

CARACTERÍSTICAS Y EVOLUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS LACUSTRES MIOCENOS DE LA REGIÓN DE TORDESILLAS («FACIES DE LAS CUESTAS» EN EL SECTOR CENTRAL DE LA CUENCA DEL DUERO)*

J. CARBALLEIRA CUETO** y C. POL MÉNDEZ***

RESUMEN.— En el sector Central de la Cuenca del Duero, la región situada al Norte de la localidad de Tordesillas (Hoja del Mapa Topográfico Nacional nº 371) está ocupada por materiales detríticos-carbonatados de edad Mioceno, representados por cuatro unidades Litoestratigráficas mayores (Figs. 1 y 2).

Este trabajo se centra en el conocimiento estratigráfico y sedimentológico de una de ellas denominada «Facies de las Cuestas» que tiene un claro carácter lacustre. La correlación de las distintas secciones levantadas (Figs. 3, 4, 5, 6 y 7) mediante niveles guía caracterizados por acumulaciones de Gasterópodos, permite establecer tres Unidades Litoestratigráficas menores (III A, III B y III C), válidas para la región y sectores vecinos, que corresponden a otras tantas megasecuencias positivas (Fig. 10). La basal se inicia en los sedimentos fluviales infrayacentes.

Las facies de estas Unidades definen varios subambientes lacustres: lacustre marginal (litoral y sublitoral) y lacustre abierto, que pueden quedar esporádicamente sometidos a procesos de diagénesis palustre y pedogenética.

Las facies (Fig. 8), geometría de las litofacies (Fig. 9), asociaciones y secuencias (Figs. 10, 11, 12, 13 y 14) permiten deducir un modelo de sedimentación lacustre y su evolución en el tiempo desde condiciones de aguas dulces a salobres (Fig. 15).

ABSTRACT.— In the central sector of the Duero Basin, the region situated to the north of the town of Tordesillas (National Topographic Map Sheet N° 371, Spain) exhibits the presence of detritic and carbonated materials of Miocene age represented by four major lithostratigraphic Units (Figs. 1 and 2).

The present work focuses on the stratigraphic and sedimentological aspects of one such unit known as the «Facies de las Cuestas» which has a clear lacustrian character.

* Este trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto de la CAYCIT 1785/82.

** Departamento de Estratigrafía. Universidad de Salamanca.

*** Departamento de Geografía. Universidad de Salamanca.

The correlation of the different uplifted sections (Figs. 3, 4, 5, 6 and 7) by guide levels characterized by accumulations of Gasteropods, points to the existence of three lesser Lithostratigraphic Units (III A, III B and III C) valid for the region and neighbouring sectors, corresponding to a further three positive megasequences (Fig. 10). The basal part starts in the infradjacent fluvial sediments.

The facies of these Units define several lacustrine subenvironments: marginal lacustrine (litoral and sublitoral) and open lacustrine, which have been sporadically subjected to process of palustrine and pedogenetic diagenesis.

The facies (Fig. 8), geometry of the lithofacies (Fig. 9), associations and sequences (Figs. 10, 11, 12, 13 and 14) are suggestive of a lacustrine sedimentation model and of its evolution as time progressed from freshwater to salt water conditions (Fig. 15).

Palabras clave: Estratigrafía, Sedimentología, Ambientes lacustres (marginal y abierto), Mioceno Superior, Sector Central, Cuenca Duero, España.

Key Words: Stratigraphy, Sedimentology, Lacustrine Environments (marginal and open), Upper Miocene, Central Sector of the Duero Basin, Spain.

1. INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se localiza en la región central de la Cuenca del Duero (Fig. 1) que se caracteriza por estar ocupada íntegramente por sedimentos detríticos y carbonatados pertenecientes al Neógeno. Su estratigrafía general ha sido definida por distintos autores que han establecido Unidades Litoestratigráficas de carácter informal denominadas en general «Facies» o «Formaciones», o bien han adaptado las definidas en sectores vecinos de la cuenca cuando las características litológicas y su posición morfológica eran análogas. Entre estos cabe destacar a H. PACHECO (1915), SALVADOR (1977), CORRALES et al. (1978), SÁNCHEZ DE LA TORRE (1979), etc.

La nomenclatura aquí adoptada para las Unidades III y IV corresponde a la establecida por H. PACHECO (1915) en la región Palentina. Para las Unidades detríticas inferiores I y II se siguen las denominaciones de CORRALES et al. (1978) y SALVADOR (1977) respectivamente.

La estratigrafía general de la zona queda reflejada en la Fig. 2, estando representada por cuatro Unidades:

I) «Facies Villalba de Adaja», II) «Areniscas de Pedroso de la Abadesa» (equivalente lateralmente a la «Facies Tierra de Campos»), III) «Facies de las Cuestas» y IV) «Calizas de los Páramos».

El estudio se centra fundamentalmente en las «Facies de las Cuestas» (U. III), de las que son representativas las secciones levantadas (Figs. 4, 5, 6 y 7). En la base de todas ellas aparece la parte superior de la Unidad II y únicamente en el

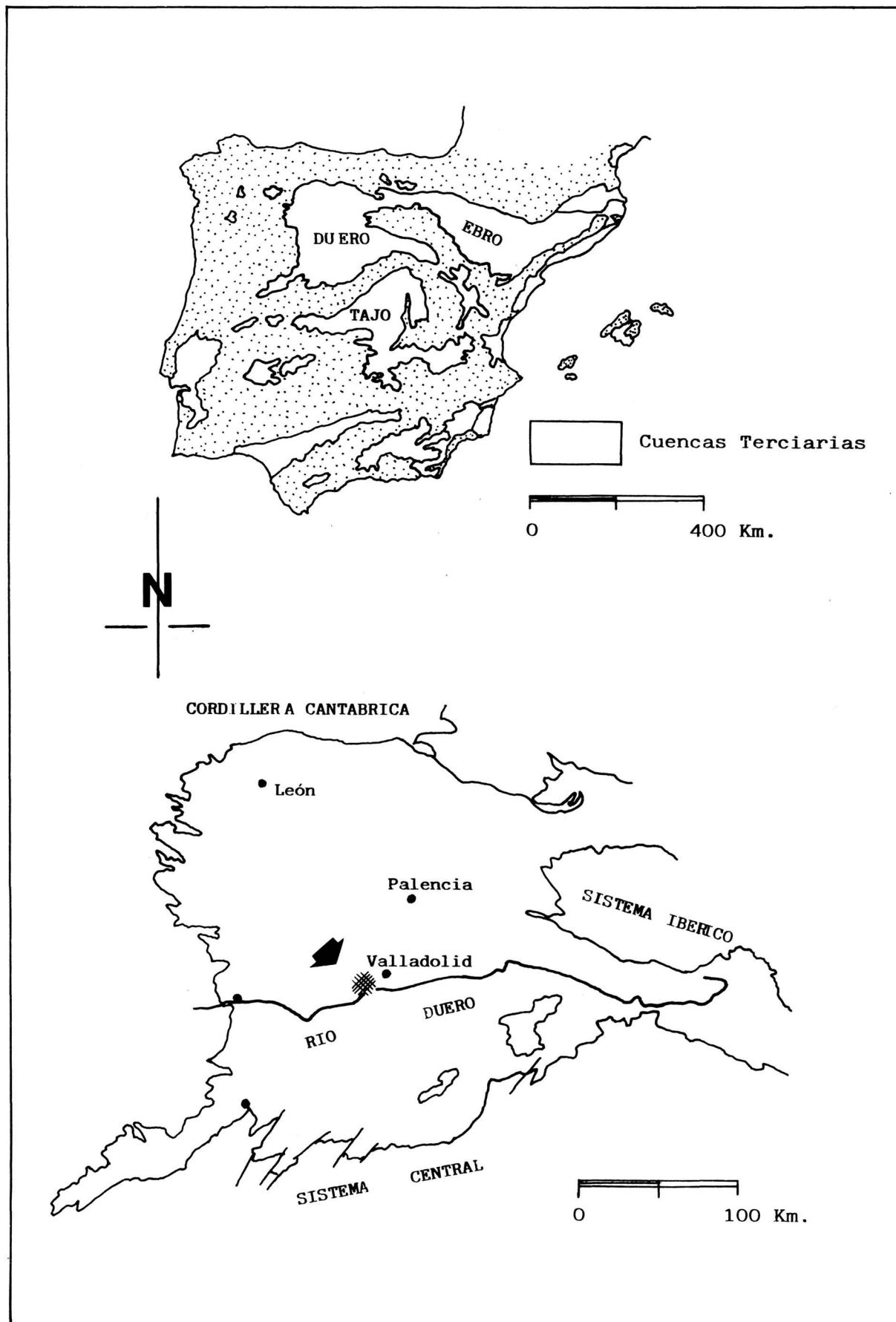


Figura 1. Situación de la región en la Cuenca Terciaria del Duero.

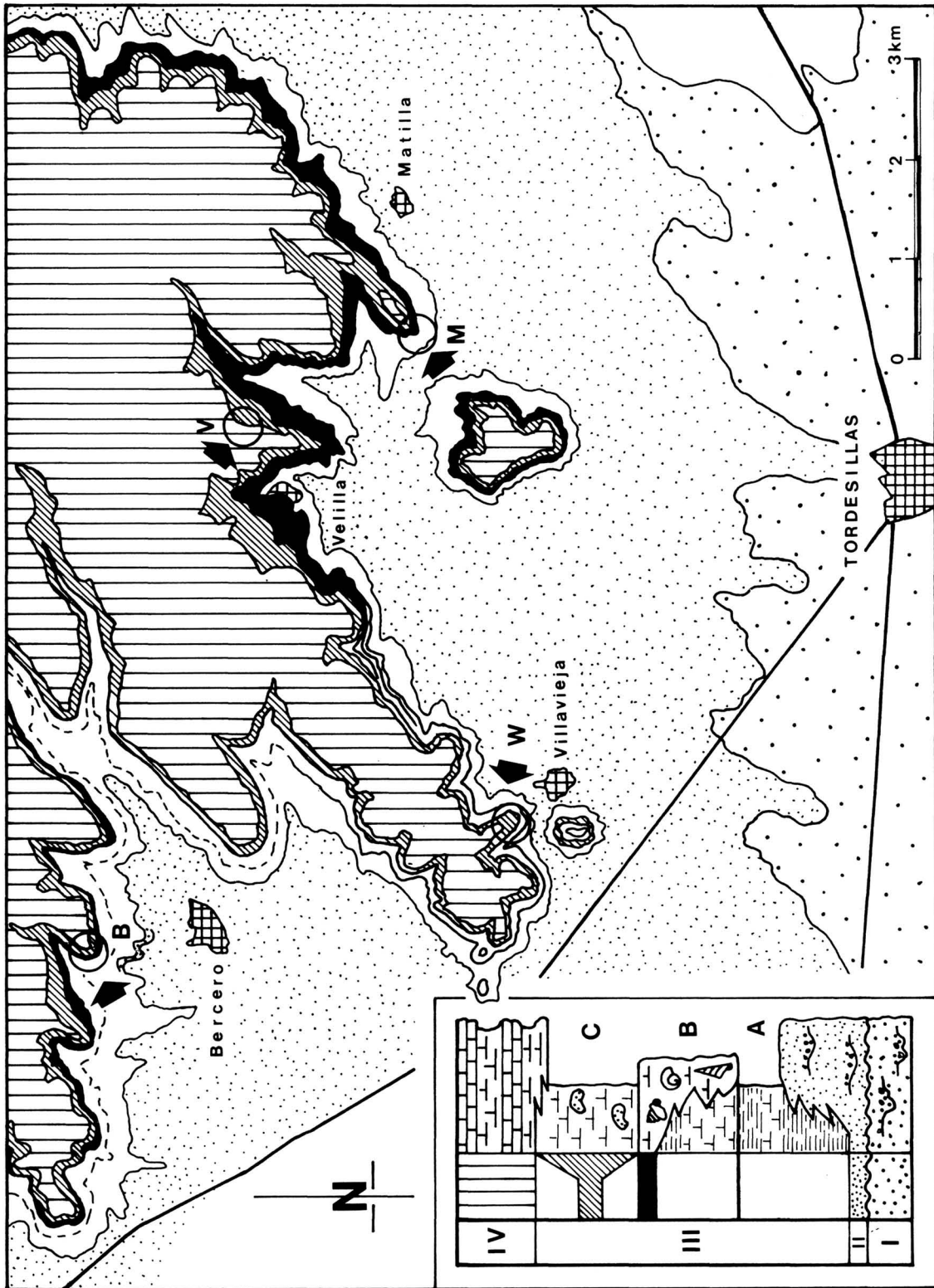


Figura 2. Esquema geológico y sección estratigráfica sintética (sin escala) de los sedimentos Mioce- nos al Norte de Tordesillas. I) «Facies Villalba de Adaja»; II) «Areniscas Feldespáticas Pe- droso de la Abadesa»; III) «Facies de las Cuestas», Tramos III A, III B y III C; y IV) «Ca- lizas de los Páramos». Los círculos y flechas señalan la posición de las secciones estudiadas.

techo de la serie de Bercero (Fig. 4) puede considerarse que aparece representada la Unidad IV, que en general se observa muy mal en toda la región.

Las características generales de las cuatro Unidades son las siguientes:

Unidad I: «Facies Villalba de Adaja» (CORRALES et al., 1978).

Son equivalentes a las denominadas por SALVADOR (1977) «Areniscas de Tordesillas», que relaciona con los «Conglomerados de Toro» de CORROCHANO (1977).

Afloran en la parte sur de la región en las proximidades de Tordesillas (Fig. 2). Está formada por arenas y areniscas arcóscas fangosas y de intenso color rojo y verde que se ordenan en secuencias granodecrecientes separadas por superficies erosivas muy irregulares y profundas. Son muy frecuentes las estratificaciones cruzadas en surco. Las direcciones de aportes en Tordesillas son W-E y SW-NE.

PORTERO et al. (1983) consideran que son equivalentes a las «Facies de Pedraja» que a su vez las hacen equivalentes a la «Facies Tierra de Campos», al no considerar la disconformidad existente a techo de la «Facies Villalba de Adaja».

Unidad II. «Areniscas de Pedroso de la Abadesa» (SALVADOR, 1977).

Se sitúan disconformes sobre las anteriores, siendo su potencia del orden de 50 a 60 metros. El límite superior es transicional (existiendo cambio lateral de facies) con los niveles inferiores de la Unidad III.

Están formadas por arenas y areniscas feldespáticas de tonos verdes, en parches, y rojizos, y fangos pardo verdosos. Aparece muy poco representada en las series levantadas y a nivel regional sólo se observa en afloramientos aislados. La potencia máxima observada en las secciones es del orden de 4 metros. La única dirección de aportes, sobre un canal, que se ha podido realizar en este sector de una procedencia del S-SW.

En este área han sido denominadas también por SÁNCHEZ DE LA TORRE (1978) «Facies Feldespáticas», que las hace equivalentes a la «Facies Tierra de Campos» situada más al Norte de la región estudiada, y dándoles una procedencia NW.

Las facies características del techo de la Unidad son las Arenas feldespáticas y fangos en ocasiones edafizados (Ar, F y Fc) (Fig. 8):

Facies de Arenas Feldespáticas (Ar): Están constituidas por arenas feldespáticas de grano medio y grueso a gravas, fangosas y masivas.

Son de tonos pardos y verdosos, presentándose en niveles con potencias alrededor de los 2 metros, pero en tramos poco visibles. Los clastos son angulosos y subangulosos. Excepcionalmente pueden presentar estratificación cruzada en surco a mediana escala.

Facies de Fangos masivos (F): Son de tonos gris verdosos a grisáceos, masivos y en ocasiones se pueden observar micas orientadas. Los afloramientos en general son muy escasos al constituir la mayoría de las tierras de labor. Pueden presentar tonos pardo rojizos (edafización).

Facies de Fangos carbonatados (Fc): Corresponde al desarrollo de concreciones carbonatadas sobre las facies anteriores de fangos (suelos calcimórficos). Estas facies junto con las anteriores de tonos pardo rojizos (suelos hidromórficos) se han observado en las proximidades de la sección de Matilla de los Caños.

Unidad III. «Facies de las Cuestas» (H. PACHECO, 1915).

Según PORTERO et al. (1983) el límite Mioceno Medio-Superior se encontraría en los niveles basales de esta Unidad.

La estratigrafía de esta Unidad y su interpretación a nivel regional ha sido establecida por SÁNCHEZ DE LA TORRE (1978), que distingue dentro de la «Facies de las Cuestas» cuatro tramos que de muro a techo son: 1) Base de Cuestas (Potencia de unos 5 m.). 2) Depósitos de «Ciénagas» (Potencia 11 m.), 3) Techo de las Facies Cuestas (Pot. 4 a 5 metros) y 4) Transición Cuestas-Páramo (Pot. 7 metros).

Unidad IV. «Calizas de los Páramos» (H. PACHECO, 1915).

En este sector presentan muy poca potencia, observándose solamente de 2 a 5 metros y prácticamente no tiene afloramientos continuos (generalmente derrubios). Sobre ella se desarrolla una extensa superficie.

Está constituida principalmente por calizas micríticas masivas blancas y beige. En las secciones levantadas únicamente se observa con claridad en la de Berbero, por lo que no es posible realizar aquí su estudio.

2. ESTRATIGRAFÍA DE LAS «FACIES DE LAS CUESTAS»

Es una de las Unidades Miocenas que mejor aflora en la región. Al estar protegidas a techo por las «Calizas del Páramo» y presentarse fuertemente acarcavada al estar constituida por sedimentos blandos (arcillas siempre margosas, margas y algunos niveles de calizas). Tiene una potencia de unos 50 metros.

Incluye cuatro grupos principales de litofacies que en orden de importancia son: Margas (M), Arcillas margosas (A), Calizas (C), y Carbón (Lg).

La correlación de las secciones representativas (Figs. 9 y 10) en base a niveles guía (Margas de Gasterópodos) válidos para el área estudiada, permiten distinguir en ella tres tramos o Unidades Litoestratigráficas menores, con características propias y cartografiables, que probablemente puedan tener validez regional: III A, III B y III C. Reflejan episodios de sedimentación lacustre sucesivos.

Tramo III A

Su límite inferior es transicional con la Unidad II, existiendo un cambio de facies que relaciona los sistemas aluviales (U. II) y lacustres (U. III). Tiene una potencia de unos 15 metros y está constituido principalmente por arcillas (margosas) y margas de tonos verdes y blanco verdosos, entre los que se intercalan muy excepcionalmente algún nivel muy poco potente de calizas.

En la zona de cambio de facies con la Unidad II, se han observado areniscas fangosas y fangos que transicionalmente pasan a las facies de arcillas y margas (secuencia fluvio-Lacustre).

Presenta Ostrácodos del tipo *Illiocypris gibba*.

Tramo III B

Se correspondería con el tramo de Depósitos de «Ciénagas» establecido por SÁNCHEZ DE LA TORRE (1978) más al Este (Zaratán).

Es el más complejo presentando una potencia de unos 11 metros. Su límite inferior viene marcado en la región oriental por un nivel de margas de Gasterópodos (completos), que pasa lateralmente hacia la región occidental a calizas de Ostrácodos y fragmentos de Gasterópodos (Villavieja del Cerro) y calizas de Ostrácodos (Bercero).

Presenta los siguientes tipos de Ostrácodos: *Cyprinatus salinus*, *Cyprideis tuberculata*, y en menor proporción *Illiocypris gibba*.



Figura 3. Leyenda General.

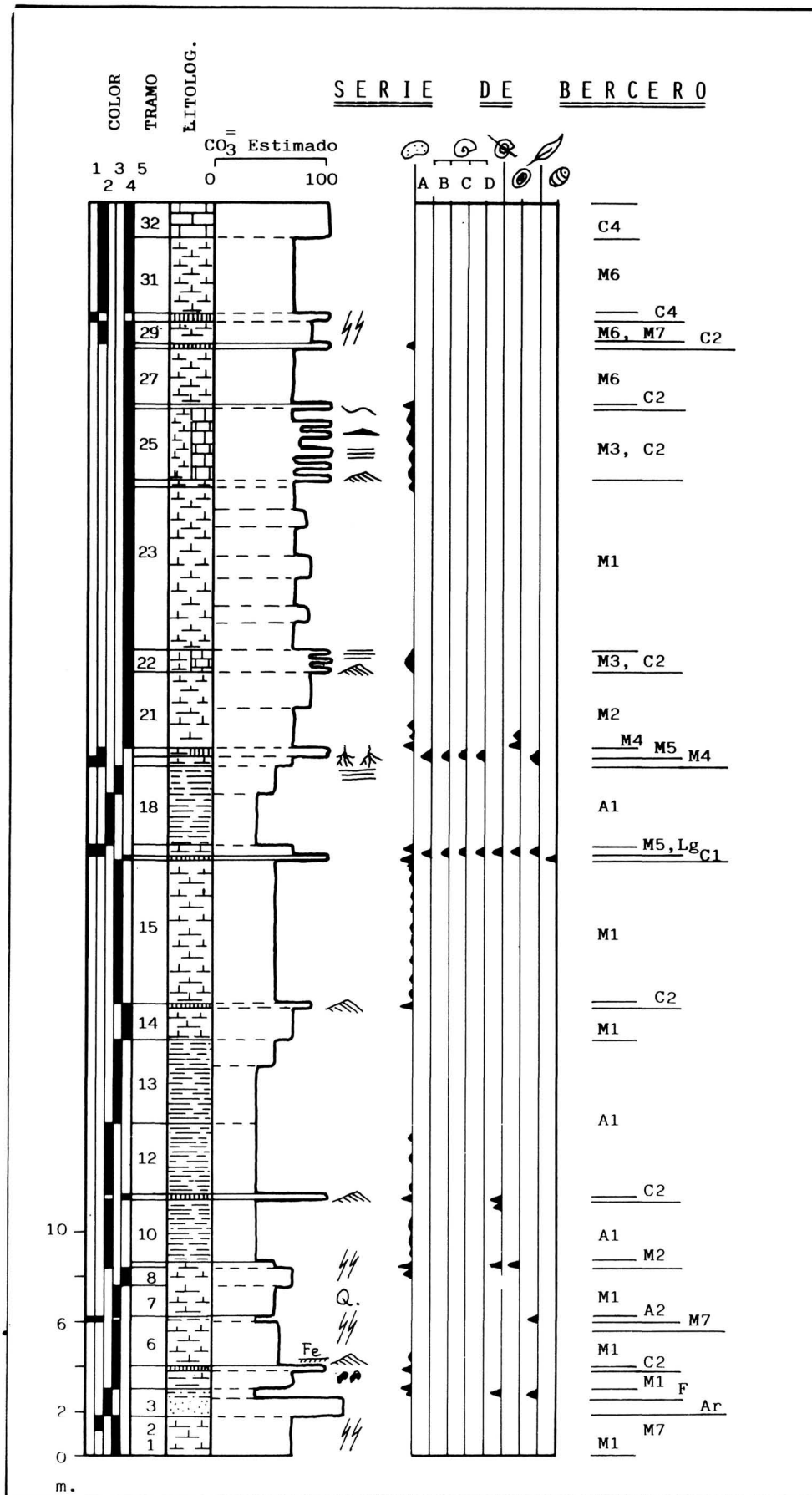


Figura 4. Serie de Bercero.

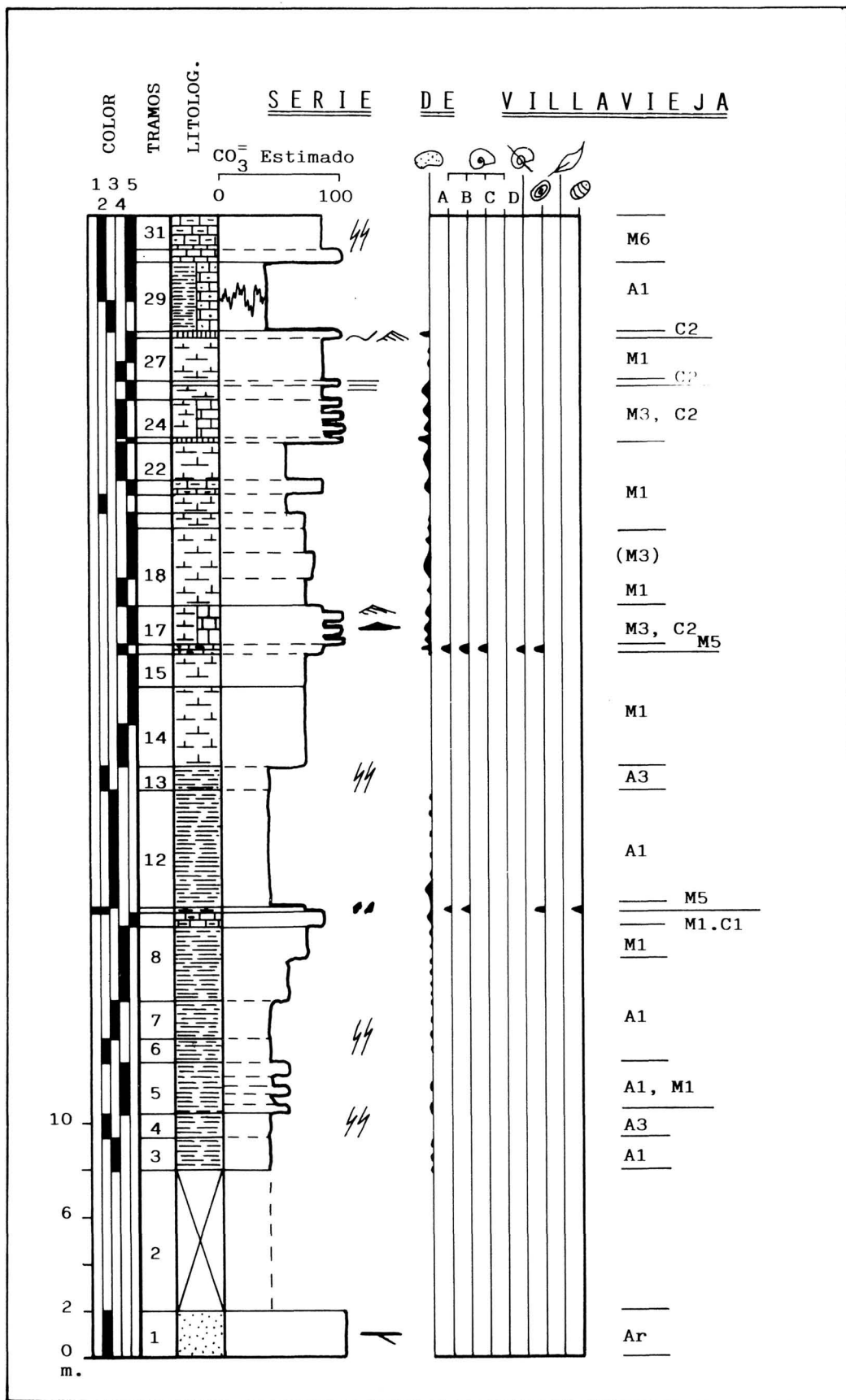


Figura 5. Serie de Villavieja del Cerro.

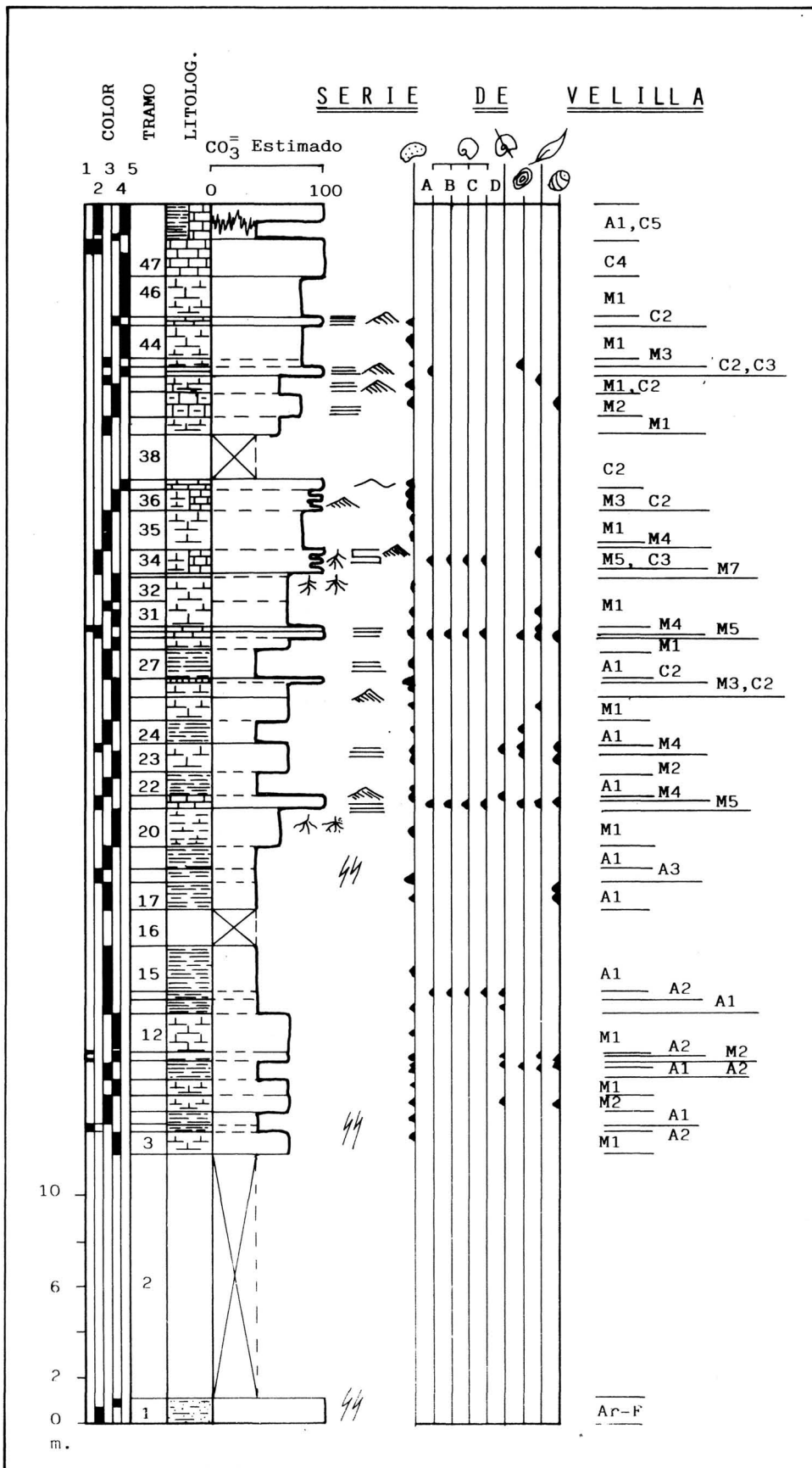


Figura 6. Serie de Velilla.

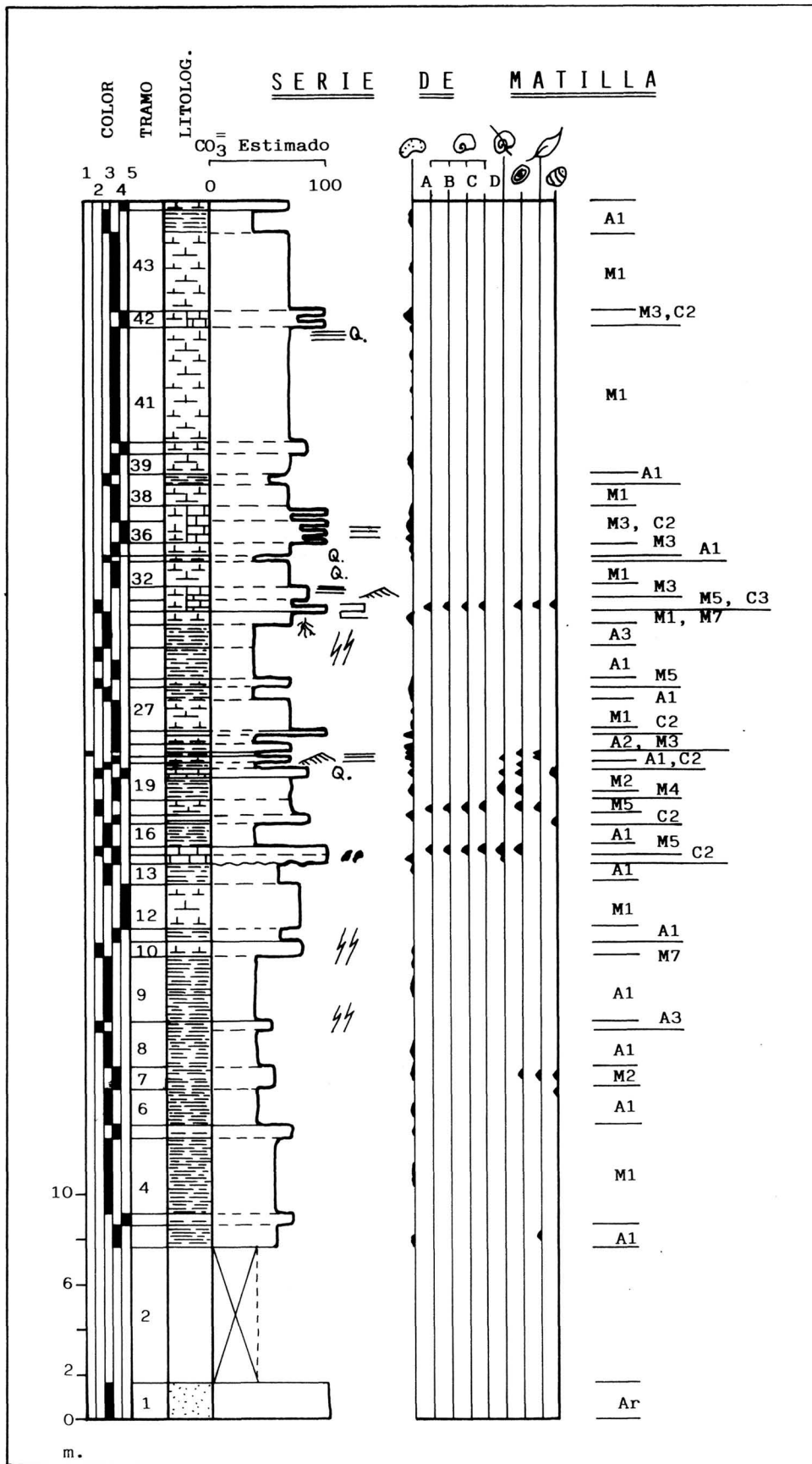


Figura 7. Serie de Matilla.

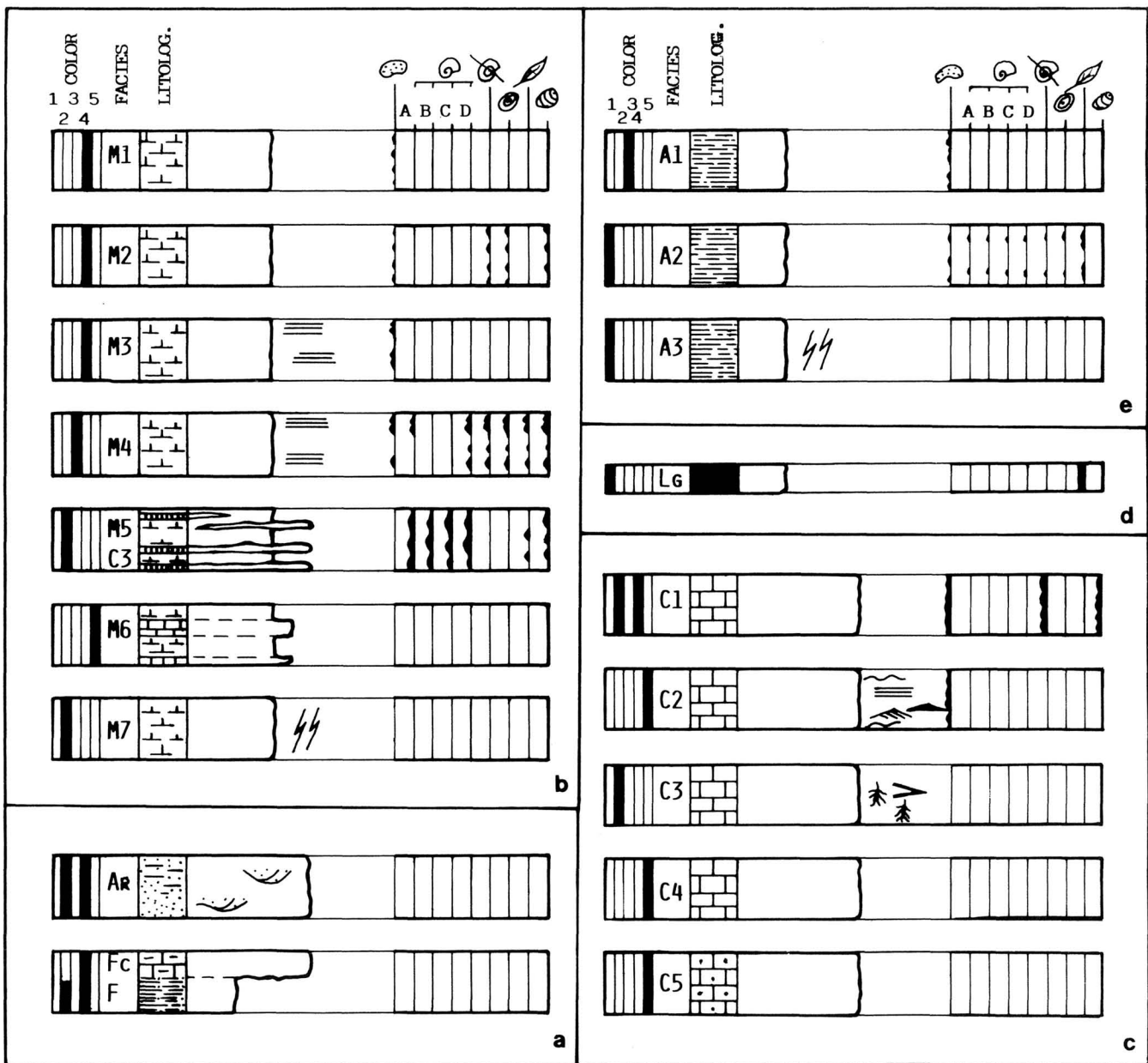


Figura 8. Litofacies y grupos de facies de las «Facies de las Cuestas»: a) Arenas fangosas, Fangos y Fangos carbonatados, b) Margas, c) Calizas, d) Lignitos y e) Arcillas.

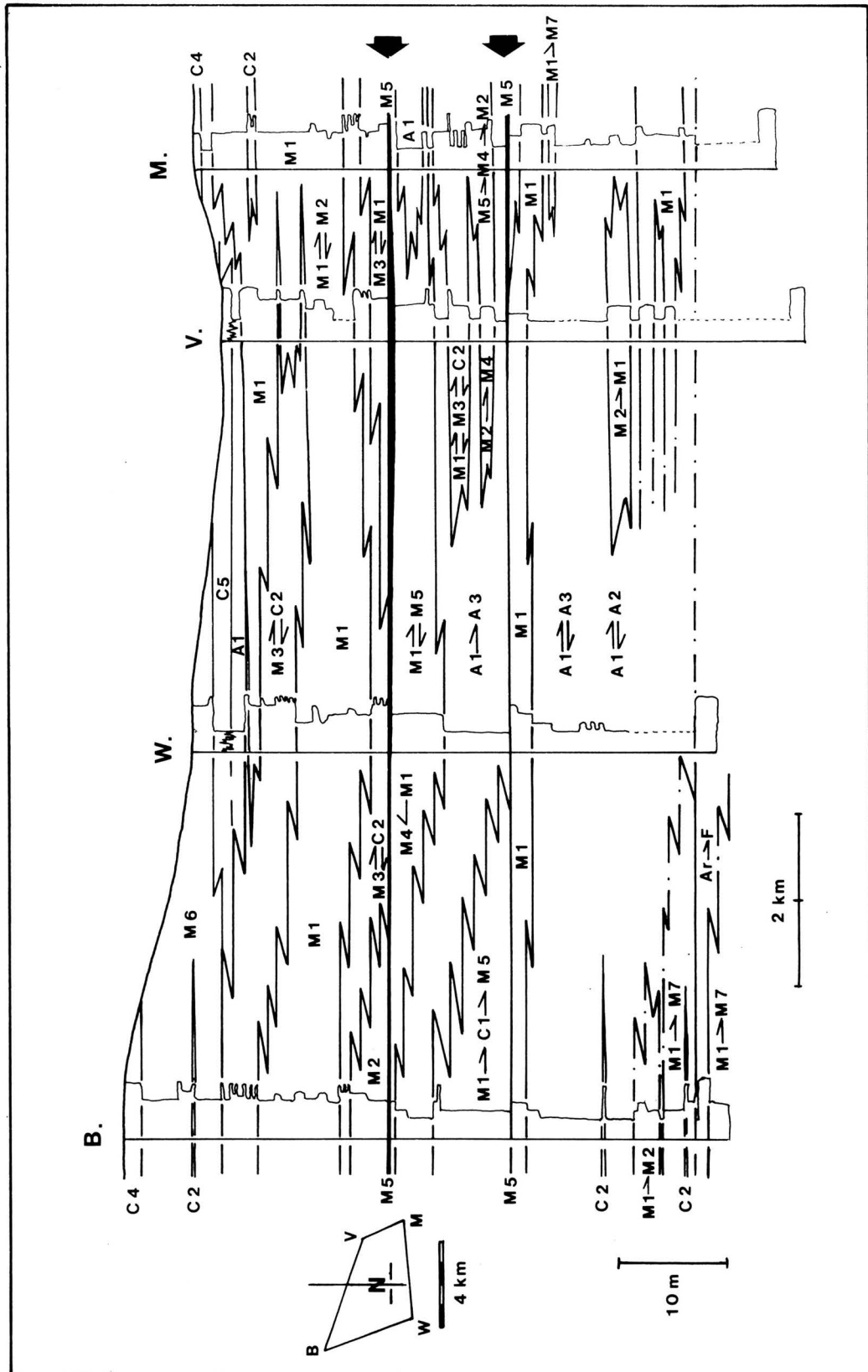


Figura 9. Transiciones de facies y correlación de las series. Se destacan en negro y con flechas (margen derecho) las capas guía que sirven de límite a los tramos III A, III B y III C de las «Facies de las Cuestas». En la margen izquierda figura el esquema de situación de las secciones: B, Bercero; W, Villavieja del Cerro; V, Velilla y M, Matilla.

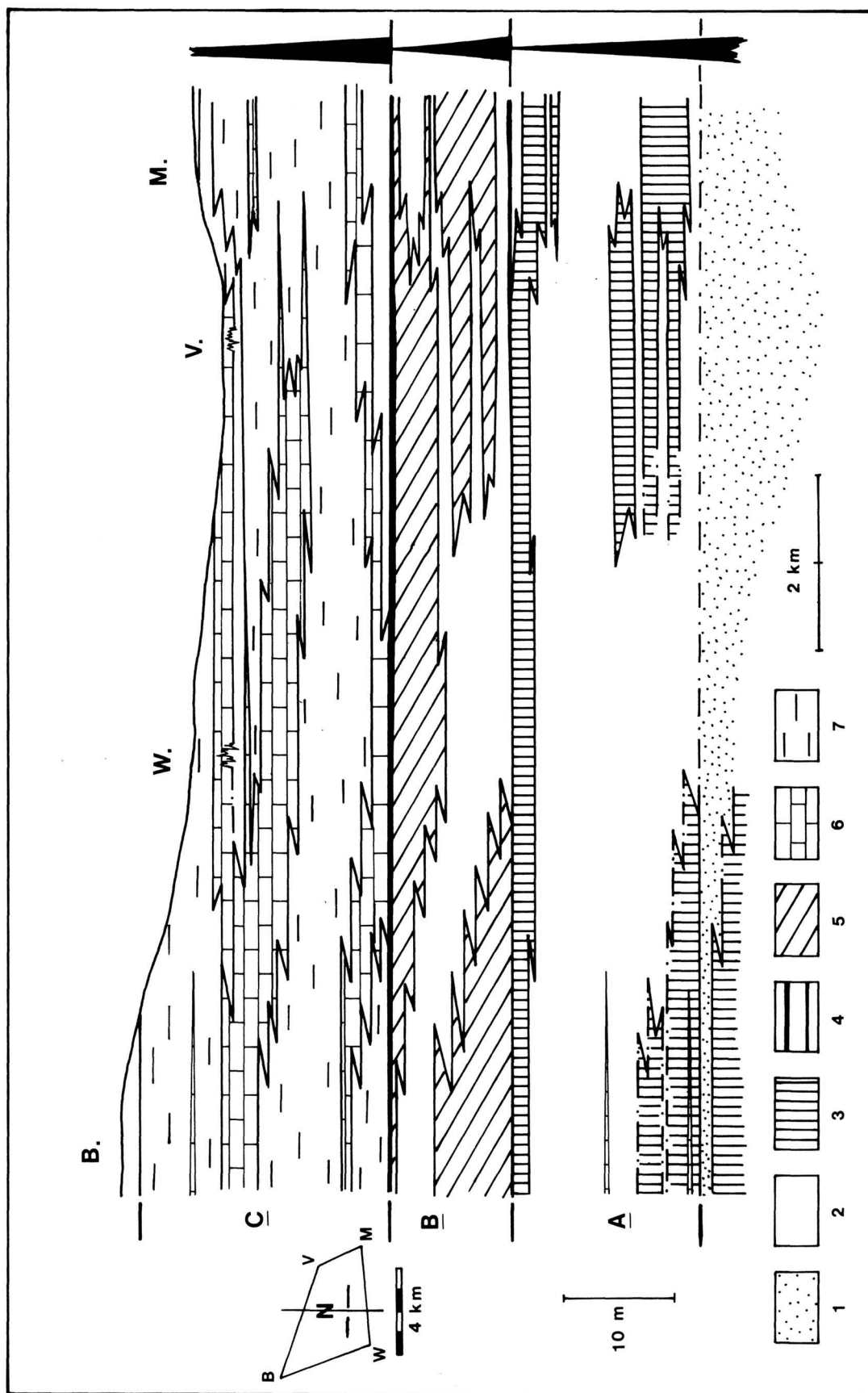


Figura 10. Geometría de las Litofacies y megasecuencias de cada uno de los tramos definidos para las «Facies de las Cuestas». 1) Fangos arenosos feldespáticos y arenas; 2) Arcillas carbonatadas verdes y blanco verdosas; 3) Margas blanco verdosas; 4) Capas guía; 5) Margas blanco verdosas; 6) Margas y calizas blancas de Ostrácodos y Foraminíferos y 7) Margas y calizas margosas blancas. En la margen izquierda figura el esquema de situación de las secciones (ver Figura 9).

El límite superior está marcado por el último nivel de acumulación de Gasterópodos completos (margas y calizas de Gasterópodos) que es constante en toda la región y presenta frecuentes señales de rizolitos.

Está constituido por arcillas margosas, margas calizas y nivelillos centimétricos de lignitos. Las facies más características y exclusivas de este tramo son las Margas de Gasterópodos, constituídas por acumulaciones «in situ» de los siguientes géneros: *Valvata*, *Anixus*, *Bithynia*, *Planorbis*, *Ancylus*, *Hydrobia*, *Lymnaea*. También pueden presentar Operculos de *Bithynia* y Oogonios de Charáceas.

Tramo III C.

Presenta una potencia de unos 22 a 23 metros, destacando del resto por su intenso color blanco. Su límite inferior lo constituye el último nivel de margas de Gasterópodos presente en la zona, mientras que el superior, que sería ya el contacto con la Unidad IV «Calizas de los Páramos», es impreciso en las series, pudiendo únicamente observarse el techo de la serie de Bercero, y a nivel cartográfico, al constituir la base de la extensa superficie situada entre 820 y 830 metros de altura.

Los términos más característicos son las margas y calizas blancas de Ostrácodos y Foraminíferos, que en ocasiones pueden dar un conjunto heterolítico. También presentan algunos niveles margosos y margoso arcillosos.

Además de la asociación de Ostrácodos presente en el tramo anterior, en este también se encuentran Foraminíferos del tipo *Ammonia tepida*.

3. FACIES Y AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Los tramos considerados para la Unidad III están constituidos por facies (Tabla I) que permiten identificarlas como pertenecientes a ambientes lacustres. En ellos se realiza una sedimentación fundamentalmente margosa, determinada por aportes terrígenos finos alóctonos y por una sedimentación carbonatada importante autóctona, condicionada en gran parte por la actividad orgánica (Ostrácodos, Gasterópodos, Algas Characeas, Vegetación hidrófila, etc.).

El estudio con base fundamentalmente a las observaciones de campo centradas en la distribución y variaciones de facies, contenido paleontológico, su distribución y ordenación así como las estructuras de tracción permite identificar subambientes lacustres marginales (sublitorales y litorales) y lacustres abiertos en el sentido de RYDER et al. (1976).

TABLA I: Facies características de cada uno de los tramos de las «Facies de las Cuestas».

| Tramos | F A C I E S | | | |
|--------|-------------|------------|-------------------------|------------------|
| III C | | A1 — — | M1, M2, M3, — — M6 — | — C2, C3, C4, C5 |
| III B | Lg | A1, A2, A3 | M1, M2, M3, M4, M5 — M7 | C1, C2, C3 — — |
| III A | Ar, F | A1, A2, A3 | M1, M2, — — — — — M7 | C1, C2 — — — — |

Se identifican como pertenecientes al lacustre abierto (OL) las facies M1, A1, C4 y M6, mientras que definen condiciones de sedimentación lacustre marginal (L y SL), las facies M5, M4, M3, M2, C2 y A2. Las facies C3, C5, A3 y M7 se pueden considerar propias de ambientes diagenéticos.

3.1. Ambientes lacustres marginales

Se consideran como zonas marginales las más externas o más someras que se pueden definir por la presencia de facies con señales de agitación debida a olas y corrientes, presencia de fitoclastos, orientación de restos fósiles y fragmentación, gran riqueza y variedad de organismos, etc. En ellas es posible dar una zonación en base al contenido orgánico, a las estructuras inorgánicas y contenido en material arcilloso o margoso. Con base a estos criterios se define una zona litoral y una sublitoral que enlazaría con el lacustre abierto. La distribución de estas zonas probablemente constituya orlas discontinuas.

3.1.1. Zonas litorales

La zona litoral (L) más somera, se caracteriza por facies donde predomina la concentración de Gasterópodos «in situ» y no hay señales de removilización (M5). Existen señales de actividad de raíces (C3, diagénesis de tipo palustre) y concentraciones de pequeños niveles de lignitos (Lg), que indicarían la existencia de zonas poco importantes con condiciones palustres. Las facies y sus características son:

Margas y Calizas de Gasterópodos (M5)

Constituyen tramos muy característicos debido a su color rosado o ceniciento que destaca en fresco sobre el resto de las facies, aunque aparece enmascarado

superficialmente por tonos blanco-verdosos. Sus potencias están comprendidas entre 0,20 y 0,70 metros, llegando a alcanzar excepcionalmente 1 metro.

Su característica fundamental es la importante proliferación y acumulación de Gasterópodos acuáticos bien conservados, de los géneros *Valvata*, *Anixus*, *Bithynia*, *Ancylus*, *Lymnaea*, *Planorbis* e *Hydrobia*, normalmente completos o ligeramente fragmentados por procesos de compactación. También pueden presentar Oogonios de Charophyta y Ostrácodos. Está constituida por margas con muy alta porosidad y baja densidad.

Muestran una estratificación horizontal grosera, en niveles de 8 a 10 cm de espesor, de tonos más claros y oscuros, debido al mayor o menor contenido en Gasterópodos, materia orgánica, fango carbonatado rosado, fitoclastos y restos vegetales carbonosos. Estos últimos pueden encontrarse concentrados dando pequeños nivelillos de carbón (Lg).

Facies de Lignitos (Lg)

Se encuentran muy poco representadas apareciendo asociadas o intercaladas en las facies anteriores, o formando nivelillos discontinuos de varios mm. a 0,5 cm. que se pierden lateralmente, o como fragmentos carbonizados dispersos en las otras facies.

También se pueden presentar en niveles de 1 a 2 cm, con cierta continuidad lateral a techo o dentro de la facies de Margas de Gasterópodos (M5).

3.1.2. *Zonas sublitorales*

La zona sublitoral, viene definida por facies donde es patente la orientación de los elementos constituyentes fundamentalmente fragmentos o fósiles completos dando laminaciones de distintos tipos, siempre en relación con ripples de oscilación y corrientes (M3, C2). Estas zonas estarían sometidas esporádicamente a la acción de olas y corrientes, que producen un lavado de los elementos lutíticos y concentración y ordenación de los constituyentes de mayor tamaño. Los organismos predominantes son los Ostrácodos, pudiendo encontrarse también influencia de organismos de zonas más marginales como Gasterópodos (fragmentados o completos de formas planares como *Planorbis* o *Anixus*), Operculos de *Bithynia*, Oogonios de Charáceas, fitoclastos, etc. (Facies M4 y M2). Esporádicamente en zonas más protegidas podemos encontrarse con niveles arcillosos negros con abundantes fitoclastos (A2). Las características de las facies son las siguientes:

Margas y arcillas margosas blanco verdosas (M2)

Presentan potencias de 0,40 a 1,20 metros. Sus características son muy similares a las de las facies M1. Se trata fundamentalmente de margas masivas con restos fósiles dispersos y la diferencia fundamental es que además de Ostrácodos aparecen también Operculos de *Bithynia*, fragmentos de Gasterópodos y Oogonios de Charáceas. El predominio es siempre de los Ostrácodos apareciendo los demás subordinados. Ocasionalmente pueden presentar fitoclastos e intraclastos de las facies de arcillas verdes (A1).

Margas blancas y blanco verdosas con láminas de Ostrácodos (M3)

Constituyen tramos cuya potencia varía entre 0,35 y 0,70 metros, pudiendo excepcionalmente alcanzar hasta 2 metros. Sus límites suelen ser transicionales, fundamentalmente con la facies M1.

Se caracteriza por presentar laminaciones marcadas por concentraciones de Ostrácodos, orientados, completos o con las valvas separadas. Estas concentraciones son del orden milimétrico a centimétrico y se acuñan frecuentemente marcando una laminación lenticular. Las de mayores dimensiones (siempre inferiores a los 10 cm), pueden presentar internamente laminación de microripples. En el tramo III B pueden contener además Foraminíferos.

Esta facies está íntimamente relacionada con la de Calizas de Ostrácodos (C2) dando en conjunto una facies heterolítica, donde hay un predominio de una u otra según los tramos.

Margas verdes laminadas (M4)

Constituyen tramos de potencia muy reducida, de 0,20 a 0,10 metros, en relación con las facies M5. Están formadas por alternancias de láminas de margas verdes con láminas formadas por Gasterópodos planares de pequeñas dimensiones, fragmentos de Gasterópodos y Operculos, Ostrácodos, Oogonios de Charáceas y fitoclastos. Todos ellos se orientan paralelamente o marcando laminación de ripples.

Calizas gris rosadas a beigeas (C1)

Son muy escasas, presentándose en niveles de 0,25 a 0,35 metros. Son micríticas muy compactas y masivas. Pueden presentar dispersos restos completos o fragmentos de Ostrácodos y Gasterópodos, Oogonios de Charáceas e intraclastos de la facies de Arcillas verdes (A1). Se encuentran incluidas en tramos margoso arcillosos.

Calizas blancas de Ostrácodos (C2)

Son muy características por su color blanco y por formar tramos de 2 a 20 cm, excepcionalmente de 27 cm, que resaltan en las facies margosas en las que se encuentran incluidas. Pueden llegar a desaparecer lateralmente dando una estratificación lenticular. Están formadas casi exclusivamente por acumulaciones de Ostrácodos que aparecen completos o muy fragmentados. El contenido en matriz margosa, verde blanca o blanca, es bastante variable pudiendo distinguirse desde el punto de vista textural varias subfacies, siendo las más abundantes las Packestone y Grainstone.

Presentan laminación paralela, de ripples (de oscilación y corriente) y flaser (conservando internamente pequeñas láminas de margas o arcillas verdosas).

Esta facies aunque aparece representada en los tres tramos, en el superior (III C), además de Ostrácodos presenta Foraminíferos (*Ammonia tepida*).

Arcillas gris-negras (A2)

Son muy escasas presentándose en niveles de 0,20 a 0,25 metros o bien en niveles aún menores de 2 a 5 cm. Son de tonos oscuros casi negros, con Gasterópodos (completos y fragmentados), abundante materia vegetal carbonizada y fitoclastos.

Excepcionalmente pueden presentarse laminadas y lajeadas, micáceas y al igual que los tramos de menor potencia tener Ostrácodos, Operculos de *Bithynia* y fitoclastos abundantes.

3.2. Ambientes lacustres abiertos

Definen el ambiente lacustre abierto (OL) las facies donde hay un predominio de la sedimentación por decantación y no hay señales de agitación. Únicamente se puede constatar en algunos puntos la existencia de laminación paralela. La presencia de Ostrácodos completos, y con valvas articuladas o desarticuladas indicaría la tranquilidad de estos ambientes y el depósito por debajo del nivel de agitación de la lámina de agua. El depósito de M1 o A1 estaría condicionado por el balance entre el aporte de terrígenos y la productividad de carbonato (en gran parte condicionado por la proliferación de organismos), que dependería en último extremo de los aportes de agua al lago.

Facies con características similares depositadas bajo la termoclina en lagos térmicamente estratificados han sido citados por MURPHY and WILKINSON (1980).

En estos ambientes los restos fósiles son relativamente escasos, la fauna es monótona y está representada casi exclusivamente por Ostrácodos, algunos fitoclastos dispersos y restos de peces.

Las facies representadas son las siguientes:

Margas blanco verdosas y verdes masivas con Ostrácodos dispersos (M1)

Son de tonos que oscilan entre el blanco y el verde, presentándose en tramos con potencias que oscilan entre 0,50 y 2 metros, aunque los más frecuentes son de 1 metro y excepcionalmente alcanzan 4,5 a 5 metros.

Son masivas y sus límites a muro y techo generalmente son transicionales (sobre todo con las facies de arcillas carbonatadas A 1). Como característica fundamental se puede citar la presencia de Ostrácodos con valvas articuladas, completos y dispersos, o bien ligeramente concentrados flotando en la matriz margosa.

Arcillas carbonatadas verdes (A1)

Se presentan en niveles que oscilan en potencias desde 0,30 a 1,50 metros y ocasionalmente de 2 a 3,70 m. Son siempre algo carbonatadas siendo sus límites transicionales con las facies de margas M1. Los porcentajes de carbonato oscilan entre un 5 y 15%, según datos de la sección de Villavieja del Cerro (según PELÁEZ DE LUCAS, 1977, en SÁNCHEZ DE LA TORRE, 1979).

Contienen Ostrácodos dispersos y muy excepcionalmente algún Gasterópodo (fragmentados o completos), Oogonios de Charáceas, Opérculos y Fitoclastos.

Excepcionalmente los Ostrácodos pueden presentarse ligeramente concentrados marcando laminación.

Margas y calizas margosas blancas y blanco verdosas masivas (M6)

Además de los tonos citados pueden presentar algunos tramos con tonalidades beige. Se presentan con potencias de 0,50 a 4,50 m. masivas y aparentemente azoicas. Caracterizan la parte superior de las diferentes secciones.

Calizas y calizas margosas blancas (C4)

Se presentan en niveles con potencias de 0,50 a 1,50 m., aunque pueden llegar a alcanzar los 3 metros. Son micríticas y masivas. En ocasiones son bréchicas, carnioloides y con desarrollo de costras laminares. Son características del techo de la Unidad.

Finalmente cuando existen descensos en la lámina de agua del lago, los ambientes diagenéticos palustres se desarrollan sobre las facies anteriores, manifestados fundamentalmente por procesos pedogenéticos dando lugar a las facies A3 (sobre A1), M7 (sobre M1) y C3 (sobre M5) y a las C5.

Ambientes diagenéticos

Se incluyen aquí un grupo de facies que indican condiciones de diagénesis palustre o pedogenética. Son las siguientes:

Calizas beigeas con Gasterópodos (C3)

Están unidas siempre a las facies de margas de Gasterópodos (M5), tratándose de calizas micríticas beige rosadas que aparecen como intercalaciones de 5 a 10 cm, con geometrías positivas, que se pierden lateralmente (geometría lenticular). Presentan porosidad móldica debida a disolución de Gasterópodos y raíces verticales (Rizolitos). Dada su estrecha relación lateral y vertical con las facies M5, pueden considerarse como facies diagenéticas derivadas de estas, por paso a condiciones palustres.

Caliza cristalina granular (C5)

Son muy poco potentes y frecuentes localizándose a techo. Se presentan en niveles continuos con potencias de 1 a 2 metros o bien como nódulos, a veces con disposición estratiforme, incluidos en facies de arcillas verdes. Son de tonos blancos y con una textura sacaroidea granular.

Margas rojizas (M7)

Aparecen en tramos de 0,20 a 1 metro, siendo sus límites netos o en ocasiones transicionales con las facies M1. Pueden presentar algunos Ostrácodos conservados, dispersos. Son de tonos pardo rojizos (marmorizaciones).

Arcillas pardo rojizas (A3)

Se presentan en niveles de 0,65 a 1 metro, con tonos pardo rojizos y violáceos, debido fundamentalmente a las transformaciones pedogenéticas de las facies de arcillas verdes (A1). Pueden contener también algunos restos de Ostrácodos dispersos.

4. ASOCIACIONES Y SECUENCIAS DE FACIES

La superposición de los depósitos de estos subambientes relacionados lateralmente dentro de los dominios de sedimentación lacustre dan lugar a distintas

asociaciones y secuencias. Las más representativas aparecen en las figuras 11, 12, 13 y 14, indicándose el ambiente de depósito.

Tramo III A

Presenta cinco tipos de asociaciones y secuencias características (Fig. 11) que representan ambientes lacustres de marginales (sublitorales) a abiertos (Fig. 15 A).

Asociación lacustre abierta (Fig. 11-1)

Se caracteriza por la asociación de facies A1 → M1, siendo más importantes las primeras. Su contacto es transicional al aumentar insensiblemente el contenido en carbonato. Son típicas del tramo basal.

Asociación lacustre abierto-lacustre sublitoral (Fig. 11-2)

Está representada por la transición de facies A1 → C2, estando las segundas subordinadas. El contacto entre ellas puede ser neto o transicional. Esta asociación es muy poco frecuente en el tramo III A, apareciendo únicamente en la zona más occidental (Bercero). Representa un pequeño desplazamiento de la zona sublitoral sobre el lacustre abierto.

Asociación lacustre abierto-lacustre sublitoral (Fig. 11-3)

La caracterizan las facies M2 → M1 → A2, siendo predominantes las M1 y encontrándose únicamente en la zona occidental.

Representa los desplazamientos de las áreas de sedimentación sublitorales, más protegidas o tranquilas sobre las correspondientes al lacustre abierto. Culmina con una retirada rápida de la lámina de agua que origina edafizaciones en el techo.

Asociación lacustre abierto-lacustre sublitoral (Fig. 11-4)

La define la asociación A1 → M2 → A1 → A3, predominando las facies del lacustre abierto. Representa pequeños desplazamientos de las áreas tranquilas sublitorales sobre las de lago abierto (retracciones). Culmina con una retracción brusca que condiciona el desarrollo de pedogénesis sobre las facies de lago abierto.

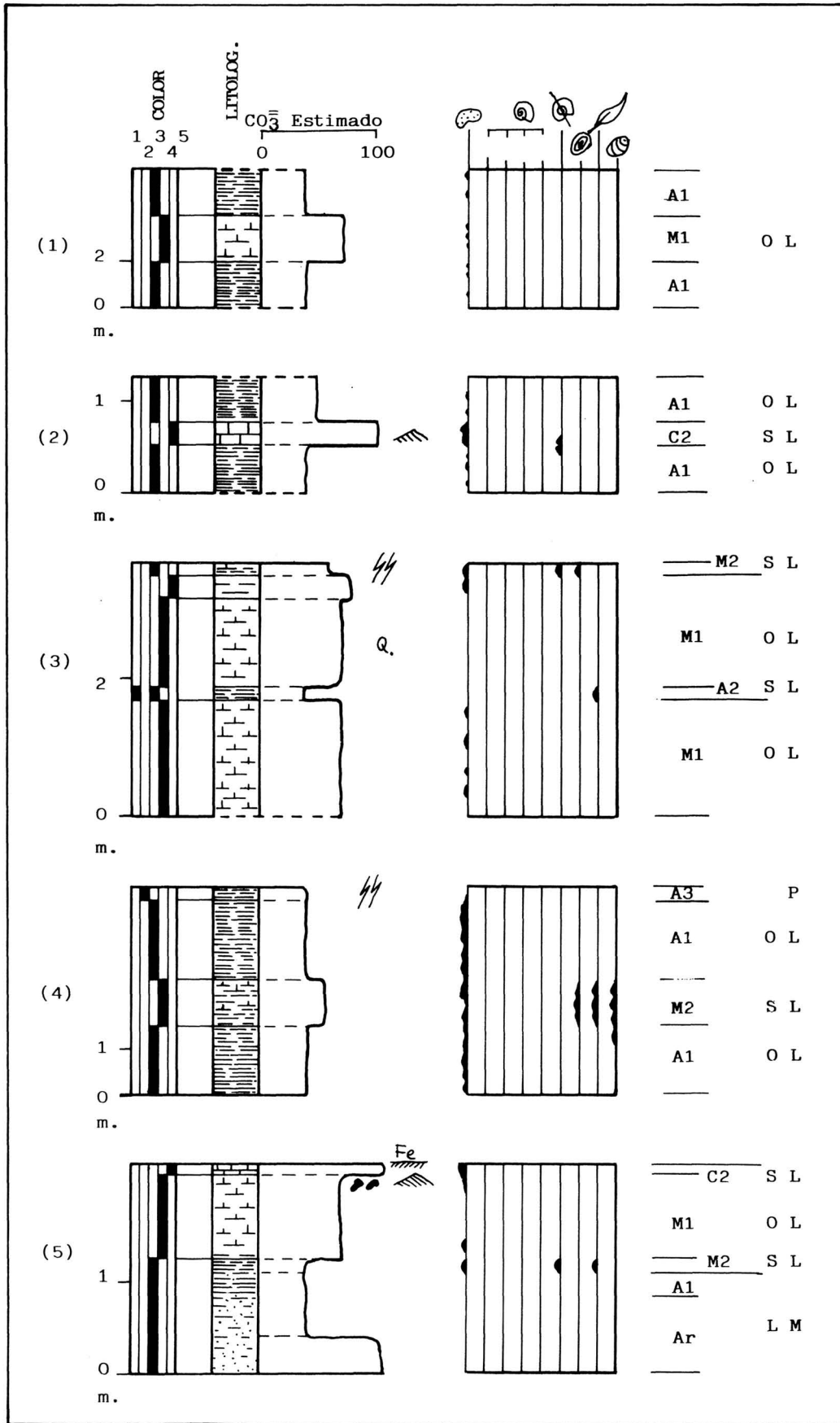


Figura 11. Asociaciones y secuencias de Facies características del tramo III A. OL: Lacustre Abierto; SL: Lacustre Sublitoral; L: Lacustre Litoral.

Asociación lacustre marginal con influencia fluvial (Fig. 11-5)

Tiene un carácter mixto, al presentar facies arenosas en la base. Es muy escasa localizándose únicamente en la base de la sección de Bercero (Fig. 4). Se caracteriza por la sucesión Ar · F · A1 · M2 · M1 · C2, que culmina con una pequeña costra de hierro marcando un límite neto en el techo de la secuencia. Se interpreta como originada en zonas lacustres marginales (litorales y sublitorales) pero donde se registra una influencia fluvial al entrar en estas zonas aportes detríticos de tamaño grueso. Se pasa a condiciones de lago abierto con ligeras influencias de la zona sublitoral, culminando con una retracción e interrupción en la sedimentación lacustre.

Tramo III B

Está representado por cinco tipos de asociaciones y secuencias lacustre abierto-lacustre marginal (litoral y sublitoral) (Fig. 12), siendo la característica principal la frecuente presencia de las áreas litorales.

Asociación lacustre abierto-lacustre marginal (litoral y sublitoral) (Fig. 12-1)

Está caracterizada por la transición A1 · M1 · M5 · M4, y contactos netos a techo y a muro. Las facies más características son las M5 aunque las predominantes son las inferiores. Corresponde a una secuencia típica de retracción de lago pasándose desde condiciones de lago abierto a lacustres marginales litorales. Culmina con un nivel centimétrico de lignito que puede indicar la presencia de zonas palustres.

Asociación lacustre abierto-lacustre marginal (sublitoral) (Fig. 12-2)

Está representada por las facies A1 · M1 · M2 · M3-C2 · C2 predominando los términos margosos y los límites transicionales. Representaría el avance de las zonas marginales sublitorales más energéticas (con actuación de olas y corrientes) sobre las correspondientes al lacustre abierto inicial (retracción ligera de la lámina de agua).

Asociación lacustre abierto-lacustre marginal (sublitoral y litoral) (Fig. 12-3)

Constituída por la secuencia de facies C2 · M5 incluida en las A1. Las facies C2 y M5 en conjunto no superan el metro siendo sus límites transicionales.

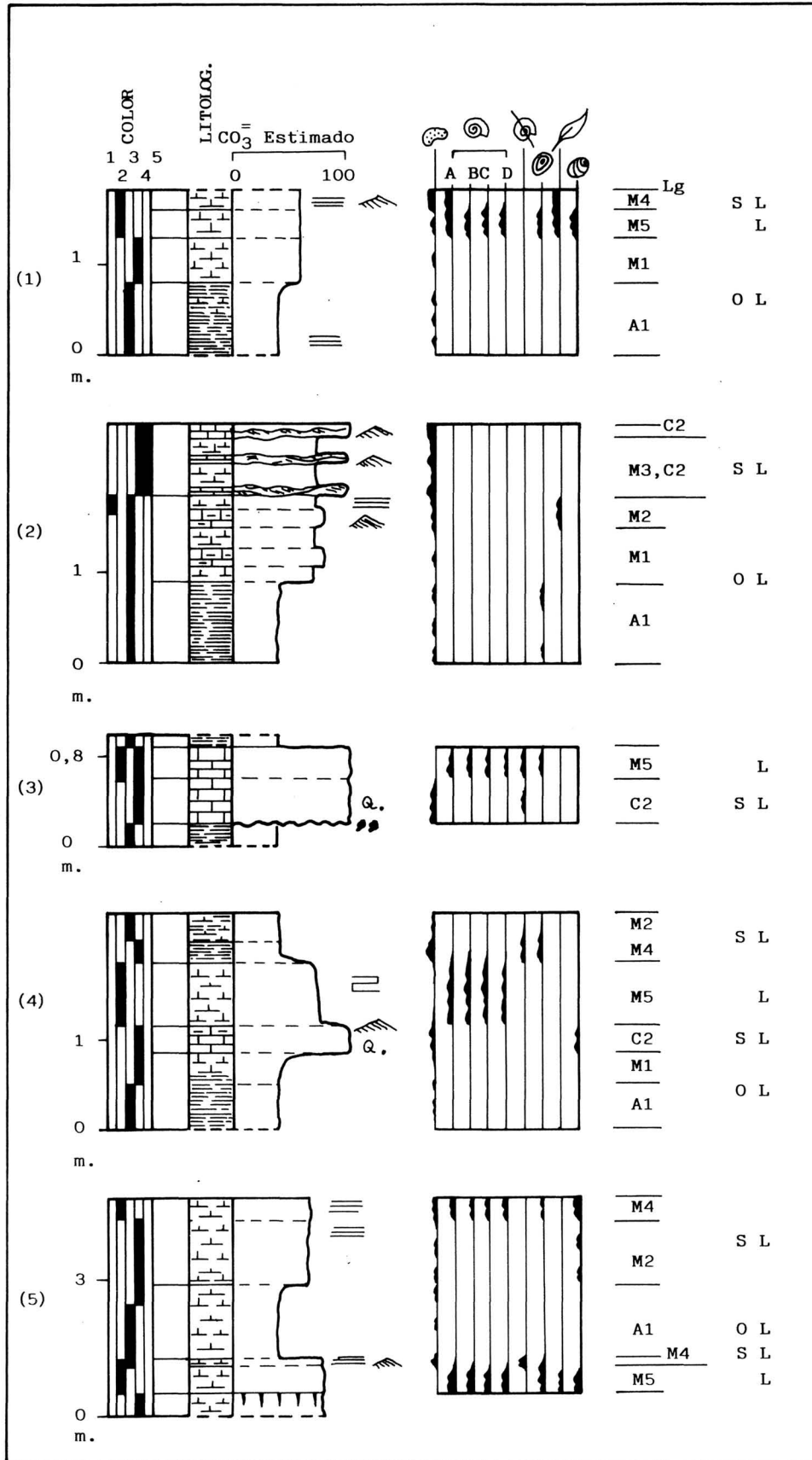


Figura 12. Asociaciones y secuencias de Facies características del tramo III B. (OL, SL y L, igual significado que en Fig. 11).

El contacto a muro es erosivo y a techo neto. Corresponde a una retracción rápida de la orla marginal (sublitoral y litoral) sobre el ambiente lacustre abierto. Una expansión rápida conduce a la instalación sobre los términos litorales de los correspondientes a lacustre abierto.

Ciclo de retracción-expansión de lago (Fig. 12-4)

Está caracterizado por la transición A1 → C2 → M5 → M4 → M2. El descenso lento del nivel de la lámina de agua trae como consecuencia el retroceso de la zona sublitoral y litoral sobre las correspondientes a lago abierto. La expansión del lago trae de nuevo el paso de las zonas sublitorales sobre las litorales, teniendo así un ciclo de retracción-expansión de lago.

Ciclo de expansión-retracción de lago (Fig. 12-5)

Está formado por la sucesión de facies M5 → M4 → A1 → M2
M4 con límites netos a techo y a muro.

Las zonas marginales del lago se apoyan sobre zonas de lago abierto precedentes, que implicaría un primer momento caracterizado por el descenso de la lámina de agua y la colonización por vegetales (plantas higrófilas), seguido de una expansión del lago pasando a condiciones sublitorales (poco desarrolladas) y lacustre abierto. Una retracción posterior traslada sobre las zonas de lago abierto los ambientes sublitorales más tranquilos. Se tiene así un ciclo de expansión retracción del lago.

Tramo III C

Presenta dos tipos de secuencias sencillas (Fig. 13) y una compleja en la zona de paso del tramo III B a III C (Fig. 14-2). Las que caracterizan al tramo C corresponden al tipo lacustre sublitoral (generalmente con olas y corrientes) - lacustre abierto.

Secuencia lacustre sublitoral-lacustre abierto (Fig. 13-1)

Está formada por los términos C2 → M1, perdiendo este último carbonato paulatinamente. En las zonas de sedimentación sublitoral (con olas y corrientes) la expansión del lago produce una generalización de las condiciones de sedimentación de ambientes lacustres abiertos. Corresponde a una secuencia de expansión de lago.

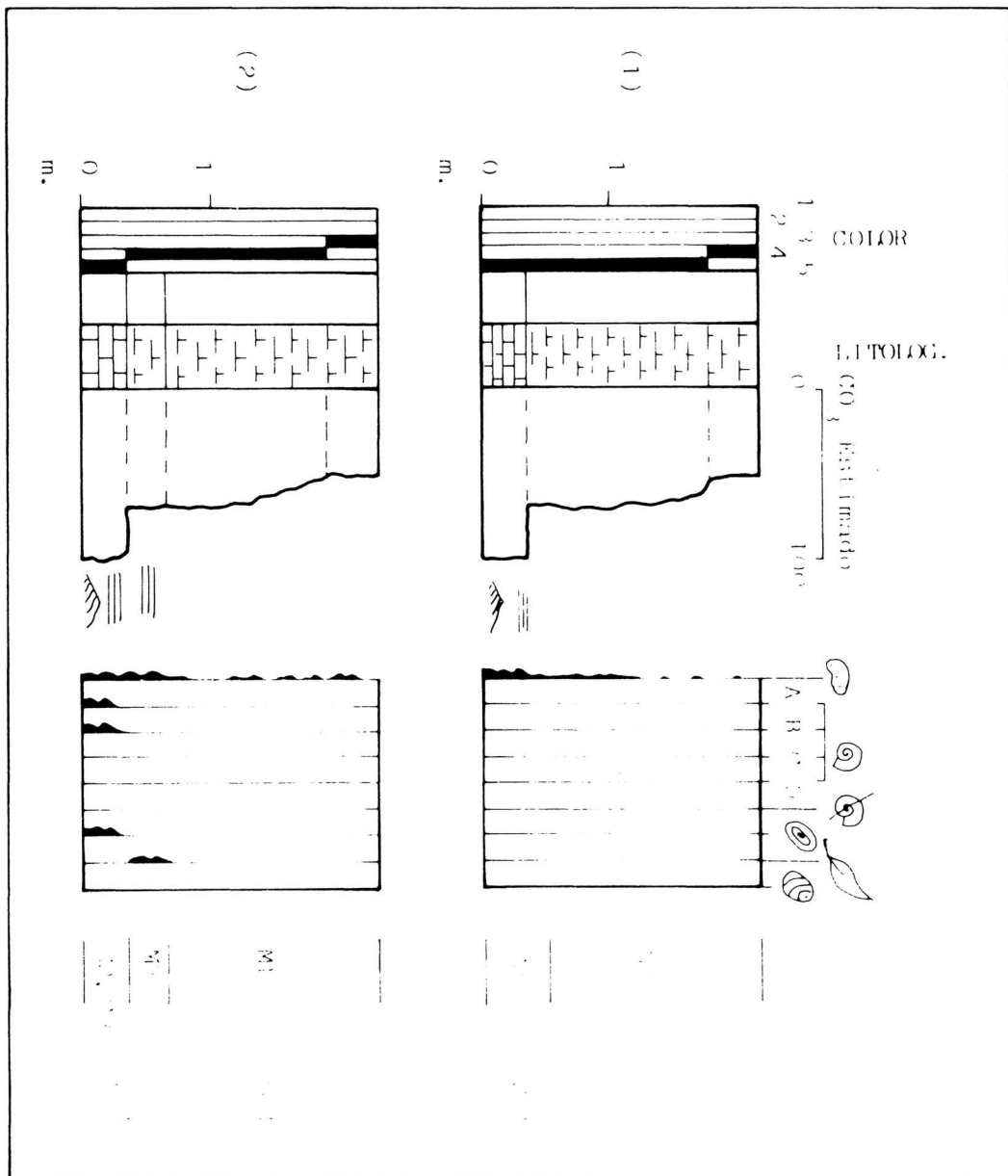


Figura 13. Asociaciones de Facies y Secuencias características del tramo III B. Significado de OL, SL y L en Fig. 11.

Secuencia lacustre marginal (sublitoral)-lacustre abierto (Fig. 13-2)

Tiene unas características casi análogas a la anterior y presenta la asociación C2 · C3 · M3 · M1. Los términos basales corresponden a ambientes marginales sublitorales que van siendo solapados, debido a la expansión del lago, por términos cada vez con características más próximas al lacustre abierto, con el que culminan. Corresponde a una clara secuencia de expansión de lago. En este caso la facies C3 está constituida por calizas similares a las C2 pero con restos de Gasterópodos de zonas litorales adyacentes, no localizadas en este tramo superior dentro de este área.

Secuencias complejas tramo III B y III B-C (Fig. 14)

Se trata de ciclos complejos compuestos de varias secuencias, que se originaron principalmente por desplazamientos de las zonas sublitorales sobre las correspondientes a dominios lacustres abiertos y que ilustran la evolución general del ambiente lacustre.

Ciclo complejo tramo III B (Fig. 14-1)

En el quedan reflejadas las fluctuaciones en los distintos subambientes lacustres y las variaciones en la lámina de agua que originan sucesivas expansiones y retracciones del área de sedimentación lacustre. La etapa final corresponde a una retracción rápida que da lugar a transformaciones pedogenéticas sobre las facies de lago abierto. Este tipo de secuencia refleja la distribución dentro de las zonas marginales de orlas donde predominan las facies de Gasterópodos que tienen una distribución en parches y que lateralmente pueden desaparecer. Al igual ocurre con las de acumulación de Ostrácodos que van a estar controladas por la presencia de áreas con agitación.

Ciclo complejo III B-C (Fig. 14-2)

Corresponde a secuencias menores donde son las predominantes las correspondientes a lacustres sublitorales-lacustres abiertos. Se inicia con una secuencia de retracción donde se pasa desde condiciones lacustres abiertas a ambientes litorales y palustres. Una expansión posterior conduce a la instalación sobre estos últimos de ambientes sublitorales y de nuevo lacustres abiertos. Retracciones y expansiones de menor alcance que la inicial condicionan un avance de las zonas sublitorales (con agitación) sobre las lacustres abiertas, que va a ser ya lo que caracteriza al resto del tramo III C.

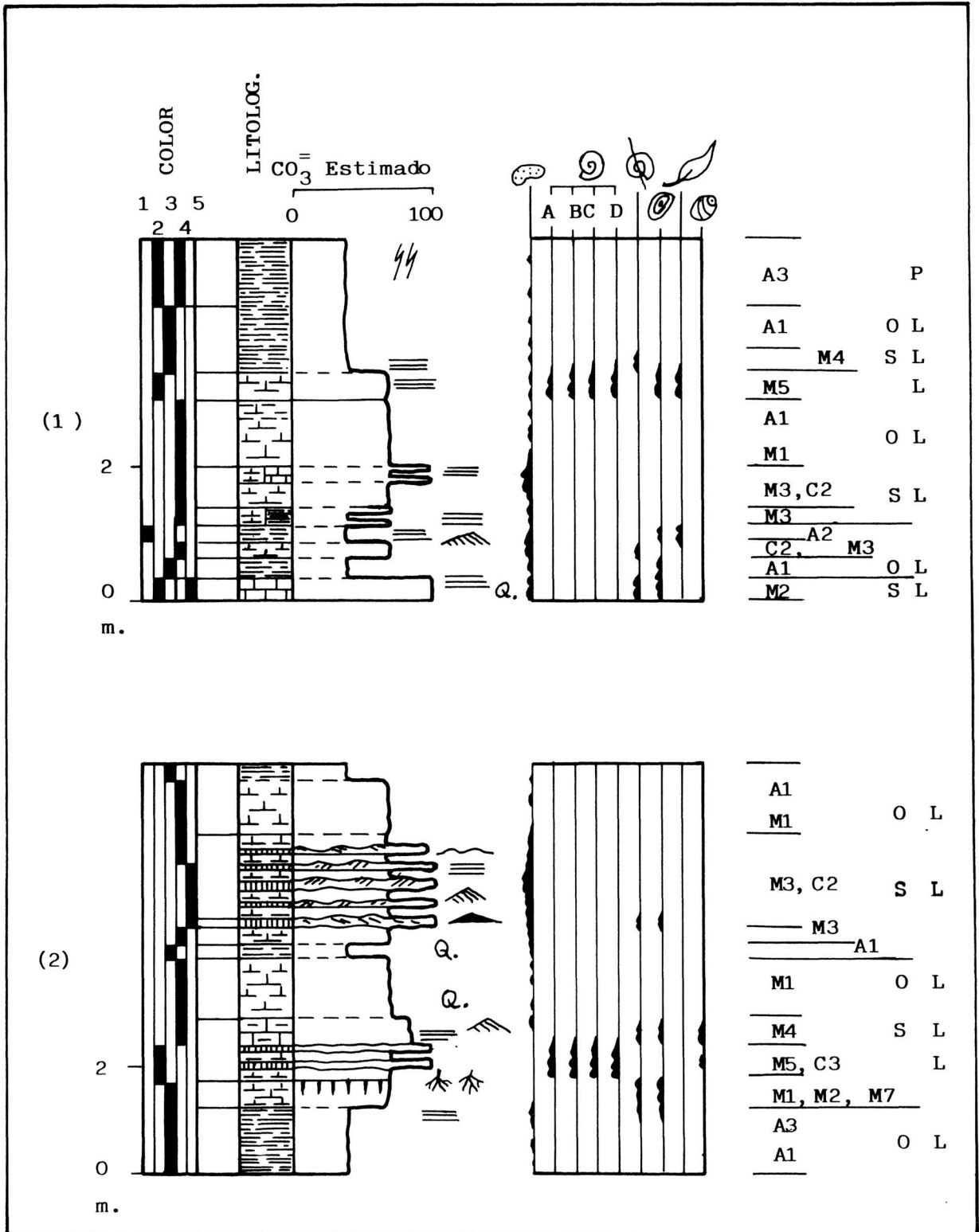


Figura 14. Ciclos complejos. (1). Tramo III B; (2), Tramo III C en contacto con el III B. Significado de O1, SL y L en Fig. 11.

5. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS LACUSTRES

La ordenación de las distintas facies responde a tres megasecuencias mayores positivas que coinciden con los tramos definidos para las «Facies de las Cuestas» y corresponden a otros tantos episodios de sedimentación lacustre.

La primera puede atribuirse a un ambiente lacustre abierto (Fig. 15 A) donde hay un predominio de la sedimentación con influencia terrígena sobre la carbonatada (Fig. 10). Este ambiente es el predominante en Villavieja del Cerro, mientras que en el área de Bercero y de Velilla-Matilla existen episodios con influencia sublitoral. Durante esta etapa son frecuentes los intervalos de somerización generalizados que dan lugar a procesos edáficos.

La segunda responde a un ambiente lacustre más diversificado (Fig. 15 B), donde hay un predominio de la sedimentación margosa (Fig. 10). Se inicia por un episodio de sedimentación lacustre marginal generalizada con subambientes sublitorales en el área occidental (Bercero-Villavieja del Cerro) y litorales en la oriental (Velilla-Matilla). A partir de aquí la sedimentación litoral y sublitoral tiene lugar fundamentalmente en el área de Matilla-Velilla mientras que en dirección oeste se pasa a una sedimentación lacustre abierta predominante, con alguna intercalación marginal.

Un nuevo episodio litoral generalizado en toda la región, en el que se desarrollan condiciones diagenéticas palustres, marca el inicio de la tercera etapa. Ésta se caracteriza por una sedimentación fundamentalmente carbonatada (Fig. 10). Posteriormente se pasan a condiciones sublitorales en toda la región que evolucionan en el tiempo a lacustres abiertos (Fig. 15 C) (expansión generalizada de los lagos). Estas condiciones de lacustre abierto se mantienen de forma casi constante en la región oriental mientras que en el área de Bercero-Villavieja del Cerro, encontramos con un predominio de los ambientes sublitorales.

El final de esta tercera etapa se va a caracterizar de nuevo por el predominio de la sedimentación en ambientes lacustres abiertos en toda la región.

Estas etapas marcan también una evolución en las condiciones de salinidad, pasando desde condiciones de salinidad normal (aguas dulces) en la primera, intermedias en la central y salobres en la final. Este hecho queda puesto de manifiesto por las asociaciones faunísticas estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Las determinaciones paleontológicas citadas dentro de las «Facies de las Cuestas» han sido realizadas en el Departamento de Paleontología de la Universidad

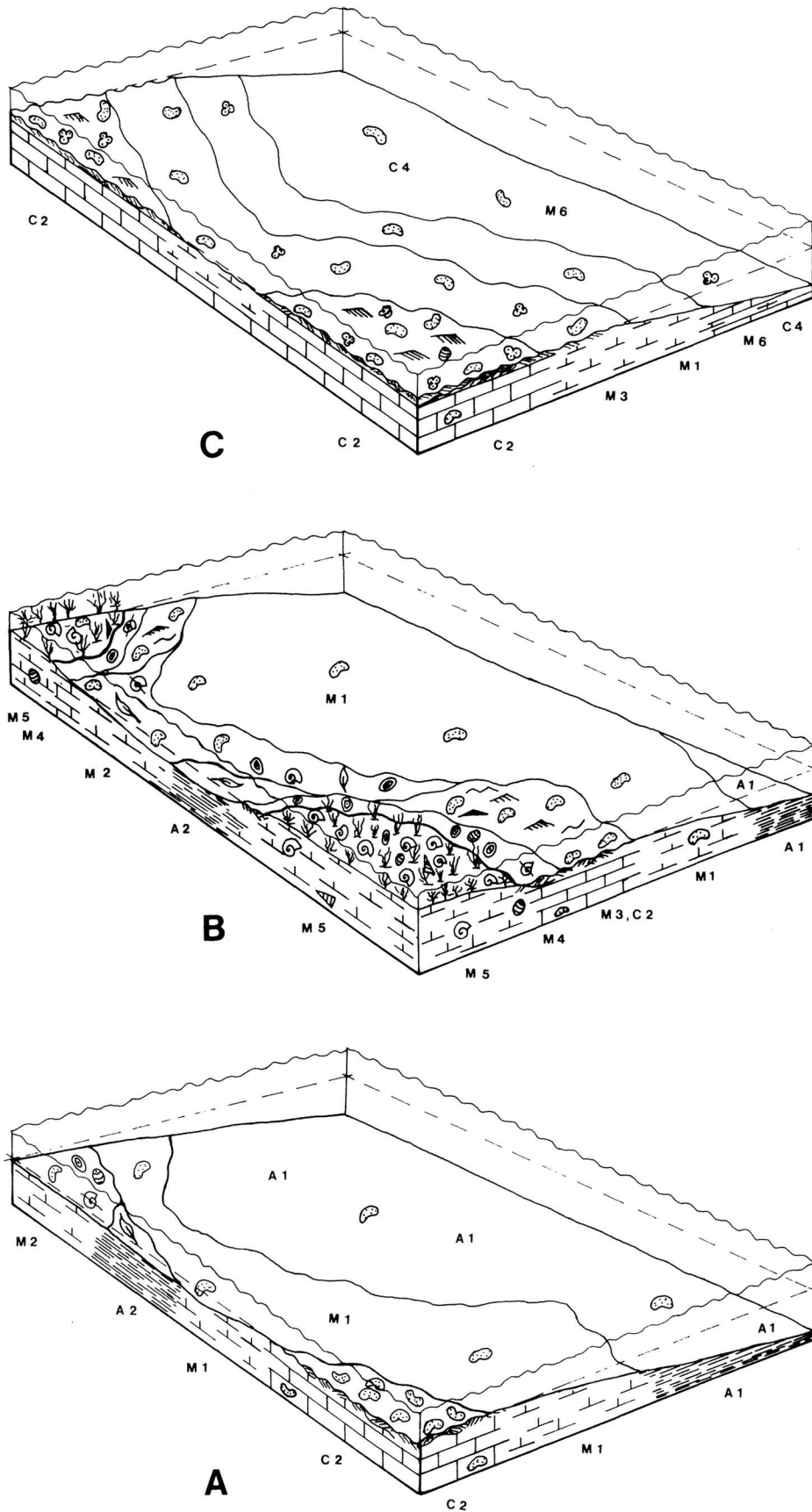


Figura 15. Modelos deposicionales hipotéticos deducidos para cada una de las megasecuencias establecidas en las «Facies de las Cuestas». A: Lacustre Abierto, con zonas Sublitorales. B: Lacustre marginal diversificado (Litoral y Sublitoral) y Lacustre abierto. C: Lacustre abierto y Lacustre marginal Sublitoral. Las líneas con trazos discontinuos marcan el límite entre las zonas marginales y las lacustres abiertas y marginales protegidas.

de Salamanca por los Dres. D. A. GONZÁLEZ (Gasterópodos) y D. J. CIVIS (Ostrácodos y Foraminíferos) a los que expresamos desde aquí nuestro agradecimiento. Con mas detalle se encuentran recogidas en el trabajo «Distribución de los Foraminíferos, Moluscos y Ostracodos en el Neógeno de la Cuenca del Duero. Aspectos más significativos» del presente volumen.

BIBLIOGRAFÍA

- CABRERA PÉREZ, L. (1983). Procesos de sedimentación y diagénesis temprana en un sistema lacustre endorreico somero: Características de los Depósitos lacustres del Oligoceno Superior del SE de la Cuenca del Ebro. *G.E.S. Comunicaciones, X Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca'83* Ed. OBRADOR, A. pp. 1-57/1-61.
- COLE, R. D. and PICARD, M. D. (1978). Comparative mineralogy of nearshore and offshore lacustrine lithofacies, Parachute Creek Member of the Green River Formation, Piceance Creek Basin, Colorado, and eastern Uinta Basin, Utah. *Geol. Society of Amer. Bull.* V. 89, pp. 1441-1454.
- CORRALES, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; POL, C. y ARMENTEROS, I. (1978). Las facies Miocenas del sector Sur de la Cuenca del Duero. *Publicaciones del Departamento de Estratigrafía*. Universidad de Salamanca. 15 pp.
- CORROCHANO, A. (1977). Estratigrafía y Sedimentología del Paleógeno en la provincia de Zamora. *Tesis Doctoral*. Universidad de Salamanca.
- FREYTET, P. (1973). Petrography and paleo-environment of continental carbonate deposits with particular reference to the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Languedoc. *Sedimentary Geol.*, 10, pp. 25-60.
- FREYTET, P. (1984). Les sédiments lacustres carbonatés et leurs transformations par émerision et pédogenèse. Importance de leur identification pour les reconstitutions paléogéographiques. *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 8. 1., pp. 223-247.
- FREYTET, P. and PLAZIAT, J. C. (1982). Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis - Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. Ed. B. H. Purser. *Contributions to Sedimentology, 12. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart*.
- GARCÍA ABAD, F. J. y REY SALGADO, J. (1973). Cartografía geológica del Terciario y Cuaternario de Valladolid. *Bol. Geol. y Minero* T. LXXXIV. IV pp. 213-227.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Junta Ampl. Est. e Inv. Cientif. Comunicación de Inv. Paleontol. y Prehist.* n.º 5.
- MURPHY, D. H. and WILKINSON, B. H. (1980). Carbonate Deposition and facies distribution in a central Michigan marl lake. *Sedimentology* 27, pp. 123-135.
- PELÁEZ DE LUCAS, M. I. (1977). Sedimentología del Mioceno entre Medina de Rioseco-Tordesillas-Zaratán. *Tesina de Licenciatura*. Univ. de Oviedo.

- PICARD, M. D. and HIGH, L. R. Jr. (1972). Criteria for recognizing lacustrine rocks. In Rigby, J. K. and Hamolin, W. K., Eds.: *Recognition of ancient sedimentary environments*. Soc. Econ. Paleont. Mineralogists, Spec. Pub. n.º 16, pp. 108-145.
- PICARD, M. D.; THOMPSON, W. D. and WILLIAMSON, Ch. R. (1973). Petrology, Geochemistry and Stratigraphy of Black Shale Facies of Green River Formation (Eocene), Uinta Basin, Utah. *Utah. Geological and Mineralogical Survey. Bull.* 100. 52 pp.
- PICARD, D. M. and HIGH, L. R. Jr. (1981). Physical Stratigraphy of ancient Lacustrine Deposits. In *S.E.P.M. Special Publication n.º 31*, pp. 233-259. Recent and Ancient nonmarine Depositional Environments: Models for exploration. Ed. by ETHRISGE, F. G. and FLORES, R. M.
- POL, C. (1985). Estratigrafía y Paleogeografía de los sedimentos Cretácico-Paleógenos y Miocenos del Este de la Cuenca del Duero. *Tesis Doctoral*. 2 Vol. Facultad de Geológicas. Univ. de Oviedo.
- PORTERO, J.; OLMO, P. del y OLIVE, A. (1983). El Neógeno de la transversal Norte-Sur de la Cuenca del Duero. En: *El Terciario de la Cuenca del Duero. Tomo III. El Terciario en España. Libro Jubilar J. M. Ríos*. I.G.M.E. Comisión Nacional de Geología (en prensa).
- RYDER, R. T.; FDUCH, T. D. and ELISON, J. H. (1976). Early Tertiary sedimentation in the western Uinta Basin, Utah. *Geol. Societ. of Am. Bull.* V. 87, pp. 496-512.
- SALVADOR, G. (1977). Estudio geológico de la región de Tordesillas. *Tesina de Licenciatura*. Universidad de Salamanca.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1979). Parada n.º 6: Sucesión de Facies Cuestas en Villavieja (Tordesillas). *Guía de Excursiones de Campo 1.ª Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero*. En: *Temas Geológico Mineros*, Vol. VI. I.G.M.E. (1982). pp. 754-758 (Parte IIª).
- SURDAM, R. C. and WOLFBAVER, C. A. (1975). Green River Formation, Wyoming: A Playe Lake Complex. *Geol. Societ. of Am. Bull.* V. 86. pp. 335-345.
- SURDAM, R. C. and STANLEY, K. O. (1979). Lacustrine sedimentation during the culminating phase of Eocene Lake Gosiute, Wyoming (Green River Formation). *Geol. Societ. of Am. Bull.* Part. I. Vol. 90 n.º 1, pp. 93-110.
- WILLIAMSON, C. R. and PICARD, M. D. (1974). Petrology of Carbonate rocks of the Green River Formation (Eocene). *Journal of Sedimentary Petrol.*, Vol. 44, n.º 3, pp. 738-759.