

# *Facies aalenienses y bajocienses, con evidencias de emersión y carstificación, en el sector central de la Cuenca Ibérica. Implicaciones paleogeográficas*

S. FERNÁNDEZ-LÓPEZ \* y J. J. GÓMEZ \*\*

\* *Departamento de Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.*

\*\* *Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.*

## RESUMEN

Durante el Aaleniense y Bajociense inferior, en ambientes de plataforma externa, se ha desarrollado una amplia variedad de facies en el sector central de la Cuenca Ibérica, siendo frecuentes las discontinuidades en el registro estratigráfico, así como los niveles de removilización que suelen caracterizar el término superior de secuencias de somerización. Entre las facies asociadas se encuentran tipos tan extremos como calizas micríticas con escasos restos esqueléticos, depositadas en ambientes restringidos de baja energía, hasta calizas con oolitos ferruginosos y bioclastos abundantes, formadas en ambientes de mayor energía hidrodinámica y relacionadas con fenómenos de removilización. Los sucesivos materiales de cualquiera de estas facies en el área del Barranco de la Hontanilla, Rambla Monterde, Embalse de San Blas y Gea de Albarracín, presentan evidencias de repetidas exposiciones subaéreas suficientemente prolongadas como para dar lugar a desecación y/o disolución de parte de los carbonatos previamente depositados. Los límites entre las sucesivas biozonas del Aaleniense y Bajociense inferior corresponden a discontinuidades estratigráficas regionales válidas para la Cuenca Ibérica. En el sector central de esta cuenca, hay una laguna estratigráfica que afecta a los materiales del Toarciense superior (p.p.) y del Aaleniense inferior; y el tránsito Lías-Dogger corresponde a una disconformidad estratigráfica. Durante el Aaleniense medio y superior se reanuda la sedimentación en facies marinas de plataforma externa que localmente pudo estar emergida; y estos ambientes someros persistieron durante el Bajociense inferior, si bien se desarrollaron sucesivamente nuevos tipos de facies. Entre las evidencias de emersión y carstificación cabe señalar la presencia de grietas de desecación, desarrollo de cavidades por denudación y disolución que dan lugar a fondos roco-

esos irregulares parcialmente rellenados por brechas intraformacionales, además de relleno geopetal con materiales siliciclásticos de las cavidades previamente generadas por disolución.

Estos fenómenos de exposición subaérea, así como sus consiguientes implicaciones paleoecológicas y paleobiogeográficas, son de gran relevancia para la interpretación de los ambientes sedimentarios y para la reconstrucción de la configuración paleogeográfica de la Cuenca Ibérica durante el Aalenense-Bajociense. Los ambientes subacuáticos del Aalenense y Bajociense inferior fueron inadecuados para el desarrollo ontogénico de los ammonites, aunque de manera local y efímera pudieron llegar a proliferar algunos organismos bentónicos y euritópicos. Las sucesivas asociaciones conservadas de ammonites son el resultado de necrocinesis regional y/o inmigración local, sin evidencias de colonización. El suministro de elementos conservados tuvo lugar preferentemente desde los mares epicontinentales situados en regiones más septentrionales; sin embargo, la proporción de elementos mesogeos aumentó durante el Bajociense inferior.

**Palabras clave:** Análisis de facies, Plataformas carbonatadas, Emersión, Carstificación, Ambientes restringidos, Sedimentología, Tafonomía, Dogger, Cordillera Ibérica.

## ABSTRACT

During Aalenian and Early Bajocian, a wide variety of facies were developed within the external platform environments of the central sector of the Iberian Basin. Discontinuities in the stratigraphic record as well as «remobilization levels» normally characterizing the uppermost portion of shallowing-upward sequences are common. Within the facies association, extremely different types from micritic limestones with sparing skeletal remains, deposited in restricted low energy environments, to limestones with ferruginous oolites including abundant bioclasts, formed in environments of higher hydrodynamic energy and related to remobilization processes, can be found. Evidences of repeated subaerial exposures, prolonged enough as to provoke desiccation and/or dissolution of the previously deposited carbonates, can be observed in any of these facies types represented along the stratigraphic succession in the Hontanilla Cleft, Monterde Ramble, San Blas Dam Reservoir and Gea de Albarracín area. The limits between the successive Aalenian and Lower Bajocian biozones correspond with stratigraphic discontinuities of regional extent within the Iberian Basin. In the central sector of this basin there is a stratigraphic gap affecting the Late Toarcian (p.p.) and Early Aalenian rocks, being the limit between the Lower and Middle Jurassic marked by a stratigraphic disconformity.

During Middle and Late Aalenian, sedimentation restarted again in a marine external platform environment. However this platform could locally be emerged. These shallow environments persisted during Early Bajocian but new facies types were successively developed. Among the emersion evidences, the presence of dessecation cracks and development of denudation and dissolution cavities which generated irregular rockgrounds can be mentioned. These cavities were partially filled up by intraformational breccias as well as by siliciclastic bearing sediments located in geopetal position within the cavities previously generated by the dissolution processes.

All the mentioned subaerial exposure phenomenons as well as their subsequent paleoecological and paleogeographical implications are considered as of major importance for the interpretation of the sedimentary environments and for the reconstruction of the paleogeographic configuration of the Iberian Basin during Aalenian and Bajocian times. The Aalenian and Early Bajocian subaqueous environments were inadequate for the ontogenic development of the ammonites. However, though locally and ephemerally, some benthonic and eurytopic organisms were able to proliferate. The successive preserved associations of ammonites are the result of regional nekrokynesis and/or local immigration, without evidences of colonization. The preserved elements supply took place preferentially from the epicontinental seas located in more septentrional regions, although the proportion of mesogean elements increased during Early Bajocian.

**Key words:** Facies analysis, Carbonate platform, Emersion, Karstification, Restricted environments, Sedimentology, Taphonomy, Dogger, Iberian Range.

## INTRODUCCION

Los trabajos publicados respecto a la problemática del tránsito Lias-Dogger en la Cordillera Ibérica han defendido la existencia de lagunas e irregularidades en la sedimentación durante el Aalenense y Bajociense inferior, así como la existencia de un nivel de condensación estratigráfica con oolitos ferruginosos que en algunas localidades corresponde al menos a la totalidad del Aalenense. Entre los numerosos trabajos que hacen referencia a estos temas cabe mencionar los siguientes: Gautier y Mouterde, 1964; Behmel y Geyer, 1966; Bulard, 1972; Geyer, Behmel y Hinkelbein, 1974; Hinkelbein, 1975; Schmidt-Effing, 1975; Fernández-López, 1978, 1980; Gómez, 1979; Gómez y Goy, 1980; Morillo Velarde y Meléndez Hevia, 1981; Ureta Gil, 1985; Goy, 1985; Fernández-López, 1985; Gómez, 1985; Goy y Suárez Vega, 1986; Mertmann, 1986; Goy y Ureta, 1987. Respecto al

sector central de la Cordillera Ibérica, varios miembros del Grupo de Mesozoico del Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad de Stuttgart han destacado que la parte alta de las calizas del Lías superior en la Sierra de Albarracín debe ser referida a la Zona Erbaense-Thouarsense y que las últimas zonas del Toarciense (Z. Levesquei y Aalensis) ya no están representadas, faltando muy probablemente la parte más alta de la Zona Thouarsense con *Phlyseogrammoceras dispansum* (Behemel y Geyer, 1966, p. 42; Geyer, Behmel y Hinkelbein, 1974). En la Cordillera Ibérica se puede detectar una importante omisión en el límite Jurásico inferior/medio que por lo menos comprende las Zonas Levesquei y Aalensis del Jurásico inferior, así como la Subzona Opalinum del Aaleniano (Hinkelbein, 1975, pp. 147-148, Fig. 2), y se propone que la «oolita limitrofe inferior» corresponde a un horizonte de condensación cuyo grado puede variar de un lugar a otro; desde el punto de vista paleogeográfico, dicho horizonte ha sido interpretado como resultado del paso desde la plataforma epicontinental a la cuenca mediterránea, más diferenciada y móvil. Sin embargo, en diversas localidades de la Cordillera Ibérica los materiales Aalenianos presentan mayor desarrollo y pueden corresponder incluso a calizas mi-

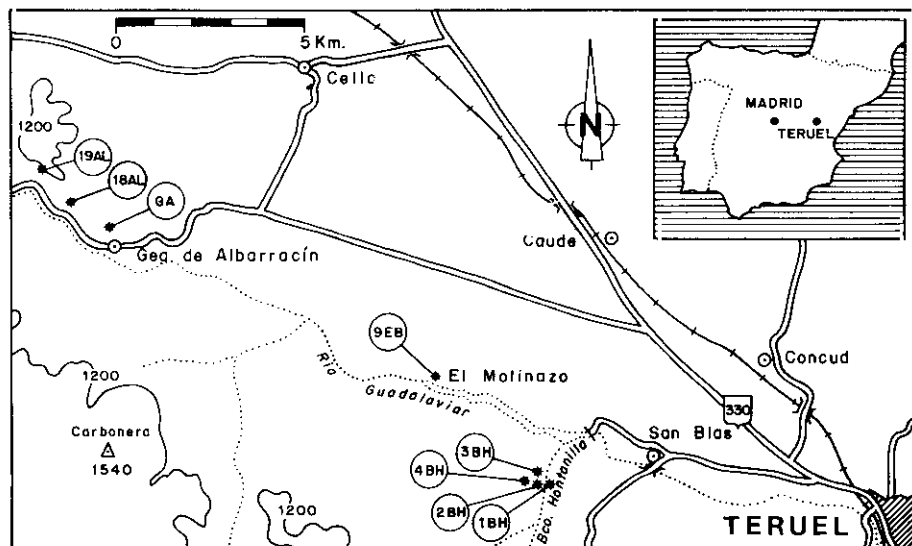


Fig. 1.—Situación geográfica de las columnas estratigráficas referidas en el texto. 1BH. Barranco de la Hontanilla. 2BH a 4BH. Rambla Monterde. 9 EB. El Molinazo, Embalse de San Blas. GA. Gca de Albarracín. 18AL. Kilómetro 18 de la Carretera Teruel-Albarracín. 19AL. Kilómetro 19 de la carretera Teruel-Albarracín.

Fig. 1.—Location map of the stratigraphic sections referred in the text. 1BH. The Hontanilla Cleft. 2BH to 4BH. Monterde Ramble. 9 EB. The El Molinazo, San Blas Dam Reservoir. GA. Gca de Albarracín. 18AL. Kilometer 18 of the Teruel-Albarracín road. 19AL. Kilometer 19 of the Teruel-Albarracín road.

críticas con escasos restos esqueléticos, formadas en ambientes restringidos que localmente llegaron a estar emergidos (Fernández-López, 1985 c).

El objetivo principal del presente trabajo es determinar las condiciones de sedimentación y la configuración paleogeográfica durante el Aaleniese y Bajociense inferior en uno de los sectores presuntamente mejor conocidos de la Cuenca Ibérica, a partir del análisis detallado de las diferentes facies desarrolladas durante dicho intervalo temporal. Dentro del sector central de la Cuenca Ibérica, es en el área del Barranco de la Hontanilla-Rambla Monverde-Embalse de San Blas-Gea de Albarracín (cf. Fig. 1) donde los materiales aalenieneses presentan características y variaciones laterales que consideramos del máximo interés para interpretar la dinámica de sedimentación. Por ello hemos estudiado en detalle ocho sucesiones estratigráficas en estos cuatro afloramientos, correspondiendo el análisis e interpretación de los datos bioestratigráficos detallados de cada una de las columnas representadas en la figura 2 a los publicados en Fernández-López (1985 c).

## ANÁLISIS DE FACIES Y DATOS BIOESTRATIGRAFICOS

Con el fin de realizar el análisis de los diferentes materiales del Toarciense superior, Aaleniese y Bajociense inferior en este sector, hemos distinguido un total de nueve tipos de facies (F1 a F9), cuyas relaciones espaciales dentro del área estudiada pueden observarse en la Fig. 2.

### **Facies F1. Calizas *wackestone* bioclásticas. Toarciense superior (Biozona Insigne)**

Los materiales de la facies F1 son calizas *wackestone* bioclásticas en capas gruesas o bancos con delgadas intercalaciones margosas. Los microfósiles son frecuentes y por lo general están resedimentados: lamelibranquios, crinoideos, equínidos, corales ahermatípicos, braquiópodos, belemnites, gasterópodos, briozoos y ammonites; se encuentran también foraminíferos y ostrácodos. Las estructuras y texturas de bioturbación son abundantes, en particular *Thalassinoides* y *Zoophycos*. Localmente contienen escasos oolitos de calcita, y el relleno de algunos de los fósiles es de micrita ferruginosa, diferente a la de la matriz. El techo de estos materiales corresponde a una superficie de removilización que trunca en bisel a las últimas capas, y representa una disconformidad estratigráfica que comprende al menos las Biozonas Pseudoradiosa y Aalensis del Toarciense superior (Lám. 1, Fig. 3). Las últimas capas de este tramo son más margosas y están ordenadas en secuencias grano y estrato-decrecientes, con mayor desarrollo de las intercalaciones margosas en los afloramientos septentrionales (GA, 18AL, 19AL).

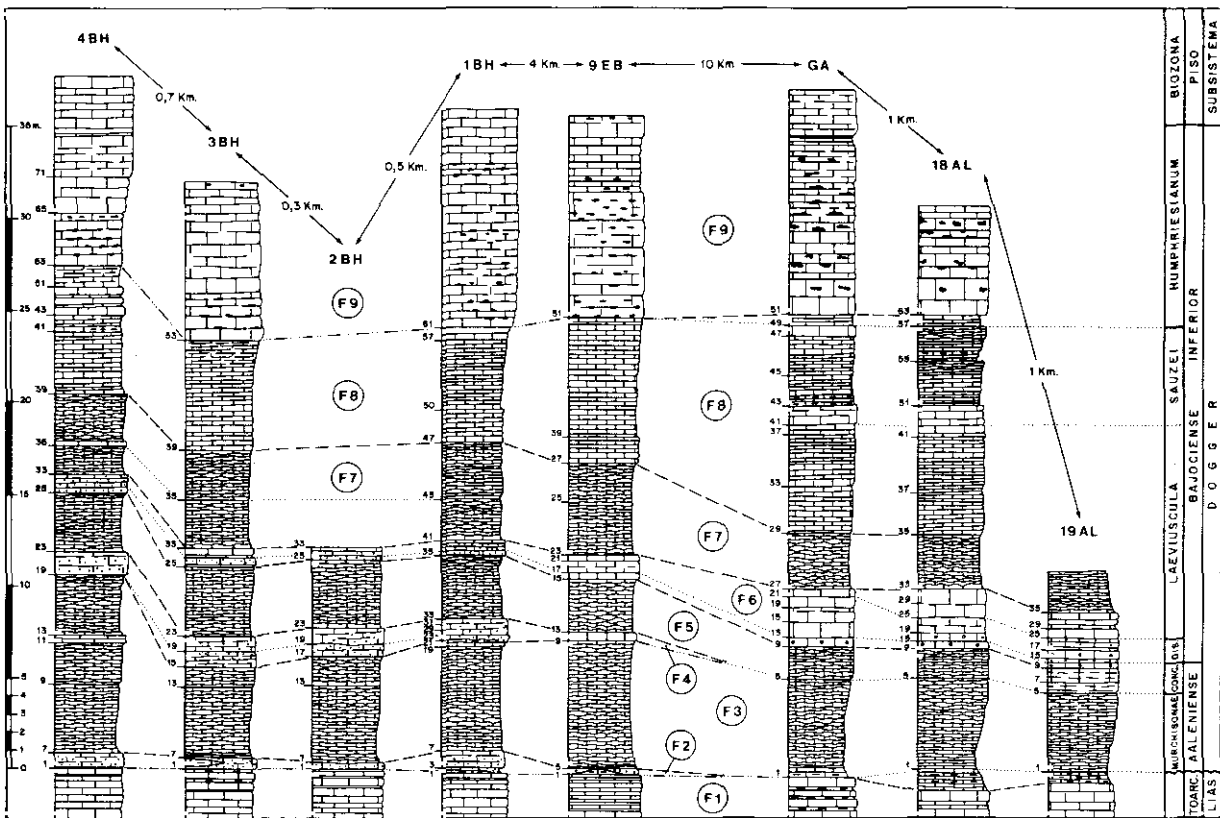


Fig. 2.—Correlación litoestratigráfica (líneas discontinuas) y bioestratigráfica (indicada con puntos) entre las columnas estratigráficas estudiadas. Los símbolos F1 a F9 representan las diferentes facies analizadas e interpretadas.

Fig. 2.—Lithostratigraphic (dashed lines) and biostratigraphic (dotted lines) correlations of the studied stratigraphic sections. Symbols F1 to F9 represent the different analyzed and interpreted facies.

En Gea de Albarracín, las dos últimas capas contienen ejemplares resedimentados de *Pseudogrammoceras* gr. *fallaciosum* (BAYLE). En el Embalse San Blas y en el Barranco de la Hontanilla-Rambla Monterde también son relativamente frecuentes los representantes de *Pseudogrammoceras* spp., así como los de *Grammoceras* sp. Por tanto, en este sector, los materiales más recientes del Toarciense superior corresponden a la Biozona Insigne.

Durante los Biocronos Insigne y Thouarsense las condiciones de sedimentación corresponden a las de una plataforma externa, abierta, con fauna pelágica y salinidad normal, en la que se desarrollaron substratos blandos a consolidados sobre los que pudieron instalarse organismos endobentónicos y epibentónicos sésiles. Los fenómenos de removilización sólo actuaron localmente en la plataforma dando lugar a niveles de removilización que no sobrepasan una decena de metros de extensión lateral. En relación con estos fenómenos se mezclaron escasos oolitos de calcita con una matriz de fango micrítico predominante, que es indicativa de un ambiente general de baja energía. En estas condiciones se han desarrollado cuerpos de calizas biomicríticas cuya continuidad lateral sobrepasa la decena de metros, y localmente llegan a predominar las intercalaciones margosas. El grado de estabilidad ambiental de esta plataforma permitió el desarrollo de una amplia variedad de organismos bentónicos, sin limitar el acceso a los elementos derivados desde otras áreas.

## **Facies F2. Calizas *packstone* con ooides ferruginosos. Aalenense medio (Biozona Murchisonae)**

El término basal del Aalenense medio (Facies F2) está constituido por calizas *wackestone* a *packstone* con ooides, oolitos y pisolitos ferruginosos, más abundantes hacia la parte inferior del tramo, además de bioclastos y pellets. Localmente contienen litoclastos de margocalizas y calizas biomicríticas, cuyas microfacies son iguales que las de los materiales infrayacentes del Toarciense superior. Estos litoclastos pueden sobrepasar 20 cm de longitud, son angulosos, y presentan superficies mineralizadas, revestimientos ferruginosos irregulares, a veces coliformes, y perforaciones biogénicas (Lám. 1, Figs. 3 y 4). Las estructuras y texturas de bioturbación son abundantes, en particular *Thalassinoides* y *Zoophycos*. Se reconocen restos de lamelibranchios, equinodermos, belemnites, corales ahermatípicos, braquiópodos, briozoos, gasterópodos, foraminíferos, serpúlidos. En conjunto, los materiales de esta facies no sobrepasan 1 m de potencia (Barranco de la Hontanilla-Rambla Monterde), su espesor disminuye hacia el noroeste (5 a 30 cm en El Molinazo), y llegan a desaparecer ó están reducidos a espesores milimétricos en Gea de Albarracín, donde se encuentra una superficie de removilización que es irregular, con perforaciones biogénicas

y encostramientos ferruginosos locales (Fig. 3; Lám. 1, Fig. 5; Lám. 3, Fig. 1).

Los macrofósiles, que son abundantes en todo el tramo, suelen estar reelaborados y resedimentados (Lám. 3, Figs. 2 y 4). Localmente, las asociaciones registradas presentan granoclasificación positiva. En tales casos, de base a techo, predominan elementos reelaborados, resedimentados y acumulados, de talla cada vez menor e irregularmente orientados, y finalmente predominan valvas de pectínidos desarticuladas, enteras y en su mayoría dispuestas horizontalmente (Lám. 3, Fig. 3). Por estas características, las asociaciones registradas deben ser consideradas como asociaciones mezcladas, constituidas por elementos heterócronos, algunos de los cuales fueron desenterrados y heredados de materiales previamente depositados. La concentración de conchas de ammonites es alta, sobre todo en la base de estos materiales que llega a tener carácter lumaquéllico; localmente, los elementos resedimentados pueden sobrepasar en número a los reelaborados. La inclinación de las conchas es muy variable lateralmente, incluso en diferentes partes de una misma capa, si bien los elementos resedimentados suelen estar dispuestos paralelamente a la estratificación, y los reelaborados tienen valores mayores de inclinación. Los elementos resedimentados corresponden a moldes parciales de igual naturaleza que la matriz, y su fragmocono puede estar relleno de calcita macrocristalina formada durante la diagénesis. La cementación del relleno sedimentario de las conchas debió ser rápida y anterior a la compactación del sedimento, en tanto que la disolución de las conchas debió ocurrir en etapas diagénéticas avanzadas. Los elementos reelaborados son moldes biomicríticos fosfáticos, fragmentados y desarticulados, pero el grado de desgaste y/o encostramiento superficial es muy variable de unos ejemplares a otros. Las curvas de distribución de tamaños de las conchas de ammonites pertenecientes a cada género suelen ser polimodales, asimétricas y con sesgo nega-

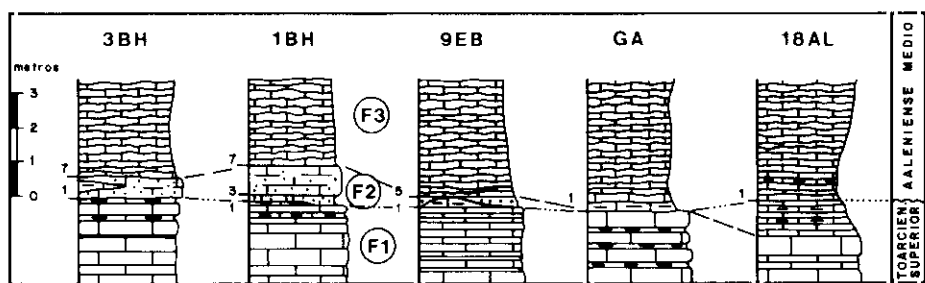


Fig. 3.—Detalle de las variaciones laterales de las calizas *packstone* con ooides ferruginosos (facies F2) del Aaleniano medio.

Fig. 3.—Detail of the lateral variations of the Middle Aalenian *packstone* limestones containing ferruginous ooids (facies F2).



tivo, predominando los restos de individuos adultos, y son muy escasos o faltan los restos de individuos jóvenes.

Tanto los ammonites reelaborados como los resedimentados son característicos de la Biozona Murchisonae. En los afloramientos del Barranco de la Hontanilla-Rambla Monterde hemos identificado: *Welschia cf. obtusifformis* BUCKMAN, *Brasilia bradfordensis* (BUCK.), *B. tutcheri* (BUCK.), *B. deleta* (BUCK.), *B. similis* (BUCK.), *B. cf. gigantea* BUCK., *Pseudographoceras* sp., *Ludwigella* sp., *Vacekia* sp., *Pseudammatoceras* sp., *Abbasitoides cf. modestus* (VACEK), *Erycites* sp., *Malladaites pertinax* (VACEK), *Tmetoceras* sp. Una asociación registrada semejante, pero constituida por elementos resedimentados, ha sido identificada en el afloramiento del Embalse de San Blas: *Welschia cf. rustica* BUCK, *W. cf. obtusifformis* BUCK., *Brasilia bradfordensis* (BUCK.), *B. baylei* (BUCK.), *B. tutcheri* (BUCK.), *B. gigantea* BUCK., *B. similis* (BUCK.), *Pseudographoceras literatum* BUCK., *Erycites* sp., *Spinammatoceras* sp., *Malladaites* sp. A nivel de familia, más del 85 % de los ejemplares registrados corresponden a Grafocerátidos, en tanto que los Hammatocerátidos no sobrepasan el 10 %. Los representantes de *Vacekia* constituyen menos del 5 %, y los de *Tmetoceras* representan valores próximos al 1 %.

A tenor de los datos que acabamos de exponer se puede concluir que, durante el Biocrón Murchisonae, la sedimentación se reanudó sobre los materiales del Toarciense superior (Biozonas Insigne y Thouarsense) sin quedar registro de las Biozonas Pseudoradosa, Aalensis y Opalinum. El ambiente de sedimentación correspondía al de una plataforma marina, somera y abierta, con fauna pelágica y salinidad normal. Por lo general se trataba de substratos litificados y erosionados que dieron lugar a fondos rocosos sobre los que pudieron desarrollarse organismos perforantes e incrustantes (moluscos litófagos, serpúlidos y briozoos, entre otros). Localmente comenzaron a depositarse lodos calcáreos, entre cuyos componentes hay elementos autóctonos y elementos alóctonos que se encuentran mezclados. La presencia de elementos reelaborados, así como de litoclastos, ooides, oolitos y pisolitos ferruginosos es indicativa de la herencia de componentes residuales a partir de materiales previamente formados. Sin embargo, el escaso grado de reelaboración tafonómica y de retrabajamiento sedimentario debió ser el resultado de la rápida removilización y escaso transporte de partículas sedimentarias formadas en ambientes marinos adyacentes durante un breve intervalo temporal. Las conchas de ammonites conservadas como elementos resedimentados debieron estar sometidas a deriva necroplañctónica desde otras áreas marinas con ambientes más estables, de aguas más abiertas y profundas. La inestabilidad ambiental y la elevada energía hidrodinámica que alcanzaba en ocasiones este sector de la plataforma, sólo permitieron el desarrollo de organismos euritópicos (ostreidos, pectínidos, serpúlidos, entre otros) y dieron lugar a la formación de cuerpos sedimentarios cuya continuidad es infe-

rior a la decena de metros, mientras que lateralmente persistía el lavado de los fondos rocosos aún no cubiertos por sedimentos. La totalidad de los cuerpos rocosos de esta facies es el resultado de varios episodios de sedimentación local, rápida y efímera, durante un breve intervalo temporal al final del Biocrón Murchisonae.

### **Facies F3. Calizas *mudstone* nodulosas localmente margosas. Aalenense medio (Biozona Murchisonae)**

El término superior de la Biozona Murchisonae (Facies F3), está constituido por calizas *mudstone* con bioclastos muy escasos de lamelibranquios de concha fina, y localmente restos de equinodermos, microfilamentos y foraminíferos. Las superficies de estratificación son irregulares y discontinuas, y les dan aspecto noduloso o masivo, sobre todo en la parte superior del tramo. Sin embargo, la parte inferior puede contener finas intercalaciones margosas como ocurre en Gea de Albarracín (Lám. 1, Fig. 2). Tanto las estructuras como las texturas de bioturbación son frecuentes, sobre todo en los interestratos. El espesor de estos materiales alcanza los 10 m en la Rambla Monterde, y se reduce hacia el noroeste (7 m en El Molinazo; 5.5 m en Gea de Albarracín). En la parte superior, en las áreas donde este tramo presenta mayor espesor, aparecen niveles de removilización y calizas bioclásticas (Rambla Monterde), así como grietas de desecación, cavidades por denudación y carstificación (Lám. 2, Figs. 1-3), porosidad móldica (Lám. 3, Fig. 5), y brechas intraformacionales (Lám. 2, Fig. 4).

Varios ammonites resedimentados han sido identificados a nivel genérico tanto en las primeras capas de esta facies (afloramientos 4BH y GA) como en la parte superior del tramo (4BH); aunque su estado de conservación no permite realizar determinaciones a nivel específico, la presencia de varios ejemplares correspondientes a *Brasilia* sp., *Pseudographoceras* sp., *Ludwigella* sp. y *Vacekia* sp. justifican la atribución de estos materiales a la Biozona Murchisonae.

El comienzo del desarrollo de esta facies de *mudstone* tuvo lugar durante el Biocrón Murchisonae, cuando localmente persistían en este sector las condiciones de plataforma abierta. Sin embargo, esta nueva facies representa un incremento general en la producción de carbonatos, y una disminución en el suministro de componentes residuales o alóctonos, en este sector de la plataforma. El creciente confinamiento del medio también está evidenciado por la reducción en la concentración de las conchas de ammonites y la escasez en las capas de otros restos de organismos estenohalinos. El grado de aislamiento alcanzado llegó a dificultar cada vez más la entrada de elementos residuales y alóctonos; solo excepcionalmente pudieron llegar algunas conchas de ammonites mediante deriva necroplanc-

tónica. Por las mismas razones y la escasa profundidad del agua se puede excluir la posibilidad de que estos ambientes fueran poblados por ammonites inmigrantes. A pesar de la mayor homogeneidad de los materiales de esta facies, debieron persistir las condiciones de inestabilidad ambiental característica de la etapa anterior aalenense. La producción de partículas micríticas y la sedimentación de lodos calcáreos estuvieron repetidamente afectadas por fenómenos de lavado y removilización local cada vez más frecuentes a pesar del confinamiento creciente. Todos estos fenómenos serían el resultado de una tendencia a la somerización, dando lugar a substratos cada vez más estables que pudieron llegar a ser colonizados por organismos perforantes e incrustantes, y que culminó al final del Biocrón *Murchisonae* con la intensificación de los fenómenos de cementación temprana; localmente los substratos llegaron a estar emergidos, y se generaron grietas de desecación. A medida que aumentó la frecuencia y duración de los episodios de exposición subaérea, se intensificaron los fenómenos de meteorización y se diversificaron sus efectos hasta formarse substratos rocosos, porosidad móldica (Fig. 4) y cavidades de carstificación, superficies de denudación, litoclastos y aureolas de alteración (Fig. 5). Simultáneamente a estos procesos cuyos efectos se han conservado localmente, en las áreas sumergidas se generaron concreciones sinsedimentarias, substratos litificados, perforaciones biogénicas, encostramientos ferruginosos y brechas intraformacionales. Las repetidas modificaciones espacio-temporales experimentadas por los substratos condujo al desarrollo de sucesivas secuencias genéticas (Fig. 6) en el sentido de Fürsich (1979).

#### **Facies F4. Calizas *packstone* con oolitos y ooides ferruginosos. Aalenense superior (Biozona *Concavum*)**

El límite entre las Biozonas *Murchisonae* y *Concavum* no coincide con el límite entre dos litofacies en esta región, pudiendo estar situado en la parte media o en la base de la facies F4. Se trata de materiales diferentes a los anteriores, constituidos por calizas *packstone* a *wackestone* de pellets y bioclastos, a veces con litoclastos y localmente con oolitos y ooides ferruginosos, con un espesor de hasta 2 m, así como calizas *grainstone* a *packstone* de crinoides y pellets. En algunos de los afloramientos (Barranco de la Hontanilla) se encuentran localmente brechas calcáreas con clastos de calizas *mudstone* angulosos a redondeados (Lám. 2, Figs. 4-6; Lám. 3, Figs. 7 y 8). Las superficies de removilización son abundantes en todo el tramo, y asociadas con ellas hay grietas de desecación, cavidades de denudación y disolución, mineralizaciones, encostramientos ferruginosos y perforaciones biogénicas (Lám. 2, Fig. 7; Lám. 4, Fig. 3). Las estructuras y texturas de bioturbación son muy abundantes en todo el tramo, en particular *Thalassinoides*, *Zoophycos* y *Rhizocorallium*. Los macrofósiles son abundantes, en-

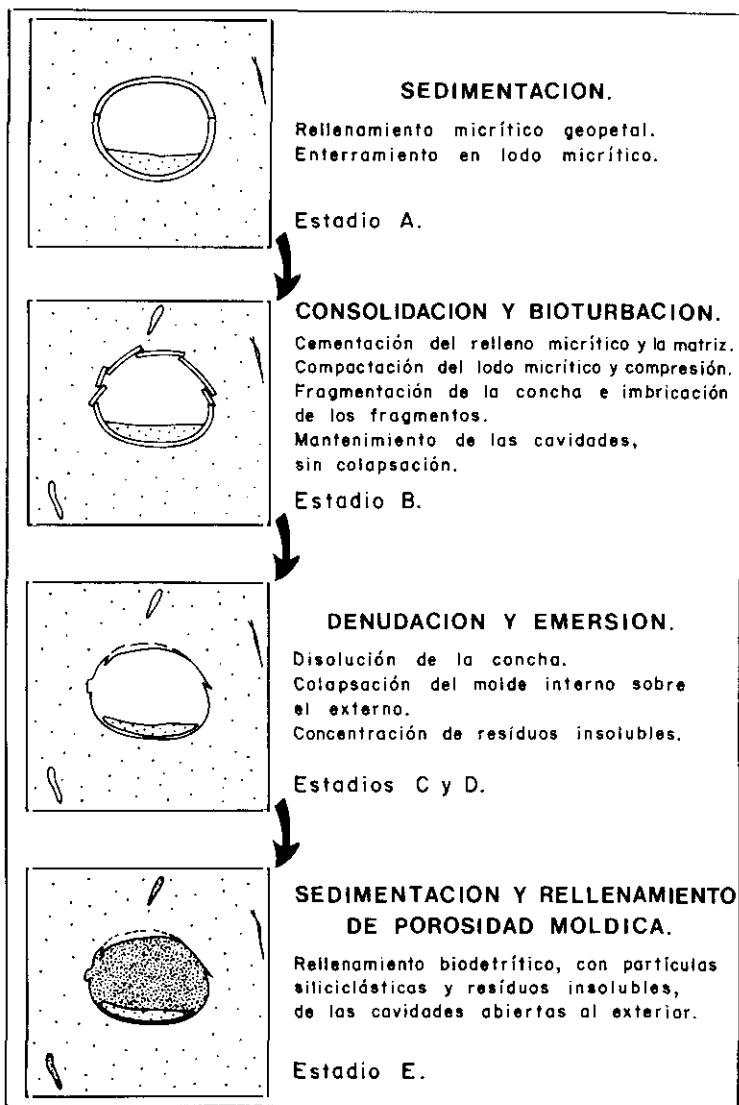


Fig. 4.—Ejemplo de carstificación en los materiales de la facies F2. Los sucesivos procesos sedimentarios y los consiguientes efectos tafonómicos sobre una concha de braquiópodo permiten distinguir cuatro estadios fósil-diagenéticos sucesivos (estadios A-E) alcanzados durante el desarrollo de las secuencias genéticas representadas en la figura 6 del texto. Una fotografía de este ejemplar puede verse en la lámina 3, figura 5.

Fig. 4.—Example of carstification recorded in rocks corresponding to the facies F2. The successive sedimentary processes and the subsequent taphonomic effects observed on a brachiopod shell allow to distinguish four successive fossil- diagenetic stages (A-E) reached during development of the genetic sequences represented in text figure 6. A picture of this specimen can be seen in plate 3, figure 5.

contrándose elementos reelaborados, resedimentados y acumulados. Se reconocen restos de lamelibranquios, equinodermos, microfilamentos, foraminíferos, serpúlidos, ammonites, braquiópodos, gasterópodos, briozoos y espongiarios. Lateralmente, hacia el noroeste, estos materiales disminuyen

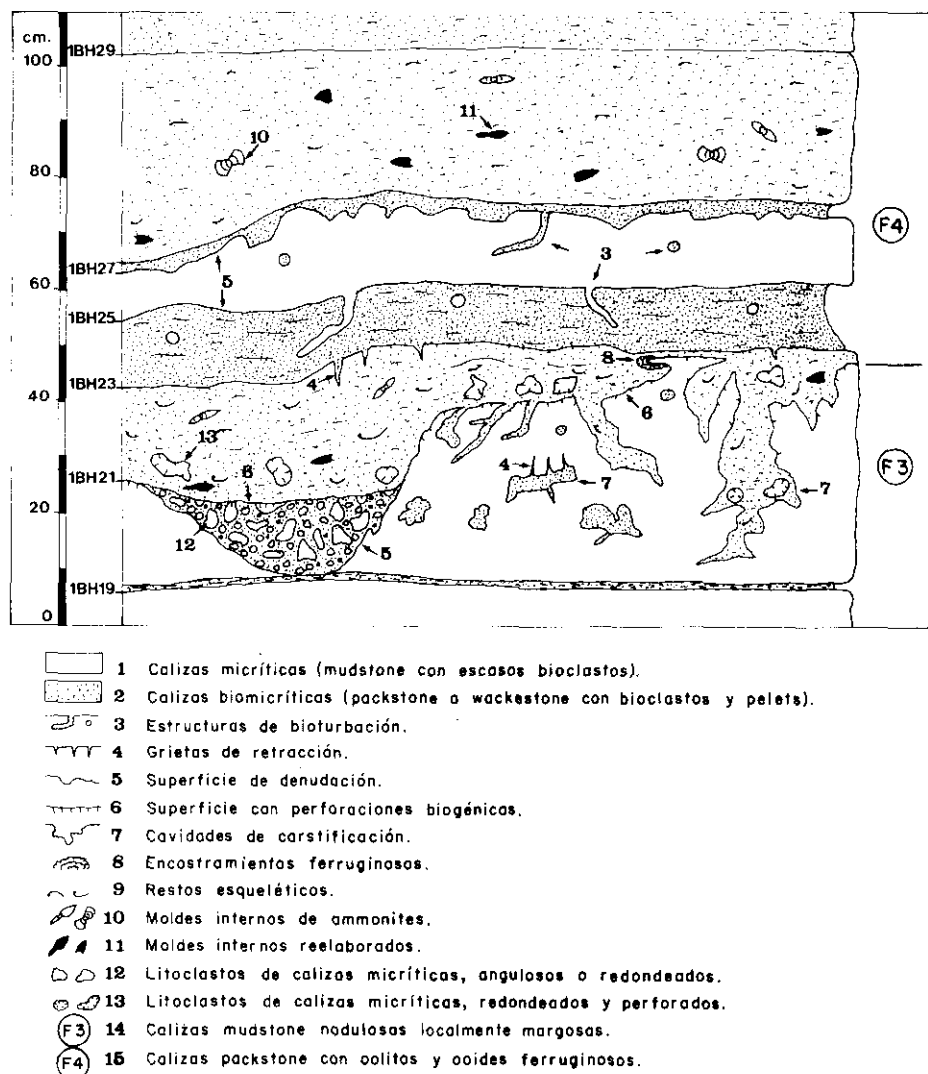


Fig. 5.—Evidencias de emersión y carstificación en los materiales del tránsito entre las Biozonas *Murchisonae* y *Concavum* en el Barranco de la Hontanilla (IBH).

Fig. 5.—Evidences of emersion and karstification in the rocks of the limit between the *Murchisonae* and *Concavum* Biozones in the Hontanilla Cleft.

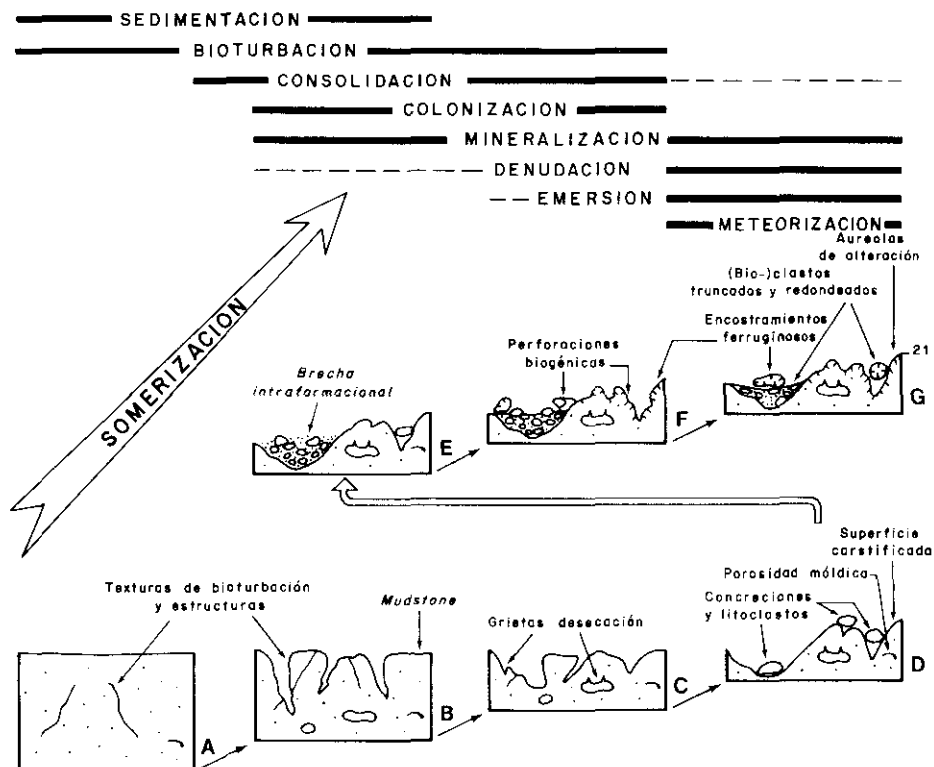


Fig. 6.—Secuencias genéticas identificadas en el techo de la facies F3 en el Barranco de la Hontanilla (niveles 1BH19 a 1BH21). Tras la sedimentación de lodos micríticos (A) y durante los procesos de bioturbación y mineralización se pasa de un *substrato blando* a un *substrato consolidado* (estadios A, B). Los fenómenos de denudación (debidos a procesos de bioerosión, abrasión mecánica, erosión y corrosión, entre otros) generaron cavidades en el *substrato consolidado* y localmente mineralizado (B). Finalmente, y debido a los fenómenos de emersión y meteorización (en particular procesos de litificación, encostramiento, desecación, erosión y carstificación), se desarrollaron *substratos litificados* (estadio C) y *substratos rocosos* (estadio D). En un episodio posterior, las brechas intraformacionales con matriz de calizas *packstone* bioclásticas, que rellenaron algunas de las cavidades previamente formadas, experimentaron sucesivas transformaciones cuyos resultados observables permiten identificar el desarrollo de otra secuencia genética (estadios E, F y G) que representa de nuevo el paso de un *substrato blando* hasta un *substrato rocoso*. A su vez estos dos niveles estratigráficos sucesivos corresponden a los términos superiores de una secuencia de somerización. Sin embargo, el último de estos niveles que está constituido por brechas intraformacionales locales, debe ser atribuido a la facies siguiente (F4).

Fig. 6.—Genetic sequences identified at the top of the facies F3 in the Hontanilla Cleft (1BH19 to 1BH21 levels). After sedimentation of the micritic muds (A) and during bioturbation and mineralization processes, a change from *softgrounds* to *firmgrounds* (stages A, B) is recorded. The denudation phenomenon (due to bioerosion, mechanical abrasion, erosion and corrosion, among others) generated cavities in the locally mineralized *firmgrounds* (B). Finally, due to emersion and meteorization (particularly litification, incrusting, desiccation, erosion and carstification processes), *hardgrounds* (stage C) as well as *rockgrounds* (stage D)

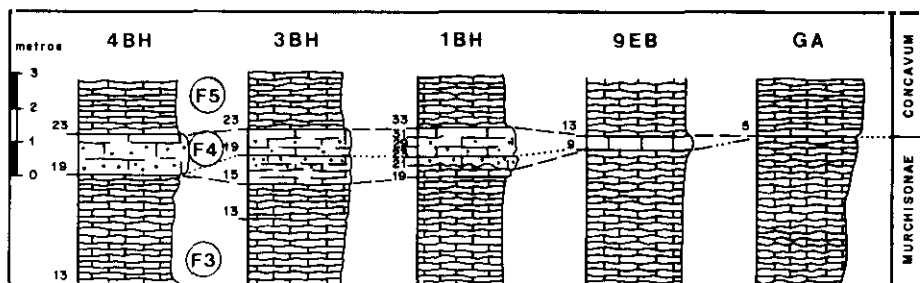


Fig. 7.—Detalle de las variaciones laterales de las calizas *packstone* con oolitos y ooides ferruginosos (facies F1) del Aalenien superior.

Fig. 7.—Detail of the lateral variations of the Upper Aalenian *packstone* limestones bearing ferruginous oolites and ooids (facies F1).

de espesor, pasando a tener 0,7 m en El Molinazo y no están presentes en Gea de Albarracín. En cualquiera de estos afloramientos, los materiales de este tramo están delimitados por sendas superficies de removilización situadas a su base y techo (Fig. 7).

Los restos de ammonites son frecuentes, tanto los reelaborados como los resedimentados, y localmente presentan agrupamiento imbricado (Lám. 3, Fig. 6); no obstante, su inclinación puede ser muy diferente, incluso entre los elementos de una misma capa. Las conchas resedimentadas están conservadas como moldes internos de igual naturaleza que la matriz. Los elementos reelaborados son moldes biomicríticos por lo general fosfáticos, fragmentados, desarticulados y/o desgastados, con frecuentes señales de bioerosión y colonización por epizoarios. La cementación del sedimento que rellena las conchas debió ser más rápida que la de la matriz y anterior a la compactación del sedimento, lo cual favoreció la reelaboración de los moldes y el mantenimiento de su volumen y forma. En las asociaciones registradas predominan las conchas de individuos adultos, las de jóvenes son muy escasas o faltan; en consecuencia, estos elementos debieron estar sometidos a deriva necroplañctónica antes de su enterramiento inicial.

En el Barranco de la Hontanilla y la Rambla Monterde (niveles 1BH19 a 1BH23, y 3BH15 a 3BH19) el nivel basal de este tramo todavía contiene ammonites resedimentados característicos de la Biozona Murchisonae, en particular representantes de *Brasilia* sp. En el resto del tramo hay asocia-

were developed. In a later episode, the intraformational breccias with matrix of bioclastic *packstone* limestones, which filled up some of the previously formed cavities, were successively transformed. The results of such an observable transformations allow to identify the development of another genetic sequence (stages E, F, G) which represent again the pass from a softground to a rockground. These two successive stratigraphic levels correspond to the last units of a shallowing-upward sequence. However, the uppermost of those levels which is composed by local intraformational breccias should be attributed to the following facies (F4).

ciones mezcladas constituidas por elementos característicos de las Biozonas Murchisonae y Concavum. En el Barranco de la Hontanilla (niveles 1BH23 a 1BH25) hemos identificado: *Brasilia* sp., *Pseudographoceras helveticum* HORN, *Platygraphoceras cf. apertum* BUCK., *Graphoceras? cf. decorum* BUCK., *Graphoceras robustum* BUCK., *Ludwigella arcitenens* BUCK., *L. cf. tenuis* BUCK., *Vacekia stephensis* BUCK., *Vacekia* sp., «*Bradfordia*» *platyomphala* (VACEK), *Abbasites abbas* BUCK., *Amberssites* sp., *Euaptetoceras* sp., *Eudmetoceras* sp., *Haplopleuroceras* sp. En El Molinazo (niveles 9EB9 a 9EB13), los materiales de esta facies contienen frecuentes elementos reelaborados pertenecientes a: *Brasilia gigantea* (BUCK.), *B. similis* (BUCK.), *Pseudographoceras* sp., *Graphoceras* sp., *Ludwigella* sp., *Vacekia* sp., *Abassites* sp. A nivel de familia los Grafocerátidos son el grupo dominante y constituyen más del 85 %. Los Hammatocerátidos presentan valores próximos al 10 %. Los representantes de *Vacekia* son muy escasos y fortuitos, con valores próximos al 1 %.

Las calizas *packstone* a *wackestone* de la facies F4 se pueden apoyar, aunque separadas por una superficie de removilización, sobre las brechas intraformacionales e incluso sobre los materiales carstificados de la facies de *mudstone* F3, que se formaron al final del Biocrón Murchisonae. El desarrollo y conservación de las nuevas facies *packstone* a *wackestone* debió estar condicionado por el relieve preexistente. Al principio del Biocrón Concavum las condiciones de plataforma abierta, con fauna pelágica y salinidad normal, vuelven a ser casi generales en este sector, si bien persisten las condiciones someras y localmente áreas emergidas. El desarrollo de las nuevas facies de *packstone* y *wackestone* debió ser el resultado de una brusca fase de hundimiento relativo que permitió la inmigración y colonización a diversos organismos euritópicos (pectínidos, ostréidos, serpúlidos, briozoos, braquiópodos, gasterópodos, crustáceos y equinidos) e incluso el desarrollo de crinoideos y espongiarios. La sedimentación siguió siendo irregular, discontinua y local. La energía hidrodinámica del medio fué alta, al menos episódicamente, y dió lugar a fenómenos de removilización y mezcla de componentes heterócronos. Los elementos reelaborados, litoclastos, ooides y oolitos ferruginosos son componentes residuales de sedimentos previamente formados en las áreas más someras. El conjunto de los cuerpos rocosos de esta facies debió ser el resultado de sucesivos episodios de sedimentación local, rápida y efímera durante un breve intervalo temporal en el tránsito entre los Biocronos Murchisonae y Concavum. En las áreas meridionales se desarrollaron localmente substratos blandos que, de manera episódica, pudieron transformarse en substratos consolidados, e incluso litificados o rocosos por emersión y denudación, mientras que en las áreas septentrionales de este sector persistieron los substratos micríticos litificados y afectados por denudación (Fig. 7).



**Facies F5. Calizas *mudstone* nodulosas y localmente biodetríticas. Aaleniense superior (Biozona *Concavum*)**

Sobre las calizas con bioclastos, pellets y localmente oolitos y ooides ferruginosos descritas en el apartado anterior (facies F4), o directamente sobre las calizas *mudstone* de la Biozona Murchisonae (facies F3), se dispone un tramo de 4 m (Rambla Monterde) a 1,8 m (Gea de Albarracín) de calizas *mudstone* con escasos bioclastos que lateralmente, hacia el noroeste, son más biodetríticas (calizas *wackestone*) en la parte superior del tramo. Las superficies de estratificación son irregulares y discontinuas, lo cual da a las capas aspecto noduloso u ondulado (Lám. 1, Fig. 1). Las texturas y estructuras de bioturbación son frecuentes, sobre todo en los interestratos, *Thalassinoides* y *Planolites* son frecuentes, y en algunos niveles locales están asociados a *Zoophycos*. Los fósiles, microfílamientos, bivalvos de concha fina y ocasionalmente equinodermos, son escasos y suelen estar resedimentados a excepción de algunos niveles de removilización, que localmente contienen elementos reelaborados: lamelibranquios, braquiópodos, crinoideos, belemnites y ammonites.

Por lo general los restos de ammonites son muy escasos o están virtualmente ausentes, pero hacia el noroeste aumenta la concentración de elementos resedimentados y llegan a ser frecuentes en la parte superior del tramo, aunque están dispersos en la matriz. Predominan los elementos horizontalmente dispuestos y suelen corresponder a moldes micríticos parciales. La cementación del relleno sedimentario y la litificación del sedimento debieron ocurrir frecuentemente antes de que se manifestasen los efectos de la compactación diagenética gravitacional porque las cavidades internas vacías han conservado su volumen y forma sin colapsar ni ser comprimidas, después de la disolución de las conchas. Las curvas de distribución de frecuencias de tamaño para las conchas de cada género pueden ser normales, en parte del rango de tamaños esperado o bien asimétricas con sesgo negativo; no suele haber evidencias de individuos jóvenes.

En Gea de Albarracín, el nivel de removilización que constituye la base del tramo contiene ejemplares reelaborados pertenecientes a *Graphoceras* sp. y *Ludwigella* sp. En este afloramiento, así como en otros más septentrionales (18AL y 19AL), las últimas capas del tramo contienen ejemplares resedimentados de *Graphoceras concavum* (SOWERBY) y *Ludwigella cornu* (BUCKMAN). Estos datos bioestratigráficos, y los referentes a los materiales de la facies anterior, permiten atribuir a la Biozona *Concavum* la totalidad de este tramo de calizas *mudstone* localmente bioclásticas.

Durante el Biocrón *Concavum*, y tras una fase de ruptura del equilibrio sedimentario, se generaliza de nuevo en este sector una sedimentación de lodos micríticos en ambientes de plataforma somera y restringida, similares a los del Biocrón Murchisonae. En conjunto, estos materiales micríticos Aalenienses son el resultado de una progresiva somerización del

ambiente local de sedimentación, acompañada de un aumento episódico de la energía hidrodinámica y del grado de confinamiento en ambientes marinos de salinidad normal. Sin embargo, como se indica en la figura 5, las señales de emersión y las secuencias genéticas están presentes incluso en los niveles inferiores de la facies F4, que corresponden a los estadios iniciales de máximo hundimiento de las secuencias de somerización, y es indicativo de la escasa profundidad existente durante el desarrollo de dichas secuencias. El creciente grado de confinamiento llegó a impedir el desarrollo de faunas estenohalinas. También el estado de conservación de las sucesivas asociaciones registradas de estos materiales es indicativo de fondos marinos cuyo grado de litificación antes del enterramiento fue cada vez mayor en los niveles más recientes. La cementación temprana del substrato aumentaría la estabilidad del fondo marino, pero la energía hidrodinámica derivada de la acción de las corrientes y de las tempestades debieron afectar episódicamente y cada vez con mayor frecuencia a los sedimentos más recientes, lo cual dio lugar a concentraciones locales de conchas derivadas.

El conjunto de los materiales micríticos aalenenses tiene carácter secuencial. Hacia el techo cambian las facies, aumenta la abundancia y tamaño de los bioclastos, aumenta el espesor de las capas y disminuye la proporción de margas. Como resultado de todo ello los afloramientos presentan un relieve diferencial más prominente hacia el techo, característico de las secuencias de somerización (Lám. 1, Fig. 1).

#### **Facies F6. Calizas *packstone* con oolitos ferruginosos y/o fosfáticos. Tránsito Aalenense-Bajociense inferior (Biozonas *Concavum*, *Discites* y *Laeviuscula*)**

El tránsito Aalenense-Bajociense se lleva a cabo en un tramo de 3.8 m (Gea de Albarracín) a 0.8-2.0 m (Rambla Monterde) constituido por calizas *packstone* a *wackestone* bioclásticas con oolitos ferruginosos y/o fosfáticos, localmente con pellets abundantes. Los oolitos son por lo general de tamaño inferior a 2 mm, aunque sus núcleos pueden estar constituidos por fragmentos de otros oolitos, por varios oolitos y/o fragmentos de éstos agrupados, así como restos esqueléticos previamente mineralizados. Localmente se encuentran litoclastos, por lo general redondeados y con revestimientos ferruginosos, cuya composición puede ser análoga a la de la matriz o de calizas *mudstone*. Las superficies de estratificación son irregulares y discontinuas, y delimitan capas gruesas entre niveles de removilización (Lám. 4, Fig. 6). Las estructuras y las texturas de bioturbación son abundantes, en particular *Zoophycos* y *Thalassinoides*. Los macrofósiles son muy abundantes, encontrándose elementos reelaborados y resedimentados en todo el tramo; los reelaborados predominan en los niveles de removilización, en tanto que los resedimentados son frecuentes en las capas. Se

reconocen equinodermos, microfilamentos, lamelibranquios, belemnites, braquiópodos, briozoos, serpúlidos, gasterópodos, ammonites, foraminíferos, ostrácodos, corales ahermatípicos y espongiarios. La base y el techo del tramo están materializados por sendas superficies de removilización con perforaciones biogénicas y encostramientos ferruginosos locales (Fig. 8). Los materiales de esta facies con oolitos ferruginosos y/o fosfáticos corresponden a la «Oolita límite inferior» distinguida por Behmel y Geyer, 1966 (Fig. 2); Geyer et al. 1974 y Hinkelbein, 1975.

Los restos de ammonites son muy abundantes, sobre todo los reelaborados, aunque también hay elementos resedimentados; los primeros suelen presentar agrupamiento imbricado (varias conchas inclinadas y adosadas lateralmente entre sí) y los segundos, agrupamiento encajado (varias conchas metidas unas dentro de otras; «Ineinander-Schachtelung» en Futterer, 1978, p. 122); en ambos casos, los elementos registrados pueden llegar a sobrepasar 20 cm de longitud. Tanto los valores de inclinación como los de concentración de conchas de ammonites son muy variables, incluso en diferentes partes de una misma capa. Los elementos resedimentados son moldes internos de igual naturaleza que la matriz, en tanto que los reelaborados suelen ser moldes internos fosfáticos fragmentados, desarticulados, y/o desgastados, con frecuentes señales de bioerosión y colonización. En las asociaciones registradas de ammonites pertenecientes a cada género predominan los restos de individuos adultos, los de jóvenes son más escasos o faltan; por lo tanto, estos elementos conservados debieron estar sometidos a deriva necropláctónica antes de ser enterrados.

Entre los ammonites de la Biozona Concavum que se encuentran en los materiales de esta facies, los Hammatocerátidos y en particular los representantes de *Haplopleuroceras* constituyen más del 30 % en algunas

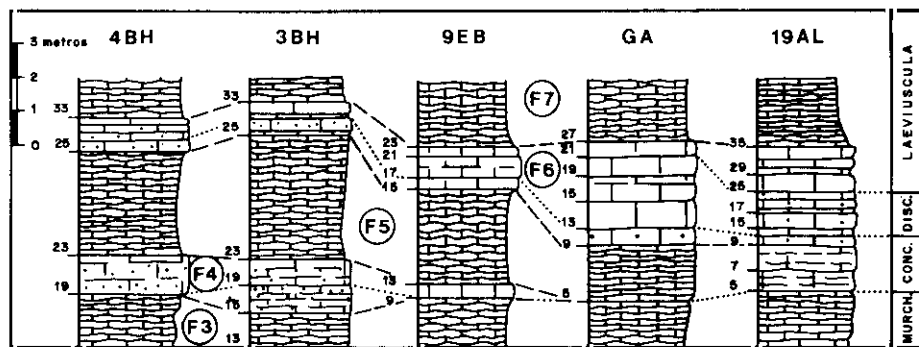


Fig. 8.—Detalle de las variaciones laterales de las calizas packstone con oolitos ferruginosos y/o fosfáticos del tránsito Aaleniano-Bajociense inferior.

Fig. 8.—Detail of the lateral variations of the packstone limestones containing ferruginous and/or phosphatic oolites on which the limit between the Aalenian and Lower Bajocian is recorded.

asociaciones registradas, en tanto que a los Grafocerátidos les corresponden valores entre 60 y 70 %. En el afloramiento 4BH la asociación registrada en la primera capa del tramo corresponde a la Biozona Concavum, aunque se trata de una asociación mezclada constituida en su mayoría por elementos reelaborados del grupo de *Graphoceras-Ludwigella*: *Graphoceras concavum* (SOWERBY), *G. v-scriptum* (BUCK.), *G. formosum* (BUCK.), *G. limitatum* BUCK., *G. stigmatosum* BUCK., *Platygraphoceras compactum* BUCK., *P. latum* BUCK., *Ludwigella cf. rudis* (BUCK.), *Haplopleuroceras subspinatum* BUCK., *H. inaequalicostatum* GERARD, *H. mundum* BUCK., *H. tobleri* RENZ, *H. eximium* GERARD, *Eudmetoceras* sp., *Euaptetoceras* sp., *Rhodaniceras* sp., «*Fontannesia*» *concentrica* BUCK., «*F.*» *aurita* BUCK., *Trilobiticeras cf. trilobitoides* BUCK. En las capas intermedias del tramo 4BH25-4BH33 hay varias asociaciones registradas con elementos característicos de la Biozona Discites: *Graphoceras* sp., *Hyperlioceras walkeri* BUCK., *H. furcatum* (BUCK.), *H. arcuatum* (BUCK.), *Braunsina aspera* BUCK., *B. subquadrata* BUCK., *B. cf. cornigera* BUCK., *Euhoploceras* sp. En tanto que la última capa del tramo 4BH25-4BH33 contiene una asociación mezclada, con elementos reelaborados característicos de las Biozonas Discites y Laeviuscula: *Hyperlioceras discites* (WAAGEN), *H. curvicostatum* BUCK., *H. cf. excavatum* (BUCK.), *Braunsina contorta* BUCK., «*Fontannesia*» sp., *Euhoploceras cf. dominans* (BUCK.), *Sonninia* sp., *Fissilobicerias cf. ovalis* (QUENSTEDT), *Witchellia* sp., *Pelekodites* sp., *Maceratites moisyi* (BRASIL), *Bradfordia* sp., *Docidoceras* sp., *Emileites cf. malenotatus* BUCK., *Trilobiticeras cf. cricki* PARSONS, *Emileia* sp., *Otoites douvillei* PARSONS. En El Molinazo, la primera capa del tramo 9EB15-9EB23 contiene elementos característicos de la Biozona Concavum: *Graphoceras* sp., *Ludwigella* sp., *Haplopleuroceras* sp., *Euhoploceras* sp., *Trilobiticeras cf. trilobitoides* BUCK.; pero la asociación registrada en la última capa de dicho tramo es una asociación mezclada y debe ser referida a la Biozona Discites: *Graphoceras* sp., *Hyperlioceras* sp., *Braunsina* sp., *Haplopleuroceras* sp., *Euhoploceras* sp. En Gea de Albarracín, la capa basal del tramo GA9-GA27 contiene abundantes elementos resedimentados y reelaborados característicos de la Biozona Concavum: *Graphoceras formosum* (BUCK.), *G. c. pulchrum* (BUCK.), *G. cf. stigmatosum* BUCK., *G. cf. fallax* (BUCK.), *Platygraphoceras* sp., *Ludwigella cornu* (BUCK.), *L. cf. blanda* BUCK., *Euaptetoceras* sp., *Eudmetoceras* sp., *Rhodaniceras* sp., *Haplopleuroceras subspinatum* (BUCK.), *H. crassum* GERARD, *Euhoploceras* sp. Por encima de ésta primera capa de la Biozona Concavum, en Gea de Albarracín, hay un nivel de removilización que contiene una asociación mezclada con abundantes elementos reelaborados característicos de la Biozona Discites (nivel GA13): *Graphoceras cf. fallax* (BUCK.), *Hyperlioceras arcuatum* (BUCK.), *H. incisum* (BUCK.), *H. mundum* (BUCK.), *H. discitifforme* BUCK., *H. cf. rudidiscites* BUCK., *Braunsina* sp., *Euaptetoceras* sp., *Eudmetoceras* sp., *Haplopleuroceras subspinatum* (BUCK.), *Zurcheria* sp., *Euhoploceras* sp., *Sonninia* sp., *Pelekodites* sp., *Docidoceras zemistephanoides* GEC-

ZY, *Trilobiticeras* sp. En el nivel GA21, que también contiene fósiles reelaborados, se encuentran los primeros elementos característicos de la Biozona Laeviuscula, pero asociados a otros de la Biozona Discites; en consecuencia, este nivel de removilización representa la base de la Biozona Laeviuscula: *Hyperlioceras* sp., *Euhoploceras* sp., *Fissilobicerias ovalis* (QUENSTEDT), *Shirbuirnia* sp., *Sonninia* sp., *Witchellia sayni* (HAUG), *Nannoceras cf. schlumbergeri* (HAUG), *Maceratites moisyi* (BRASIL), *M. minimus* (HILTERMANN), *Pelekodites zurcheri* (DOUVILLE), *Hebetoxyites clypeus* BUCK., «H.» *mouterdei* FDEZ.-LOPEZ, *Bradfordia* sp., *Protoecostrustes* sp., *Otoites delicatus* BUCK., *O. cf. douvillei* PARSONS, *Mollistephanus* sp., *Albarracinites albarraciniensis* FDEZ.-LOPEZ.

Los materiales de esta facies de oolitos ferruginosos y/o fosfáticos comenzaron a desarrollarse durante el Biocrón Concavum, pero fue durante el Biocrón Discites cuando se generalizaron en todo este sector (Fig. 9). Se trata nuevamente de la instalación de facies marinas abiertas que permitieron la proliferación local de diversos organismos bentónicos con distintos comportamientos tróficos (desde endobentónicos limnófagos y limnívoros hasta epibentónicos vágiles o incrustantes y suspensívoros). Desde el punto de vista tafonómico cabe destacar la alta concentración de elementos registrados, así como la frecuencia de elementos reelaborados y de asociaciones mezcladas. Desde el punto de vista sedimentológico es de señalar el predominio de los fenómenos de removilización con evidencias de amalgamamiento y reciclaje sucesivo de los componentes. Estos fenómenos están relacionados con la existencia de una tasa de sedimentación escasa o nula durante amplios intervalos temporales a escala zonal; sin embargo, los fenómenos de removilización dieron lugar a frecuentes depósitos locales, cuya continuidad lateral no suele sobrepasar la decena de metros, generados de manera rápida y efímera. La heterogeneidad de los substratos formados en tales condiciones no sólo posibilitó el desarrollo de diversos organismos bentónicos, sino que también favoreció el incremento en diversidad tafonómica de las asociaciones producidas y conservadas. Nótese que la alta diversidad taxonómica de las asociaciones registradas no está restringida a restos de organismos bentónicos y euritópicos, sino que también está evidenciada por las asociaciones conservadas de ammonites. La diversidad de organismos bentónicos euritópicos debió ser una consecuencia de la heterogeneidad de los substratos, en tanto que la alta concentración y diversidad taxonómica de las asociaciones conservadas de ammonites fue debida a la mayor comunicación y accesibilidad de este sector de la cuenca para la llegada de conchas derivadas desde áreas más distintas y numerosas que en las etapas aalenienses previas. A su vez, respecto a las facies anteriores, el carácter extensivo de esta nueva facies desarrollada en ambientes someros mejor comunicados, puede ser interpretada como el resultado de la homogeneización de las condiciones de plataforma abierta, a pesar de existir una alta inestabilidad ambiental y

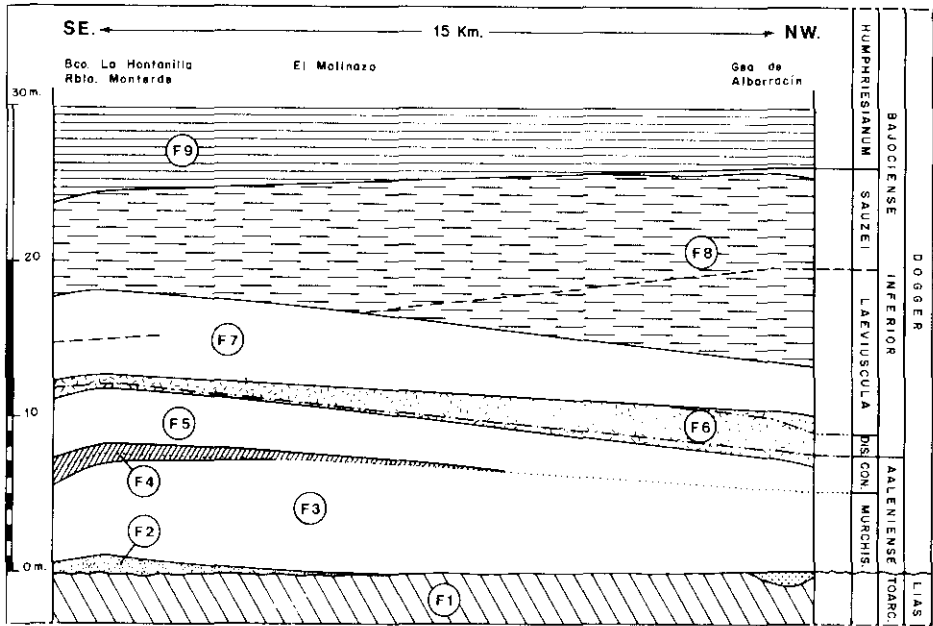


Fig. 9.—Esquema general de las variaciones espaciales entre las sucesivas facies del Aaleniano y del Bajociense inferior identificadas en el sector estudiado. La sucesión estratigráfica está constituida por materiales de dos clases claramente distintas, desde calizas micríticas (F3, F5 y F7), hasta calizas con oolitos feruginosos y bioclastos abundantes (F2, F4 y F6). Los límites entre facies sucesivas no coinciden con límites bioestratigráficos a escala zonal. Obsérvese el carácter extensivo de la facies F6 respecto a las anteriores.

Fig. 9.—General sketch of the spacial variations of the successive facies of the Aalenian and Lower Bajocian identified in the studied sector. The stratigraphic succession is composed by rocks of two clearly different kinds of facies, from micritic limestones (F3, F4 and F5) to limestones with ferruginous oolites and abundant bioclasts (F2, F4 and F6). The limits between facies are not coincident with the biostratigraphic limits at the zonal scale. Note the extensive character of the facies F6 respect to the previous ones.

poder corresponder localmente al último término de una secuencia de colmatación.

#### **Facies F7. Calizas *mudstone* nodulosas con intercalaciones bioclásticas. Bajociense inferior (Biozona *Laeviuscula*)**

Los materiales de esta facies son calizas *mudstone*, de 3 ó 5 m de espesor, con escasos bioclastos de equinodermos y lamelibranquios, en capas de 5 a 10 cm con superficies de estratificación irregulares que les dan aspecto noduloso (Lám. 4, Fig. 5). Abundan las texturas y estructuras de bioturbación, siendo escasos los restos de lamelibranquios, equinodermos,

microfilamentos y ostrácodos. En todo el tramo son frecuentes los niveles de removilización con abundantes elementos reelaborados de lamelibranquios, belemnites, crinoides, braquiópodos, espongiarios y *aptychus*. Localmente se encuentran grietas de retracción y desecación. A tenor de los datos bioestratigráficos anteriormente expuestos, el límite entre los materiales de esta facies y los de la anterior (F7/F6) es claramente heterócrono a escala zonal, pudiendo corresponder a la Biozona Discites o a la Biozona Laeviuscula. Desde el punto de vista estratigráfico, dicho cambio de facies no siempre está acompañado de la desaparición de los componentes oolíticos, observándose localmente una disminución gradual en la frecuencia de estos aloquímicos.

Las conchas de ammonites están virtualmente ausentes en las capas. Sólo de manera local hay elementos reelaborados en los interestratos; en tales casos, corresponden a moldes internos biomicríticos, fosfáticos, fragmentados y desgastados, que pueden presentar agrupamiento imbricado y estar dispuestos verticalmente respecto a la estratificación. Los *aptychus* sólo son frecuentes en algunos niveles de removilización (4BH35) pero siempre están subordinados en número respecto a las conchas de ammonites.

Entre los escasos ejemplares reelaborados que han podido ser identificados al menos a nivel genérico predominan los representantes del grupo de *Witchellia-Maceratites*. Los materiales de esta facies micrítica corresponden a la Biozona Laeviuscula; no obstante, como ya hemos señalado, la base de dicha biozona puede estar representada en algunas localidades por calizas con oolitos ferruginosos y/o fosfáticos de la facies anterior.

El tránsito de las facies oolíticas (F6) a las nuevas facies de calizas *mudstone* (F7) se inició en este sector durante el Biocrón Discites, pero las últimas no se generalizan hasta el Biocrón Laeviuscula. El incremento espacio-temporal de ambientes confinados debió estar acompañado de un aumento en la producción de carbonatos y una disminución en la frecuencia de organismos euritópicos. De manera episódica estos ambientes marinos de aguas tranquilas y someras experimentaron incrementos de la energía hidrodinámica, dando lugar a niveles de removilización que contienen elementos reelaborados procedentes de otras áreas. La emersión local y efímera de los lodos calcáreos dio lugar a la formación y conservación de grietas de desecación, substratos litificados tempranamente y superficies de carstificación.

#### **Facies F8. Calizas *mudstone* localmente con nódulos de sílex. Bajociense inferior (Biozonas Laeviuscula y Sauzei)**

Son calizas *mudstone* gris-azuladas en capas de espesor variable, por lo general de 15-30 cm, localmente con nódulos de sílex, y que contienen

bioclastos generalmente escasos de microfilamentos, espículas de espongiarios, lamelibranquios, equinodermos y ostrácodos. La estratificación es paralela, con superficies netas, y solo ocasionalmente irregulares y discontinuas. Tanto los interestratos como las delgadas intercalaciones margosas tienen carácter biotritico, suelen corresponder a niveles de removilización, y contienen abundantes elementos reelaborados y resedimentados, así como litoclastos de tamaño centimétrico. Las estructuras y texturas de bioturbación también abundan en todo el tramo, en particular *Zoophycos*. Estos niveles se encuentran asociados a superficies de removilización con perforaciones biogénicas, mineralizaciones y pátinas ferruginosas de pequeña extensión (Lám. 4, Fig. 1). Las grietas de retracción son frecuentes, y localmente se reconocen cavidades de tamaño centimétrico y rellenos de carstificación (Lám. 4, Figs. 2 y 4). El espesor total de los materiales de esta facies varía entre unos 7 m (Barranco de la Hontanilla- Rambla Monterde) y 12 m (Gea de Albarracín).

La concentración de restos de ammonites es muy variable, tanto en las capas como en los interestratos, aunque por lo general es baja en los afloramientos septentrionales y mínima a nula en los meridionales. Localmente, en niveles de removilización, se encuentran altas concentraciones de elementos reelaborados y en las capas son frecuentes los elementos resedimentados; en ambos casos pueden presentar inclinaciones y patrones de agrupamiento muy diferentes, aunque los elementos resedimentados suelen estar dispersos y horizontalmente dispuestos, en tanto que los reelaborados a menudo forman pequeñas concentraciones locales y presentan agrupamiento imbricado. Las conchas resedimentadas están conservadas como moldes internos parciales de igual naturaleza que la matriz, con revestimientos internos de calcita macrocristalina, y más o menos comprimidas por compactación diagenética gravitacional. La cementación del relleno de las conchas resedimentadas y la litificación del sedimento debieron ocurrir frecuentemente después de empezar a manifestarse los fenómenos de compactación diagenética, ya que las cavidades internas vacías han perdido su volumen y forma al ser comprimidas incluso antes de la disolución de las conchas. Los elementos reelaborados suelen ser moldes internos parciales, fosfáticos, desarticulados y/o desgastados con frecuentes señales de bioerosión y colonización. Las curvas de distribución de frecuencias de tamaños de las conchas pertenecientes a cada género de ammonites y provenientes de un sólo nivel estratigráfico pueden ser uni- o polimodales, pero presentan sesgo negativo. En las asociaciones registradas predominan las conchas de individuos adultos, las de jóvenes son muy escasas o faltan y representan altos valores de diversidad taxonómica. El valor de la relación numérica entre ejemplares conservados y especies representadas en cada nivel estratigráfico a menudo es próximo a uno. Los *aptychus* son muy escasos, sólo se encuentran en algunos niveles de removilización local.



En la parte inferior de este tramo son relativamente frecuentes los representantes de *Sonninia-Pelekodites*, así como las de *Kumatostephanus-Gerzenites*, aunque su estado de conservación a menudo impide realizar determinaciones taxonómicas a nivel específico. En los niveles de removilización de la parte superior del tramo son frecuentes los representantes de *Emileia-Otoites*, *Skirroceras-Epalxites* y *Labyrinthoceras*, junto a los de *Dorsetensia* gr. *hebridica* MORTON y *Nannina pinquis* (ROEMER).

Al final del Biocrón Laeviuscula y durante el Biocrón Sauzei, en este sector de la plataforma, los sedimentos de tipo *mudstone* tienden a ser sustituidos por lodos calcáreos con mayor contenido en bioclastos; sin embargo, ya no se desarrollan las facies de oolitos ferruginosos y/o fosfáticos características del tránsito Aalenense-Bajociense. Durante el Biocrón Sauzei, se alcanzan condiciones marinas más abiertas que en las etapas anteriores, al mismo tiempo que persiste una alta producción de carbonatos, y pudieron desarrollarse organismos estenohalinos (crinoideos, espongiarios y briozoos, por ejemplo), acumulándose localmente conchas de ammonites procedentes de otras áreas. La frecuencia de «ammonites huecos» es una de las evidencias de enterramiento rápido. La energía hidrodinámica del medio pudo ser variable y alta en algunos episodios, pero en general se trata de ambientes de baja energía hidrodinámica. No obstante, las condiciones batimétricas tuvieron que cambiar episódicamente para que algunas áreas pudieran llegar a experimentar las emersiones sucesivas que favorecieron los procesos de cementación temprana, la formación de grietas de desecación, e incluso cavidades y rellenos de carstificación. Estas facies alcanzan mayor desarrollo que cualquiera de las anteriores y representan una fase de mayor subsidencia. Sin embargo, las sucesivas discontinuidades sedimentarias, la alta frecuencia de niveles de removilización, las concentraciones locales de elementos reelaborados y de litoclastos, así como la existencia de fósiles truncados en la parte superior de las capas y sobre todo en la parte superior de este tramo, debieron ser el resultado de la actuación episódica de los fenómenos de turbulencia. En particular hay evidencias de que la energía mecánica inducida por las tempestades afectó localmente a los sedimentos (Lám. 4, Fig. 4).

#### **Facies F9. Calizas *wackstone* con nódulos de silex. Bajociense inferior (Biozona *Humphriesianum*)**

Por lo general se trata de calizas *wackstone* bioclásticas, con restos de equinodermos, microfilamentos, lamelibranquios, espículas de espongiarios, serpúlidos y foraminíferos, a veces con pellets, y en menor proporción calizas *mudstone* con bioclastos muy escasos de microfilamentos y ostrácosos, estratificadas en capas gruesas y bancos, con nódulos de silex localmente abundantes (Lám. 4, Fig. 1). Las estructuras y texturas de bioturba-

ción son frecuentes, abundando *Zoophycos* sobre todo en los interestratos. Los macrofósiles suelen ser escasos, excepto en la parte inferior del tramo donde las capas están delimitadas por superficies de removilización, y los interestratos contienen abundantes elementos reelaborados y resedimentados: lamelibranquios, equinodermos, belemnites, braquiópodos, crinoideos, gasterópodos y ammonites, junto a pequeños litoclastos. Estos niveles de removilización están constituidos por calizas *packstone* de microfilamentos y pellets o de crinoideos con microfilamentos en menor proporción, y calizas *wackestone* bioclásticas con perforaciones biogénicas. Localmente hay grietas de desecación que a su vez están rellenas por calizas biotriticas con abundantes elementos reelaborados (Figs. 10 y 11). El espesor total de esta unidad es de unos 45 m en Gea de Albarracín y 37 m en El Molinazo.

La concentración de ammonites suele ser muy baja en este sector de la cuenca. Algunas capas contienen elementos resedimentados y acumulados, en tanto que los interestratos contienen elementos reelaborados y resedimentados; en ambos casos, los elementos suelen estar irregularmente distribuidos, dispersos y horizontalmente dispuestos respecto a la estratificación. Las conchas resedimentadas están conservadas como moldes internos parciales de las cámaras de habitación, cuyos fragmoconos rara vez han sido totalmente rellenos de sedimento; el material de relleno es de igual naturaleza que la matriz y está más o menos distorsionado por compactación diagenética gravitacional; las porciones del fragmocono no rellenas por sedimento pueden estar reducidas a espesores milimétricos o bien están cubiertas por revestimientos de calcita macrocristalina. Los elementos resedimentados a menudo sobrepasan 20 cm de tamaño y corresponden a macroconchas adultas, en tanto que los reelaborados no sue-

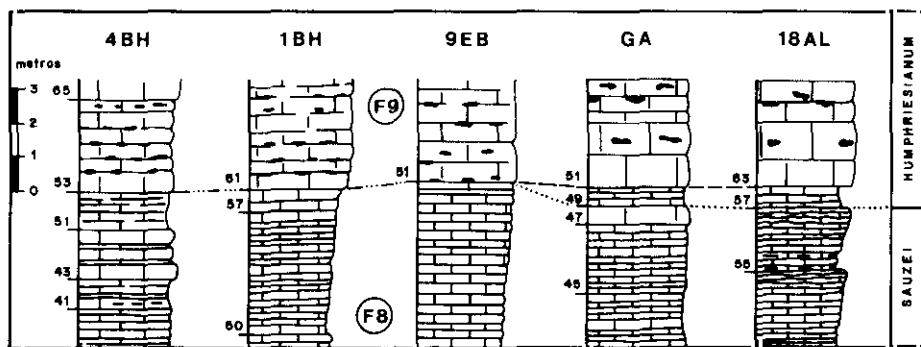


Fig. 10.—Detalle del tránsito entre los materiales de las Biozonas Sauzei y Humphriesianum (Bajociense inferior).

Fig. 10.—Detail of the transit between the rocks representing the Sauzei and Humphriesianum Biozones (Lower Bajocian).

len alcanzar tamaños superiores a 5 cm. Estos últimos son moldes internos parciales, biomicríticos, desgastados y redondeados.

Sólo en algunos niveles locales de los primeros 20 m. de este tramo son relativamente frecuentes los ejemplares adultos pertenecientes a *Stephanoceras* gr. *nodosum* (QUENSTEDT). La base de la Biozona Humphriesianum corresponde a un nivel de removilización que contiene frecuentes elementos reelaborados. En la Rambla Monterde (4BH53), junto a ejemplares de *Oppelia* sp., hemos identificado representantes de *Sonninia* sp., *Pelekodites* cf. *sulcatus* (BUCK.), *Nannina* sp., *Otoites* sp., *Skirroceras* cf. *bayleanum* (OPPEL) y *Stephanoceras* sp.

El límite inferior de esta facies prácticamente coincide con la base de la Biozona Humphriesianum. Al final del Bajociense inferior, y durante el Biocrón Humphriesianum, debió aumentar tanto la profundidad como la subsidencia y la tasa de sedimentación respecto a las etapas anteriores. Los substratos fueron relativamente estables, y predominaron condiciones de baja energía hidrodinámica en este sector de la plataforma. Aunque las corrientes de fondo o la energía mecánica inducida por las tempestades pudieron afectar localmente a los sedimentos, los fenómenos de removilización no alcanzaron la intensidad, duración y frecuencia que en las etapas anteriores. Los efectos de la cementación temprana llegan a ser muy escasos, en tanto que las evidencias de compresión por compactación diagenética gravitacional son más acusadas, y las conchas o porciones no rellenadas de éstas pueden estar reducidas a espesores milimétricos. La mayor homogeneidad y desarrollo de esta facies, respecto a las anteriores, así como la mayor frecuencia y diversidad de restos de organismos epibentónicos vágiles es indicativo de un incremento en la estabilidad ambiental de la plataforma. Sin embargo, estos ambientes tampoco fueron adecuados para el desarrollo ontogénico de ammonoideos y, a juzgar por las asociaciones registradas, las condiciones de mar abierto sólo pudieron permitir la llegada ocasional de inmigrantes; la mayoría de las conchas corresponden a elementos derivados desde otras áreas más abiertas, profundas y estables.

## INTERPRETACION Y PALEOGEOGRAFIA

El análisis e interpretación de cada una de las facies, que ha sido llevado a cabo teniendo en cuenta tanto los caracteres estratigráficos y sedimentológicos de los sucesivos niveles estratigráficos, como los caracteres tafonómicos y paleoecológicos evidenciados a partir de las diferentes asociaciones registradas, pone de manifiesto que los materiales del Aalenienense y del Bajociense inferior se depositaron en un ambiente de plataforma externa extraordinariamente somera (cf. Fig. 11). Los ambientes de baja energía hidrodinámica y grados de confinamiento más o menos acusados,



Fig. 11.—Esquema de las principales características que han sido utilizadas para establecer las diferentes facies (F1 a F9) en los materiales del Toarciense superior, Aalenicense y Bajociense inferior.

Fig. 11.—Sketch showing the most remarkable features applied for the establishment of the different facies (F1 to F9) in the Upper Toarcian, Aalenian and Lower Bajocian rocks.

estuvieron afectados por frecuentes fenómenos de turbulencia y repetidos episodios de exposición subaérea local. Un indicador de la frecuencia con la que ocurrieron los fenómenos de turbulencia es la abundancia de niveles y superficies de removilización en los materiales formados durante el Aaleniense y el Bajociense inferior. Las evidencias de exposición subaérea local son particularmente frecuentes en los materiales de las Biozonas Murchisonae, Concavum, Discites, Laeviuscula y Sauzei. Cabe destacar la presencia de grietas de desecación, porosidad móldica sinsedimentaria rellena por materiales con componentes siliciclásticos dispuestos en posición geopetal, así como el desarrollo de cavidades cársticas por denudación y disolución, que dieron lugar a fondos rocosos irregulares parcialmente rellenos por brechas intraformacionales.

Las biozonas sucesivas del Aaleniense y del Bajociense inferior están delimitadas por discontinuidades estratigráficas y cada una de ellas comienza con un nivel de removilización (Fig. 12). Las sucesivas discontinuidades correspondientes a los límites entre estas biozonas tienen amplitudes bioestratigráficas cada vez menores, al mismo tiempo que disminuyen las diferencias entre las facies asociadas. La mayoría de estas discontinuidades son el resultado de fases generalizadas de ruptura del equilibrio biosedimentario de la cuenca en el llamado Surco Ibérico Suroccidental (Fernández-López, 1985c). Por encima de la laguna estratigráfica entre el Lías y el Dogger, es en la discontinuidad correspondiente al límite entre las Biozonas Murchisonae y Concavum, donde se han manifestado los efectos más espectaculares de emersión y carstificación. El conjunto de los materiales del Aaleniense es el resultado de dos impulsos transgresivos ocurridos respectivamente durante los Biocronos Murchisonae y Concavum, tras los cuales este sector de la plataforma tendió a condiciones cada vez más restringidas. El desarrollo de las facies con oolitos ferruginosos y/o fosfáticos (F6), al final del Biocrono Concavum, tiene carácter extensivo sobre cualquiera de las formadas en etapas Aalenienses previas (Fig. 10), representa la primera fase de homogeneización de las condiciones de plataforma abierta, y localmente corresponde al último término de una secuencia de colmatación, aunque todavía persistían durante el desarrollo de dicha facies las condiciones de escasa profundidad y de alta inestabilidad ambiental. En la Fig. 12 se indica de manera esquemática el proceso de desarrollo de las facies sucesivas, de acuerdo con el sistema de representación utilizado para problemas análogos por Einsele (1982), Kidwell y Aigner (1985) y Kidwell (1989). Los sucesivos episodios transgresivos del Bajociense inferior fueron cada vez más intensos y se iniciaron después de rupturas del equilibrio biosedimentario de la cuenca cada vez más débiles. Las evidencias de ambientes someros y de emersión que persisten en las facies sucesivas, incluso en las de mayor desarrollo, son el resultado de la independencia que existió entre los valores batimétricos y los de subsidencia; no obstante, los incrementos en la tasa de sedimentación y de subsi-

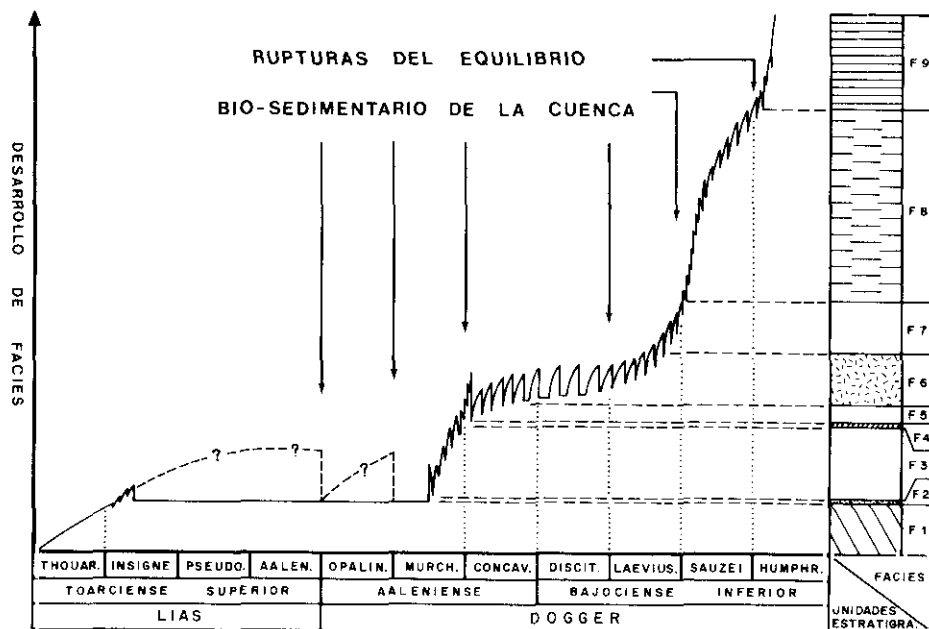


Fig. 12.—Representación esquemática del proceso de desarrollo de las facies sucesivas (eje vertical) respecto a la escala zonal (eje horizontal), que ha dado lugar a la sucesión estratigráfica observable, indicada en la parte derecha del diagrama. La curva de representación es sinusoidal dentada. Los segmentos rectilíneos horizontales corresponden a episodios de no depósito y/o erosión. Los segmentos verticales ascendentes representan episodios de máximo desarrollo de facies, en tanto que los segmentos descendentes corresponden a episodios de denudación. En conjunto, el lugar geométrico de los puntos de inflexión de dicha curva que corresponden a mínimos representa los sucesivos resultados estratigráficos observables. La mayor intensidad de los fenómenos de removilización queda reflejada en aquellos intervalos de la curva que presentan mayor diferencia entre los valores de los puntos de inflexión máximos y mínimos consecutivos. Los cambios de pendiente en la curva sigmoidal concuerdan con rupturas del equilibrio bio-sedimentario de la cuenca que también pueden ser reconocidos en otros sectores de la Cordillera Ibérica.

Fig. 12.—Schematic representation of the successive facies development processes (vertical axis) versus the zonal scale (horizontal axis), which produced the observable stratigraphic succession located in the right portion of the diagram. The representation curve is sinusoidal dentated. The horizontal rectilinear segments correspond to non deposit and/or erosion episodes. The ascending vertical segments represent episodes of maximum facies development, while the descending segments correspond to denudation episodes. As a whole, the geometric place of the inflexion points of the curve corresponding to minimums represent the successive observable stratigraphic results. The greatest intensity of the remobilization phenomenon is reflected in those intervals of the curve which represent the biggest difference between the values of the consecutive maximum and minimum inflexion points. The pendent changes in the sigmoidal curve are in agreement with ruptures in the bio-sedimentary equilibrium of the basin which can also be recognised in other sectors of the Iberian Range.

dencia durante el Bajociense inferior permitieron que las condiciones de sedimentación fueran cada vez más estables.

Es notorio que la sucesión de los materiales Aalenenses representa una alternancia de dos tipos principales de facies heterópicas, que son calizas *mudstone* y calizas *wackestone* a *packstone* con oolitos ferruginosos y bioclastos abundantes. Los niveles con oolitos ferruginosos, que contienen asociaciones mezcladas constituidas por elementos característicos de dos o más biozonas, no son necesariamente niveles u horizontes de condensación estratigráfica formados durante el intervalo temporal correspondiente a dichas biozonas. La distinción entre elementos acumulados, resedimentados y reelaborados permite discernir y evaluar tanto los procesos de condensación tafonómica como los de condensación estratigráfica, y las relaciones entre ellos (Fernández-López, 1985a,b). En el sector central de la Cuenca Ibérica, las tasas de producción y sedimentación de carbonatos durante el desarrollo de las facies micríticas de tipo *mudstone* debieron ser altas, en tanto que la tasa de sedimentación correspondiente a las facies con oolitos ferruginosos y bioclastos fue más alta que la de las calizas micríticas en el caso de las facies F2 y F4, pero relativamente más baja que aquéllas en el caso de la facies F6. Por lo tanto, a las facies heterópicas de estas dos clases no les corresponden valores opuestos de tasa de sedimentación, y algunos niveles o tramos con oolitos ferruginosos son el resultado de una sedimentación más rápida y efímera que la de los niveles, horizontes o tramos micríticos. Una de las diferencias principales en cuanto a las condiciones de formación de estos dos tipos de facies es el grado de restricción o confinamiento de las aguas y el aislamiento geográfico alcanzado; pero en ambos casos se trata de materiales formados en ambientes de plataforma externa muy somera y con frecuentes áreas locales emergidas. La escasa concentración de conchas de ammonites y restos de organismos bentónicos estenohalinos en las facies de tipo *mudstone*, e incluso la ausencia virtual de restos de uno y otro tipo, fue el resultado del creciente grado de confinamiento en este sector de la plataforma durante los episodios correspondientes al desarrollo de dicha facies. El confinamiento de las aguas y el aislamiento geográfico determinaron el limitado desarrollo de los organismos euritópicos, la escasez de organismos estenohalinos y la mínima o nula accesibilidad de las conchas derivadas desde otras áreas hasta este sector.

Durante el Aalenense, en la Cuenca Ibérica, los sedimentos tuvieron una distribución más heterogénea y variaciones de facies más acusadas que en el Toarciense superior y en el Bajociense inferior. En el sector central de la Cordillera Ibérica, la discontinuidad estratigráfica de mayor amplitud corresponde al límite entre el Lías y el Dogger y comprende al menos las Biozonas Pseudoradosa, Aalensis y Opalinum. En los afloramientos del Barranco de la Hontanilla-Rambla Monterde es una discontinuidad con evidencias de vacío erosional. Sin embargo, dichas biozonas

sí que están representadas en localidades próximas más septentrionales (por ejemplo, Monterde, Bronchales, Alustante, Tordellego, Pozuel), meridionales (Sagunto y Ribarroja), orientales (Sierra Palomera y Aguatón) y occidentales (Moscardón), como ya ha sido tratado en Fernández-López, 1985c. En aquellas localidades puede observarse que el límite entre el Lías y el Dogger corresponde a una paraconformidad. Las acusadas variaciones de espesor a escala kilométrica son el resultado de la compartimentación tectónica de la cuenca, cuyos efectos sobre la morfología submarina fueron amortiguados por los efectos de la relación entre la tasa de subsidencia y la tasa de sedimentación. Las repetidas emersiones ocurridas durante el desarrollo de las secuencias aalenienses más potentes, en el sector central de la cuenca, son el resultado de la independencia entre las condiciones batimétricas y el grado de subsidencia. Además de los fenómenos de subsidencia diferencial a escala kilométrica, tuvieron que ocurrir fenómenos de inversión local de la subsidencia para que se formaran y conservaran mayores espesores de sedimentos aalenienses donde la discontinuidad entre el Lías y el Dogger está más acusada. Durante el Aaleniense, al igual que durante el Toarciense superior, la cuenca estuvo sometida a movimientos tectónicos en relación con los cuales pudieron ocurrir emisiones de materiales volcánicos y continuó el proceso de diferenciación de la plataforma (Fernández-López, Gómez y Goy, 1985). En estas condiciones, el fondo marino de la plataforma externa fue irregular y localmente hubo áreas emergidas.

En general, las diferencias entre las sucesivas asociaciones registradas de ammonites son el resultado de distintas respuestas tafonómico-paleoecológicas frente a las fluctuaciones batimétricas ocurridas en la cuenca sedimentaria. En los materiales aalenienses predominan las asociaciones registradas de tipo-3 (AT-3, Fernández-López, 1985c, p. 754). En dichas asociaciones, las distribuciones de frecuencias de tamaños para los elementos conservados correspondientes a cada género son asimétricas y a veces polimodales con sesgo negativo. Casi todos los restos conservados pertenecen a individuos adultos o de talla grande; los restos de individuos no-adultos suelen ser muy escasos y fortuitos. El número de especies respecto al de individuos es muy alto, y el valor de esta relación numérica puede llegar a ser de 1. En los materiales del Bajociense inferior también hay asociaciones registradas de este tipo, pero predominan las de tipo 2 (AT2). Los elementos conservados correspondientes a cada género presentan distribuciones normales en todo o parte del rango de tamaños esperado, y a menudo con altos valores de curtosis. La mayoría de los restos conservados corresponden a individuos de tamaño semejante, por lo general grande, y son muy escasos o faltan los de individuos jóvenes. Pueden presentar monotipia a nivel específico pero no es frecuente que ocurra esto. En los materiales del Aaleniense y Bajociense inferior de este sector de la cuenca no hemos encontrado asociaciones registradas de tipo 1 (AT1),



con distribuciones de frecuencias de tamaños que sean unimodales y con sesgo positivo, en las cuales predominen las conchas de individuos jóvenes, y que puedan ser monoespecíficas; sin embargo, hay asociaciones de tipo 1 (AT1) en los materiales del Bajociense superior (Biozona Garantiana) de éste y otros sectores de la Cordillera Ibérica (Fernández-Lopez, 1987). La mayoría de los elementos registrados debieron corresponder a conchas derivadas desde otras áreas marinas con ambientes de aguas más abiertas, profundas y estables. Los Filocerátidos y Litocerátidos están virtualmente ausentes. Los Grafocerátidos son el grupo dominante en las asociaciones registradas del Aaleniense medio, pero en el Aaleniense superior disminuye su proporción en tanto que los Hammatocerátidos llegan a ser frecuentes. Los Sonnínidos, que son característicos de las faunas europeas del Bajociense inferior, es el grupo taxonómico más frecuente y constante en las asociaciones registradas de las Biozonas Discites, Laeviuscula y Sauzei; sin embargo, los ejemplares de Estefanóceratidos y Haplocerátidos, de distribución paleogeográfica preferentemente mesogea, son abundantes en algunos niveles locales de estas biozonas y predominan sobre los Sonnínidos en la Biozona Humphriesianum. En consecuencia, las condiciones ambientales en este sector de la plataforma fueron inadecuadas para el desarrollo ontogénico de los ammonites durante el Aaleniense y Bajociense inferior. Las asociaciones conservadas, resultantes de los procesos de necrocinesis regional y/o inmigración local, sin evidencias de colonización, están fundamentalmente constituidas por elementos característicos de los mares epicontinentales del noroeste de Europa, además de algunos elementos mesogeos cuya proporción se incrementó durante el Bajociense inferior.

## CONCLUSIONES

Durante el Aaleniense y el Bajociense inferior, en el sector central de la Cuenca Ibérica se desarrolló una plataforma externa de características especiales. Existían amplias áreas de condiciones batimétricas muy someras, con frecuentes áreas locales emergidas o confinadas y de baja energía hidrodinámica, que experimentaron numerosos episodios de turbulencia, y que en conjunto tuvieron condiciones de alta inestabilidad y escasa diversidad ambiental. El límite Lías/Dogger corresponde a una disconformidad estratigráfica, pero es el límite entre las Biozonas Murchisonae y Concavum donde se han manifestado los efectos más espectaculares de emersión y carstificación. Las biozonas sucesivas están delimitadas por discontinuidades estratigráficas cuya amplitud es cada vez menor, al mismo tiempo que disminuyen las diferencias entre las facies asociadas. El conjunto de los materiales Aalenienses es el resultado de dos impulsos transgresivos ocurridos respectivamente durante los Biocronos Murchiso-

nae y Concavum, después de cada uno de los cuales volvieron a generalizarse en este sector las condiciones ambientales restringidas. El final del Biocrón Concavum representa la primera fase de homogeneización de las condiciones de sedimentación en la plataforma, y localmente corresponde al último término de una secuencia de somerización, aunque todavía persisten las condiciones de alta inestabilidad ambiental y escasa profundidad. Durante el Bajociense inferior hubo sucesivos episodios transgresivos, cada vez más intensos, y las condiciones ambientales pasaron a ser más estables; no obstante, persistieron los fenómenos de emersión local y hay evidencias de que la energía inducida por las tempestades afectó a los sedimentos.

Durante el tránsito Aalenense-Bajociense, que fue la etapa de máxima homogeneidad en las condiciones de sedimentación y de máxima inestabilidad ambiental en este sector de la plataforma, se alcanzaron los valores máximos de densidad y diversidad tafonómica en las asociaciones conservadas de ammonites; estos dos efectos se debieron principalmente a la mayor comunicación y accesibilidad para la llegada de conchas derivadas desde áreas más distantes y numerosas, así como a la intensificación de los eventos de turbulencia y a la mayor heterogeneidad local de los substratos inestables. Los ambientes subacuáticos del Aalenense y Bajociense inferior fueron inadecuados para el desarrollo ontogénico de los ammonites, aunque de manera local y efímera pudieron llegar a proliferar algunos organismos bentónicos y euritópicos. Las sucesivas asociaciones conservadas de ammonites son el resultado de necrocinesis regional y/o inmigración local, sin evidencias de colonización. El suministro de elementos conservados tuvo lugar preferentemente desde los mares epicontinentales situados en regiones más septentrionales; sin embargo, la proporción de elementos mesogeos aumentó durante el Bajociense inferior.

## BIBLIOGRAFIA

- BEHMEL, H., y GEYER, O. F. (1966): Stratigraphie und Fossilführung im Unterjura von Albarracín (Provinz Teruel). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 124, 1-52.
- BULARD, P. F. (1972): *Le Jurassique moyen et supérieur de la Chaîne Ibérique, sur la bordure du bassin de l'Ebre*. Thèse Sc. Univ. Nice, 1-353.
- EINSELE, G. (1982): General Remarks About the Nature, Occurrence and Recognition of Cyclic Sequences (Periodites). En: *Cyclic and Event Stratification*. (Eds. G. EINSELE & A. SEILACHER). Springer, Berlín, 3-7.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S. (1978): Nuevos datos estratigráficos sobre el Bajociense inferior en Moscardón (Teruel). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 1977, 75, 45-46.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S. (1980): Estudio bioestratigráfico (Ammonoidea) de materiales Aalenenses en Ribarroja (Valencia). *Estudios Geol.*, 35, 1979, 415-423.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S. (1985a): Criterios elementales de reelaboración tafonó-

- mica en ammonites de la Cordillera Ibérica. *Acta Geol. Hispánica*, 19, 1984, 105-116.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S. (1985b): Séquences sédimentaires et séquences taphonomiques. *Strata*, 2, 116-122.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S. (1985c): *El Bajociense en la Cordillera Ibérica*. Tesis Doct. Fac. Ciencias Geológicas, Univ. Compl. Madrid, 1-850.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S. (1987): Necrocinesis y colonización postmortal en Bajocisphinctes (Ammonoidea) de la Cuenca Ibérica. Implicaciones paleoecológicas y paleobatimétricas. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 82, 151-184.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S.; GOMEZ, J. J., y GOY, A. (1985): Le Dogger de Caudiel (Castellón): Sédimentologie des carbonates développés sur un «monticule» de matériaux volcaniques. *Strata*, 2, 101-115.
- FÜRSICH, F. (1979): Genesis, environments and ecology of Jurassic hardgrounds. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 158, 1-63.
- FUTTERER, E. (1978): Studien über die Einregelung, Anlagerung und Einbettung biogener Hartteile im Strömungskanal. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 156, 87-131.
- GAUTIER, F., y MOUTERDE, R. (1964): Lacunes et irrégularités des dépôts à la limite du Jurassique inférieur et du Jurassique moyen de la bordure nord des Chaînes Ibériques (Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 258, 3064-3067.
- GEYER, O. F.; BEHMEL, H., y HINKELBEIN, K. (1974): Die Grenzoolithe im Jura von Ostspanien. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 143, 17-57.
- GOMEZ, J. J. (1979): El Jurásico en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica. *Seminarios Estratigr. (Monogr.)*, 4, 1-683.
- GOMEZ, J. J. (1985): Sedimentología y paleogeografía del Lías y Dogger en la hoja geológica No. 47 (7-6), Teruel, del Mapa Geológico de España a escala de 1: 200.000. *Inst. Geol. Min. España*, 47-72.
- GOMEZ, J. J., y GOY, A. (1980): Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geol.*, 35, 17-57.
- GOY, A. (1985): Jurassique des Ibérides. *Strata*, 2, 32-56.
- GOY, A., y SUAREZ VEGA, L. C. (1986): El Jurásico. En: Geología de España. (Coord. J.A. COMBA). *Lib. Jub. J. M. Ríos*, 62-79.
- GOY, A., y URETA, M. S. (1987): Leioceratinae (Ammonitina) del Aaleniano inferior de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica, España). *Bolletino della Società Paleontol. Italiana*, 25, 213-236.
- HINKELBEIN, K. (1975): Stratigraphie und Fazies im Mitteljura der zentralen Iberischen Ketten. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 148, 139-184.
- KIDWELL, S. (1989): Stratigraphic condensation of marine transgressive records: origin of major shell deposits in the Miocene of Maryland. *Journal of Geology*, 24, 1-24.
- KIDWELL, S., y AIGNER, Th. (1985): Sedimentary Dynamics of Complex Shell Beds: Implications for Ecologic and Evolutionary Patterns. En: *Sedimentary and Evolutionary Cycles*. (eds. U. Bayer y A. Seilacher). Springer, Berlín, 382-395.
- MERTMANN, D. (1986): Die regressive Faciesentwicklung im Ober-Toarcium/Aalenium der NW-Iberischen Ketten, Spanien. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 173, 1-46.
- MORILLO VELARDE, M. J., y MELENDEZ HEVIA, F. (1981): El Jurásico de «La Alcarria»-«La Mancha». *Cuad. Geol.*, 1979, 149-166.

- SCHMIDT-EFFING, R. (1975): Der Jura Spaniens. Ein Überblick über literatur und neue Forschungs-Ergebnisse von etwa 1960 bis 1974. *Zbl. Geol. Paläont.*, 1974, 5/6, 387-439 (231-283).
- URETA GIL, M. S. (1985): *Bioestratigrafía y Paleontología (Ammonitina) del Aalenense en el Sector Noroccidental de la Cordillera Ibérica*. Tesis Doct. Fac. Ciencias Geológicas Univ. Compl. Madrid, 1983, 1-452.

*Este trabajo forma parte de los proyectos de investigación ID 452 y 3394 subvencionados por la C. A. I. C. Y. T. y C. S. I. C.*

*Recibido: 13 marzo 1989.*

*Aceptado: 1 junio 1989.*

#### LAMINA 1

Fig. 1.—Sucesión estratigráfica de los materiales del Toarciense superior, Aalenense y Bajociense inferior en Gea de Albarracín (afloramiento GA). Las facies F1 (por debajo del nivel de referencia 1), F3 (entre los niveles de referencia 1 y 5), y F5 (entre los niveles de referencia 5 y 9) están sucesivamente representadas, en tanto que faltan los materiales de las facies F2 y F4.

Fig. 1.—Stratigraphic succession of the Upper Toarcian, Aalenian and Lower Bajocian at Gea de Albarracín (outcrop GA). The facies F1 (below reference level 1), F3 (between reference levels 1 and 5), and F5 (between reference levels 5 and 9) are successively represented whilst the rocks representative of the facies F2 and F4 are absent.

Fig. 2.—Límite Lías-Dogger en Gea de Albarracín. Los materiales de la facies F3 se apoyan directamente sobre los de la facies F1, estando ausentes o reducidos a espesores milimétricos los materiales de la facies F2.

Fig. 2.—Lias-Dogger boundary at Gea de Albarracín. The rocks of the facies F3 directly overlay the rocks of the facies F1. The lithologies characteristics of the facies F2 are absent or reduced to millimetric thickness.

Fig. 3.—Sucesión estratigráfica de los materiales del Toarciense superior y del Aalenense medio en el Barranco de la Hontanilla (afloramiento IBH). La superficie de estratificación indicada por la flecha (nivel de referencia IBH1) es una disconformidad estratigráfica entre los materiales de las facies F1 y F2. En la base de los materiales de la facies F2, comprendidos entre los niveles de referencia 1 y 7, hay litoclastos frecuentes (a).

Fig. 3.—Stratigraphic succession of the Upper Toarcian and Middle Aalenian rocks in the Hontanilla Cleft (outcrop IBH). The bedding plane marked by the arrow (reference level IBH1) is a stratigraphic disconformity between the rocks of the facies F1 and F2. At the base of rocks of the facies F2, comprised between reference levels 1 and 7 lithoclasts are frequent (a).

Fig. 4.—Detalle de la figura 3 en el que puede observarse litoclastos angulosos (a) de la facies F1 incluidos en los materiales de la facies F2. El techo de los materiales de la facies F1 corresponde a un substrato rocoso con frecuentes perforaciones biogénicas (b).

Fig. 4.—Detail of figure 3. Angular lithoclasts (a) of the facies F1 are included in the rocks of the facies F2. The top of the rocks of the facies F1 correspond to a rockground where biogenic borings are frequent (b).

Fig. 5.—Detalle del límite Lias-Dogger en el kilómetro 18 de la carretera Teruel-Albarracín (afloramiento 18AL). Puede observarse una estructura de bioturbación de tipo *Thalassinoides* en materiales de la facies F1, cuya cavidad ha sido rellenada por materiales de la facies F2.

Fig. 5.—Detail of the Lias-Dogger boundary at the kilometer 18 of the Teruel-Albarracín road (outcrop 18AL). A *Thalassinoides* type bioturbation structure can be observed. The cavity of the structure has been filled up with sediments of the facies F2.

## LAMINA 2

Evidencias de fenómenos de emersión y de carstificación en materiales de la facies F3 y diferentes materiales de relleno de la facies F4, esquematizadas en la figura 5 del texto. Todas las fotografías de esta lámina han sido tomadas en el Barranco de la Hontanilla. Longitud de la barra utilizada como escala 1 cm.

Evidences of emersion and karstification in rocks of the facies F3 and different kinds of filling rocks of the facies F4, which are sketched in text figure 5. All the pictures shown in this plate were taken at the Hontanilla Cleft. Scale bar 1 cm.

Fig. 1.—Cavidades generadas por bioturbación, denudación y carstificación (a) en materiales micríticos de la facies F3, con relleno (b) de calizas *wackestone* bioclásticas de la facies F4.

Fig. 1.—Cavities generated by bioturbation, denudation and karstification processes (a) in micritic rocks of the facies F3. The cavities are filled up with bioclastic *wackestones* (b) of the facies F4.

Fig. 2.—Ejemplo de substrato rocoso denudado y carstificado, desarrollado sobre materiales de la facies F3 (*mudstone*). Puede observarse la extrema irregularidad del relieve con pináculos o «kamenitzas» (a) que localmente pueden sobrepasar varias decenas de centímetros y presentan preferentemente en la parte superior aureolas de alteración (b) y encostramientos ferruginosos.

Fig. 2.—Example of denudated and karstified rockground developed on rocks of the facies F3 (*mudstone*). The extreme irregularity of the relief shown by the presence of abundant pinnacles or «kamenitzas» (a) can be observed. The pinnacles can overpass several tenths of centimetres and show aureolar weathering (b) and ferruginous encrusting preferentially developed in the upper portion.

Fig. 3.—Detalle de una estructura de bioturbación con aureolas de alteración (a) en materiales de la facies F3. También se observa una cavidad de denudación y carstificación (b) asociada a grietas de desecación (c) con desarrollo vertical ascendente. Ambas cavidades están rellenas por calizas *packstone* bioclásticas de la facies F4.

Fig. 3.—Detail of a bioturbation structure with aureolar weathering (a) in rocks of the facies F3. A cavity generated by denudation and karstification (b) associated with desiccation cracks (c) with vertically ascendent development can also be observed. Both cavities are filled up with bioclastic *packstone* of the facies F4.

Fig. 4.—Brecha intrafaccional con clastos angulosos o redondeados (a) de la Biozona Murchisonae, que constituye el techo de la secuencia genética de somerización indicada en la figura 6 del texto (estadios E-G). Obsérvese que el techo de estas brechas corresponde a una superficie de denudación (nivel de referencia 1BH21) con aureolas de alteración y perforaciones biogénicas. Por encima se encuentran calizas *wackestone* y *packstone* bioclásticas de la facies F4 que contienen litoclastos redondeados (b).

Fig. 4.—Intrafacional breccia containing angular to roundish clasts (a) of the Murchisonae Biozone. This breccia constitutes the top of the shallowing-upward genetic sequence

shown in text figure 6 (stages E-G). Notice that the top of the breccias corresponds to a denudation surface (reference level 1BH21) with aureolar weathering as well as biogenic borings. The presence of bioclastic wackestones and packstones of the facies F4 containing roundish lithoclasts (b) can be observed in the upper portion of the figure.

Fig. 5.—Materiales basales de la facies F4. Se trata de calizas *packstone* a *wackestone* grano-decrecientes hacia la parte superior, y con geometría lenticular a escala métrica.

Fig. 5.—Rocks of the base of the facies F4. Fining upward skeletal unit of packstone and wackestone. Geometry of the unit is lenticular at a metric scale.

Fig. 6.—Detalle de la base de los materiales de la facies F4 que contienen litoclastos de calizas micríticas angulosos o redondeados y perforados, con aureolas locales de alteración.

Fig. 6.—Detail of the base of the unit corresponding to the facies F4. The carbonates contain angular to roundish and bored lithoclasts of micritic limestones with local aureolar weathering.

Fig. 7.—Calizas *packstone* a *wackestone* bioclásticas, bioturbadas (a), que rellenan cavidades de carstificación en materiales de la facies F3 (b).

Fig. 7.—Burrowed bioclastic packstone to wackestone limestones (a) filling karstification cavities in rocks of the facies F4.

### LAMINA 3

Fig. 1.—Detalle del substrato litificado (hard-ground) desarrollado sobre materiales de la facies F1 (alforamiento GA). Se observan briozoos incrustantes (a) y perforaciones biogénicas (b).

Fig. 1.—Detail of the hard-ground developed on rocks of the facies F1 (outcrop GA). The presence of encrusting bryozoa (a) and biogenic borings (b) can be observed.

Fig. 2.—Sección transversal de los materiales del límite Lias-Dogger en la Rambla Monterde. Por debajo del nivel de referencia 4BH1, que corresponde a un substrato litificado (hard-ground), se observan perforaciones biogénicas (a). Por encima de esta discontinuidad y en materiales de la facies F2 con ooides ferruginosos se encuentra un ammonites reelaborado (tiene relleno geopetal incongruente con el sentido de la estratificación, b, y una faceta de desgaste en el flanco izquierdo, c). También se aprecia la textura coliforme de un ooide fosfático y ferruginoso (d).

Fig. 2.—Cross section of the Lias-Dogger boundary rocks at the Monterde Ramble. Below the reference level 4BH1, which is a hard-ground, biogenic borings can be observed (a). Over this discontinuity a reelaborated ammonites included in rocks of the ferruginous ooids bearing facies F2 can be observed. Reelaboration of the ammonites is indicated by the geopetal filling incongruent with bedding orientation (b) as well as a bezel due to fraying on the left side (c). The colloform texture of a phosphatic and ferruginous ooid (d) can also be observed.

Fig. 3.—Ejemplar resedimentado. Se trata de una valva de pectínido delgada y lisa, desarticulada pero entera, dispuesta paralelamente a la estratificación y en posición de máximo equilibrio mecánico. Nivel 1BH4. *Biozona Murchisonae*.

Fig. 3.—Resedimented specimen. The photo corresponds to a thin and smooth pectinid valve disarticulated but complete. The shell is disposed parallel to the bedding in the maximum mechanical equilibrium position. 1BH4 level. *Murchisonae Biozone*.

Fig. 4.—Ejemplar resedimentado. Corresponde a un fragmocono incompleto de *Brasilia* sp. en el que se observan señales de fracturación mecánica (a) y continuidad estructural entre el relleno y la matriz. Nivel 1BH4. *Biozona Murchisonae*.

Fig. 4.—Resedimented specimen. Incomplete framocone of *Brasilia* sp. Mechanical fracturation (a) and structural continuity between filling and matrix can be observed. 1BH4 level. Murchisonae Biozone.

Fig. 5.—Ejemplar acumulado. Sección transversal de materiales de la facies F2 con evidencias de porosidad móldica generada a partir de una concha de braquiópodo, como se indica en la figura 4 del texto. El relleno parcial y en posición geopetal que es de igual naturaleza que la matriz (a), ha sido ulteriormente completado con material biodetrítico y algunos componentes siliciclásticos (b) tras una fase de disolución de la concha y carstificación de la matriz. Ejemplar encontrado a 10 cm por debajo del nivel 1BH19. Biozona Murchisonae.

Fig. 5.—Accumulated specimen. Cross polished section showing evidences of moldic porosity in a brachiopod shell included in rocks of the facies F2. Successive fossil-diagenetic stages are explained in text figure 4. Sediment in geopetal position partially filling the shell has the same characteristics as the matrix (a). After a phase of shell dissolution and karstification, filling has been completed with siliciclastic bearing biodetritic sediment (b). Specimen found 10 cm below level 1BH19. Murchisonae Biozone.

Fig. 6.—Ejemplares resedimentados que presentan agrupamiento encajado. En la porción anterior de la cámara de habitación de una concha de *Vacekia stephensis* BUCKMAN, está contenido un fragmento de otra concha de *Vacekia* sp. (a). Obsérvese que en ambos casos el borde peristomal y el molde interno está en continuidad estructural con la matriz. Ejemplar 1BH32/1. Biozona Concavum.

Fig. 6.—Resedimented specimens showing imbricated clustering («Ineinander-Schachtelung» in FUTERER, 1978). A fragment of a shell of *Vacekia* sp. (a) is contained in the anterior portion of the body chamber of a specimen of *Vacekia stephensis* BUCKMAN. Notice that in both cases the peristomal edge and the internal mould are in structural continuity with the matrix. Specimen 1BH32/1. Concavum Biozone.

Fig. 7.—Sección pulida de los materiales de la facies F4. Los litoclastos son micríticos, de la facies F3, pero muestran diferentes grados de alteración, desde angulosos a irregulares (a) hasta redondeados y esferoidales, ferruginosos (color oscuro) y con perforaciones biogénicas (b). Estos materiales de relleno de la facies F4 se depositaron sobre un substrato bioturbado y con distintos grados de consolidación (c) que fueron sometidos a microfracturación (d) durante las fases posteriores de compactación diagenética.

Fig. 7.—Polished section of a sample from the lowermost lithologies of the facies F4. The lithoclasts are micritic, derived from the rocks of the facies F3 and show different grades of weathering, from roundish to spheroidal (a), ferruginized (dark color) and containing biogenic borings (b). This filling sediments of the facies F4 were deposited on a substratum with laterally variable bioturbation and consolidation degrees (c). In later diagenetic compaction phases the micritic sediments of the facies F3 were subjected to microfracturing (d).

Fig. 8.—Detalle de un litoclasto de la figura 7 en el que posteriormente a la ferruginización y perforación biogénica (a) se han desarrollado aureolas de alteración (b), depósitos fosfáticos parciales (c) y superficies de denudación (d), antes del enterramiento definitivo en sedimentos de tipo *wackestone* bioclástico de la facies F4.

Fig. 8.—Detail of one of the lithoclasts shown in figure 7. Before final burial within bioclastic wackestones of the facies F4, lithoclasts were ferruginized and biogenically bored (a), aureolar weathering textures were developed (b), phosphatic deposits partially filled the borings (c), and denudation surfaces were generated (d).

NOTA.—Longitud de la barra utilizada como escala, 1 cm.

NOTE.—Scale bar 1 cm.

## LAMINA 4

Fig. 1.—Sucesión estratigráfica de los materiales correspondientes a las Biozonas Sauzei y Humphriesianum (Bajociense inferior) en la Rambla Monterde (afloramiento 4BH). El límite entre estas dos biozonas es una superficie de removilización (nivel de referencia 4BH53) que separa los materiales de la facies F8 y F9.

Fig. 1.—Stratigraphic succession of the rocks corresponding to the Sauzei and Humphriesianum Biozones (Lower Bajocian) at the Monterde Ramble (outcrop 4BH). The limit between these two biozones is a remobilization surface (reference level 4BH53) which separates the rocks of the facies F8 and F9.

Fig. 2.—Grietas de desecación en calizas *mudstone* de la facies F8. Biozona Sauzei. Rambla Monterde.

Fig. 2.—Desiccation cracks in lime mudstone of the facies F8. Sauzei Biozone. Monterde Ramble.

Fig. 3.—Calizas *packstone* bioclásticas con litoclastos angulosos (a) sobre calizas *mudstone* (b). Ambas corresponden a los materiales de la facies F4 y están separadas por una superficie de removilización (nivel de referencia 1BH27). Las irregularidades de esta superficie de estratificación son el resultado de procesos de bioturbación, consolidación, mineralización y denudación que han actuado antes de la sedimentación de los materiales bioclásticos. Barranco de la Hontanilla.

Fig. 3.—Bioclastic packstone containing angular lithoclasts (a) over mudstones (b). Both limestones correspond to the lithologies of the facies F4 and are separated by a remobilization surface (reference level 1BH27). The irregularities of the bedding surface are the result of bioturbation, consolidation, mineralization and denudation which have acted before sedimentation of the bioclastic limestones. Hontanilla Cleft.

Fig. 4.—Niveles de removilización constituidos por calizas *packstone* a *mudstone* de la facies F8. Pueden distinguirse cuatro secuencias grano-decrecientes, amalgamadas entre sí y estrato-decrecientes hacia la parte superior. Dentro de cada una de las secuencias se distingue un término basal constituido por calizas *packstone* con bioclastos gruesos (a), un término intermedio de calizas *packstone* a *wackestone* bioclásticas (b) y un término superior de calizas *mudstone* (c). Sobre una superficie de removilización irregular, el término basal de cada secuencia se caracteriza por contener altas concentraciones locales de moldes internos fosfáticos reelaborados que suelen presentar agrupamiento imbricado (a). Gradualmente estos materiales pasan al término intermedio de calizas *packstone* a *wackestone* (b) en los que disminuye la concentración y tamaño medio de los elementos reelaborados, que suelen estar horizontalmente dispuestos respecto a la estratificación; este término de la secuencia localmente presenta estructuras de bioturbación de tipo *Zoophycos* y laminación cruzada de pequeña escala debida a ripples de oleaje. Cada secuencia termina con calizas *mudstone* (c) en las que predominan conchas resedimentadas por lo general horizontalmente dispuestas respecto a la estratificación y solo parcialmente rellenas (ammonites huecos). En la superficie superior localmente hay grietas de desecación (d) y cavidades de carstificación (e). Estas secuencias elementales deben ser consideradas como capas generadas por la acción de las tempestades (tempestitas). El término basal puede estar cortado oblicuamente por superficies de pseudoestratificación (f). Biozona Sauzei. Gea de Albarracín.

Fig. 4.—Remobilization levels composed of packstone to mudstone of the facies F8. Four amalgamated elemental finig and thinning upward sequences can be recognized. Within each sequence a basal portion constituted of packstone containing coarse bioclasts (a) a middle portion of bioclastic pack to wackestone (b) and an upper portion composed of lime mudstone (c) can be distinguished. Over an irregular remobilization surface the basal portion of each sequence is characterized for the local high concentrations of reelaborated phosphatic internal moulds which often show imbricated clustering (a). This type of lithologies gradually pass through the packstones to wackestones of the middle portion of the sequence (b)



on which the concentration as well as the average size of the reelaborated elements decrease being disposed horizontally respect to the bedding. Small scale cross laminations due to wave ripples as well as bioturbation structures of the Zoophycos type can locally be observed in the middle portion of the sequence. Each elemental sequence finishes with lime mudstones (c) on which resedimented shells are generally horizontally disposed respect to the bedding and only partially filled (hollow ammonites). In the top of the sequence there are desiccation cracks (d) and karstification cavities (e). These sequences should be considered as layers generated by the action of storms (storm layers or «tempestites»). The basal portion of the sequence can obliquely be cut by pseudobedding surfaces (f). Sauzei Biozone. Gea de Albarracín.

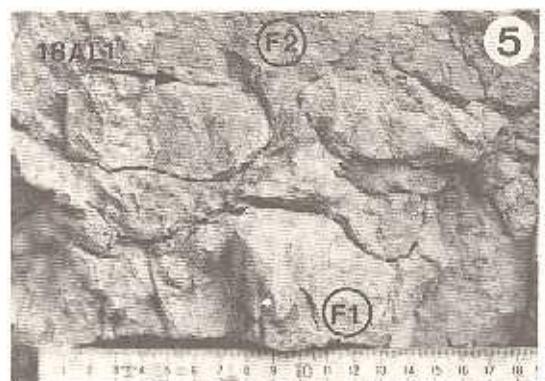
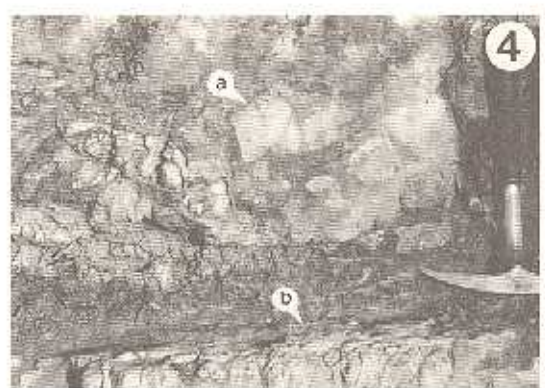
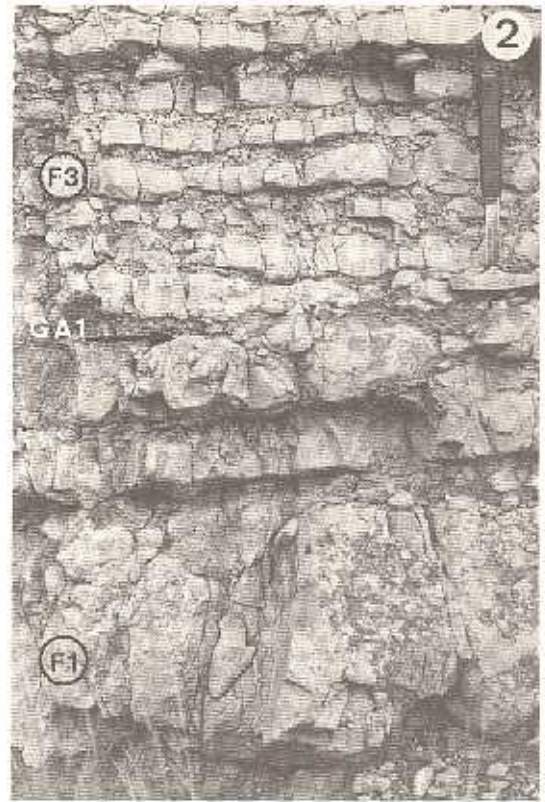
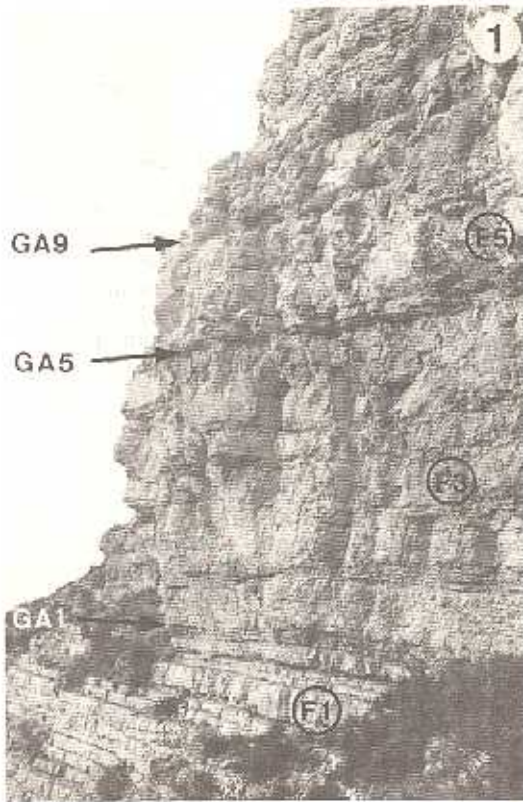
Fig. 5.—Calizas *mudstone* nodulosas localmente con nódulos de sílex de la facies F8. Biozona Sauzei. Rambla Monterde.

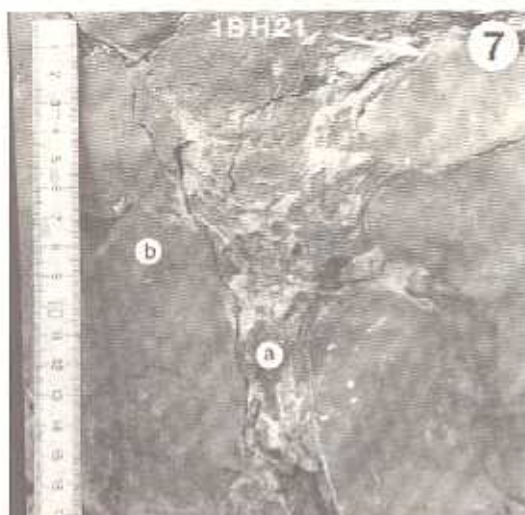
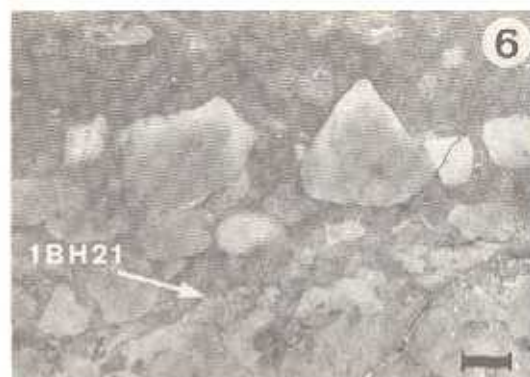
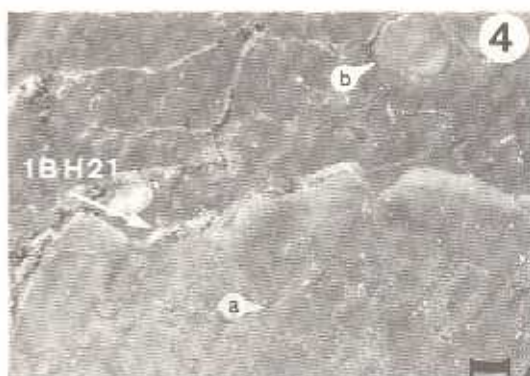
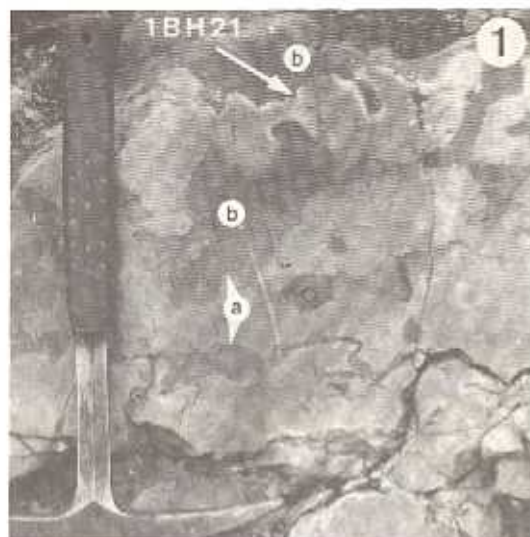
Fig. 5.—Nodular mudstone locally with chert nodules of the facies F8. Sauzei Biozone. Monterde Ramble.

Fig. 6.—Calizas *packstone* a *wackestone* bioclásticas con oolitos ferruginosos y fosfáticos de la facies F6. El martillo se apoya sobre una superficie de removilización de relieve irregular, sobre la que se dispone un nivel de removilización con abundantes elementos reelaborados. Biozona Discites. Gea de Albarracín.

Fig. 6.—Bioclastic packstone to wackestone containing ferruginous and phosphatic oolites of the facies F6. The hammer is on a remobilization surface of irregular relief. On the remobilization surface there is a remobilization level containing abundant reelaborated elements. Discites Biozone. Gea de Albarracín.

# LAMINA 1





# LAMINA 3

