compactas, de color blanco, cuya potencia máxima es de 20 m.; y un nivel superior constituido por otros 20 m. de margas ocreas. El otro tramo ($J2c12_{33}$) está constituido por un paquete basal de 25 m. de calizas tableadas blancas; un paquete medio de 20 m. de calizas muy arcillosas negras, bituminosas y un paquete superior de 25 m. de potencia formado por limolitas negras de bastante continuidad lateral que marca muy bien el contacto con el Grupo 3, Urbión.

1.2.3 GRUPO 3. URBION ($C3c_{11}$, $C3sa1_{11}$, $C3as_{11}$ y $C3sa2_{11}$)

Sobre los materiales carbonatados del grupo Oncala mediante un paso muy neto, se encuentran los materiales clásticos del grupo Urbión.

Al menos dentro de los límites de esta Hoja, en este paso, se localiza el tránsito Jurásico-Cretácico (BRENNER, P., y WIEDMANN, J., 1974).

Este grupo se caracteriza por la presencia de areniscas y cuarcitas, con escasas intercalaciones limolíticas ocasionalmente carbonatadas. En estos términos son mucho menos abundantes las estructuras de carga, casi exclusivas en los grupos anteriores, y por el contrario, aparecen con mucha más frecuencia variadas estructuras sedimentarias (megaripples, «dunas», cantos blandos, esporádicos flasher, etc.).

Se han distinguido en cartografía varios tramos: el primero de ellos ($C3sa1_{11}$) está constituido por una potente y monótona sucesión de areniscas y cuarcitas, algunas con alto contenido en limos hasta verdaderas limolitas. El cemento es ferruginoso en general, aunque en la base es ferro-

dolomítico y la fracción terrígena es casi en su totalidad cuarzosa acompañada de micas, a veces en cantidades apreciables, sobre todo en la base.

La potencia máxima medida en la Hoja es de 460 m. En los niveles más carbonatados se ha encontrado fauna de lamelibranchios.

El tramo siguiente (C3as₁₁) viene caracterizado por ser una alternancia de areniscas, limolitas y calizas micríticas muy arenosas, que en conjunto dan una mayor incompetencia, distinguiéndose en cartografía como un tramo «blando», respecto al resto. La potencia oscila alrededor de los 25 metros.

El tramo superior (C3sa₂₁₁) es muy parecido al primero, si bien con algunas diferencias, como es el aumento en el tamaño de grano en general, la menor abundancia de micas y la disminución del tamaño limo. La potencia visible supera los 260 metros.

Es de destacar la presencia, dentro de esta facies detrítica, de una facies carbonatada que se sitúa inmediatamente encima de los tramos calizos superiores del grupo Oncala. Se encuentra representada en el sector oriental, concretamente a techo de la serie de Valdegutur a Cabretón (coordenadas: muro X = 747.598, Y = 820.467; techo X = 747.788, Y = 823.378).

Se trata de calizas bioclásticas de color negro, muy fétidas, en capas de 30 cm. a 1 m., bien estratificadas con algunas intercalaciones minoritarias limosas y arenosas. La fauna encontrada es casi exclusiva de pelecípodos, gasterópodos y ostrácodos. La potencia visible es de 160 metros.

1.3 TERCIARIO (OLIGOCENO-MIOCENO)

El Terciario en esta Hoja está extensamente representado en el tercio más oriental de la misma.

Se pueden diferenciar dos conjuntos de materiales o unidades litológicas: por un lado, un conjunto fundamentalmente conglomerático, que es el que constituye la mayor parte de los afloramientos, y otro superior, mucho más localizado, representado por un conjunto de calizas tobáceas con arcillas y areniscas en la base.

1.3.1 ALTERNANCIA DE CONGLOMERADOS, ARCILLAS Y ARENISCAS

(T₃₋₁^{A,B}, Ta₃₋₁^{A,B}, Tcg₃₋₁^{A,B} y Tb₃₋₁^{A,B})

El conjunto fundamental está constituido por una serie de conglomerados bien evolucionados, generalmente polimícticos con preponderancia de cantos calizos y limolíticos, con intercalaciones frecuentes de arcillas y limos marrones y rojizos, así como de areniscas cuarzosas (T₃₋₁^{A,B}).

Se ha estudiado la serie en el corte de la carretera de Cabretón a Valverde de Logroño (coordenadas: muro X = 748.485, Y = 823.079; techo X = 749.446, Y = 822.217).

Aparece como una sucesión de ciclos, separados por fuertes cicatrices

erosivas, que cuando están bien desarrollados presentan, de base a techo, conglomerados de cantos a veces de gran tamaño (hasta 40 cm.) con matriz arenoso-arcillosa. Sobre estos aparecen areniscas, con algunos cantos blandos, y a techo arcillas y/o limos marrones y rojizos.

Normalmente es muy raro que estos ciclos aparezcan completos, lo común es que no se encuentren las areniscas intermedias, e incluso que las cicatrices erosivas separen tramos constituidos exclusivamente por conglomerados.

Cabe destacar que, en conjunto, toda la unidad presenta polaridad positiva con granulometría decreciente hacia techo.

La potencia medida en la serie alcanza los 240 metros.

En otros sectores se ha podido distinguir un conjunto superior, constituido casi exclusivamente por conglomerados ($Tc_{3-1}^{A,B}$).

En el vértice NE de la Hoja y un poco más al S se ha diferenciado también una facies arcillosa de color rojo ($Ta_{3-1}^{A,B}$) que marca la tendencia a diferenciar el conjunto en dos unidades, una inferior arcillosa y otra fundamentalmente conglomerática superior.

Con características muy locales, se ha reconocido por último la existencia de una facies formada por brechas calizas ($Tb_{3-1}^{A,B}$) que se corta en el camino del antiguo ferrocarril a Agreda.

1.3.2 CALIZAS TOBACEAS, ARCILLAS Y ARENAS ($Tc_{3-1}^{A,B}$, $Tas_{3-1}^{A,B}$)

Este conjunto superior se encuentra representado en los alrededores de Añavieja.

Se ha estudiado allí donde la serie alcanza mayor desarrollo (coordenadas: muro X = 740.901, Y = 809.121; techo X = 740.765, Y = 808.817).

En este punto aparecen en la base arcillas, a veces arenosas, con intercalaciones de delgados niveles de areniscas ($Tas_{3-1}^{A,B}$). El paquete calcáreo superior ($Tc_{3-1}^{A,B}$) está dividido en dos grandes tramos separados por una intercalación arcillosa con desarrollo de caliches.

Desde el punto de vista de microfacies las calizas constituyen Biolititas que a veces presentan pellets. También ocasionalmente incluyen Intercalaciones de calizas de algas, tanto «algal-balls» como bandeadas.

La potencia de conjunto inferior es de 20 m. y la del superior alrededor de 40 metros.

1.4 PLIOCUATERNARIO (T_2^D-Q)

Los materiales pliocuaternarios están representados únicamente en la esquina SE de la Hoja. Se trata de formaciones detríticas de características litológicas y morfológicas de raña.

Litológicamente esta unidad está constituida por: bolos, gravas, arenas y arcillas.

Los bolos y gravas tienen la misma litología que el área madre (calizas jurásicas).

1.5 CUATERNARIO (Q, Qc, Qtr)

Los materiales cuaternarios representados en la Hoja corresponden a los propios de la red fluvial actual, constituidos por limos y arenas fundamentalmente (Q); materiales coluviales (Qc) formados por arenas y gravas; y localmente travertinos que se sitúan a lo largo de algunos de los ríos de la parte oriental (Qtr), en los alrededores de Agreda se encuentran con bastante desarrollo.

2 TECTONICA

A grandes rasgos, cabe distinguir dos regiones en la Hoja que presentan características estructurales algo diferentes entre sí.

Por una parte, el tercio más meridional está caracterizado por unas estructuras puestas de manifiesto por los materiales mesozoicos de facies marina. Por otra parte, en el resto de la Hoja las estructuras vienen puestas de relieve por los materiales de facies continental o Purbeck-Weald, que recubren al Jurásico marino y que dan unas estructuras más suaves.

Así, en la parte Sur, pueden distinguirse dos zonas estructurales, la zona del Suroeste (sierra del Madero) y la zona Sudoriental. En el resto, se desarrolla una sucesión de estructuras en anticlinal y sinclinal de dirección aproximada NNO-SSE, que hacia la parte oriental se abren en abanico y se sitúan en dirección aproximada E-O. En un corte O-E podemos distinguir, en este área, el sinclinal de Sierra Alcamara-Castilruiz, el anticlinal de Pégado y la zona estructural del NE.

2.1 SECTOR DEL SUROESTE (SIERRA DEL MADERO)

Pertenece a ella la esquina SO de la Hoja.

Está constituida fundamentalmente por un anticlinal al Oeste y un sinclinal al Este.

La dirección de dichos pliegues es NNE-SSO. El flanco occidental del anticlinal presenta una disposición en bloques a favor de fallas normales, unas con dirección sensiblemente N-S y otras transversales a aquéllas.

La relación entre estos dos sistemas de fracturas se encuentra enmascarada en muchas ocasiones por la naturaleza clástica de los materiales a los que afectan, aunque se observa un primer dominio de fracturación N-S,

afectado posteriormente por el conjunto NNO-SSE, aunque estas últimas parece ser que han tenido una mayor influencia en la tectónica general.

Al O de la falla principal N-S que afecta al flanco occidental del anticlinal, se individualiza en parte una nueva «zona», de la que sólo nos interesa una parte pequeña del flanco del sinclinal adyacente.

El flanco E del sinclinal oriental está también afectado por una fractura normal NNO-SSE y otra transversal a ella, las cuales levantan el bloque más oriental. La estructura queda fosilizada hacia el E por una depresión rellena con materiales recientes.

2.2 SECTOR DEL SUDESTE

La zona estructural sudoriental es quizá la más complicada, ya que la disposición de sus estructuras es bastante anárquica, no sólo en cuanto a las inflexiones de los ejes de sus pliegues, sino también en cuanto a la aparición de pliegues menores transversales, que aunque son de poca importancia, desfiguran la tónica general del plegamiento.

Esta zona estructural está indudablemente influenciada por otra más meridional (fuera de la Hoja), correspondiente al área del Moncayo y es en realidad la prolongación de la misma.

La estructura del Cerro de San Blas es una ligera concavidad de los estratos según un eje sinclinal de dirección NO-SE. Hacia el Sur aparece un pequeño anticlinal de la misma dirección y a continuación el cierre periclinal de un sinclinal. Retocando todas estas estructuras aparece un juego de fracturas (fallas normales) sensiblemente paralelas a estos ejes de pliegues.

2.3 SINCLINAL DE SIERRA ALCARAMA-CASTILRUIZ

Se trata de un sinclinal muy amplio situado en la parte occidental de la Hoja. La dirección del pliegue es, en el norte de la Hoja, NNO-SSE, pero se curva hacia el sur, basta tomar una dirección NO-SE. Afecta fundamentalmente a los materiales carbonatados del grupo (2) Oncala y clásticos del grupo (3) Urbión.

En la parte sur del sinclinal los flancos son ligeramente asimétricos. Así, el flanco oeste presenta buzamientos bastante suaves: 10°-15°, mientras que en el flanco este los buzamientos aumentan, debido a que las estructuras de plegamiento se hacen más cerradas a medida que nos desplazamos hacia el Este.

En nuestra Hoja, el núcleo del sinclinal lo constituyen en el Norte los sedimentos clásticos del grupo (3) Urbión, que se disponen de manera extremadamente suave.

2.4 ANTICLINAL DE PEGADO

De dimensiones considerables (10 Km. de longitud y 7 de anchura), se sitúa en el centro de la Hoja y afecta a casi la totalidad de los materiales que constituyen la serie en este sector.

El eje del pliegue presenta una curvatura que de dirección NO-SE en el Norte, pasa progresivamente hacia el Sur a la dirección N-S. Los flancos son también asimétricos, ya que el occidental buza entre 20°-30°, mientras que el del E alcanza valores de hasta 50°.

Dos características destacan en esta estructura anticlinal. Primero, el brusco cierre periclinal que forma al N, y segundo, la parte sur del mismo que muestra una estructura bastante anárquica, debido a la presencia de otros pliegues menores que desfiguran la estructura principal. Estos dos hechos, especialmente el primero de ellos, deben tener su significación en estructuras de zócalo como más adelante veremos.

El anticlinal de Págado puede considerarse sin lugar a dudas como la continuación de la estructura del Moncayo, que indudablemente ha influido a lo largo de la historia geológica en los sectores adyacentes.

En el área septentrional de su terminación periclinal cabe destacar la esporádica presencia de pliegues locales de arrastre. Presentan características de disarmonía más o menos nítidas en función de que los materiales afectados (calizas en bancos) presenten mayor o menor competencia. Debido por un lado a su pequeña extensión (de orden decamétrico), por tanto no representables generalmente a la escala del mapa, y por otro a que presentan clara disposición anárquica, es por lo que no se ha juzgado oportuno representarlos en el mapa.

2.5 SECTOR DEL ESTE (INESTRILLAS, VALDEGUTUR-VOZMEDIANO)

Situada al E del anticlinal de Págado, está constituida por una sucesión de pliegues, que se abren hacia el S y E en abanico y hacia el NO tienden a agruparse en un vértice común.

El sinclinal más occidental de esta zona, adyacente al anticlinal de Págado, forma una «ensilladura» al NE de Débanos y hacia el Sur constituye un sinclinorio con algunas estructuras «de relevo» y una ligera curvatura en el eje que pasa, hacia el S, de dirección NNO-SSE a N-S.

La estructura siguiente al anticlinal de Inestrillas sufre una desviación en la dirección de su eje respecto al eje sinclinal anterior, de esta manera se inicia la disposición en abanico que señalábamos antes y que viene confirmada por las direcciones del sinclinal y anticlinal contiguos, situados más al NE en el río Cajo, al sur de Valdegutur.

En la parte N de la zona estructural existen unas fracturas (fallas normales) de dirección general NO-SE, es decir, paralelas a grandes rasgos a la

dirección de los pliegues, que compartimentan algunos bloques pequeños y que se escalonan a partir de la fractura de orden mayor, ascendiendo en la dirección NE.

2.6 TECTONICA DE CONJUNTO

Sería extremadamente complejo y arriesgado establecer una tectónica de conjunto realmente válida entre los límites de la Hoja sin tener en cuenta que nos movemos en un ámbito regional bastante extenso, donde la sedimentación ha sido muy potente y rápida, y que participa de las características tectónicas de grandes dominios estructurales.

Sin embargo, podemos seguir para tal fin a TISCHER, G. (1966), en su acertada interpretación de la tectónica en el sector de las Montañas Ibéricas entre la Sierra de la Demanda y el Moncayo. Este autor señala dos rasgos que inevitablemente configuran la estructura de la zona estudiada.

En primer lugar, indica que en la zona que nos ocupa, en las estribaciones más septentrionales de las Cordilleras Ibéricas centrales, ha jugado un importante papel la potente sedimentación de la facies Purbeck-Weald. En este sentido las prolongaciones de los ejes estructurales que se arrastran de las Cordilleras Ibéricas, por decirlo así, «se ahogan» en las masas de sedimentos continentales.

Por otra parte, esta potente sucesión de sedimentos no son, ni mucho menos, causa, sino efecto, debido a una tectónica en bloques del zócalo; de tal manera que las fuertes deformaciones laterales, pliegues abruptos, fallas inversas, grandes rupturas, que se observan en la cobertera de las Ibéricas centrales tienen en este sector una manifestación mucho más suave.

TISCHER opina que los sedimentos deltaicos entre la sierra de la Demanda y el Moncayo alcanzan precisamente su mayor espesor de acuerdo con alineaciones que corresponden a suturas en el zócalo de dirección O-E, y en menor grado ONO-ESE, y por tanto no conformes a las direcciones generales NO-SE que llegan de las Ibéricas. Es precisamente en las zonas de interferencia de estos dos fenómenos donde se produce la rápida terminación de estructuras importantes, como es el eje Moncayo-Pégado y otros. Por otra parte, TISCHER achaca los extensos pliegues suaves que afectan a los materiales Purbeck-Weald como debidos no sólo a una simple deformación por compresión en la dirección SO-NE, sino ligados también, y sobre todo, a movimientos verticales del zócalo. De esta manera, allí donde los materiales continentales alcanzan gran espesor, con un ligero levantamiento podrían producirse estructuras amplias y suaves. Este juego de basamento se constata claramente en nuestra Hoja, al observar la laxitud del sinclinal de Sierra Alcarama-Castilruiz en claro contraste con el brusco apretamiento producido hacia el E a partir del anticlinal de Pégado y hacia el S en las estructuras del Madero.

Un rasgo tectónico a destacar, si bien no por su importancia sí por su peculiaridad en el ámbito geológico en que se desarrolla, es la existencia de una esquistosidad de fractura presente en estos materiales.

En efecto, desde los materiales Jurásicos marinos más bajos y a lo largo de toda la serie en facies Purbeck-Weald que nos ocupa, están afectados de una esquistosidad de fractura muy cerrada que se desarrolla de distinta forma de acuerdo con el tipo de material al que afecta. Así, las calizas del Jurásico marino presentan casi en su totalidad este fenómeno, puesto de manifiesto por unos planos o superficies de discontinuidad aproximadamente perpendiculares a la estratificación, dándole un aspecto astilloso a estos materiales. Este fenómeno es bien patente sobre todo a lo largo de la estructura que constituye el anticlinal de Págado y en todos los materiales que lo conforman. En los materiales clásticos más groseros del grupo Tera, el fenómeno no está tan desarrollado, como asimismo ocurre en la mayor parte de los materiales carbonatados que constituyen el grupo Oncala, en los que se sustituye por un diaclasado bastante más espaciado, también aproximadamente perpendicular a la estratificación.

Ejemplos muy ilustrativos de esto pueden verse en ambos flancos del anticlinal de Págado donde, dado el buzamiento de los estratos, las superficies de esquistosidad cortan oblicuamente a las superficies de estratificación, pero conservan aproximadamente la verticalidad.

Este hecho tectónico que acabamos de exponer no es explicable por los esfuerzos que han ocasionado el plegamiento, que en líneas generales, y como expusimos anteriormente, es muy suave.

Incluso en la estructura más apretada (anticlinal de Págado) no se llega a condiciones de acortamiento que puedan relacionar directamente el plegamiento con la esquistosidad.

Unicamente puede explicarse este hecho debido a la carga considerable a que han estado expuestos los materiales, carga ocasionada por la gran acumulación de sedimentos, que constituyen las facies Purbeck-Weald, llegando en alguna transversal a superar los 7.000 metros.

3 HISTORIA GEOLOGICA

3.1 MESOZOICO

La evolución histórica del Mesozoico presenta las características típicas de medios deltaicos de gran aporte de materiales. Así, por una parte, se manifiesta la enorme influencia que el zócalo presenta en la historia de este período, ya que por un lado se origina una fuerte subsidencia que permite el depósito de una potentísima serie deltaica, y por otro facilita variaciones genéticas que producen diversidades litológicas. Incluso puede pensarse que

ya en el Jurásico marino estos efectos comenzaban a esbozarse, para pasar después, en muchos casos gradualmente, al claro desarrollo alcanzado en las formaciones Purbeck-Weald.

3.1.1 JURASICO MARINO

La historia geológica en esta región comienza a partir del Bajociense-Bathonense. La presencia de un porcentaje importante de arcillas en sus materiales evidencia un régimen de aguas tranquilas, sin la existencia de corrientes fuertes que hubieran generado estructuras sedimentarias, fenómenos de lavado y algún aporte más grueso. Puede decirse que se depositaron en un medio marino de aguas tranquilas, relativamente profundo, probablemente en la plataforma externa.

A estos materiales siguen microfacies, que abarcan del Bathoniense al Kimmeridgiense, desde media a alta energía en un medio marino. Representan sedimentos de plataforma interna, si bien la presencia de biomicritas y micritas fosilíferas con filamentos implica el paso hacia la plataforma externa, y las oolitas y oomicritas indican el paso a condiciones litorales, que por otra parte están claramente desarrolladas hacia el O, donde los materiales carbonatados pasan lateralmente a una potente sucesión de sedimentos detríticos.

Durante el Kimmeridgiense se instaura un régimen de alta energía.

La presencia de una abundantísima y variada fauna marina, nos habla de un medio somero de aguas agitadas y bien oxigenadas, lo cual permite identificar un complejo arrecifal en el techo del Jurásico marino.

En resumen, el Jurásico marino presenta en la vertical una clara polaridad negativa, pues de base a techo se pasa de plataforma externa a plataforma interna, para posteriormente aparecer un complejo arrecifal, que hacia el techo se indenta con las facies continentales del Purbeck-Weald.

A lo largo de toda la historia son abundantes las etapas con aportes terrígenos, pero éstos son más importantes y groseros hacia el final, y sobre todo en la parte occidental, lo que nos indica una distribución de surcos y umbrales consecuencia del comportamiento tectónico del zócalo durante la sedimentación.

La continuidad del nivel de calizas pararecificales, se explica por unas condiciones ambientales homogéneas durante el Kimmeridgiense.

3.1.2 JURASICO Y CRETACICO EN FACIES «PURBECK-WEALD»

A partir de las calizas pararecificales y limosas del Kimmeridgiense, se instaura un régimen claramente continental en todo el ámbito que nos ocupa.

El paso de ambiente marino a continental no es neto en muchas ocasiones, ni litológica ni cronológicamente. Existe un paso gradual hacia el techo desde

materiales carbontados a groseramente detríticos. Por otra parte, la llegada de aportes se efectúa en unos sectores con anticipación sobre otros, lo que indica una inestabilidad tectónica acusada.

El conjunto de materiales de la facies Purbeck-Weald, aquí estudiada, no parece representar una historia sedimentológica/geológica simple. Los materiales que constituyen el grupo Tera pueden representar un medio Deltaico, en el que sobre el conjunto eminentemente conglomerático inferior se depositan progresivamente materiales de granulometrías más finas. Los episodios de areniscas con laminación oblicua representan los depósitos de canal, los potentes espesores de limolitas corresponden a los depósitos de decantación y a los momentos de aportes de baja energía, y las intercalaciones de calizas que aparecen en el paso del grupo Tera al grupo Oncala son los depósitos límnicos asociados.

En conjunto, el grupo Tera y el paso hacia el Oncala puede interpretarse en la zona estudiada como una situación bastante interna dentro del delta.

En el grupo Oncala se instauran definitivamente los sedimentos carbonatados, que ya se apuntaban hacia el techo del grupo Tera. Por su gran potencia y las diferencias de meso y microfacies respecto a las intercalaciones calcáreas ya citadas, no parecen apuntar a una interpretación paleogeográfica similar. Más bien parece ser una etapa de sedimentación límnic, netamente individualizada de las de los grupos infra y suprayacentes.

Las diferencias litológicas en sentido horizontal y vertical dentro de este potente grupo, representan situaciones ligeramente diferentes, dentro del área de depósito. Cabe destacar en este sentido la existencia en la parte norte del sector estudiado, entre Aguilar del Río Alhama y Cervera del Río Alhama (fuera de la Hoja), de un área de circulación restringida, donde se depositó una múltiple alternancia de láminas de yeso y margas.

Por otra parte, hacia el O se aprecia una disminución considerable en la potencia de los sedimentos carbonatados, que configuran una disposición lenticular al grupo Oncala.

Las areniscas y cuarcitas del grupo Urbión representan una etapa bastante bien individualizada, ya en el paso del Jurásico al Cretácico.

Las litologías y estructuras sedimentarias apuntan hacia un medio fluvial, que se interpreta como consecuencia de un levantamiento generalizado de la cuenca y áreas circundantes. La erosión alcanza así un gran desarrollo, originando que los ríos arrastren enormes cantidades de gravas, arenas y arcillas. Los episodios detríticos medios representan los depósitos de canal, y los detríticos más finos a las llanuras de inundación. En la vertical, el predominio de depósitos de grano medio sobre los de grano fino, y la abundancia de estructuras «trough», se pueden interpretar como un río de canales entrecruzados. La local aparición de estructuras interpretadas como «flasher», indican un inicio de condiciones litorales.

En el paso del grupo carbonatado de Oncala al detrítico de Urbión, locali-

zado en la parte NE del área estudiada, se encuentran las «calizas de Cabre-tón». Esta subunidad parece corresponder a un episodio de comunicación marina dentro de un medio de «lagoon», que presentaba fuertes aportes de-tríticos. Constituye una continuidad en cuanto a medios sedimentarios con las calizas y calcilimolitas límnicas del grupo Oncala, que cabría interpretar como un momento en el que las aguas marinas invadieron las zonas límnicas.

3.2 Terciario y Cuaternario

La configuración paleogeográfica durante el Terciario, muy condicionada por la Depresión del Ebro, da origen a una sedimentación detrítica grosera, de borde de cuenca lacustre.

La parte inferior del Terciario hace pensar en un medio fluvial de muy alta energía, con intervalos irregulares y generalmente cortos más tranquilos, que condicionarían el desarrollo de ciclos con areniscas intercaladas entre los conglomerados y las arcillas.

El conjunto superior representa un medio de sedimentación lacustre, aunque ya de bajo nivel de energía con gran desarrollo de tobas.

Un rejuvenecimiento del relieve en el Pliocuaternalio ocasionó depósitos detríticos sin selección, de tipo raña. En este período se constituiría la morfología actual, únicamente modificada por la erosión y depósitos fluviales y coluviales recientes.

4 MINERIA Y CANTERAS

4.1 YACIMIENTOS MINERALES

La frecuente presencia a lo largo de toda la serie de cubos de piritas y más rara de piritoedros, ocasiona que en zonas donde no están limonitizadas se haya intentado su extracción. Sus tamaños más frecuentes suelen ser de 1-2 cm., aunque en áreas excepcionales pueden medir 6-10 cm. de arista. Su interés económico se centra, de forma casi exclusiva, en el mercado de colecciones mineralógicas.

Actualmente se extraen bellos ejemplares en Navajún y en fechas recientes se han obtenido en Valdenegrillos.

La génesis de las piritas es claramente sinsedimentaria, formadas posiblemente a partir de soluciones coloidales en un régimen fuertemente reductor.

La actividad minera de la zona se complementa con pequeñas explotaciones, hoy abandonadas. Entre éstas se encuentran varias galerías próximas a Cigudosa, en las que en la mina Viviente se ha obtenido mineral de cobre (calcosina, covelina, colusita, enargita rica en plata) e indicios de blenda

y galena. Su génesis parece ser hidrotermal a nivel microscópico en función de la presencia de enargita, aunque los datos de campo hacen pensar en origen supergénico. Arma en filones 110° E emplazados en calizas en lajas (J2c₃₂₋₃₃).

En San Felices existe un pequeño socavón hundido y se ha localizado la presencia de galena en el mismo pueblo. En este caso la mineralización se relaciona ocasionalmente con una densa red de filones cuarcíferos de segregación que encajan en areniscas y limolitas (J1s₁₃₂).

4.2 CANTERAS

Se consideran de interés en general para áridos las calizas del Jurásico marino. Se han explotado a pequeña escala las del tramo J₂₂₋₂₃, en las cercanías de Agreda, y las del J₂₄₋₃₂ en la falda del Cerro de San Blas. Otra piedra de posible utilidad en construcción son las calizas pararecificales del techo del Jurásico marino (J₃₂).

De interés también, como piedras de sillar, son las calizas en lajas que se encuentran a lo largo de toda la serie del grupo Oncala; reúnen las siguientes características: extracción y utilización directa, resistencia, textura y dureza apropiadas, sin porosidad y color agradable. Existen actualmente dos explotaciones cerca de Agreda, las de mayor envergadura dentro de la Hoja, cuya utilidad se centra en áridos y piedras de sillar. Aprovechan los tramos J2cl₃₂ y J2c₃₂.

Fundamentalmente para ornamentación se explotan en dos pequeñas labores las calizas tobáceas del techo del Terciario (Tc₃₋₁^{A,B}) y para cerámica y fabricación de ladrillos las arcillas rojas en la esquina NE de la Hoja (Ta₃₋₁^{A,B}).

5 HIDROGEOLOGIA

Existen en el interior de la Hoja materiales con cualidades de acuífero y estructuras favorables para la captación de aguas subterráneas. Examinaremos los materiales de la columna estratigráfica haciendo énfasis en los que tienen cualidades de roca almacén.

Los materiales del Jurásico marino son los que sin duda tienen mayor interés hidrogeológico, por su litología y teniendo en cuenta que tienen un substrato impermeable (que no aflora en la Hoja), constituido por margas y calizas margosas.

Las calizas Jurásicas marinas, si bien no presentan características kársticas generalizadas, en puntos locales existen signos de una karstificación muy desarrollada.

El grupo Tera constituye un nivel de carácter negativo como acuífero, ya que puede considerarse en conjunto como impermeable.

El grupo Oncala encierra acuíferos confinados, sobre todo en la mitad inferior, dado que entre paquetes calizos de posible interés se intercalan tramos limolíticos impermeables. La parte superior puede constituir, sin embargo, un acuífero más generalizado.

Los materiales del grupo Urbión constituyen también acuíferos independizados dadas las características morfológicas de sus tramos, grandes lentes areniscosos con limolitas y sobre todo areniscas limosas intercaladas. Dentro de la Hoja, sin embargo, su interés hidrogeológico queda reducido ya que la estructura más favorable se sitúa al norte de nuestra Hoja.

El Terciario, aunque incluye materiales propicios, su escaso desarrollo (calizas tobáceas) no permite la formación de acuíferos de interés.

En cuanto a los materiales Cuaternarios, aunque únicamente permiten el desarrollo de pequeños acuíferos, resulta el más productivo, siendo casi exclusivamente el que se explota en la actualidad, con la ventaja que condiciona su pequeña profundidad.

El régimen de todos los acuíferos es mixto, pluvio-nival, con predominio del primero.

Las estructuras más favorables las constituyen el sinclinal de Sierra Alcarama-Castilruiz, pero, como dijimos anteriormente, tiene más importancia al N de la Hoja; el sinclinal oriental de la Sierra del Madero, donde existe un pequeño manantial, y las estructuras de la zona NE del área estudiada, pero que su pequeño desarrollo no permite la buena formación de acuíferos.

Finalmente, diremos que la distribución de los manantiales que existen es espacialmente anárquica, como fruto de las variaciones litológicas tanto en sentido vertical como lateral.

Actualmente el aprovechamiento económico se centra en unos pocos manantiales de escaso interés y sobre todo en la captación por medio de pozos también de poco rendimiento.

6 BIBLIOGRAFIA

- BEUTHER, A.; DAHM, H.; KNEUPER-HAAK, F.; MENSINK, H., y TISCHER, G. (1965).—«Der Jura und Wealden in Nordost-Spanien». *Beih. Geol. Jb.*, t. 44, Hannover, 225 pp.
- BRENNER, P., y WIEDMANN, J. (1974).—«Nuevas aportaciones al conocimiento del Weald Celtibérico Septentrional y sus relaciones paleogeográficas». *Sonderforschungsbereich*, 53. Univ. Tübingen, pp. 124-134.
- BRINKMANN, R. (1960-62).—«Aperçu sur les chaînes ibériques du Nord de l'Espagne». In «Livres Mem. Prof. Fallot». Francia. *Mem. hors. Sér.*, t. 1, Soc. Geol. Francia, pp. 291-299.

- IGME (1971).—«Mapa Geológico E. 1:200.000». Hoja núm. 31 (Soria). Hoja y Memoria. Madrid.
- (1973).—«Mapa Geológico de España, E. 1:50.000», núm. 351 (Olvega). Hoja y Memoria. Madrid.
- (1974).—«Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares, E. 1:1.000.000». Hoja y Memoria. Madrid.
- QUINTERO, I., y TRIGUEROS, E. (1956).—«La cordillera Ibérica», en: «El Cretácico en España». *Mem. IGME*, t. LVII, pp. 176-199.
- RIBA, O. (1955).—«Sobre la edad de los conglomerados terciarios del borde Norte de las Sierras de la Demanda y Cameros». *Not. y Com. del IGME*, t. 39, pp. 41-50.
- TISCHER, G. (1966).—«El delta Wealdico de las Montañas Ibéricas occidentales y sus enlaces tectónicos». *Not. y Com. del IGME*, t. 81, pp. 53-78.

INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS. 23 · MADRID-3

I.S.S.N. 0373-2096



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA