

El Jurásico superior marino en el Sector Demanda-Cameros (La Rioja-Soria)

A. ALONSO y R. MAS

*Dpto. Estratigrafía. UCM - Inst. Geología Económica. CSIC.
Fac. C. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 MADRID.*

RESUMEN.

Este trabajo aborda los aspectos litoestratigráficos y paleogeográficos del Malm marino de la Cuenca de Los Cameros, depositado en un estrecho surco de dirección NW-SE limitado entre los Macizos del Ebro e Ibérico. Además ha sido interpretado como dos secuencias deposicionales en el sentido de Mitchum *et al* (1977).

Estas dos secuencias de depósito se corresponden con las dos unidades litoestratigráficas con rango de Formación que se han diferenciado: Calizas negras de Aldealpozo, de edad Oxfordiense medio y superior, y Calizas con corales de Torrecilla en Cameros, de edad Kimmeridgiense inferior. Se describe de forma detallada cada una de ellas, analizando sus variaciones laterales de facies y su interpretación sedimentológica.

La Formación inferior se interpreta como depositada en una rampa carbonática, basculada hacia el NW, donde hay facies mas profundas y con situaciones muy someras, con continuas emersiones, en el SE, donde se realizaria su unión con el Surco Ibérico. En los márgenes SW y NE la influencia siliciclástica fue grande.

La unidad superior constituyó un episodio con abundancia de bioconstrucciones. La plataforma muestra dos sectores con diferentes tipos de márgenes bioconstruidos: Arrecifes franja, con predominio de la acreción frontal, en el NW, y arrecifes barrera, con predominio de la acreción vertical en el S y SE. Estos márgenes separan un surco sedimentario mas profundo, al NE, de la plataforma somera situada al SW. El otro margen del estrecho no muestra tendencia a la bioconstrucción, por el contrario, los aportes siliciclásticos son abundantes.

En el trabajo se analiza además el carácter de las discontinuidades que limitan las secuencias deposicionales. La inferior constituye un nivel de

removilización, de parada de la sedimentación y reelaboración. Incluiría al Calloviense superior p.p.-Oxfordiense inferior. La superior constituye una discordancia cartográfica, así como un cambio paleogeográfico y paleoambiental radical en la cuenca. La discontinuidad intermedia es de menor rango, estando generalmente caracterizada por señales de emersión (paleokarstificaciones) y de forma más local por la existencia de un *hard-ground*.

Palabras clave: Secuencias de depósito. Formaciones, Facies, Paleogeografía, Jurásico superior marino, Cordillera Ibérica Septentrional, La Rioja-Soria, España.

ABSTRACT

The latest marine depositional sequences of the Upper Jurassic in the Cameros Basin were deposited in a Trough (NW-SE) limited by the Ebro and Iberian Massifs. This paper deals with the lithostratigraphic and the paleogeographical aspects of these sequences.

Two Formations have been defined corresponding to the depositional sequences: The Black limestones of Aldealpozo Fm. (Middle-Upper Oxfordian Depositional sequence), and The Coral limestones of Torrecilla en Cameros Fm. (Lower Kimmeridgian Depositional sequence). Both are extensively described and interpreted under the sedimentological point of view.

The lower one was deposited in a carbonated ramp, tilted towards the NW, where the deepest facies are present. The shallowest conditions are found in the SE, where the platform linked with the Iberian Trough. The margins of the Basin (SW and NE) were important sources of siliciclastic material.

The upper unit constituted an stage with important development of coral reefs. The platform shows two different types of reefal margins: Fringing reefs (with mostly lateral accretion) in the NW, and Barrier reefs (predominating vertical accretion) in the S and SE. The shallow and protected facies were situated towards the southwestern margin and a deepest trough is inferred towards the E. The northeastern margin of the Trough was dominated by siliciclastic tidal flats, because the clastic supply coming from the Ebro Massif was important, and biogenic activity, inhibited.

The paper analyzed, too, the character of the discontinuities that bounded the depositional sequences. The lower one represented a time of very low deposition, reworking and reelaboration (ferroan oolitic level and hardgrounds) and included the Uppermost Callovian-Lower Oxfordian. The upper discontinuity is an unconformity, as well as a dramatic paleogeographical and environmental change in the basin. The intermediate discontinuity is of less importance than the others, and it is commonly cha-

racterized by subaerial exposure (paleokarsts) and more locally a hard-ground.

Key words: Depositional sequences, Formations, Facies, Paleogeography, Marine Upper Jurassic, Northern Iberian Ranges, La Rioja-Soria, Spain.

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

El área estudiada en este trabajo engloba un amplio sector que incluye los afloramientos de Jurásico superior que bordean la parte suroriental de la Sierra de la Demanda y toda la Cuenca de Los Cameros, es decir, la zona de San Leonardo de Yagüe-Soria, La Sierra del Madero, el Sector oriental y sur de la del Moncayo y el borde sur de la Cuenca del Ebro (Fig. 1).

El Malm de esta zona comprende dos secuencias deposicionales de carácter marino y la base de otra, de carácter continental, que a su vez

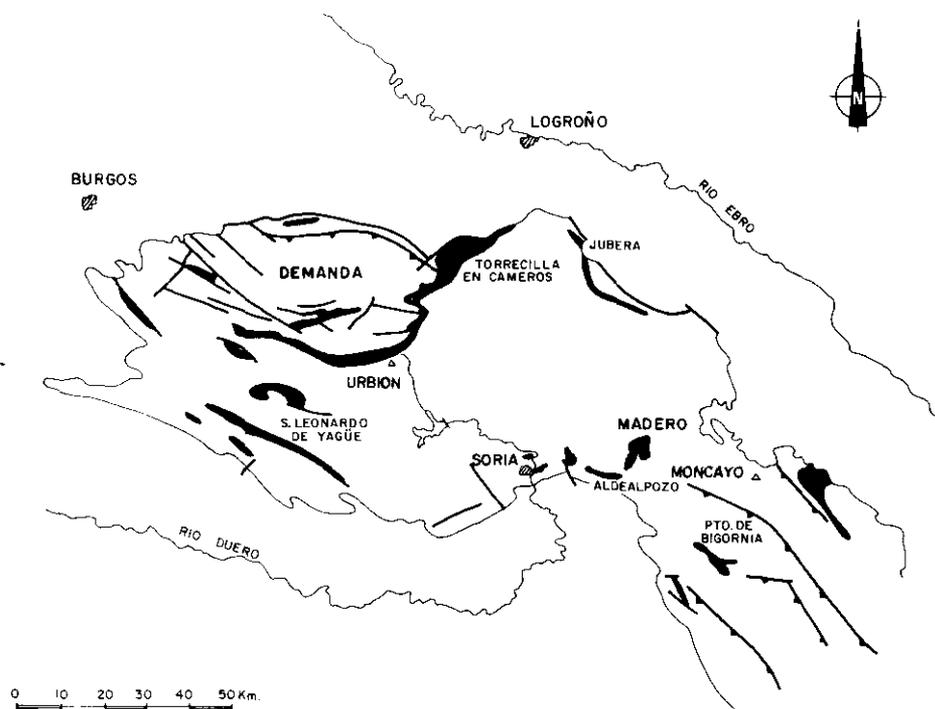


Fig. 1.—Situación de los afloramientos estudiados (en negro) y de las principales localidades mencionadas en el texto.

Fig. 1.—Location of the studied outcrops (black) and main localities mentioned in the text.

constituye la base del llamado «Weald» de la Cuenca de Los Cameros. El límite cronoestratigráfico Jurásico-Cretácico no se ha podido determinar con precisión, aunque se considera dentro de esta tercera secuencia deposicional continental, formada por facies siliciclásticas de origen fluvial y fluvio-lacustre.

En este trabajo se estudia la estratigrafía de las secuencias deposicionales marinas, así como la sedimentología y paleogeografía de las unidades que las componen. Se hace también especial hincapié en las discontinuidades que las limitan.

Los primeros trabajos que podemos considerar de época reciente sobre el Jurásico marino de la Cordillera Ibérica Norte los realizaron Mensink (1966) y Bulard (1972). Son trabajos generales, que dan ya una primera aproximación respecto a las edades y estratigrafía de los materiales del Malm.

Posteriormente, la escuela alemana de Bochum realizó numerosos trabajos de alumnos de último año en la región de la Sierra de la Demanda, Los Cameros y Sierra del Madero, dirigidos por el Prof. Mensink, algunos de los cuales fueron agrupados y publicados como trabajos de síntesis y otros han desembocado en tesis doctorales que abarcan aspectos más o menos parciales de la estratigrafía, sedimentología y bioestratigrafía del Dogger superior, el Malm marino y lo que denominan «Wealden», o serie continental de edad Jurásico superior-Cretácico inferior de la Sierra de Los Cameros.

Entre los trabajos que se refieren al Malm marino cabe destacar los siguientes: Benke, (1981), quien estudia el límite Dogger-Malm analizando las causas probables de esta etapa de sedimentación reducida, condensada. Su estudio se basa en el análisis de las microfacies de la secuencia condensada de oolitos ferruginosos y de la parte inferior del Malm, interpretando sedimentológicamente dichos materiales. Además, asigna la edad de Oxfordiense inferior a la Capa de oolitos ferruginosos y de Oxfordiense medio a la parte inferior del Malm marino.

En 1984, Conze, Errenst y Mensink, publican la bioestratigrafía del límite Dogger-Malm y del Malm marino basándose en los ammonites. Prueban la zonación completa de dicho límite y dan además una clasificación estratigráfica del Oxfordiense y Kimmeridgiense inferior. Así, consideran la unidad basal del Malm como Oxfordiense y las calizas con corales de la unidad superior como Kimmeridgiense inferior probable.

En cuanto a trabajos estratigráficos y sedimentológicos del Malm, Errenst, en 1984 da una paleogeografía muy esquemática, incluyendo en los mapas a toda la Cordillera Ibérica, mientras que el trabajo de Benke *et al.* (1981), es mucho más detallado, estudiando las facies de 50 perfiles que incluyen todo el Malm, aunque su interés se centra en las calizas con corales. Diferencian varias áreas arrecifales biohermales y biostromales y en sus mapas paleogeográficos identifican dos áreas diferentes de crecimiento arrecifal.

El paso al Malm continental lo consideran producido por una regresión paulatina.

Este límite Jurásico marino a continental es estudiado con mas detalle en otros dos trabajos. En 1982, Mensink y Schudack, en la zona mas occidental de la Sierra de Los Cameros, donde identifican caliches y suelos y una laguna estratigráfica y en 1984, Schudack, quien divide la cuenca en dos regiones, la occidental-noroccidental, donde de nuevo localiza una importante laguna estratigráfica, y por tanto un límite abrupto entre la secuencia marina y la continental, y la oriental-suroccidental, donde cree que la transición es mas gradual. En el primer caso identifica en dicho límite caliches y karsts, en el segundo considera que ese paso se realiza gradualmente durante el Kimmeridgiense e incluso que durante el Titónico hay todavía ocasionales ingresiones marinas intercaladas en los sedimentos continentales que, procedentes del sureste, penetran hasta Soria. En su tesis doctoral, recientemente publicada, (Schudack, 1987), este mismo autor, que estudia las charófitas del «Weald», menciona de nuevo al sur del Moncayo alguna influencia marina episódica, pero de una manera imprecisa, sin especificar en que formación o de que manera se manifiesta esta influencia.

Por último, dentro de este grupo de autores, cabe destacar el trabajo de Dragastan *et al.* (1987), quienes estudian la unidad inferior del Malm marino en la Sierra del Madero (Este de Soria), interpretándolo como de sedimentación cíclica de zona inter y submareal de lagoon somero y típico de zonas aisladas del mar abierto. Realizan una corrección de edades, bajando el límite Oxfordiense-Kimmeridgiense, que según los autores se encuentra en la parte superior de la unidad mencionada.

Los autores de la Hoja 279 del Plan Magna, Camara y Durantez (1982), identifican dos unidades: la Alternancia rítmica de calizas y margas (J23-31) y las Calizas pararecificales (J31) y señalan la discontinuidad del techo de las mismas como discordancia cartográfica.

Mas recientemente, Alonso, Mas y Meléndez (1988) y Mas y Alonso (1988), estudian la unidad arrecifal de forma detallada, analizando sus facies y los procesos diagenéticos sufridos.

LAS SECUENCIAS DEPOSICIONALES DEL JURASICO SUPERIOR MARINO

El Malm marino comprende dos secuencias deposicionales, una primera de edad Oxfordiense medio-superior y otra de edad Kimmeridgiense inferior. Estas han sido establecidas y definidas en este trabajo en el sentido de Mitchum *et al.* (1979). Es decir, están limitadas en su base y su techo por discontinuidades estratigráficas.

La base de la primera secuencia deposicional (Oxfordiense medio-superior) la constituye la unidad «Capa de oolitos ferruginosos de Arroyo-

frio» o su equivalente lateral. La Capa de Arroyofrío fue definida por Gómez y Goy en 1979 para sectores más meridionales y orientales de la Cordillera Ibérica, y como se verá más adelante de forma más detallada, interpretada como un nivel de sedimentación lenta y reelaboración. El techo de la segunda secuencia (Kimmeridgiense inferior) lo constituye una discordancia cartográfica por encima de la cual aparecen los materiales continentales del «Weald» de la Cuenca de Los Cameros.

Cada una de las secuencias deposicionales se corresponde con una de las dos unidades litoestratigráficas que se han identificado con rango de Formación (Fig. 2). Estas formaciones, a su vez, están separadas por una discontinuidad de menor rango, una interrupción sedimentaria difícilmente evaluable, identificable solo de forma local como un *hardground* y normalmente como paleokarstificaciones.

Unidades litoestratigráficas

Formación Calizas negras de Aldealpozo: Corresponde a la primera secuencia deposicional de carácter marino que se puede diferenciar en el Jurásico superior de la región estudiada.

En 1987, Dragastan *et al.* estudian en el sector de Soria-Sierra del Madero lo que ellos llaman Calizas y Areniscas cíclicas de Aldealpozo, o Fm. Aldealpozo, correspondiente al Calloviense superior, Oxfordiense y Kimmeridgiense inferior. Aunque la definición no es formal y sólo consideran válida esta unidad para el sector mencionado, la unidad, con el mismo rango de Formación puede ser ampliada a toda la zona estudiada en este trabajo, es decir, la Cuenca de Los Cameros, conservando asimismo la localidad tipo, Aldealpozo (Fig. 1). Las variaciones laterales que presenta, hacia el NW y NE respectivamente, son perfectamente aceptables dentro de la definición formal de una unidad litoestratigráfica de ese rango, pero en la definición, en el presente trabajo se utiliza definitivamente la nomenclatura «Calizas negras» ya que es la característica más llamativa y común en toda la zona.

A continuación, se describen sus características y variaciones de forma detallada.

En el corte tipo, a unos 200 m del cruce de la carretera de Soria a Agreda con la de Renieblas, ya en esta última carretera, está formada por 91 m de calizas micríticas negras, calizas arenosas bioclásticas, areniscas y calizas de algas (Fig. 4. Leyenda en Fig. 3). Aparecen también algunos niveles de calcarenitas, particularmente hacia la base de la Formación. La unidad tiene un aspecto rítmico, tableado, con una parte basal en la que las areniscas son más abundantes y una parte media en la que hay desarrollo importante de niveles estromatolíticos. Es relativamente rica en elementos fósiles, se reconocen sobre todo gasterópodos, bivalvos, foraminíferos bentónicos, ostrácodos, charófitas y algas azules-verdes.

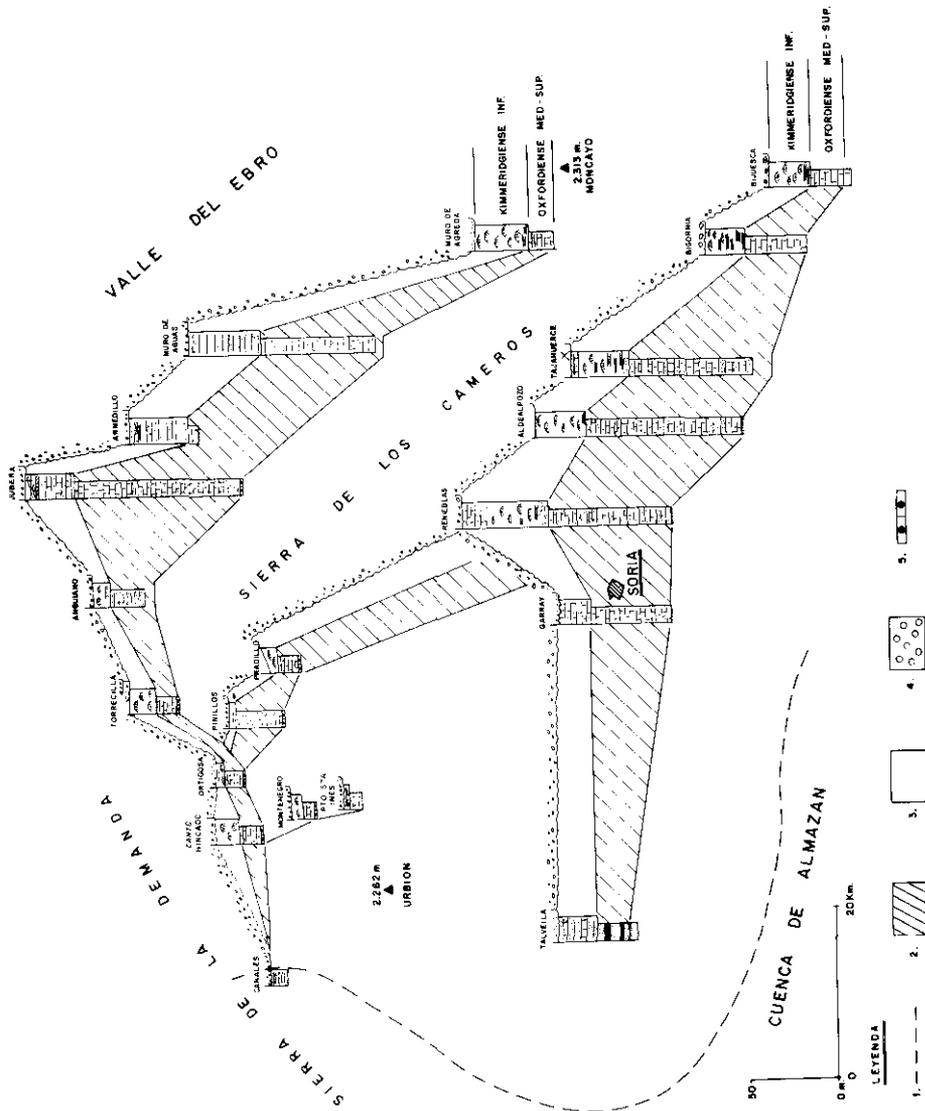


Fig. 2.—Las secuencias deposicionales del Malm marino en la Sierra de los Cameros - Sur del Moncayo. Correlación de las series levantadas. Estratigrafía y expresión de las discontinuidades estratigráficas. 1: Límite de existencia de Malm marino (inducido). 2: Fm. Aldealpozo (Secuencia Depositional Oxfordiense medio-superior). 3: Fm. Torrecilla en Cameros (Secuencia Depositional Kimmeridgiense inferior). 4: Base de la Secuencia Depositional continental «Weald». 5: Capa de oolitos ferruginosos de Arroyofrio.

Fig. 2.—Depositional sequences of the marine Malm in Sierra de los Cameros - South of Moncayo region. Stratigraphic correlation. 1: Induced limit of Marine Malm. 2: Aldealpozo Formation (Middle-Upper Oxfordian Depositional Sequence). 3: Torrecilla en Cameros Formation (Lower Kimmeridgian Depositional Sequence). 4: Base of the continental Depositional Sequence (Weald). 5: Ferruginous Oolites of Arroyofrio Bed.

Las facies de estos materiales se disponen en secuencias de somerización de varios tipos, que corresponden a ambientes de llanuras de marea-*lagoon*, zonas costeras muy someras con evidencias de contaminación de aguas dulces (niveles con charofitas, microkarstificaciones a techo de las secuencias). La interpretación sedimentológica se desarrolla con más detalle en el apartado correspondiente.

Hacia el NNE (Sector de Jubera), la unidad es mucho más arenosa. Está constituida por areniscas bioclásticas, calcarenitas, areniscas y limos arenosos, particularmente hacia la base. Hacia techo predominan las calcarenitas (Fig. 5). Las facies descritas presentan estratificación cruzada, formando cuerpos complejos, *sandwaves*, correspondientes a grandes cuerpos arenosos en una plataforma dominada por las mareas, con ocasionales momentos de tormenta que dejan niveles de acumulación de restos fósiles (ammonites, braquiópodos, bivalvos). Hacia techo, la unidad termina en secuencias de somerización con evidencias de emersiones periódicas.

Hacia el NW (Sector de Torrecilla en Cameros), la potencia disminuye notablemente, y cambian las facies a calizas limosas alternando con margas negras, con abundantes braquiópodos y crinoides y algunos ammonites (Fig. 6). Corresponde a ambientes más profundos y tranquilos que los mencionados en los otros sectores, predominantemente en zonas de plataforma situadas por debajo del nivel de base del oleaje y con una velocidad de sedimentación baja respecto a los otros sectores.



Fig. 3.—Leyenda general. Figs. 4, 5 y 6.

Fig. 3.—General Legend. Figs. 4, 5 and 6.

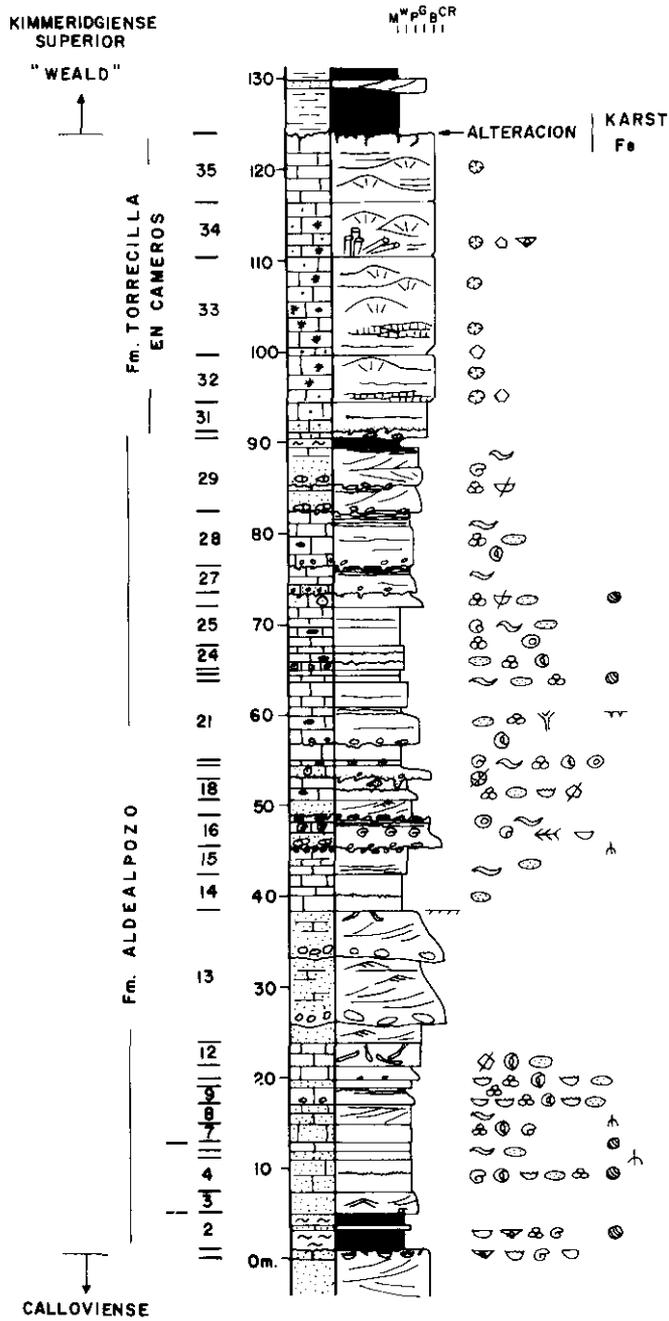


Fig. 4.—Serie de Aldealpozo.

Fig. 4.—Stratigraphic section of Aldealpozo.

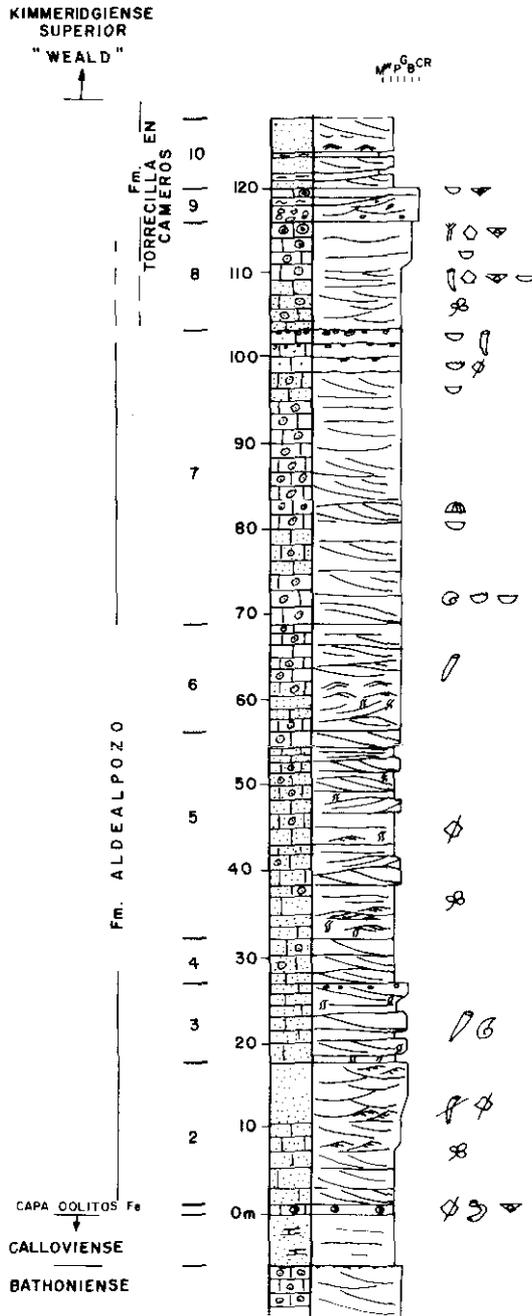


Fig. 5.—Serie de Jubera.

Fig. 5.—Stratigraphic section of Jubera.

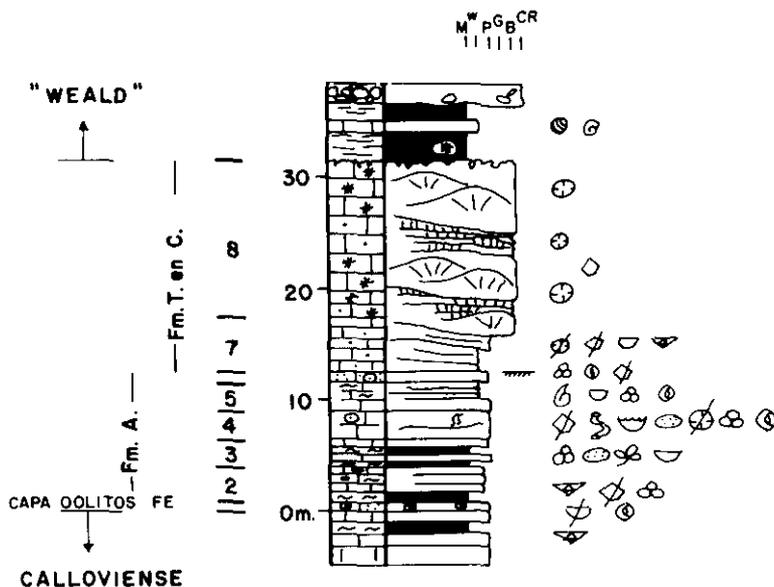


Fig. 6.—Serie de Torrecilla en Cameros.

Fig. 6.—Stratigraphic section of Torrecilla en Cameros.

La edad de la formación, teniendo en cuenta los trabajos de Bulard (1972) y de Benke *et al.* (1981), se considera Oxfordiense medio y superior, aunque Dragastan *et al.* (1987) creen que, en algunos sectores, el techo de la formación es ya Kimmeridgiense inferior.

El mapa de isopacas (Fig. 7) muestra la existencia de dos depocentros muy marcados, con potencias de más de 90 m en Jubera y Aldealpozo, disminución gradual hacia el W (Sierra de la Demanda) y brusca hacia la Sierra del Moncayo (E), lo que parece indicar que el comportamiento tectónico del llamado Estrecho de Soria por Bulard en 1972, donde tuvo lugar la sedimentación, no fue simétrico en sus dos bordes.

Formación Calizas con corales de Torrecilla en Cameros: Constituye la segunda secuencia deposicional que puede ser diferenciada en el Jurásico superior de la Cordillera Ibérica septentrional.

Esta Formación es de carácter fundamentalmente arrecifal, aunque a lo largo de toda el área estudiada también presenta variaciones significativas. Es equivalente a las «koralenkalke» de Benke *et al.* (1981), a la «Unidad pararrecifal» de Cámara y Durántez (1982) y a la «Unidad arrecifal» de Alonso, Mas y Meléndez (1988).

La localidad tipo son los alrededores de Torrecilla en Cameros (Fig. 1), donde los afloramientos, excepcionales, permiten observar la unidad en varios cortes completos.

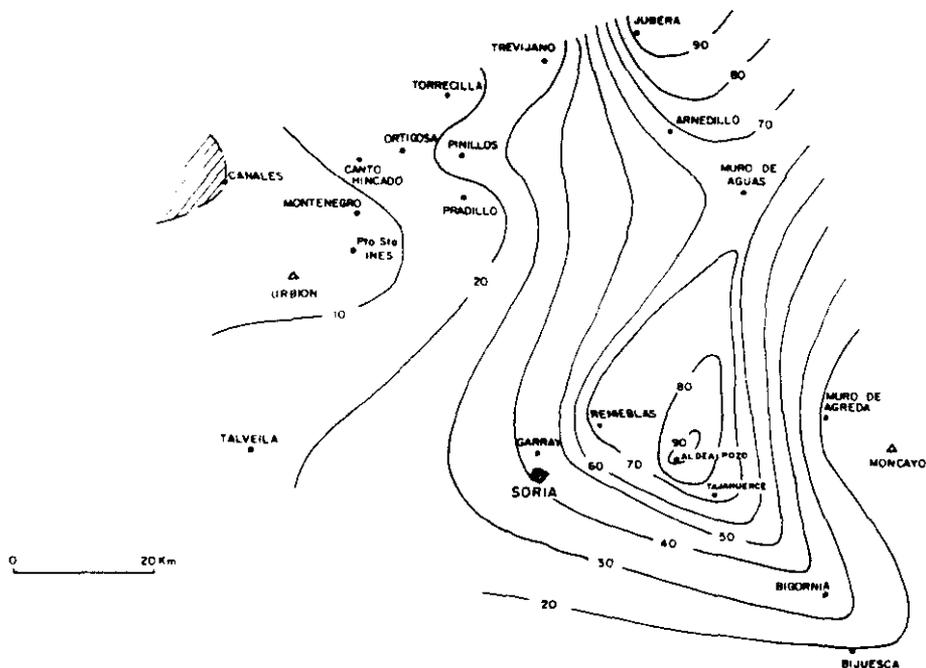


Fig. 7.—Mapa de isopacas de la Fm. Aldealpozo.

Fig. 7.—Map of isopachs of Aldealpozo Fm.

Está formada por diferentes tipos de *boundstones* de coral predominantemente, aunque también se pueden encontrar otros constructores como Chaetétidos y *Bacinella irregularis*, y las colonias aparecen frecuentemente perforadas e incrustadas por algas cianofíceas, serpúlidos y foraminíferos (Nubeculáridos). Así, se encuentran facies *bindstone*, *framestone* y *floatstone*, asociadas a *rudstones*. Estas facies son dominantes en las zonas de núcleo dentro de las construcciones arrecifales; asociadas a ellas aparecen calizas *floatstone* y *wackestones* con oncoídes correspondientes al talud arrecifal, donde abundan los corales caídos, crinoides, braquiópodos y bivalvos y calizas *grainstone* oolíticas y arenosas que forman barras de calcarenitas asociadas a los complejos bioconstruidos. Tienen estratificación cruzada y corresponden a barras submareales y calcarenitas de *back reef*.

Estas facies bioconstruidas aparecen en todo el sector W (borde oriental de la Sierra de la Demanda), zona de la Sierra del Madero y Sur de la del Moncayo. Hacia la Demanda, en situaciones más internas, aparecen facies micríticas de ambientes más protegidos, de *lagoon*. Están formadas por calizas micríticas bioclásticas, con braquiópodos, bivalvos, pequeños parches de corales ramiformes finos y crinoides bien conservados.

Hacia el SW (zona de S. Leonardo de Yagüe) y N (Jubera) la influencia

clástica fue grande. En Talveila (SW) aparecen arenas con estratificación cruzada, calizas micríticas *mudstone* y *packstone* y margas con ostrácodos y charofitas. Excepcionalmente aparecen algunos braquiópodos y ha sido interpretada por Díaz Molina *et al.* (1983) como un complejo de isla barra-lagoon.

En Jubera, al norte de la cuenca, predominan las facies de areniscas con estratificación cruzada y abundante bipolaridad, correspondiente a llanuras de marea (Fig. 5). Esporádicamente (Muro de Aguas, Arnedillo) aparecen niveles carbonáticos con corales planos.

Esta unidad era incluida anteriormente en el Oxfordiense superior (Mensink, 1966 y Bulard, 1972) pero más recientemente, ha sido datada por Benke *et al.* (1981) y Conze *et al.* (1984) como Kimmeridgiense inferior.

El mapa de isopacas (Fig. 8) muestra una franja de máximos espesores orientada según una línea NE-SW que coincide aproximadamente con la de la unidad anterior. El máximo de potencia se sitúa en Renieblas, localidad próxima a Aldealpozo, (52 m) y a su vez coincide con la zona de máxima profusión de facies estrictamente bioconstruidas.

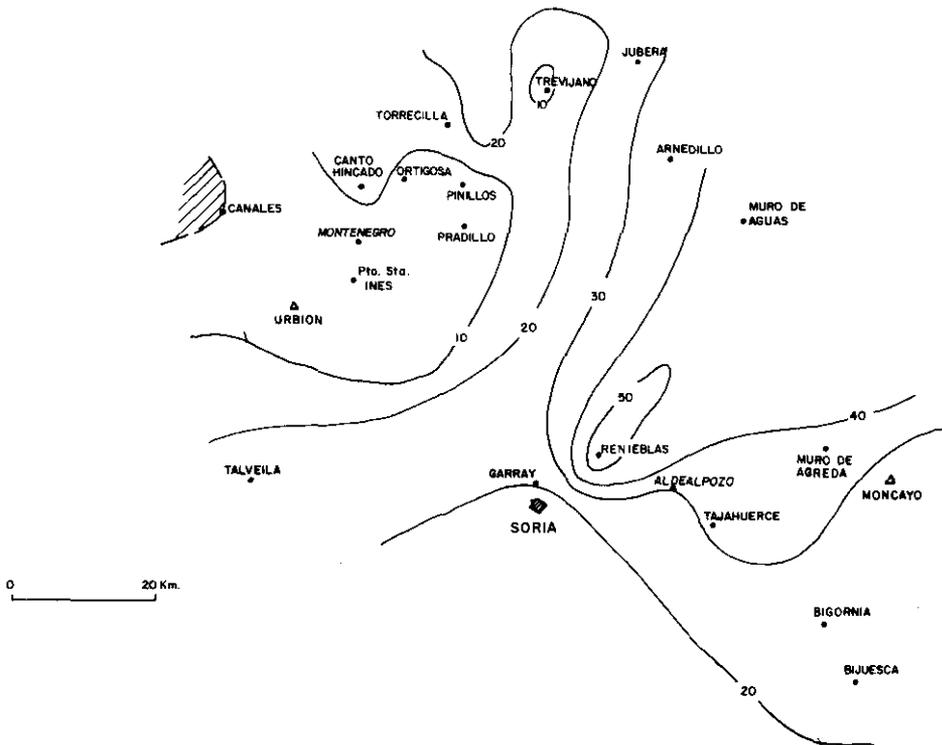


Fig. 8.—Mapa de isopacas de la Fm. Torrecilla en Cameros.

Fig. 8.—Map of isopachs of Torrecilla in Cameros Fm.

Los espesores disminuyen paulatinamente hacia el NW y el SE, sin embargo, en este caso, el sector del Moncayo, aunque aún zona de mínimos espesores, queda más atenuado que en la unidad inferior.

Las Discontinuidades Estratigráficas

Las dos discontinuidades que limitan el Malm marino en su base y su techo son de primer orden, aunque su carácter difiere radicalmente.

En la base de la primera secuencia deposicional (Oxfordiense medio-superior) aparece la «Capa de oolitos ferruginosos de Arroyofrío», definida por Gómez y Goy en 1979 o su equivalente lateral, generalmente identificable como una superficie ferruginosa, *hardground* etc (Fig. 2). La Capa de Arroyofrío se encuentra representada en el norte, en el sector adosado a la Sierra de la Demanda y, según Wilde (1988) en el norte del Moncayo, en los alrededores de Agreda.

Su presencia coincide en la región norte con la zona de facies más profundas de la unidad suprayacente (Fm. Aldealpozo). En este sector es fácilmente reconocible, se trata de una capa de espesor variable (cms a 1 m) de calizas arenosas oolíticas negras algo bioclásticas. Los oolitos son de Fe y también los bioclastos presentan alguna envuelta ferruginosa (bivalvos, equinodermos, foraminíferos bentónicos, espículas de esponjas, braquiópodos).

Los oolitos pueden ser simples o compuestos, agrupados y/o aislados. La capa corresponde a un nivel de removilización, en una etapa de muy baja velocidad de sedimentación y reelaboración. Incluye, según los distintos autores, a parte del Calloviense superior y al Oxfordiense inferior.

En el sector meridional (Aldealpozo) aparece en su lugar un nivel ferruginoso incrustado por ostréidos y algunos gasterópodos y con algunas perforaciones, correspondiente a un *hardground*. En el N, en el sector de Jubera, sobre un tramo de 6 m de areniscas rojas del Calloviense inferior (Bulard, 1972) aparece un nivel de 1 m de areniscas calcáreas con oolitos ferruginosos dispersos. El significado es en los dos casos similar, en cuanto a que es un nivel de interrupción sedimentaria importante, ligado a una nueva reestructuración de la cuenca en el paso del Jurásico medio al superior. De hecho, un gran cambio paleoambiental y paleogeográfico se realiza en la cuenca a partir de esta discontinuidad.

Respecto a la discontinuidad del techo de la secuencia deposicional Kimmeridgiense inferior, supone una ruptura brusca en la cuenca en todos los aspectos. En primer lugar representa un cambio tectónico importante, pues da lugar a una discordancia, en segundo lugar supone una ruptura ambiental y paleogeográfica, pues supone el paso de sedimentos de plataforma tropical carbonatada a cuencas continentales fluvio-lacustres, cuyo relleno constituirán la potente serie «wealdica» de la Cuenca de Los Cameros.

Algunos autores (Mensink y Schudack, 1982; Schudack, 1984 y Schudack, 1987) consideran que en la zona sur y suroriental de la cuenca existe un paso gradual entre las Calizas con Corales y la serie continental, mientras que Cámara y Durantez (1982) la interpretaban como discordancia cartográfica. Los autores del presente trabajo han podido observar que la discontinuidad, aunque de diferentes formas, aparece siempre clara en todos los sectores. Así, se manifiesta como superficie erosiva (sector de Ortigosa, en el borde de la Demanda y sur del Moncayo), paleokarstificaciones y costras ferruginosas (sectores de Torrecilla, Soria y Sierra del Madero).

A veces las karstificaciones llegan a afectar a toda la unidad infrayacente, como en el Puerto de las Viniegras. En el borde sur de la Demanda y en el sector sur del Moncayo (Puerto de Bigornia) la discordancia es tan importante que las facies de abanicos aluviales que forman la serie suprayacente fosilizan fracturas importantes que afectan a la unidad arrecifal. De hecho, el salto de las fracturas puede llegar a ser de 400 m (Alonso y Mas, 1988) (Fig. 9).

Hacia los sectores septentrionales, esta discontinuidad estratigráfica adquiere mayor importancia debido a la existencia de un claro «onlap» de los materiales continentales del «Weald» sobre las calizas bioconstruidas. Así, en los alrededores de Soria, los primeros materiales continentales son posiblemente de edad Kimmeridgiense superior o Portlandiense (Martín i Closas, comunicación personal), en el Valle del río Iregua son Berriasien-ses y en la zona de Jubera son ya de edad Valanginiense inferior.

Por otro lado, la discontinuidad que aparece entre las dos secuencias deposicionales separando las dos unidades en que se ha dividido el Malm marino en esta región, es de menor rango. Es sólo detectable como *hard-ground* en el sector adosado a la Sierra de la Demanda. En el resto de la cuenca (Soria, Madero, Moncayo, Jubera) se identifica por la clara tendencia a la somerización del techo de la Fm. Aldealpozo. Así, aparecen secuencias de somerización con emersiones periódicas que localmente llegan a ser más importantes, pues aparecen paleokarsts bien desarrollados (Pto. de Bigornia, Sur del Moncayo) (Fig. 10).

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO. PALEOGEOGRAFÍA

La sedimentación durante las dos últimas secuencias deposicionales marinas del Jurásico en las sucesiones estratigráficas de los Cameros, entre La Demanda y el Moncayo, tuvo lugar en una plataforma epicontinental que durante el Malm inferior y medio formaba el denominado por Bulard (1972) «Estrecho de Soria», entre los Macizos Ibérico (W) y del Ebro (E) y que conectaba la Cuenca Ibérica (Tethys) al Sur con el dominio Cantábrico al Norte (Fig. 11).

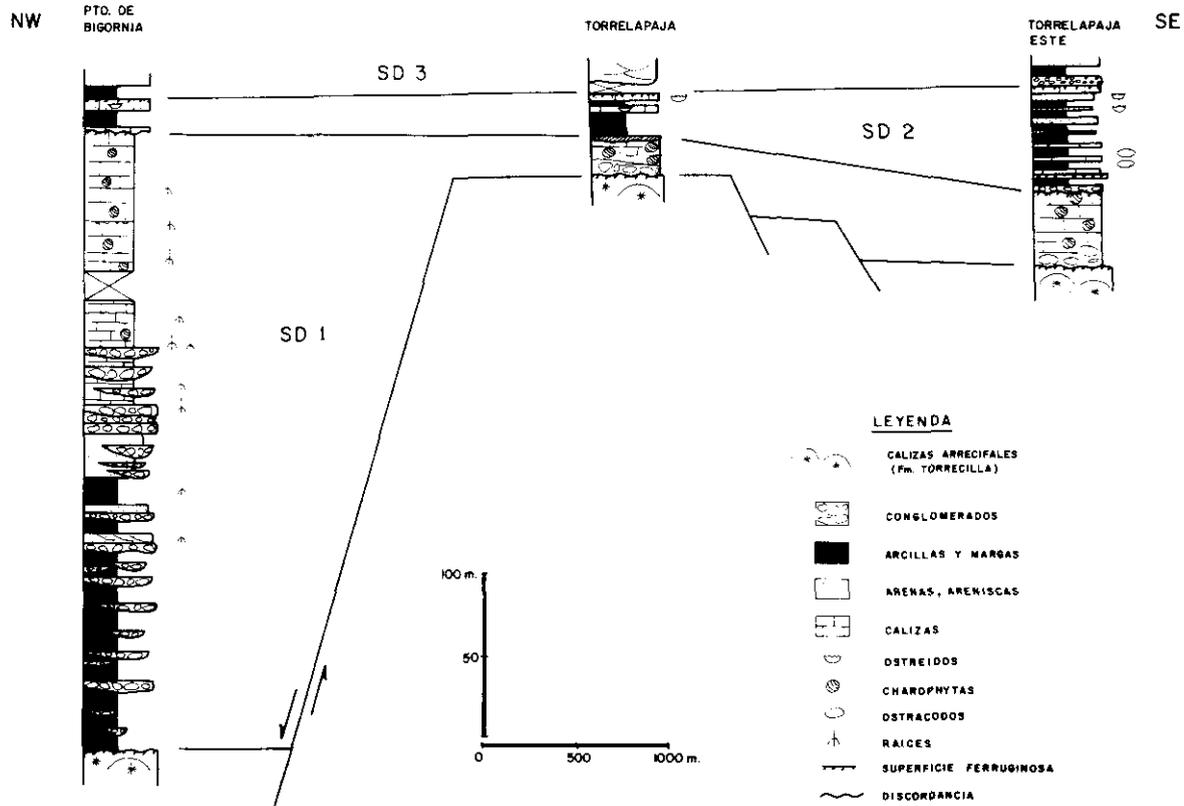


Fig. 9.—La discontinuidad Malm marino-Malm continental en el Pto. de Bigornia. La Formación continental de la base del Ciclo «Weald» fosiliza fracturas de 400 m de salto que afectan a la Fm. Torrecilla en Cameros.

Fig. 9.—Marine Malm-Continental Malm unconformity in the Bigornia sector. Important paleofaults affecting to Torrecilla en Cameros Fm. are fossilized by the continental Formation of the base of Weald Cycle.

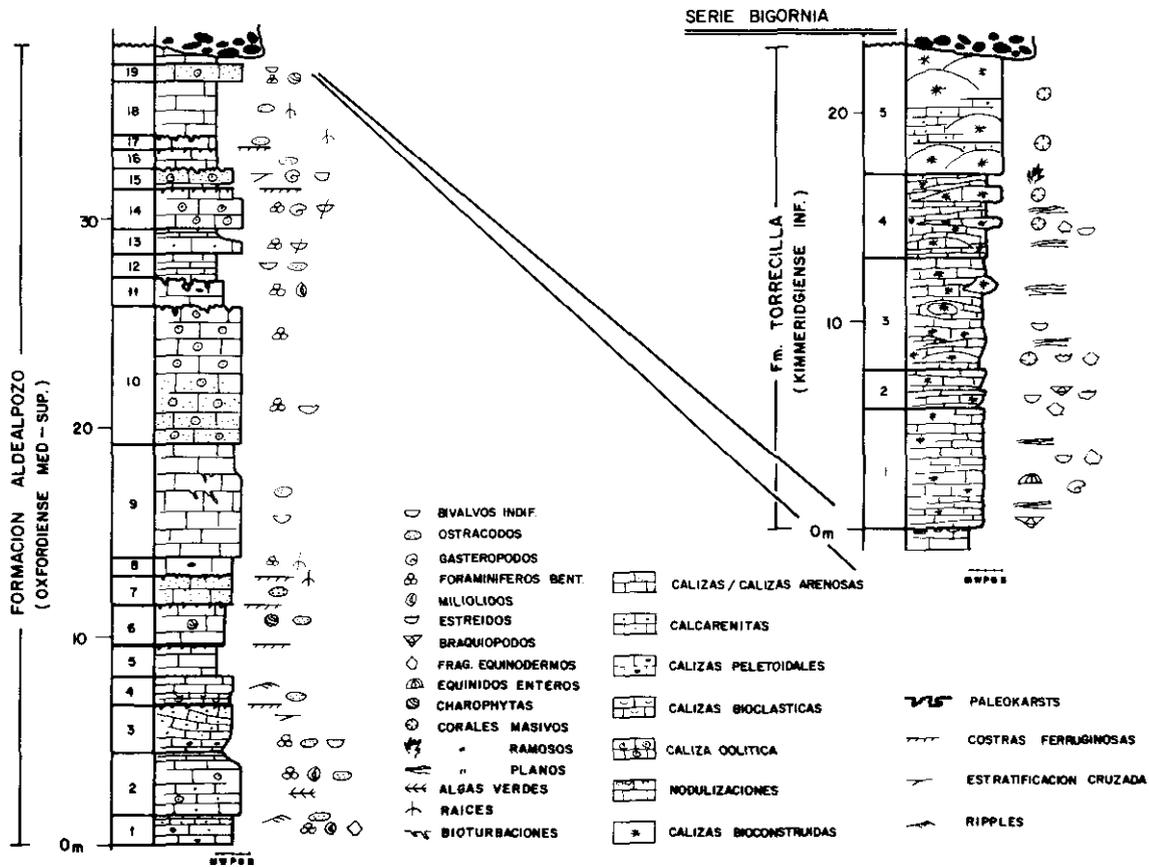


Fig. 10.—El Malm marino en el Pto. de Bigornia.
 Fig. 10.—The marine Malm in the Bigornia sector.

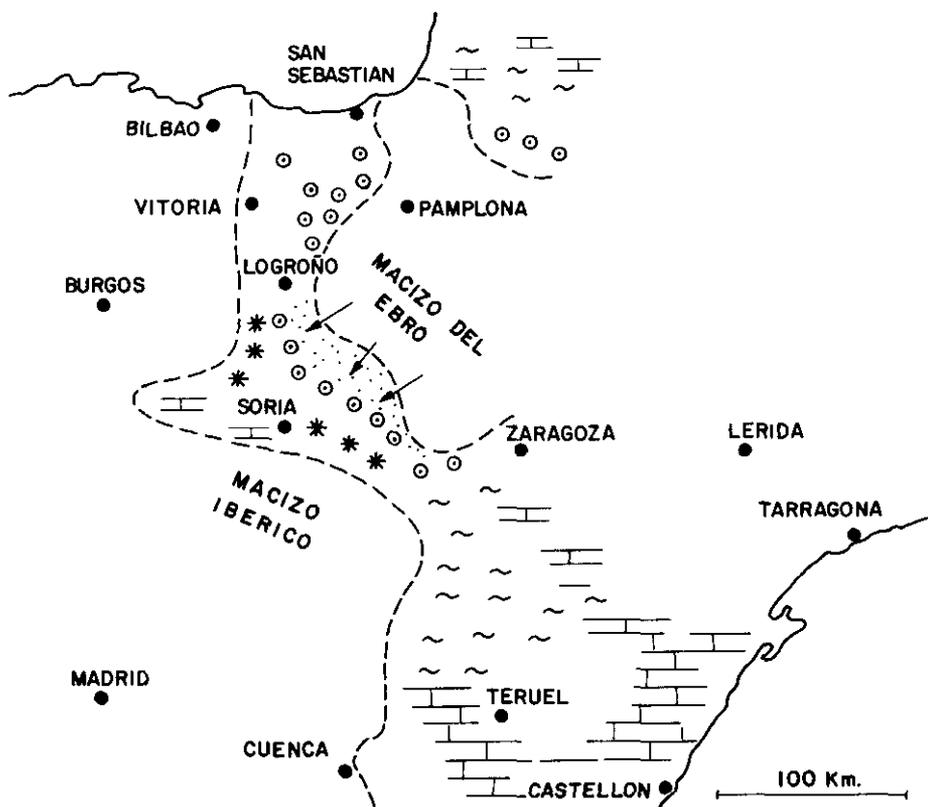


Fig. 11.—El estrecho de Soria durante la sedimentación de la Fm. Torrecilla (Kimmeridgiense inferior). Los asteriscos señalan la situación de los dos complejos bioconstruidos principales.

Fig. 11.—The Soria seaway during deposition of Torrecilla Fm. (Lower Kimmeridgian). Asterisks are marking out the location of the two main reefal complexes.

La interpretación ambiental y paleográfica de la Fm. Aldealpozo (Secuencia Depositional Oxfordiense medio-superior) se ha representado en la Fig. 12. Se trataba básicamente de una extensa plataforma somera, abierta o basculada hacia el N y NW, es decir hacia el dominio cantábrico. Las facies más someras y litorales aparecen hacia el S y SE, sin embargo, la apertura hacia el dominio ibérico no se puede apreciar en el área estudiada ya que se realiza en sectores situados algo más al Este (NE del Moncayo - Ricla).

La sedimentación predominante era carbonática, aunque, como se puede ver en la figura, las contaminaciones siliciclásticas eran importantes, particularmente las provenientes del SW y NE. Se diferencian cuatro zonas o áreas de sedimentación de características ambientales diferentes.

PALEOGEOGRAFIA DURANTE LA SEDIMENTACION
DE LA Fm. ALDEALPOZO



Fig. 12.—Paleogeografía durante la sedimentación de la Fm. Aldealpozo (Secuencia Depositional Oxfordiense medio-superior).
Fig. 12.—Paleogeography during deposition of the Aldealpozo Fm. (Middle-Upper Oxfordian Depositional Sequence).

En el sector S y SE (sectores de Soria, Sierra del Madero y Sur del Moncayo), el análisis sedimentológico detallado ha puesto de manifiesto la disposición de las diferentes facies distinguidas en secuencias de somerización del tipo de las representadas en la Fig. 13. Las más frecuentes son las denominadas fangosa (*muddy*) y arenosa (*grainy*), siguiendo la terminología de James (1979).

La secuencia de baja energía (fangosa), caracteriza sobre todo el techo y parte media de la formación (Fig. 4). De base a techo presenta los términos correspondientes a la zona submareal de baja energía (*lagoon*), con micritas, a veces con acumulaciones de gasterópodos, con foraminíferos bentónicos, oogonios de charófitas, bivalvos, etc. y el término de llanura de marea, caracterizado por el desarrollo de niveles de algas laminares verde-azules, y las secuencias terminan generalmente en un nivel edafizado y/o karstificado que implica exposición subaérea.

La secuencia arenosa (*grainy*) corresponde a términos de bajíos o barras calcareníticas, con energía alta, que pasan a techo a los mismos niveles que los anteriormente descritos. En sus bases, las secuencias incorporan cantos procedentes del desmantelamiento superficial de la secuencia anterior.

Las secuencias denominadas de tipo mixto presentan en la base, erosiva, areniscas con estratificación cruzada y a techo pasan a calizas, terminando en niveles de algas poco desarrollados. Se interpretan como correspondientes a canales submareales en su base, abandonados progresivamente. Otros canales someros, mucho menos potentes, son los correspondientes a la secuencia de base erosiva y relleno oncolítico. Son oncolitos redondeados, pequeños, a veces múltiples en empaquetamiento *packstone* y las secuencias terminan de nuevo en algas laminares cuando el canal cesa de funcionar.

Por último, en la parte inferior predominan las secuencias de areniscas con estratificación cruzada tendida y de bajo ángulo, con *ripples* de oscilación y de corriente, que muy posiblemente corresponden a bajíos arenosos, flechas o playas. Suelen terminar en un nivel micrítico poco desarrollado, quizás correspondiente a *ponds* o pequeños *lagoones*.

Dentro de este sector S-SE, una observación muy detallada del tipo de secuencias que aparecen, pone de manifiesto que las que poseen términos siliciclásticos son más abundantes hacia el norte (Renieblas, Aldealpozo) predominando hacia el sur (Bigornia y Bijuesca) los términos más micríticos. Asimismo, las emersiones, karstificaciones, y edafizaciones, adquieren mayor importancia en este último sector. Por ello, se interpreta el medio sedimentario como de plataforma carbonática-rampa, con desarrollo de bajíos, *lagoones* y llanuras de marea.

Esta rampa estaría abierta hacia el N-NW (sector de Torrecilla-Pto. de Santa Inés). Por desgracia no existen afloramientos intermedios en la Cuenca de los Cameros que permitan apreciar de forma continua como se realiza

SECUENCIAS DE SOMERIZACION

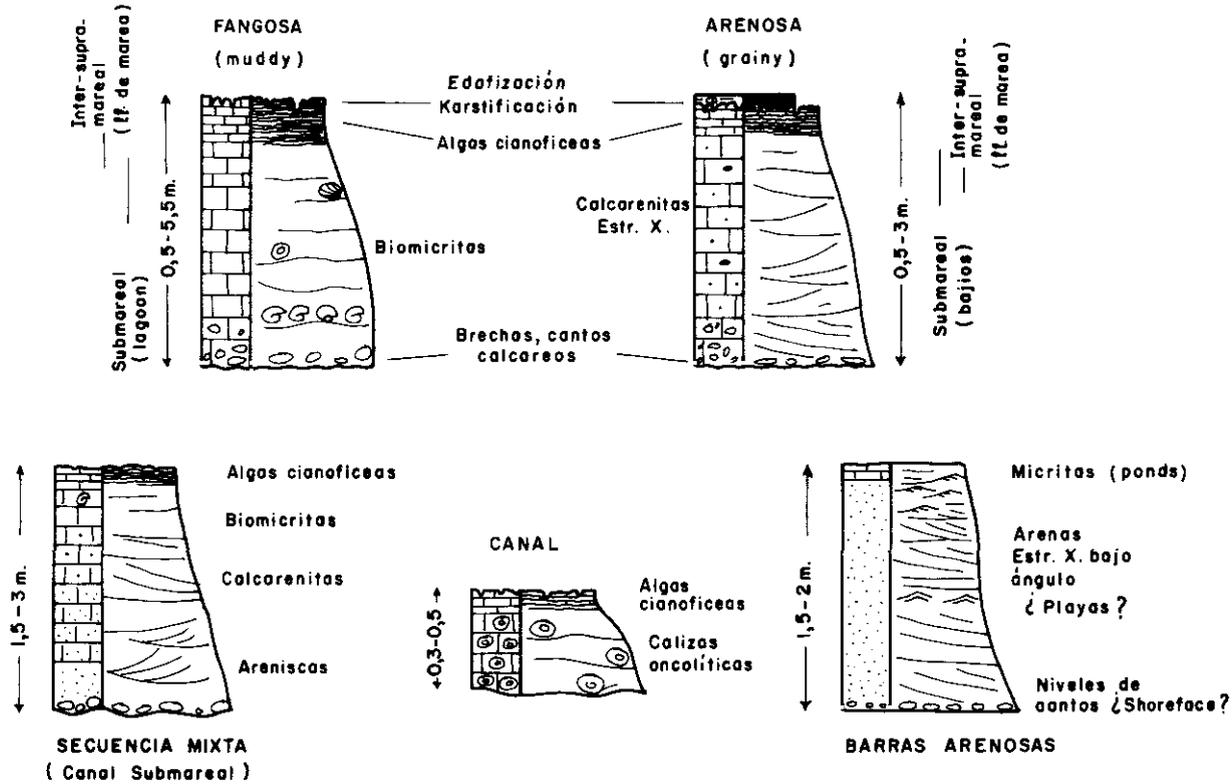


Fig. 13.—Secuencias tipo diferenciadas en el sector S y SE en la Fm. Aldealpozo.
 Fig. 13.—Sequences type recognized in the S. and SE sectors in the Aldealpozo Fm.

ese cambio a posiciones más abiertas. En el norte, la unidad está constituida por una alternancia de calizas limosas y margas negras con abundantes braquiópodos, crinoides y algunos ammonites. Las calizas son limosas y algo arenosas, predominantemente *wackestone* aunque también aparecen intrabiomicritas *packstone*. Son frecuentes los foraminíferos, siempre bentónicos aunque localmente son relativamente frecuentes los elementos planctónicos como algunos tipos de crinoides y los ammonites.

En general la energía de depósito es pequeña, la sedimentación parece realizarse mayoritariamente bajo el nivel de base del oleaje, sin embargo, la epifauna y bioturbación parecen indicar que se trataba de zonas fóticas y relativamente óxicas. Se interpreta como rampa externa, no muy profunda, pero con sedimentación ralentizada.

La rampa estaba basculada hacia el N (Jubera), donde la subsidencia era notablemente mayor que en el resto de la cuenca. A esto se unía la importante contaminación siliciclástica en este sector, sin duda proveniente del Macizo del Ebro. En esta zona, la unidad está formada por barras calcareníticas y arenosas con estratificación cruzada de surco y planar, formando complejos de barras lineales y *sandwaves* que migraban en una plataforma abierta de sedimentación mixta, carbonática y siliciclástica (Fig. 12). No se puede descartar la existencia de complejos deltaicos, sobre todo en la base, en la que parecen identificarse secuencias claramente de granulometría creciente hacia techo, en las que se pasa de facies finas en la base (prodelta-plataforma) a alternancia con facies de barras arenosas (barras de desembocadura) y por último a barras complejas y areniscas con estratificación cruzada de surco (lóbulo deltáico).

En el SW (Sector de Talveila), la unidad ha sido interpretada por Díaz Molina *et al.* (1983) quienes identifican una isla barrera que protegía un *lagoon* situado hacia el SW.

La Fm. Calizas con corales de Torrecilla en Cameros (Secuencia Depositional Kimmeridgiense inferior) es de carácter predominantemente arrecifal, aunque a lo largo de todo el sector estudiado también presenta variaciones.

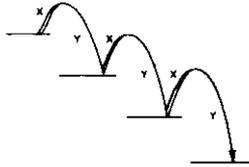
En la Fig. 14 se ha representado la interpretación ambiental y paleogeográfica de la unidad. Se puede observar que la sedimentación se realizó

Fig. 14.—Paleogeografía durante la sedimentación de la Fm. Torrecilla en Cameros (Secuencia Depositional Kimmeridgiense inferior). 1: Erosión prewealdense. 2: Plataforma carbonática interna. 3: Plataforma externa. 4: Zonas con fuerte influencia siliciclástica. 5: Procedencia del material siliciclástico. A y B: Sectores con predominio de complejos arrecifales. A. Arrecifes franja. B. Arrecifes barrera. Tendencia de la acreción en función de la evolución de los factores eustático y tectónico en ambos sectores.

Fig. 14.—Paleogeography during deposition of Torrecilla en Cameros Fm. (Lower Kimmeridgian Depositional Sequence). 1: Pre-Wealdian erosion. 2: Inner carbonate Ramp. 3: Outer Ramp. 4: Areas with important clastic input. 5: Clastic provenance. A and B: Sectors dominated by reefal complexes. A: Fringing Reefs. B: Barrier Reefs. Accretion tendency corresponding to eustatic and tectonic evolution in both sectors.

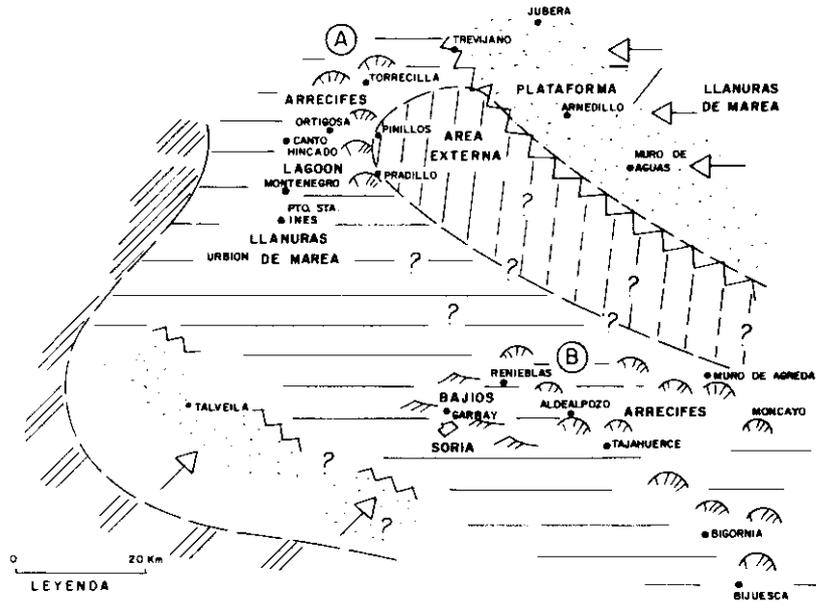
SECTOR (A)

down lap — acreción frontal (complejo arrecifal franjeante)



EVOLUCION DEL NIVEL DEL MAR

- X — Eustatismo positivo ➡ subida del nivel del mar
- Y — Levantamiento tectónico ➡ bajada del nivel del mar
- Y > X



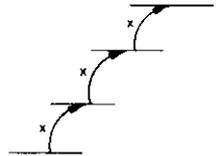
0 20 Km

LEYENDA

- 1. [diagonal hatching]
- 2. [horizontal hatching]
- 3. [vertical hatching]
- 4. [stippled pattern]
- 5. [arrow symbol]

SECTOR (B)

acreación frontal y vertical (complejo arrecifal barrera)



EVOLUCION DEL NIVEL DEL MAR

- X — Eustatismo positivo + subsidencia = Subida del nivel del mar

en una plataforma carbonática, asimétrica, con un surco más externo o profundo desplazado hacia el NE. De nuevo los dos márgenes del Estrecho de Soria marcan sendos lugares de aportes siliciclásticos importantes. El surco externo ha sido deducido en base a la interpretación del modelo de la plataforma carbonática, ya que no existen afloramientos de la mayor parte de este subambiente.

Los complejos arrecifales diferenciados son dos (A y B), presentando ambos características diferentes: El complejo arrecifal de la zona norte (sector de Torrecilla), su geometría, interpretación y evolución ha sido detallado prolijamente en una reciente publicación por Alonso *et al.* (1988). De forma resumida, este complejo tiene carácter franjeante, con neto predominio de la acreción frontal frente a la vertical. En él se diferencian ocho edificios bioconstruidos adosados lateralmente, presentado cada uno de los cuales facies características de núcleo arrecifal (*boundstone* predominantemente), de talud arrecifal (*floatstones*) y de barras submareales asociadas (*grainstones*). En la Fig. 14 se ha representado también la interpretación de la evolución del complejo (A) en base a su respuesta a los controles alocíclicos que actuaron en la cuenca (tectónica y eustatismo). Se parte de una supuesta situación general de eustatismo positivo para esta época (Vail *et al.* 1977), situación que parece confirmar la tendencia al crecimiento en la vertical de cada uno de los edificios bioconstruidos, que es enmascarada y finalmente invertida por la tendencia general, concretamente el levantamiento tectónico, del sector situado hacia la Sierra de la Demanda, lo que provoca la emersión de cada edificio antes de la instalación del siguiente. El resultado final es una tendencia a la acreción frontal (*down lap*) del complejo franjeante (Alonso *et al.*, 1988).

En el sector sur y suroriental (Sierra del Madero-Pto. de Bigornia) se diferencian otro tipo de complejos arrecifales. Constan también de facies de núcleo y de talud arrecifal, con características faciales idénticas a las de Torrecilla. Sin embargo, hay dos diferencias marcadas: no aparecen facies de barras submareales asociadas al frente de cada edificio y presentan un dominio neto del apilamiento vertical de los edificios bioconstruidos frente a la progradación. Un afloramiento bueno para observar esto es el de Bigornia (Fig. 10). La interpretación está también representada en la figura 14 (sector B), en ella se considera que la zona sur y suroriental de la plataforma durante esta época presentaba una neta tendencia subsidente lo que unido al eustatismo positivo da como resultado el apilamiento vertical dominante mencionado. Además, en este sector se localizan importantes áreas donde se desarrollaron barras calcareníticas de *backreef* (sector de Soria).

En la zona interna suroccidental del estrecho (Talveila), Díaz *et al.* (1983) interpretan la existencia de lagoones protegidos margosos con desarrollo de islas barrera formadas a partir de los elementos siliciclásticos provenientes del SW.

En el N y NE la influencia siliciclástica fue dominante, se desarrollan de hecho llanuras de marea en las que sólo de forma muy rara aparecen algunos niveles carbonáticos con corales en las facies submareales.

Sólo en Pradillo y Pinillos ha sido posible vislumbrar las facies más externas (más profundas) del modelo de plataforma propuesto. La unidad aparece enormemente reducida de espesor en estas localidades, y representada por encrinitas y margas con fragmentos de corales, y briozoos. También aparecen niveles de corales planos. Suponemos que se trata de facies de talud arrecifal y paso a plataforma externa, zona en la que la sedimentación estaría netamente reducida, ralentizada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto ID 452, subvencionado por la CAICYT. En el desarrollo definitivo de este trabajo nos han sido de gran valor las sugerencias de diversos colegas, destacando en este sentido el intercambio de ideas con Marcos Aurell de la Universidad de Zaragoza.

Agradecemos la colaboración de B. Bartolomé y de C. Sánchez, quienes han realizado los trabajos de mecanografía y delineación, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, A., y MAS, J. R. (1988). La transgresión Aptiense al sur del Moncayo (límite de las provincias de Soria y Zaragoza). *Congreso Geológico de España*, 1988. Comunicaciones. 1:11-14.
- ALONSO, A.; MAS, J. R., y MELENDEZ, N. (1987). Los arrecifes coralinos del Malm en la Sierra de los Cameros (La Rioja, España). *Acta Geológica Hispanica*, 21-22: 293-306.
- BENKE, K. (1981). Die Dogger/Malm-Wende in den NW-Keltiberischen Ketten (Spanien) und angrenzenden Gebieten. *Sedimentologie, Stratigraphie und Paläogeographie. Facies*, 4: 95-164.
- BENKE, K.; DURKOOOP, A.; ERRENST, CH., y MENSINK, H. (1981). Die Korallenkalke im ober-Jura der nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Facies*, 4: 27-94.
- BULARD, P. F. (1972). *Le Jurassique Moyen et Supérieur de la Chaîne Ibérique sur la bordure du Bassin de l'Ebre (Espagne)*. Vol. I & II. Thèse doct. Univ. Nice: 702 p.
- CAMARA, P., y DURANTEZ, O. (1982). Cartografía y memoria de la Hoja Geológica núm. 279, escala 1:50.000, Villoslada de Cameros. *Mapa Geológico de España*. IGME.
- CONZE, R.; ERRENST, CH., y MENSINK, H. (1984). Die Ammoniten des Ober-Callovium bis Unter-Kimmeridgium in den Nordwestlichen Keltiberischen Ketten. *Palaeontographica*, 183 (4-6): 162-211.

- DIAZ MOLINA, M.; GOY, A., y YEBENES, A. (1983). Un complejo de isla barrera-lagoon del Jurásico superior (Talveila, Soria). *Libro de Abstracts del X Congreso Nacional de Sedimentología*. 2.58-2.62.
- DRAGASTAN, O.; MENSINK, H.; MERTMANN, D., y WILDE, S. (1987). Küstennahe Sedimentationszyklen im Ober-Jura der westlichen Madero, Nord-Spanien. *N. Jb. Geol. Paläont.*, 175 (1): 377-398.
- ERRENST, CH. (1984). Der marine Malm in den nordwestlichen keltiberischen Ketten (Spanien). *Z. Dt. Geol. Ges.*, 135: 45-55.
- GOMEZ, J. J., y GOY, A. (1979). Evolución lateral de las unidades litoestratigráficas del Jurásico en facies carbonatadas de la Cordillera Ibérica. *Cuadernos de Geología de la Universidad de Granada*. 10: 83-93.
- JAMES, N. P. (1979). Shallowing upward sequences in carbonates. In: *Facies Models*. Ed. by R.G. Walker. Geoscience Canada. Reprint Series, 1. Cap. 10: 109-119.
- MAS, R., y ALONSO, A. (1988). El complejo arrecifal progradante de Torrecilla en Cameros (Kimmeridgiense inferior). *Ciencias de la Tierra*. Geología. 11: 315-329.
- MENSINK, H. (1966). Stratigraphie und Paläogeographie des marinen Jura in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Beih. Geol. Jb.*, 44: 55-102.
- MENSINK, H., y SCHUDACK, M. (1982). Caliche, Bodenbildungen und die paläogeographische in den wicklung und der wende mariner Jura/Wealden in der westlichen Sierra de los Cameros (Spanien). *N. Jb. Geol. Paläont.*, 163 (1): 49-80.
- MITCHUM, R. M.; VAIL, P. R., y THOMPSON, S. (1977). The Depositional sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. In: *Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration*. Ed. by Ch.E. Payton. AAPG. Memoir 26: 53-62.
- SCHUDACK, M. (1984). Die grenze mariner Jura/Wealden inder nordslichen Iberischen Ketten (Spanien). *Z. Dt. Geol. Gess.* 135: 57-65.
- SCHUDACK, M. (1987). Charophytenflora und fazielleEntwicklung der Grenzschichten mariner Jura/Wealden in dennordwestlichen Iberischen Ketten (mit Vergleichen zu Asturien und Kantabrien). *Palaeontographica*, B, 204 (1-6): 1-180.
- VAIL, P. R.; MITCHUM, R. M., y THOMPSON, S. (1977). Global cycles of relative changes of sea level. En: *Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration*. Ed. by Ch. E. Payton. *AAPG Memoir* 26: 83-98.
- WILDE, S. (1988). El Bathoniense-Calloviense de Agreda y el desarrollo del Dogger y Malm marino del Madero-Moncayo. *Ciencias de la Tierra*. Geología., 11: 217-236.

Recibido: 13 marzo 1989.

Aceptado: 1 junio 1989.