

Análisis de microfácies de los montículos de la Formación Cosgaya. Sección de Las Ilces, Pensilvánico, Cantabria

Microfacies analysis of the Cosgaya Formation mounds. Las Ilces Section, Pennsylvanian, Cantabria, N Spain

Ismael Coronado & Sergio Rodríguez

CORONADO, I. & RODRÍGUEZ, S. 2009. Análisis de microfácies de los montículos de la Formación Cosgaya. Sección de Las Ilces, Pensilvánico, Cantabria. *Coloquios de Palaeontología*, **59**: 61-91.

Resumen: El Grupo Potes (Pensilvánico, Valle de Liébana, Cantabria) está formado por una sucesión rítmica de pizarras y areniscas entre las que se intercala la Fm Cosgaya, constituida fundamentalmente por calizas. Estas calizas presentan un abundante contenido de algas y corales que en algunos puntos forman bioconstrucciones. Estas bioconstrucciones son especialmente notables en la sección de Las Ilces, donde se han identificado siete microfácies diferentes: MF-1, *Wackestone* bioclástico con pequeñas masas de *Donezella* estabilizantes; MF-2, *Boundstone* de organismos estabilizadores y soportantes; MF-3, *Boundstone/Packstone* de intraclastos y peloides; MF-4, *Wackestone/Packstone* bioclástico; MF-5, *Boundstone/Packstone* de *Donezella*; MF-6, *Packstone* peloidal bioclástico; MF-7, *Mudstone/wackestone* de calcisferas y ostrácodos. Estas microfácies corresponden a las distintas zonas de montículos formados por comunidades microbianas, algas y corales y a las áreas próximas a los mismos.

Palabras clave: Pensilvánico, Cantabria, Microfácies, Montículos, Corales, Algas, Foraminíferos.

Abstract: The Potes Group (Pennsylvanian, Liébana Valley, Cantabria N Spain) is composed of a rhythmic succession of shales and sandstones and contain the Cosgaya Formation. The Cosgaya Formation is composed of organic limestones that show abundant algae and corals and locally form mounds. Those mounds are conspicuous at Las Ilces Section where seven microfacies have been identified: MF-1, Bioclastic wackestone with *Donezella* stabilizing patches; MF-2, Boundstone of stabilizing and supporting organisms; MF-3, Boundstone/Packstone of intraclasts and peloids; MF-4, Bioclastic Wackestone/Packstone; MF-5, *Donezella* Boundstone/Packstone; MF-6, Bioclastic and peloidal Packstone; MF-7, Mudstone/wackestone with calcisferas and ostracods. These microfacies correspond to different parts (or zones) of mounds formed by microbial communities, algae and corals and the close areas of them

Key words: Pennsylvanian, Cantabrian, Microfacies, Mounds, Corals, Algae, Foraminifers.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar las distintas microfácies de la sección de Las Ilces a partir del análisis de los componentes identificados, así como de las fábricas y texturas deposicionales.

La sección se ha realizado en un afloramiento de calizas negras, masivas y con carácter bioconstruido, que aparentemente presentan una morfología cómica-lenticular y están asociadas a un conjunto de tramos bien estratificados.

El afloramiento se ubica en el km 17,8 de la N-621 (Carretera de Potes a Fuente De), al este del municipio de Las Ilces, siendo sus coordenadas geográficas (Fig.1A y 1B)

4775035- 356783, a una cota de 744 m (Fig.1C y 1D). Estos materiales se encuentran en la comunidad autónoma de Cantabria, dentro del municipio de Camaleño, perteneciente al Valle de Liébana, y más concretamente en la localidad de Las Ilces. Esta sección se incluye en la Hoja 81, Potes, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50000.

Los materiales de estudio pertenecen a la Fm Cosgaya, que fue descrita por primera vez por MAAS (1974) designándola como Caliza de Cosgaya y que analizó en detalle la sucesión del Carbonífero Superior de más de 10 km de potencia en la región de Nansa – Deva, definiendo para estos materiales una secuencia de flysch, que denominó “Wildfilch”. Diferenció en esta región dos unidades; la uni-

Departamento y UEI de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas e Instituto de Geología Económica. UCM-CSIC. C/ José Antonio Novais 2, 28040 Madrid. España. ismael.coronado@geo.ucm.es, sergrodr@geo.ucm.es

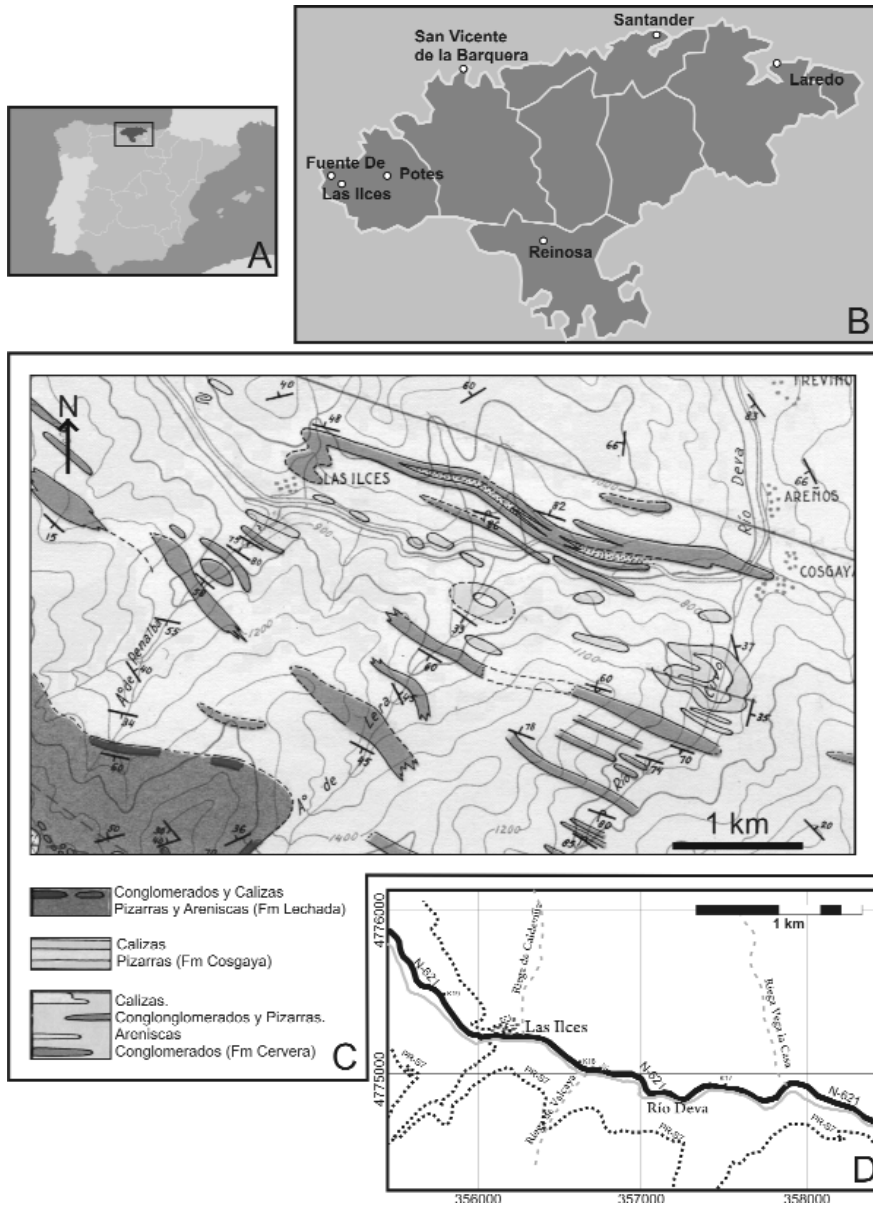


Figura 1.- Situación geográfica de la sección de Las Ilces. A.- Situación de Cantabria dentro de la Península Ibérica, la región señalizada pertenece al municipio de Camaleño. B.- Situación de Las Ilces. C.- Mapa geológico de la región de Nansa-Deva. Modificado de MAAS (1972). D.- Situación geográfica del afloramiento, la estrella blanca indica su posición exacta.

Figure 1.- Geographic location of the Las Ilces Section. A.- Map of Cantabria; the shaded area belongs to the Camaleño village. B.- Location of Las Ilces. C.- Geological map of the Nansa-Deva region. Modified from MAAS (1972). D.- Location of the outcrops (white star).

dad de Picos de Europa (donde incluye la Caliza de Montaña, la Fm Picos de Europa, la Fm Áliva y la Fm Lebeña), y la unidad del Valle de Liébana y sus áreas asociadas (que incluyen la Caliza de Cosgaya, la Fm Cervera, las formaciones Curavacas, Lechada y Vañes, la Fm Pandetrave, Sierra Corisa, Valdeón, la Unidad de San Mamés, la Fm Barruelo y la Unidad Cordel). Atribuye la unidad de la

Caliza de Cosgaya al Pensilvánico y más concretamente al Bashkiriense superior.

MARTÍNEZ GARCÍA (1981) publica una compilación del Paleozoico de la Zona Cantábrica Oriental en el que se incluye la Fm Cosgaya denominándola, por primera vez, como unidad formal, apoyándose en los datos de MAAS (1974) y la síntesis realizada por él para la edición del Mapa Geológico Nacional

de la Hoja 81 (Potes).

SÁNCHEZ DE LA TORRE *et al.* (1983) publican la evolución sedimentaria del Carbonífero Superior en la zona de Liébana donde sintetizan las principales unidades y su evolución sedimentaria, incluyendo la Fm Cosgaya dentro del Grupo Cosgaya-Ledantes.

RODRÍGUEZ (1984) realiza un análisis sistemático y paleocológico de la asociación de corales de la Fm Cosgaya. En este estudio recoge material tanto en el valle del río Cubo, como en la localidad de Las Ilces, levantando dos columnas sintéticas en la zona y datando la formación como perteneciente al Serpujoviense superior.

Por último, RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ *et al.* (1992) publican la Hoja 81 (Potes) escala 1:50000 y cartografían los afloramientos de la sección de Las Ilces como conglomerados pertenecientes a la unidad de Conglomerados de Curavacas, atribuyéndole la misma edad que MAAS (*op. cit.*) a la Fm Cosgaya.

ESTRATIGRAFÍA

En el Valle de Liébana, el Grupo Potes comprende un registro sedimentario desde el Namuriense al Westfaliense A. Está constituido por una alternancia, a veces rítmica, de areniscas y lutitas más o menos masivas, con un contenido subordinado de calizas, brechas calcáreas y conglomerados polimícticos. Las condiciones de afloramiento no permiten conocer su potencia total, estimándose en unos 2000 m (MAAS, 1974). En la Fig. 2 se expone una correlación de RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ *et al.* (1994) entre tres columnas representativas de los materiales que forman el grupo en el Valle de Liébana.

La mayor parte de la sucesión está formada por alternancia de “Grauwackas-pelitas” con adelgazamientos y cambios litológicos laterales importantes con frecuentes intercalaciones de carbonatos depositados a partir de transportes en masa (olistostromas). MAAS (1974) interpreta que la sucesión ha sido originada por corrientes de turbidez exceptuando los miembros carbonáticos.

En el núcleo del anticlinal de Cosgaya aflora un conjunto de calizas perteneciente a la “Fm Cosgaya” (Fig. 1C).

Formación Cosgaya. Presenta un espesor de 250 m (RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ *et al.*, 1994)

y los materiales forman una secuencia de calizas margosas de color gris oscuro, en ocasiones amarillentas por la meteorización, que alternan con pizarras negras (MAAS, 1974) y margas (RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ *et al.*, 1994). Las capas de caliza presentan un espesor variable, y en corte fresco manifiestan un característico olor fétido. Hacia el techo dominan las pizarras y las capas de caliza comienzan a aumentar su espesor, hasta alcanzar 10 m de espesor medio y muestran una forma más lenticular. Las pizarras de esta parte superior no son puras ya que contienen finas laminaciones de areniscas de 2 mm de espesor, las cuales normalmente muestran una granoselección positiva y una base neta. También se pueden encontrar capas y cuerpos lenticulares de limolitas concrecionales.

Hacia el techo de las calizas se observan cantos de cuarcita aislados y bien redondeados. La sucesión pasa de forma abrupta a una secuencia de conglomerados (enteramente cuarcíticos en el Sur del flanco anticlinal y con lentejones de calciruditas en el flanco Norte del anticlinal) y potentes capas de areniscas, pertenecientes al Mb Cubo de la Fm Cervera. El contacto es probablemente una paraconformidad, sin embargo no se han encontrado evidencias concluyentes (MAAS, 1974).

En las proximidades de la localidad de Las Ilces se ha levantado una sección estratigráfica en la carretera N-621, siendo sus coordenadas geográficas N40° 6' 48,1'' y W4° 45' 44,3'' (Fig. 3).

En la parte inferior de la sección se distingue un primer conjunto estratigráfico, Tramo M, que presenta unas calizas negras masivas que muestran una forma cómica – lenticular, de 32 m de ancho a lo largo de la carretera, y unos 10 m de alto. Se distinguen tres episodios de crecimiento, representados en paquetes, el primer paquete (M1) tendría una altura aproximada de 7,2 m, el segundo (M2) aproximadamente 1,8 m y un tercero (M3) de un metro (Fig. 4).

Hacia el núcleo de la forma se observan colonias de corales fasciculados que abundan en toda su extensión. Estas colonias fasciculadas de corales rugosos, bastante grandes, presentan dos tamaños diferenciados; unos que varían entre 8 y 10 mm y otros entre 15 y 20 mm y aparecen de forma dispersa, observándose entre ellos algunos corales aislados.

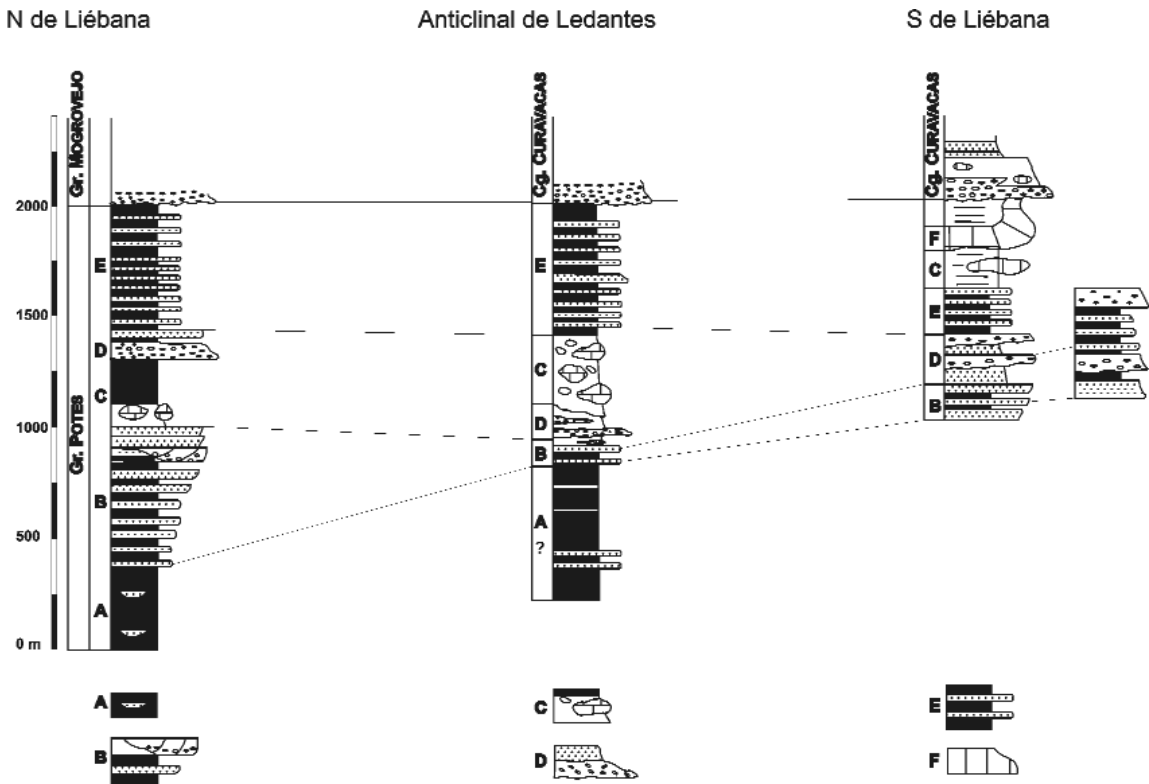


Figura 2.- Columnas sintéticas del Grupo Potes. En las columnas se representan las facies más características: A) Lutitas y limolitas con canales bioclásticos. B) Areniscas, limolitas y lutitas con bancos potentes de areniscas y conglomerados. C) Olistotromos. D) Conglomerados y areniscas masivas. E) Secuencias rítmicas lutítico-arenosas y F) Calizas (tomado de RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ *et al.*, 1994).

Figure 2.- Synthetic logs of the Potes Group. Only most typical facies are included: A) Shales with bioclastic chanel. B) Sandstones and shales with thick beds of conglomerates and sandstones. C) Olistostromes. D) Massive conglomerates and sandstones. E) Rhythmic successions with shales and sandstones. F) Limestones (From RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ *et al.*, 1994).

RODRÍGUEZ (1984) los atribuye a los géneros *Caninostrotion* (las formas grandes) y *Nemistium* (las formas pequeñas). Hay presencia de *Syringopóridos* en todo el conjunto, pero son más abundantes en la base de la estructura (Fig. 5).

Hacia el SW se observan masas de algas, y las facies más externas presentan características más margosas y bioclásticas (*wackestone*) con algunos restos recristalizados de braquiópodos. En la base de la zona central del primer paquete hay presencia de chaetétidos y gasterópodos.

Sobre estas calizas masivas se distingue una sucesión de tramos bien estratificados por debajo de una segunda zona masiva. A estos tramos se les ha denominado T1, T2, T3, T4 y T5 y a las calizas masivas superiores, Tramo T6.

Las características generales son las

siguientes:

Tramo 1 (T1): 2,66 m de calizas negras bien estratificadas, estratodecrecientes, pasando de un 1m en la base a 0,3 m hacia el techo, se observan niveles margosos interestratificados. Son más bioclásticas que el paquete masivo, sobre todo a techo.

Tramo 2 (T2): 1,75 m de calizas negras bien estratificadas con bancos que presentan a base un espesor de 0,8 m y tienen un carácter estratodecreciente hacia el techo, llegando a 0,40 m de espesor.

Tramo 3 (T3): 4,02 m de calizas negras bien estratificadas, estratocrecientes, con un espesor de 0,3 m en la base y 1 m hacia el techo del tramo. Estos niveles no presentan superficies de estratificación paralelas mostrando una morfología más irregular y contienen cantos blandos.

Tramo 4 (T4): 2,05 m de calizas negras,

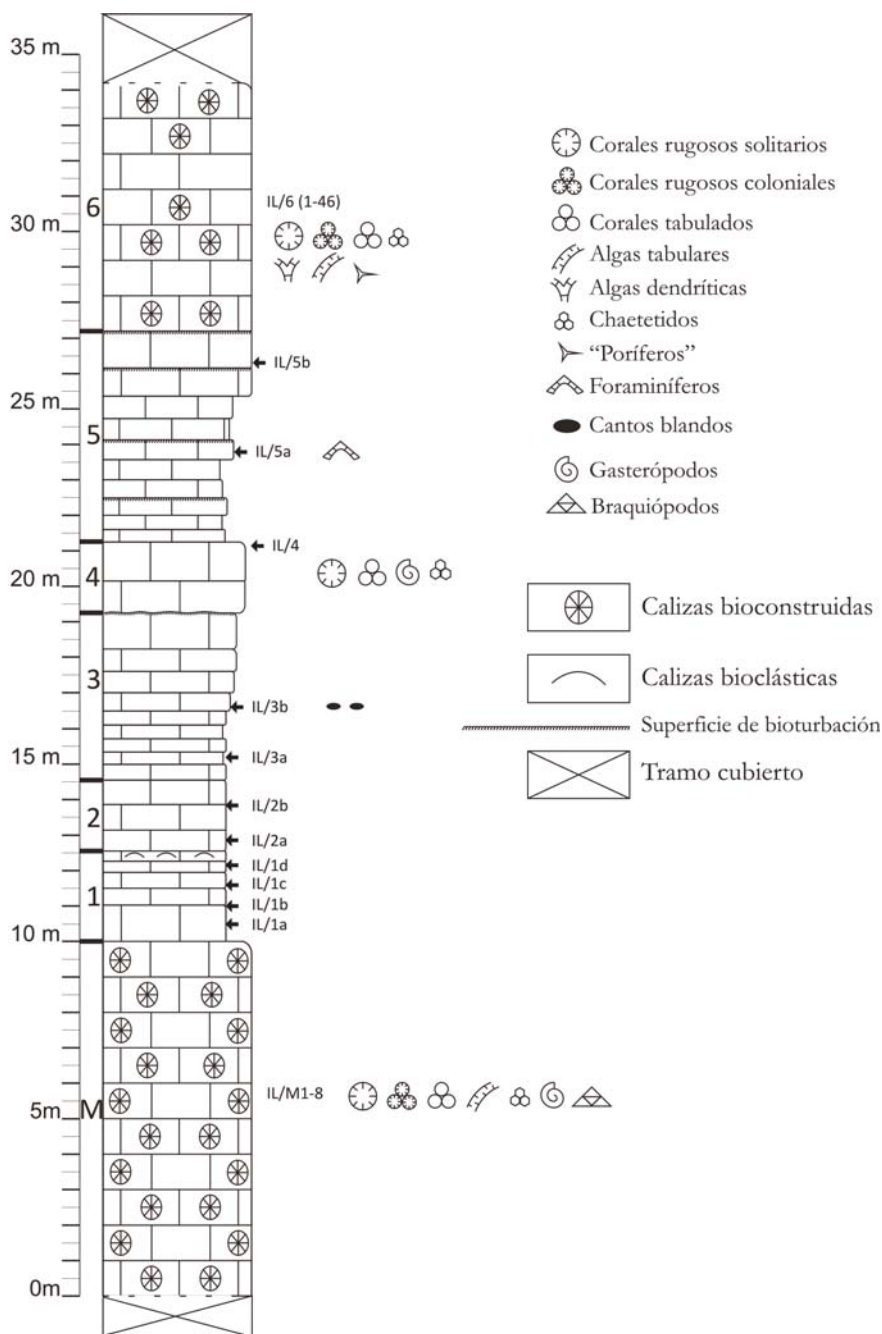


Figura 3.- Columna estratigráfica de Las Ilces. Marcados con flechas los puntos de muestreo.
 Figure 3.- Stratigraphical log of the Las Ilces Section. Samples location marked by arrows.

masivas, distribuidas en dos bancos de aproximadamente 1 m de espesor. Se encuentran separadas del Tramo 3 por una superficie irregular bioturbada. Estos bancos por estratificados presentan más componentes visibles, como syringopóridos, chaetétidos, gasterópodos y algún coral rugoso.

Tramo 5 (T5): 5,90 m de calizas bien estratificadas, más finas que los tramos anteriores,

presentan niveles de 0,30 a 0,50 m de espesor. Se observa un carácter general estratocreciente para todo el tramo, superando hacia el techo el 1 m de espesor y haciéndose más masivo, lo que dificulta la diferenciación entre la base de T6 y el techo de T5. Algunos niveles presentan superficies de bioturbación hacia el techo y en algún nivel se pueden observar foraminíferos.

Tramo 6 (T6): Calizas negras masivas con



Figura 4.- Panorámica de la sección de Las Ilces. Las líneas discontinuas separan los principales conjuntos estratigráficos. Tramo M, M1, M2 y M3 corresponde a los distintos paquetes que sobrecrecen la estructura. Los niveles bien estratificados (T1 a T5) se extienden hacia el N-NW. El Tramo T6 bioconstruido crece sobre los niveles estratificados. Altura de la persona de escala aprox. 2 m.

Figure 4.- Panoramic view of the Las Ilces Section. Dotted lines mark the boundaries between stratigraphic groups as seen at the field. Unit M corresponds to the lower massive limestone; M1, M2 and M3 are different masses into the main block. The well bedded limestones (T1 to T5) occurs towards NNW. The Unit T6 occurs above the well bedded units. The scale-person is about 2 m high.

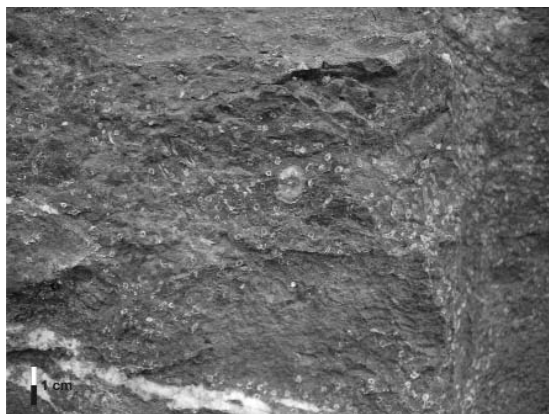


Figura 5.- Detalle de una colonia de Syringopóridos rodeando un coral solitario. Parte central del Tramo M.
Figure 5.- Detail of a colony of Syringoporoids colonizing a solitary coral. Middle part of unit M.

gran variedad de componentes; distintos géneros de corales rugosos, syringopóridos, poríferos indeterminados, chaetétidos y distintos tipos de algas como bioconstructores primarios. Parecen reproducir una agrupación repetitiva de componentes: por un lado, syringopóridos, chaetétidos y corales rugosos; y por otro lado, algas tubulares, algas con aspecto dendrítico y poríferos. Esta repetición no es regular, sino que ambas agrupaciones se disponen de forma irregular tanto en la vertical como en la horizontal, llegándose a encontrar asociados, en ocasiones, los corales rugosos con las algas, sobre todo hacia techo.

Se ha realizado un muestreo aleatorio en el Tramo M, (Fig. 6) condicionado por la accesibilidad del afloramiento, ya que en algunos

puntos del mismo hay colocada una malla de protección.

El muestreo de los tramos tableados se realizó seleccionando muestras en los niveles más representativos, tanto en la base como en el techo de cada nivel y en aquellos tramos que presentan un espesor importante se muestrearon a intervalos regulares en la vertical. El muestreo de estos tramos se indica con precisión en la columna estratigráfica (Fig. 3).

Por último se realizó un muestreo aleatorio en el Tramo 6 ya que la calidad del afloramiento era muy pobre, encontrándose parcialmente cubierto por un canchal de su propio desmantelamiento.

RESULTADOS

Se ha realizado el análisis de microfácies de 68 láminas delgadas de las muestras tomadas de la sección de Las Ilces. Para dicho análisis se ha atendido a los diferentes tipos de componentes, texturas y fábricas deposicionales, contenido paleontológico y elementos diagénéticos característicos.

COMPONENTES

Componentes esqueléticos

Los restos fósiles más abundantes que conforman la fracción esquelética de las muestras son: algas calcáreas, cnidarios, foraminíferos bentónicos, gasterópodos ornamentados, bivalvos, cefalópodos, ostrácodos, equinoder-

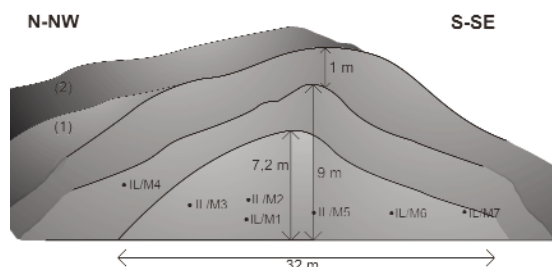


Figura 6.- Esquema de situación de los puntos de muestro en las estructura dómica del Tramo M. Suprayacente a esta estructura se pueden observar los Tramos 1 y 2.
 Figure 6.-Sketch of the samples distribution in the unit M. Units 1 and 2 lie on Unit M.

mos, briozoos y poríferos. En el Anexo I se encuentran los histogramas de abundancia relativa de los componentes esqueléticos para cada una de las láminas.

Algas calcáreas y cianobacterias: Las algas calcáreas son un componente esquelético fundamental en la sección y el principal bioconstructor en la mayoría de los niveles analizados. Se han reconocido algas verdes de la división Chlorophycophyta, PAPENFUSS, 1946, pertenecientes a los géneros *Donezella* MASLOV, 1929 (Fig. 7A); *Goksuella* GÜVEÇ, 1965, interpretado por MAMET (1991) como sinónimo de *Donezella*; *Beresella* (MAKHAEV, 1937) MASLOV & KULIK, 1956 y *Uraloporella* KORDE, 1950; *Anthracoporella?* PIA, 1920 (Fig. 7D). Así mismo se han encontrado algas rojas (Rodophycophyta, PAPENFUSS, 1946), de los géneros *Ungdarella* KORDE, 1951 (Fig. 7B); *Komia* KORDE, 1951; *Petschoria* KORDE, 1951; *Stacheia* BRADY, 1876 y *Stacheoides* CUMMINGS, 1955 (Fig. 8B) y *Amorfia* RÁCZ, 1964. Entre las cianobacterias se han identificado los géneros *Girvanella* NICHOLSON & ETHERIDGE, 1878 y *Ortonella* GARWOOD, 1914. Por último, se han identificado géneros con afinidades inciertas cuyas actuales agrupaciones no se van a discutir en este trabajo y que se han incluido en este apartado por asesoramiento del Dr. Cózar. Los géneros identificados son *Asphaltina* MAMET, 1972, *Claracrusta* VACHARD, 1981, *Nostocites* MASLOV, 1929 y *Pokorninella* VACHARD, 1991 (Fig. 7C).

Cnidarios: Los cnidarios aparecen fundamentalmente en los niveles masivos de la sección (M y 6), mientras que en los niveles table-

ados (T1-T5) se ha hallado algún fragmento aislado. Dentro de este filo se han identificado ejemplares pertenecientes a los órdenes Rugosa y Tabulata. Dentro del primero, se han identificado ejemplares de la Familia Bothrophyllidae como el género *Caninostrotion* EASTON, 1943 (Fig. 13A); Axophyllidae como el género *Semenophyllum* RODRÍGUEZ, 1984, y Geyerophyllidae como *Kionophyllum* CHI, 1931. Los ejemplares de tabulados corresponden a la Familia Syringoporidae (Fig. 8A).

Foraminíferos bentónicos: Son una importante fracción de los niveles estudiados, llegando incluso a ser el componente principal en alguno de ellos.

Los foraminíferos identificados pertenecen a Fusulinata y Miliolata. Dentro de Fusulinata se han reconocido endotíridos y fusulinidos. Los géneros identificados dentro de los endotíridos son *Diplosphaerina* DERVILLE, 1952, *Eotuberitina* MIKLUKHO-MAKLAY, 1958, *Tuberitina* GALLOWAY & HARLTON, 1928 (Fig. 8A) e *Insolentithea* VACHARD, 1979. De forma general, y debido a sus semejanzas morfológicas, se denominará a *Diplosphaerina*, *Eotuberitina* y *Tuberitina* como calcisferas s.l., para el presente trabajo. La clasificación del género *Calcisphaera* WILLIAMSON, 1880, se encuentra en controversia actualmente; hay autores que lo han considerado como quistes de algas, y otros los suponen pertenecientes a los endotíridos, lo que ha llevado a clasificarlo como “*incertae sedis*”. En este estudio se incluirá este género dentro del grupo calcisfera s.l. Así mismo se han identificado los géneros *Biseriella* MAMET, 1974, *Globivalvulina* SCHUBERT, 1921, *Bradyiina* VON MÖLLER, 1878 (Fig. 9D), *Tetrataxis* EHRENBERG, 1854, *Calcitornella* CUSHMAN & WALTERS, 1928, *Paleonubecularia* REITLINGER, 1950, *Endothyra* PHILLIPS, 1846, *Planoendothyra* REITLINGER, 1959, *Asteroarchediscus* MIKLUKHO-MAKLAY, 1956, *Palaeotextularia* SCHUBERT, 1921, *Climacammina* BRADY, 1873, *Cribostomum* VON MÖLLER, 1879 y *Eolasiiodiscus* REITLINGER, 1956.

Dentro de los fusulinidos se han identificado los géneros *Eostaffella* RAUSER-CHERNOUSOVA, 1948, *Millerella* THOMPSON, 1942, *Ozawainella* THOMPSON, 1935 (Fig. 9B), *Pseudostaffella* THOMPSON, 1942 (Fig. 10C), *Plectostaffella* REITLINGER, 1971,

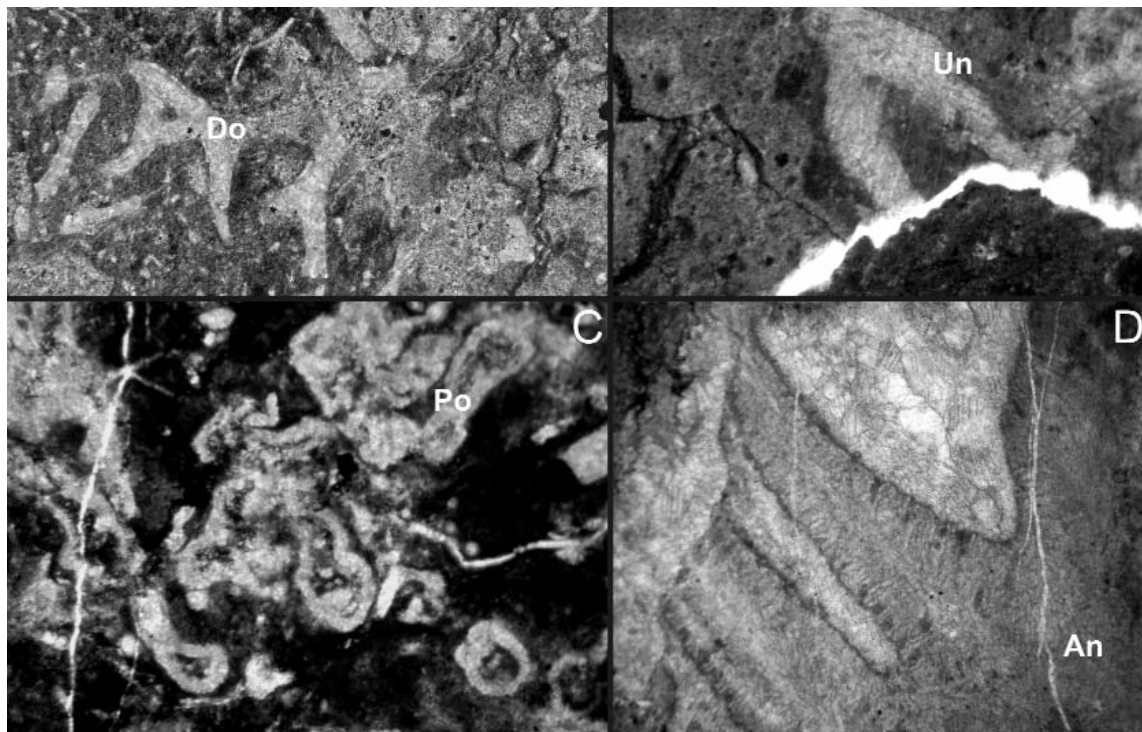


Figura 7.- A.- Fragmentos de ramificaciones de *Donezella lunaensis* (Do). B.- Ramificación de un ejemplar de *Ungdarella* (Un). C.- Detalle de una masa de *Pokorninella* (Po). D.- Ramificación de *Anthracoporella?* (An).
 Figure 7.- A.- Branch fragments of *Donezella lunaensis* (Do). B.- Branch of *Ungdarella* (Un). C.- Detail of a mass of *Pokorninella* (Po). D.- Branch of *Anthracoporella?* (An).

Profusulinella RAUSER-CHERNOUSOVA & BELJAEV, 1936 (Fig. 9A) y *Endospiroplectammina* LIPINA, 1970. Dentro de los Miliolata se ha identificado *Calcitornella* CUSHMAN & WALTERS, 1928.

Poríferos: Dentro de este filo se han reconocido diferentes morfologías, algunas de ellas inidentificables a causa de su estado de preservación. Dentro de la Clase Demospongiae se han identificado Tabulospongidae del género *Chaetetes* FISCHER VON WALDHEIM, 1830 (Fig. 9B). También se han identificado dentro de esta clase restos pertenecientes a la familia Sebargasiidae de tipo *Cystauletes*.

Moluscos: Son componentes muy abundantes en algunos niveles de la sección de Las Ilces (ver histogramas IL/6(8) de la MF-3 del Anexo I). Principalmente se han reconocido ejemplares de bivalvos y gasterópodos, estos últimos principalmente de concha fina, muy ornamentados y con espinas.

Braquiópodos: Forman una fracción minoritaria en las láminas y se han encontrado pocos ejemplares completos.

Equinodermos: No son abundantes en la sección y forman una pequeña fracción dentro de los componentes esqueléticos. Se han reconocido principalmente placas y radiolas de equinoideos y placas de crinoideos.

Briozoos: Los briozoos identificados no superan el 8% del total de los componentes. Se encuentran fragmentos de colonias y en ocasiones sólo es posible su identificación por medio de su microestructura.

Ostrácodos: Se han hallado formas grandes y lisas, características del Paleozoico, y en la mayoría de los casos con su microestructura bien preservada. En algunos niveles forman parte de las fracciones más abundantes (ver histogramas IL/4 de la MF-7 del Anexo I), pero de forma general son un componente minoritario a lo largo de la sección.

Componentes no esqueléticos

La mayoría de las muestras presentan un predominio de la matriz frente a los componentes esqueléticos. Destaca la abundancia de muestras con texturas micríticas (*wackesto-*

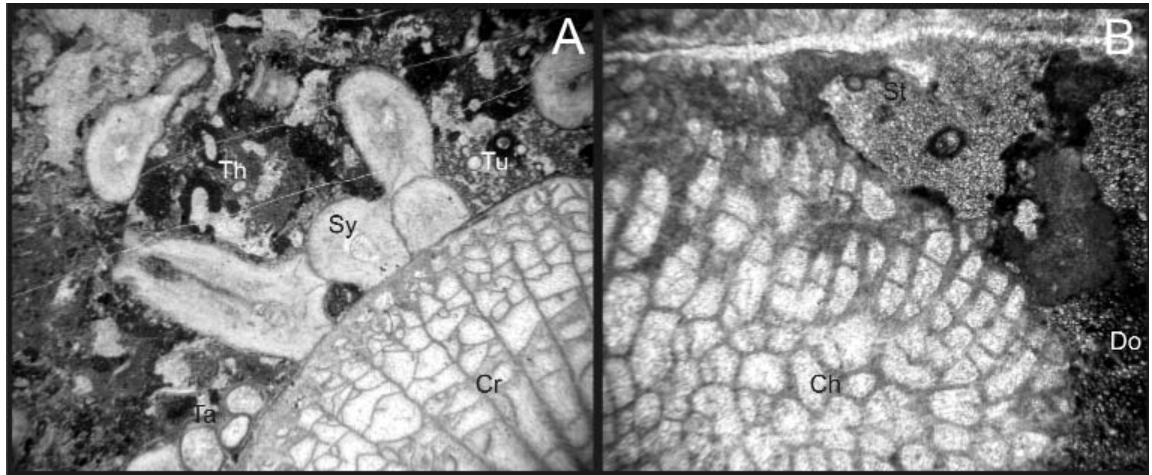


Figura 8.- A.- Colonia de syringopóridos (Sy), tubos calcáreos de anélidos (Ta) y bioturbaciones de *Thartharella* (Th) creciendo en la muralla de un coral rugoso (Cr). Nótese los desarrollos de *Tubertina* (Tu) en una cavidad con textura micropeloidal entre el *bafflestone* generado por los syringopóridos y el coral rugoso. B.- Encostramiento de un chaetérido (Ch) por *Stacheoides* (St), nótese el desarrollo de microdolomita por neomorfismo en la parte inferior derecha de la imagen.

Figure 8.- A.- Syringoporous colony (Sy), anelid tubes (Ta) and *Thartharella* bioturbation (Th), growing on the wall of a rugose coral (Cr). Note the presence of *Tubertina* (Tu) in a cavity with micropeloidal texture. B.- *Stacheoides* (St) crust on a *Chaetetid* (Ch). Note the development of neomorphic microdolomite in the lower right part of the picture.

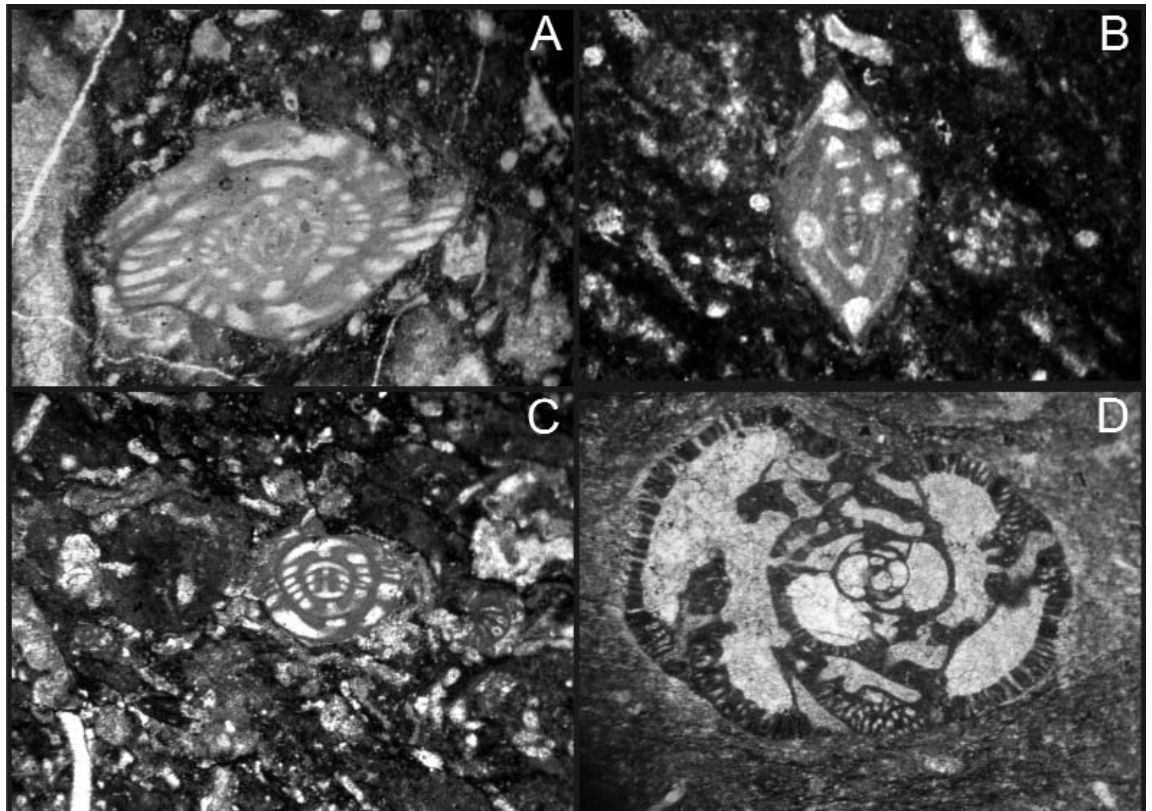


Figura 9.- Varios ejemplares de foraminíferos frecuentes en la sección de Las Ilces. A.- *Profusulinella*. B.- *Ozawainella*. C.- *Pseudostafella*. D.- *Bradyina*.

Figure 9.- Common foraminifers in Las Ilces Section. A.- *Profusulinella*. B.- *Ozawainella*. C.- *Pseudostafella*. D.- *Bradyina*.

ne/mudstone, *wackestone*, *wackestone/packstone* y *packstone*) aunque también se encuentran ejemplos de muestras bioconstruidas donde dominan los componentes esqueléticos frente a la matriz.

En el estudio textural se han identificado tres tipos de matriz; micrítica, microesparítica y dolomicrocítica.

Dentro de la matriz micrítica se han diferenciado, aplicando los criterios propuestos por FLÜGEL (2004), dos tipos; alomicrita, generada por decantación en el fondo marino. Aparece rellenando la porosidad intrapartícula de corales y poríferos, como la porosidad interpartícula producida por el *bafflestone* de algunos bioconstructores. Es común encontrar restos, o fragmentos de bioclastos de pequeño tamaño formando parte de esta matriz y en muestras bioconstruidas presenta un color negro intenso y desarrollos de pirita. En algunos casos la alomicrita se encuentra parcial o totalmente neomorfozada o dolomitizada, formando microesparita y dolomicrocítica.

Por otro lado, encontramos automicrita, que aparece principalmente tapizando las paredes de algas y corales y posee un tamaño de grano menor que la alomicrita. Según FLÜGEL (2004) ésta se puede formar de manera inorgánica por precipitación directa, o estar inducida o controlada biológicamente. En las muestras no se han encontrado criterios para establecer si se ha formado de manera inducida o por el atrape de la micrita por parte de organismos, aunque es frecuente reconocerla junto a micropeloides, lo que sugiere un posible origen microbiano. No se ha encontrado neomorfismo, ni dolomitización asociada.

Hay abundantes componentes no esqueléticos, entre los que destacan; intraclastos, peloides y micropeloides.

Los intraclastos, principalmente micríticos, muestran un tamaño variable entre 0,2 a 2 mm y poseen diferentes composiciones. Por un lado, abundan los intraclastos formados por micrita y pequeños fragmentos bioclásticos, que presentan una textura similar a la alomicrita. Estos muestran grados de esfericidad que varían entre las distintas muestras, oscilando entre redondeados a angulosos. Por otra parte, aparecen intraclastos bien redondeados, formados por micrita limpia, con abundantes fragmentos de algas en su interior de tipo *Donezella*. Son los intraclastos de mayor

tamaño y en ocasiones presentan colonizaciones de algas del tipo *Claracrusta*. Por último, destacan los intraclastos negros, opacos, bien redondeados, con abundantes calcisferas *s.l.*, que aparecen en algunas muestras del Tramo 4.

Los peloides aparecen de manera continua a lo largo de la sección, llegando a ser, en alguna muestra, un componente importante superando el 18% del total de la roca. Aparecen bien redondeados, muestran una forma ovoide y no superan las 100 μm .

Los micropeloides se encuentran asociados a automicrita, rellenando cavidades parcialmente cementadas, asociadas a cementos micríticos, o alrededor de *burrows*.

Por último, destaca la frecuente aparición de icnofósiles a lo largo de toda la sección. Se han reconocido *burrows* con dos morfologías predominantes. Por un lado, cavidades con secciones circulares a elípticas, sin pared aglutinada, rellenas de matriz micrítica bioturbada, en la cual es frecuente reconocer texturas concéntricas formadas por fragmentos de bioclastos orientados, aunque, en ocasiones, la matriz que rellena la bioturbación difiere ligeramente de la matriz general de la muestra.

Por otro lado se han reconocido tubos de sección longitudinal cilíndrica y sección transversal circular, que presentan una pared aglutinada y cementada de micrita, asociada en ocasiones a micropeloides. Las cavidades pueden estar rellenas por matriz o cementados por calcita en mosaico *drusy*, o micrita micropeloidal.

Actualmente hay cierta controversia a la hora de denominar estos icnofósiles; *Thartharella* ELLIOTT, 1980 (ver SAMANKASSOU, 2001; DELLA PORTA *et al.*, 2002a), *Terebella* LINNAEUS, 1767 (ver WARNKE, 1995; FLÜGEL, 2004) o *Prethocoprolitus* ELLIOTT, 1962 (ver DEVOLVÉ *et al.*, 1994). En principio este tipo de restos fueron descritos como coprolitos de anélidos, lo que llevó a denominarlos como *Prethocoprolitus* (ELLIOTT, 1962) y es frecuente encontrarlos asociados a *Tubiphites* (DEVOLVÉ *op. cit.*) en rocas del Jurásico. Posteriormente, y por similitud, algunos autores lo asignan como *Terebella* (CHAFIKI *et al.*, 2004 y OLIVIER *et al.*, 2008) que hace referencia a un tubo de pared aglutinada formada por un gusano poliqueto actual. ELLIOTT (1980) revisa la clasificación de *Prethocoprolithus* y

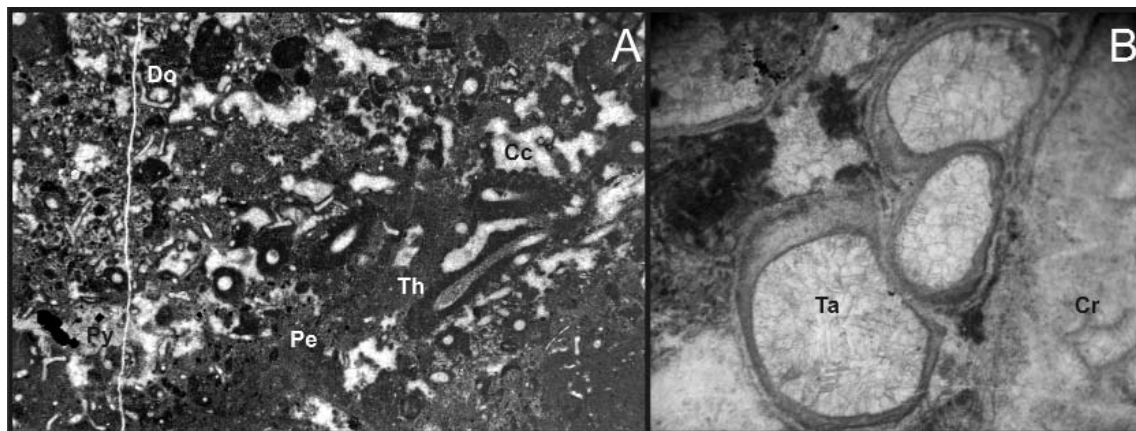


Figura 10.- A.- Bioperforaciones de *Thartharella* (Th), nótese la pared aglutinada micropeloidal, estas bioturbaciones se desarrollan alrededor de una serie de cavidades cementadas (Cc) y están asociadas a peloides (Pe) y fragmentos de *Donezella* (Do). Nótese los cristales euhedrales de pirita (Py). B.- Detalle de tubos calcáreos de anélidos de origen incierto (Ta) colonizando la muralla externa de un coral rugoso (Cr).

Figure 10.- A.- *Thartharella burrows* (Th). Note the micropeloidal, agglutinated wall; These burrows occur around cemented cavities (Cc), they are associated to peloids (Pe) and *Donezella* fragments (Do). Note the euhedral crystals of pyrite (Py). B.- Detail of problematic annelid tubes (Ta) colonized the external wall of rugose coral.

asigna la especie *P. cucumeriformis* ELLIOTT, 1962 a un nuevo género, *Thartharella*, diferenciando así, la estructura fecal, del tubo con pared aglutinada con peloides.

En este trabajo se denominará a este tipo de bioturbaciones como *Thartharella* (Fig. 10A), como en el caso del sinclinal de Cármenes, dentro de la Zona Cantábrica (SAMANKASSOU, *op. cit.*), ya que poseen una estructura similar a la descrita por ELLIOTT (*op. cit.*). Estas bioturbaciones llegan a ser muy abundantes dentro de la fracción no esquelética en algunos niveles de la sección. A su vez se han identificado restos de tubos calcáreos de anélidos de origen incierto (Fig. 10B).

ANÁLISIS DE LAS MICROFACIES

Para el análisis de las microfácies se han estudiado un total de 68 láminas delgadas. La caracterización de las diferentes microfácies se ha realizado atendiendo a su fábrica y textura deposicional, contenido paleontológico y elementos diagenéticos característicos. Para la discriminación e identificación de las mismas se ha realizado una serie de histogramas de frecuencia de componentes esqueléticos (ANEXO) en los cuales se han representado las siguientes categorías taxonómicas: Algospongias (Al), donde se incluyen las ungdarelláceas, aoujgálidos, cianobacterias, algas encostrantes y *Pokorninella*; Braquiópodos

(Br); Calcisferas *s.l.* (Ca); Corales (Co), que incluye los corales rugosos y syringopóridos; Equinodermos (Eq); Foraminíferos (Fo); Moluscos (Mo); Ostrácodos (Os); Paleosiphonocladales (Pa) que incluye a *Donezella* y las bereséllidas; Poríferos (Po) y la asociación *Petschoria-Anthracoporella?* (Pt+An).

Se han reconocido un total de siete microfácies, que se describen a continuación:

MF-1: *Wackestone* bioclástico con pequeñas masas de *Donezella* estabilizantes (Muestras IL/M7, IL/M7 e IL/M6).

Se caracteriza por presentar texturas *wackestone* con bioclastos dispersos, siendo en algunas *mudstone*. La matriz está formada por alomicrita con un contenido subordinado de automicrita entre las ramificaciones de las colonias de *Donezella*. Hay presencia de *burrows* de *Thartharella* aislados, que no superan el 5% del total de la lámina. Como componente principal destacan las pequeñas masas de *Donezella* que no sobrepasan los 4 mm de alto y que no tienen una gran continuidad lateral. Estas masas se encuentran compuestas por *Donezella lutugini* MASLOV, 1929 (Fig. 11A). En algunas láminas son muy abundantes, llegando al 70% de los componentes esqueléticos (ver histogramas IL/M6 e IL/M7 de la MF-1 del Anexo) y presentan crecimientos tanto en la vertical como en la horizontal. Estas pequeñas masas se alternan con zonas de

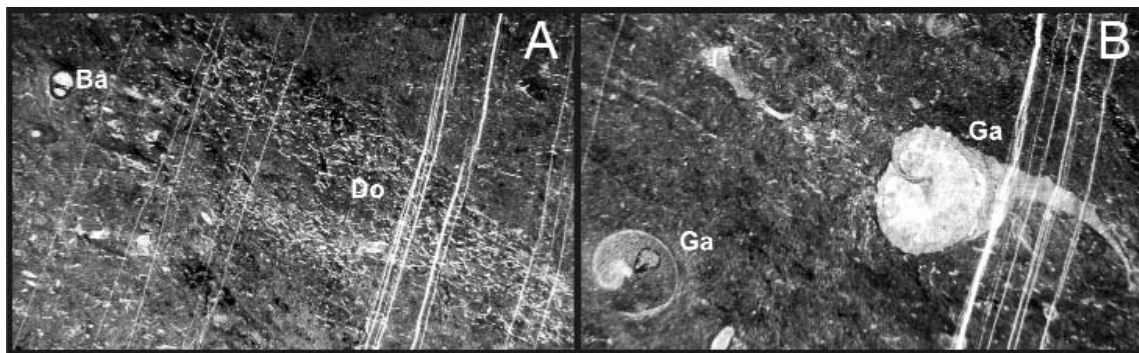


Figura 11.- A.- Detalle de una masa de *Donezella* (Do) entre dos niveles bioclásticos con texturas *wackestone* (parte inferior) y *mudstone* (parte superior), nótese el ejemplar de *Bradyina* (Ba), característico de esta microfácies. B.- Detalle de gasterópodos (Ga) también abundantes en esta microfácies.
 Figure 11.- A.- Detail of *Donezella* masses (Do) between two bioclastic layers with *wackestone* (down) and *mudstone* (up) textures. Note a specimen of *Bradyina*, common in this microfacies. B.- Detail of gastropods (Ga), also common in this microfacies.

acumulación de bioclastos dispersos y orientados en posición de máxima estabilidad. Abundan los moluscos, hallándose gasterópodos ornamentados de gran tamaño (Fig. 11B) y también es frecuente la aparición de *Bradyina*. De forma minoritaria aparecen braquiópodos, placas y radiolas de equinoideos, bereséllidos, fusulínidos, endotíridos, y calcisferas, como bioconstructores secundarios y accesorios.

Se observa un alto grado de desarticulación, sobre todo en los moluscos, y una fragmentación media a baja de los bioclastos. En ocasiones hay foraminíferos que presentan señales de fragmentación, pudiendo estar transportados. Los moluscos se encuentran principalmente fracturados por procesos de compactación.

MF-2: *Boundstone* de organismos estabilizadores y soportantes (Muestras IL/6(6), IL/6(21), IL/6(25), IL/6(30), IL/6(31), IL/6(47), IL/M1, IL/M2, IL/M3 e IL/M5).

Caracterizada por texturas *boundstone*, con algunas zonas de removilización entre los bioconstructores (MF-5, véase más adelante). Esta microfácies presenta un aspecto muy desorganizado y una fábrica deposicional heterogénea. La alomicrita es predominante y aparece rellenando la porosidad generada por los *bafflestone*. La matriz muestra una alta opacidad y desarrollo de piritita framboidal alrededor de los bioclastos en forma de encostramientos, llegando en algunas muestras al 3% del total de la lámina. Así mismo se observa automicrita asociada a micropeloides alrededor de corales, pero es minoritaria. En las muestras en las que el bioconstructor principal es *Donezella*

abunda la automicrita frente a la alomicrita.

Los peloides no superan el 10% y hay presencia de cavidades cementadas, siendo abundantes los *burrows* de *Thartharella* (Fig. 12B) alrededor de las mismas, aunque también se observan *burrows* sin pared aglutinada, que muestran ordenamiento interno de la matriz de relleno.

Dentro de esta microfácies se produce una alternancia entre el tipo de bioconstrucción y el organismo bioconstructor, como se puede apreciar en los histogramas de la MF-2 del Anexo I. Por un lado destacan los *bafflestone* de organismos estabilizadores y soportantes, cuyos bioconstructores principales son *Donezella*, *Beresella*, syringopóridos (Fig. 12A), corales rugosos, *Ungdarella* (Fig. 13A) y *Komia*. Así mismo también aparecen *framestones* de *Chaetetes*, masas de *Donezella* (Fig. 12A) y bereselláceas que generan una cementación rápida y forman verdaderos armazones rígidos, sin automicrita y con una porosidad interpartícula menor. En algunas muestras aparecen variaciones entre ambos tipos, *bafflestone/framestone*, con combinaciones de los bioconstructores principales.

Como bioconstructores secundarios destacan las algas rojas, algas verdes, briozoos, calcisferas, fusulínidos, endotíridos, miliolinos, braquiópodos, equinodermos, moluscos, cianobacterias y organismos de afinidades inciertas.

Esta microfácies se caracteriza por poseer una alta diversidad y una abundancia media, condicionada por la excesiva ocupación de los organismos bioconstructores. En ocasiones

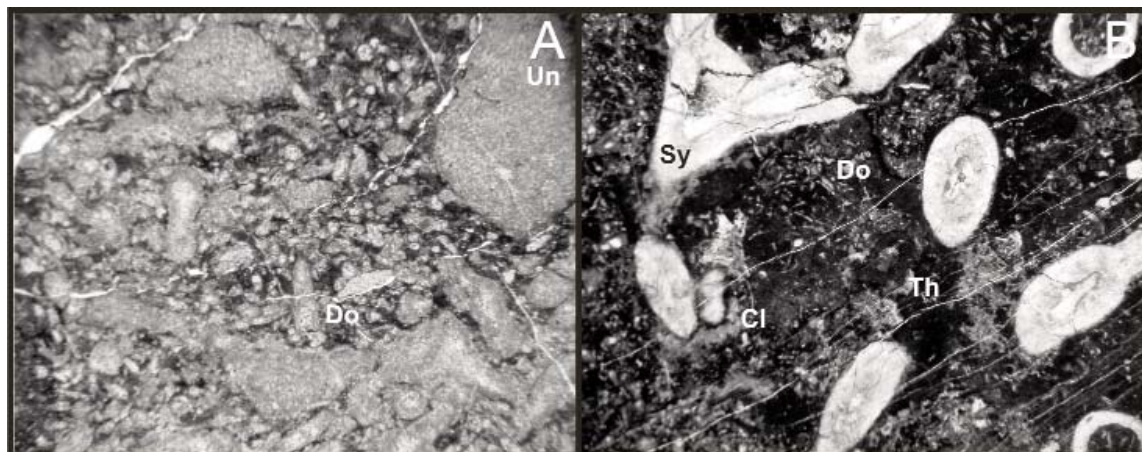


Figura 12.- A.- *Bafflestone/Framestone* de *Donezella* (Do) junto con ejemplares de *Ungdarella* (Un). B.- *Bafflestone* de syringopóridos (Sy) con intercrecimientos de masas de *Donezella* (Do) encostramientos de *Claracrusta* (Cl) y desarrollos de *Thartharella* (Th).

Figure 12.- A.- *Bafflestone/Framestone* of *Donezella* (Do) with fragments of *Ungdarella* (Un). B.- *Bafflestone* of syringoporoids (Sy) with *Donezella* masses (Do), *Claracrusta* crusts (Cl) and *Thartharella* burrows (Th).

hay una fragmentación elevada, encontrándose restos de corales, foraminíferos y masas de algas con roturas planas. En otros casos se observan orientaciones preferentes de los bioclastos acumulados en zonas de removilización por encima de las zonas bioconstruidas.

MF-3: *Boundstone* con intraclastos y peloides (Muestras IL/6(1), IL/6(3), IL/6(4), IL/6(7), IL/6(8), IL/6(46), IL/6(48), IL/M8).

Formada principalmente por texturas tipo *boundstone* de organismos estabilizadores. Es común el desarrollo de zonas más *wackestone* con abundantes bioclastos dispersos, intraclastos y peloides.

La matriz es heterogénea y está formada principalmente por alomicrita sin contenido en materia orgánica. En la mayoría de las muestras hay abundantes micropeloides asociados a importantes desarrollos de automicrita alrededor de los *bafflestones*. Comparativamente, la abundancia de automicrita es mayor en esta microfácies.

Se observa una abundancia relativa de intraclastos polimodales, que en algunos casos llegan a ser centimétricos y muestran distorsión discontinua y plana en algunos de ellos. Los peloides también son polimodales, siendo en su mayoría menores de 50 µm. En ambos casos, tanto los peloides como los intraclastos no superan el 20% del total de la lámina, presentando una media muy superior comparativamente al resto de las microfácies. Hay presencia de *Thartharella* que llega hasta el 8% de la lámina y cabe resaltar la presencia, en

algunos casos abundancia, de porosidad móldica rellena por cementos calcíticos en mosaico *drusy*.

En algunas muestras se han encontrado texturas micropeloidales ligadas a una posible génesis microbiana (Fig. 8A), sobre todo en cavidades y asociada a poríferos.

Los bioconstructores principales son *Petschoria* (Fig. 13B), *Anthracoporella*?, demosponjas de tipo *Cystauletes*, que forman texturas *bafflestone* y en ocasiones *framestone-bafflestone* de corales (Fig. 13A) y *Chaetetes* asociados, como se puede observar en los histogramas de la MF-3 en el Anexo I.

Donezella es un bioconstructor minoritario en esta microfácies, pero puede aparecer, en alguna muestra, de forma dominante. Las faunas que acompañan esta microfácies están formadas por placas y radiolas de equinoideos, moluscos, ostrácodos, endotíridos, fusulinínidos, algas rojas, aoujgálidos, calcisferas, cianobacterias y organismos de afinidades inciertas como *Asphaltina*.

La abundancia de organismos es relativamente alta, siendo en alguna muestra algo más baja que la media para esta microfácies. La fragmentación y la desarticulación es elevada, llegando incluso a rotar talos de *Petschoria* lo que genera criterios de geopetalidad inversos.

En ocasiones aparecen muestras con mezcla entre las microfácies MF-2 y MF-3 (Muestras IL/6(32) e IL/6(48)). Ambas muestras presentan fábricas deposicionales heterogéneas, en las cuales se observan texturas

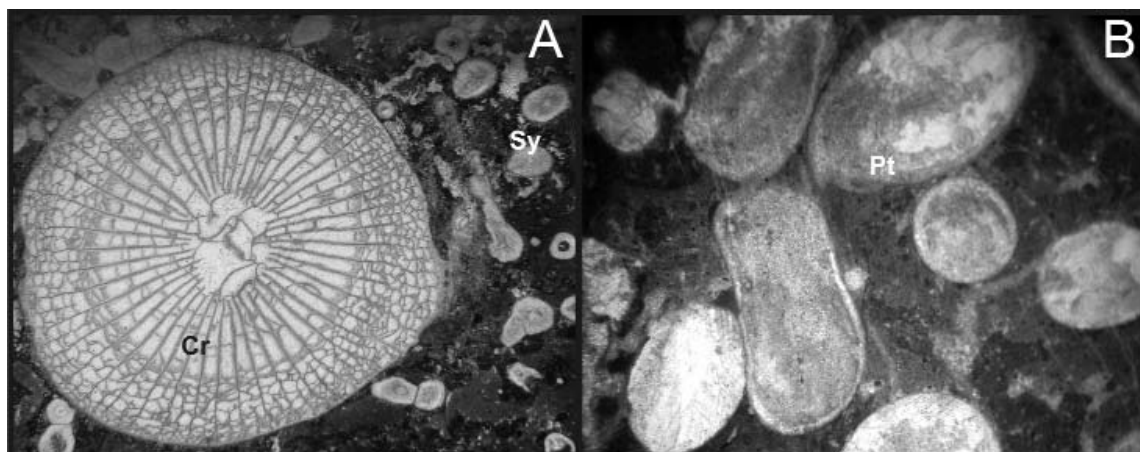


Figura 13.- A.- *Bafflestone* de syringopóridos (Sy) colonizando un coral rugoso del género *Caninostroton* (Cr). B.- Talos de *Petchoria* (Pt), que muestran criterios de geotetalidad inversos.

Figure 13.- A.- *Syringoporida* *bafflestone* (Sy) growing on a rugose coral of the genus *Caninostroton* (Cr). B.- *Petchoria* (Pt) branches showing *geotetal* infillings.

boundstone de organismos soportantes como corales rugosos, syringopóridos y chaetétidos, y zonas con desarrollo de organismos estabilizadores como *Donezella*. Algunas zonas presentan características más *wackestone/packstone* con signos de removilización. Se pueden observar abundantes peloides, micropeloides, cavidades cementantes y desarrollos de automicrita atrapada entre las masas de *Donezella* durante el crecimiento de las masas algares. Se observa un menor contenido en alomicrita oscura y a su vez se distingue una pequeña fracción de micrita limpia con abundantes peloides y micropeloides. Estas facies de transición tienen una mezcla de fósiles característicos entre ambas microfácies.

MF-4: *Wackestone* bioclástico (Muestra IL/1a).

Caracterizada por texturas *wackestone* de bioclastos dispersos en una matriz casi exclusivamente formada por alomicrita. Hay presencia de *burrows*, que muestran una ligera orientación oblicua y algún pequeño intraclasto. Estas muestras presentan un alto grado de diagénesis lo que impide un buen reconocimiento de los componentes esqueléticos, que generalmente se encuentran recristalizados a pseudomicroesparita y presentan signos de neomorfismo degradante, perdiendo, en muchos casos, su microestructura original.

Está compuesta principalmente por algas encostrantes indeterminadas y fragmentos de bivalvos y moluscos indeterminados. Hay restos de masas de *Donezella* de formas globosas,

rotadas y con signos de transporte. Presenta una alta abundancia de fusulínidos. De forma minoritaria se encuentran aoujgálicos indeterminados con altas proporciones de piritita euheudral en su interior, endotíridos, braquiópodos, equinodermos, gasterópodos ornamentados y poríferos calcáreos indeterminados (Fig. 14A).

Se observa una ligera clasificación de los componentes bioclásticos y en algunos puntos aparecen con un mayor grado de empaquetamiento (clastosoportados). Se puede distinguir una ligera orientación oblicua de los componentes.

Las muestras presentan signos de elevada desarticulación y fragmentación de los componentes esqueléticos, una selección moderada a mala y diversidad alta.

MF-5: *Packstone* de *Donezella* (Muestras IL/1b, IL/1c, IL/1d, IL/2a, IL/2b, IL/3a, IL/6(2) e IL/6(5)).

Caracterizada por poseer una textura *packstone* formada principalmente por restos de masas de *Donezella* (Fig. 14B) y bioclastos dispersos. Predominan los componentes esqueléticos frente a la matriz, presentando en su mayoría automicrita cementando las masas algares y alomicrita entre los fragmentos de masas y *burrows*. Estos últimos son muy abundantes, llegando a ser la microfácies con mayor porcentaje de estos componentes.

Estas muestras poseen un alto contenido en intraclastos, y algo menor en peloides y micropeloides. Los intraclastos, en ocasiones, llegan

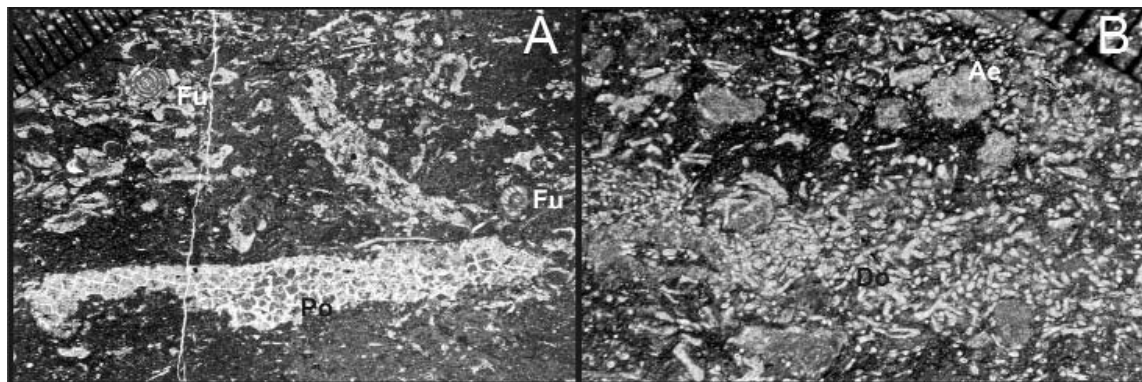


Figura 14.- A.- MF-4. Wackestone-packstone bioclástico con fusulínidos (Fu) entre los que se reconoce un ejemplar de *Pseudostafella*, algas encostrantes y poríferos indeterminados (Po). B.- Fragmentos de una masa de *Donezella* (Do) correspondiente a la MF-5, con restos de algas encostrantes (Ae).

Figure 14.- A.- MF-4. Bioclastic wackestone-packstone with fusulinids (Fu) of the genus *Pseudostafella*, encrusting algae and porifera (Po) occur too. B.- Fragments of *Donezella* masses (Do) typical of microfacies MF-5, with rests of encrusting algae (Ae).

a superar el 15% del total de componentes de la lámina. En muestras procedentes del Tramo 6 se observan intraclastos formados por una matriz limpia, con abundantes peloides y micropeloides y en ocasiones grandes desarrollos de organismos bioturbadores como *Thartharella*. Algunos de estos intraclastos son milimétricos alcanzándose tamaños superiores a los 2 mm y se encuentran colonizados por *Claracrusta* y *Donezella*. En las muestras procedentes de los Tramos 1, 2 y 3 los intraclastos arrastran fragmentos de masas de algas y algas encostrantes indeterminadas y poseen abundantes peloides y micropeloides.

La MF-5 se caracteriza por poseer una alta diversidad y una abundancia relativamente baja de todos los componentes salvo de las masas de *Donezella* y moluscos, entre los que destacan gasterópodos ornamentados y bivalvos. Así mismo presenta pequeñas capas de removilización o debris de zonas más elevadas, orientación de las bioturbaciones y bioclastos y una alta fragmentación y desarticulación de los componentes esqueléticos.

Los componentes minoritarios son, bereséllidos, endotíridos encostrantes, fusulínidos, calcisferas, algas rojas encostrantes y aoujgálidos, bioturbadores tipo *Thartharella*, equinodermos, cianobacterias y organismos de afinidades inciertas.

MF-6: Packstone peloidal bioclástico (Muestras IL/3b, IL/3c, IL/3d, IL/5a e IL/M4V).

Caracterizada por presentar una textura deposicional clastosoportada sin ordenamien-

to interno (Fig. 15 A,B) y con una gran influencia peloidal.

La micrita es principalmente alomicrita, aunque se observan diferentes texturas diagenéticas, en ocasiones tiene un mayor contenido en materia orgánica y en otras presenta un aspecto más limpio. La automicrita aparece asociada a fragmentos de masas de algas transportadas. También hay una gran proporción de intraclastos en algunas muestras, aunque no superan el 15% del total de los componentes. Los peloides poseen diversas procedencias, y grados de transporte diferentes, llegando en ocasiones a presentar una esfericidad baja, y contenidos en materia orgánica altísimos. Como particularidad, algunas muestras presentan niveles inferiores al 8% de esparita.

Los bioclastos fundamentalmente pertenecen a restos de *Donezella*, moluscos (Fig. 15A), aoujgálidos, bereséllidos y en algún caso Syringopóridos. Como restos minoritarios aparecen braquiópodos (Fig. 15B), endotíridos, fusulínidos, ostrácodos, calcisferas, equinodermos, algas rojas encostrantes y tubulares.

La principal característica de estas muestras, aparte de su aspecto caótico y desordenado, es su alto grado de fragmentación y desarticulación. Hay una gran concentración de organismos resedimentados, sobre todo foraminíferos bentónicos, en los que se observan diferentes grados de alteración diagenética. En algunos se presenta una recristalización de su concha microgranular generada por neomorfismo agradante con crecimiento esparítico.

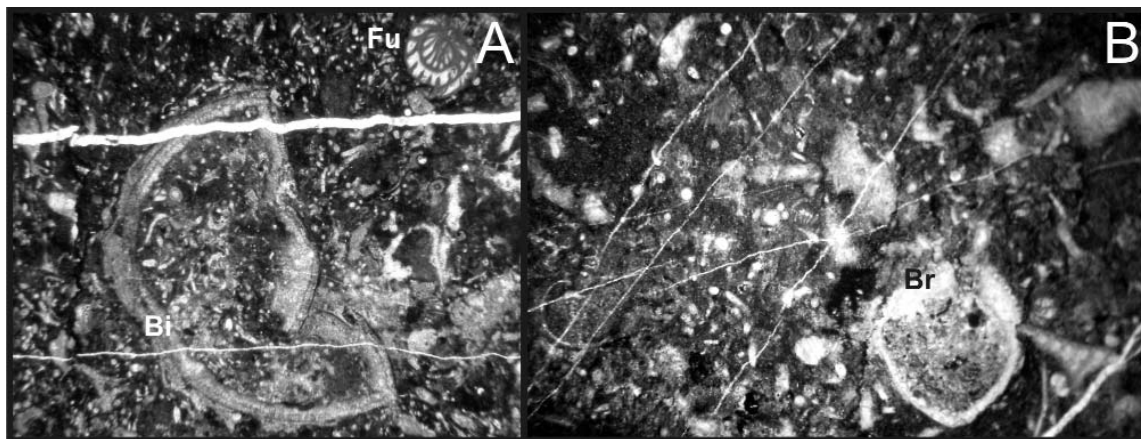


Figura 15.- MF-6 *Packstone* bioclástico A.- Ejemplares de bivalvos (Bi) y fusulínidos (Fu) sobre una matriz bioclástica sin ordenamiento. B.- Braquiópodos (Br).

Figure 15.- MF-6 *Bioclastic packstone*. A.- *Bivalves (Bi) and fusulinids (Fu) embedded in a bioclastic matrix*. B.- *Brachiopods (Br)*.

En cambio, otros foraminíferos sólo presentan signos de recristalización en los cementos intrapartícula. Las muestras pertenecientes al Tramo 3, sí presentan orientación de bioclastos de gran tamaño (Fig. 15A, B).

MF-7: *Mudstone/wackestone de calcisferas y ostrácodos* (Muestras IL/4H, IL/4V)

Caracterizada por tener una textura *wackestone* en la cual la fracción micrítica ocupa un porcentaje muy alto (Fig. 16A, B), está formada fundamentalmente por alomicrita, abundancia alta de peloides e intraclastos, algunos de estos últimos presentan una elevada concentración de calcisferas, y poseen un alto contenido en materia orgánica.

Los componentes esqueléticos se encuentran repartidos de forma dispersa, llegando en algunos puntos a estar más concentrados. Esta microfácies se caracteriza por una alta concentración de calcisferas, endotíridos, ostrácodos y fragmentos de moluscos. Presenta una diversidad comparativamente más baja frente al resto de las microfácies estudiadas. De forma minoritaria también aparecen fragmentos de braquiópodos, cefalópodos, placas de equinodermos y fusulínidos. Presenta una desarticulación alta y una fragmentación relativamente baja, comparativamente con otras microfácies. Hacia la parte superior presenta una ligera orientación horizontal de los componentes.

CARACTERIZACIÓN DE LA BIOCONSTRUCCIÓN

A lo largo de todo este estudio se ha denominado la bioconstrucción en sentido amplio,

caracterizada por poseer tramos con microfácies *boundstone* (*bafflestone* y *framestone* - según EMBRY & KLOVAN, 1971) de morfología dómica y aspecto masivo en sus tramos bioconstruidos. Utilizando los criterios propuestos por RIDING (2002) para la caracterización de bioconstrucciones, se han representado en un diagrama MEC (Matriz, Esqueletos, Cavidades/Cementos) el cual que contiene las proporciones de matriz, incluyendo todos los componentes no esqueléticos (intraclastos, peloides, micropeloides, *borings*, *burrows*, minerales autigénicos y micrita), los elementos esqueléticos (que no estén transportados) y los cementos (o cavidades cementadas). RIDING (2002) atendiendo a estos parámetros, el diagrama MEC se subdivide en cuatro campos. Un campo destinado a los montículos (que incluye los *mud mounds* y los arrecifes microbianos aglutinados), que parten desde 0-50% en M/C y 0-20% en M/S. Un segundo campo para los parches arrecifales que parte desde 20-50% en M/S y 0-50% en M/C. Otro gran campo de arrecifes tipo franja que incluye desde 50-100% M/S y M/C. Por último, un gran campo de arrecifes cementados que comprende de 0-50% de M/S y de 0-50% de M/C.

En nuestro análisis se obtuvieron los siguientes porcentajes: M: 78,34%; E: 20,14%; C: 1,52%, que permitieron situar la bioconstrucción dentro del campo de los montículos y muy próximo al campo de los parches arrecifales (Fig. 17). Esto es debido a la presencia de elementos esqueléticos soportantes que ocupan un gran volumen de la fracción

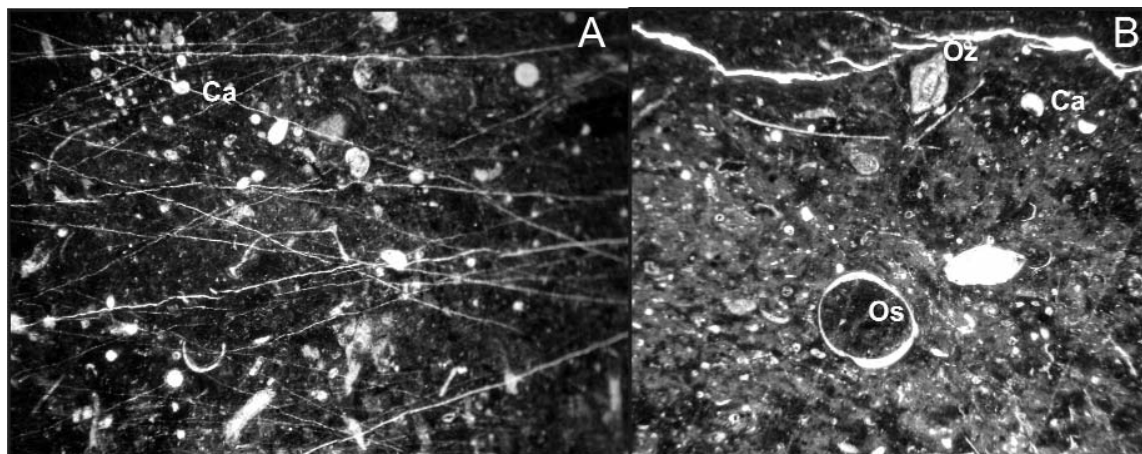


Figure 16.- MF-7 A.- *Wackestone* de calcisferas y ostrácodos. Aparecen restos recrystalizados de fusulinidos, uno de ellos posiblemente atribuible al género *Ozawaiella*? Junto con dos secciones de ostrácodos y *Diplosphaerina*. B.- *Wackestone* de calcisferas. Nótese la gran acumulación de *Diplosphaerina* en el margen superior izquierdo.

Figure 16.- MF-7 A.- *Bioclastic wackestone* with calcispheres and ostracods. Are recrystallized remains of fusulinidss, one of them possibly *Ozawaiella*? Along with two sections of ostracods and *Diplosphaerina*. B.- *Bioclastic wackestone* with calcispheres. Note the large accumulation of *Diplosphaerina* in the upper left.

esquelética de la bioconstrucción, como son los corales, los poríferos y las algas calcáreas. La forma dómica del Tramo inferior (M), así como sus dimensiones (32 m de largo y 10 m de alto) y pendientes, que rondan los 40°, lo asemejan a los propuestos por SAMANKASSOU (2001) para los montículos de la Fm San Emiliano del Pensilvánico del Sinclinal de Cármenes (Cordillera Cantábrica), aunque con un tamaño ligeramente mayor.

DISCUSIÓN

Tras la caracterización de la bioconstrucción y la identificación de cada una de las microfácies se procede a analizar su distribución espacio-temporal.

La asociación de fósiles presente en esta sección, así como sus características texturales y de fábrica, indican que estas microfácies se desarrollan sobre una plataforma media siempre por encima del nivel de base de tormentas y por debajo del nivel de base del oleaje.

La MF-1 se caracteriza por ser un *wackestone* bioclástico con pequeñas masas de *Donezella* estabilizadoras. Se trata de las facies más profundas de la sección, donde las masas de *Donezella*, las cuales prefieren ambientes ligeramente profundos con baja agitación (DELLA PORTA, 2002b), formarían lentamente el sustrato base para la generación de un montículo (Fig. 18), con lo cual se puede definir esta microfácies como de base de mon-

tículo.

Sobre esta microfácies se produce el desarrollo de un primer montículo, caracterizado por la presencia de MF-2, totalmente bioconstruida (*boundstone* de organismos estabilizadores y soportantes), ligeramente menos profundo que la microfácies anterior, como marca la presencia de corales, chaetétidos y ungdarelláceas. Esta microfácies se caracteriza por una influencia ocasional del oleaje (ligera agitación), que en ocasiones presenta niveles de alta energía que muestran aparición brusca y cese rápido, destruyendo parcialmente la bioconstrucción (tormentas) y generando superficies de removilización, donde no se produce la precipitación de esparita. Posteriormente a esos episodios, el montículo se recuperaría utilizando las capas de removilización como sustrato. Esta microfácies es característica del núcleo del montículo (Fig. 18).

En los momentos de máxima energía, las partes superiores del montículo se destruirían generando acumulaciones bioclásticas removilizadas, sin ordenamiento interno y con un alto contenido en elementos esqueléticos procedentes del núcleo de montículo. Estos eventos formarían la MF-6, en las zonas más someras y próximas al montículo, apareciendo de forma continua, a lo largo de la columna estratigráfica. Se pueden observar en los tramos tableados superiores (Tramos 3 y 5) y en la propia estructura del montículo (muestra IL/M4V), y son característicos de zonas de

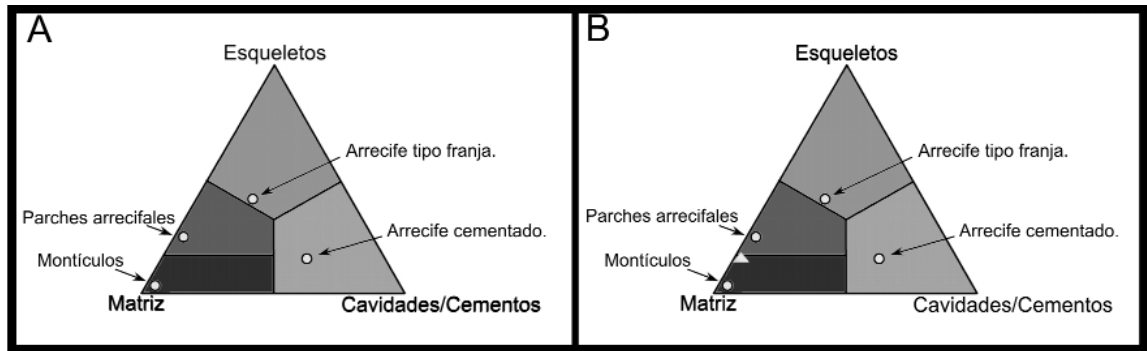


Figura 17.- Diagramas MEC modificados de RIDING (2002). El diagrama B muestra la posición que ocupa la bioconstrucción de la sección estudiada (triángulo pequeño).

Figure 17.- MEC diagrams, modified from RIDING (2002). Diagram B shows the position of the bioconstructions from Las Ilces (small triangle).

talud (o pendiente) del mismo (Fig. 18).

Por otra parte, la MF-4 parece indicar zonas más distales de estos taludes, con sedimentación dispersa de restos bioclásticos variados, con ordenamiento interno, producido por decantación tranquila y cuya procedencia estaría más próxima a los primeros desarrollos del montículo. Se observa un aumento del tamaño de grano hacia el techo de cada tramo en los niveles de talud.

A medida que crece la estructura en la vertical y se forman estos depósitos laterales de talud, el montículo se expande en la horizontal, a partir del crecimiento de las masas de *Donezella* adyacentes, que son continuamente removilizados, formándose la MF-5. Por encima de estos tramos se encuentra el Tramo 4, que posee unas características de facies protegidas, como indica su contenido paleontológico (calcisferas y ostrácodos) muy propias de un lagoon. Estas facies deben haberse desarrollado en una región protegida dentro del montículo (Fig. 18).

Por encima de los niveles bien estratificados, aparece una nueva bioconstrucción que se interpreta como un nuevo montículo (T-6), con los mismos desarrollos de microfácies (salvo MF-1) y caracterizada por la abundancia de MF-3, que se diferencia de MF-2 por un cambio en la asociación de fósiles. Esta microfácies también se interpreta como de núcleo de montículo (Fig. 18). Parece indicar una mayor somerización, ya que hay una alta producción de *Girvanella* y *Ortonella*, así como presencia de texturas micropeloidales, intraclastos, peloides, y criterios de removilización (fragmentación de talos de *Petschoria* y removilización de borings). Esta somerización posible-

mente se originó en un ambiente restringido y protegido, como marca el cambio de faunas, desarrollándose la asociación *Petschoria-Anthracoporella?*, que como puntualizó RÁ CZ (1964) preferiría un ambiente de poca agitación. Aún así, la batimetría más somera de esta microfácies indica que se verían afectadas por eventos puntuales energéticos, que producirían las removilizaciones y la formación de grandes intraclastos.

De esta forma se puede concluir que se han reconocido dos estructuras bioconstruidas que se corresponderían a montículos. Una estructura basal que corresponde el Tramo M, caracterizado por la presencia de las microfácies MF-1, MF-2 y de forma aislada MF-3. A medida que crece tanto en la vertical, como en la horizontal, se desarrolla la MF-5. En episodios de tormentas se originaría la destrucción parcial del montículo y la formación de MF-6 y, en zonas más distales, MF-4. En zonas más protegidas se desarrollarían las facies MF-7. Por encima de esta bioconstrucción y sus niveles de flanco asociados se encuentra una nueva bioconstrucción más somera, más restringida, con un cambio en las faunas dominantes, seguramente protegida, aún estando afectada por eventos energéticos puntuales. La formación de este nuevo montículo podría estar relacionada con un episodio de aumento de la subsidencia de la plataforma media, siempre por encima del nivel de base de tormentas y por debajo del nivel de base del oleaje.

Las condiciones paleoclimáticas muestran que tanto durante el Bashkiriense, como a lo largo del Moscoviense, continúan las condiciones de Icehouse que había al final del Misisípico, con bruscos cambios de tempera-

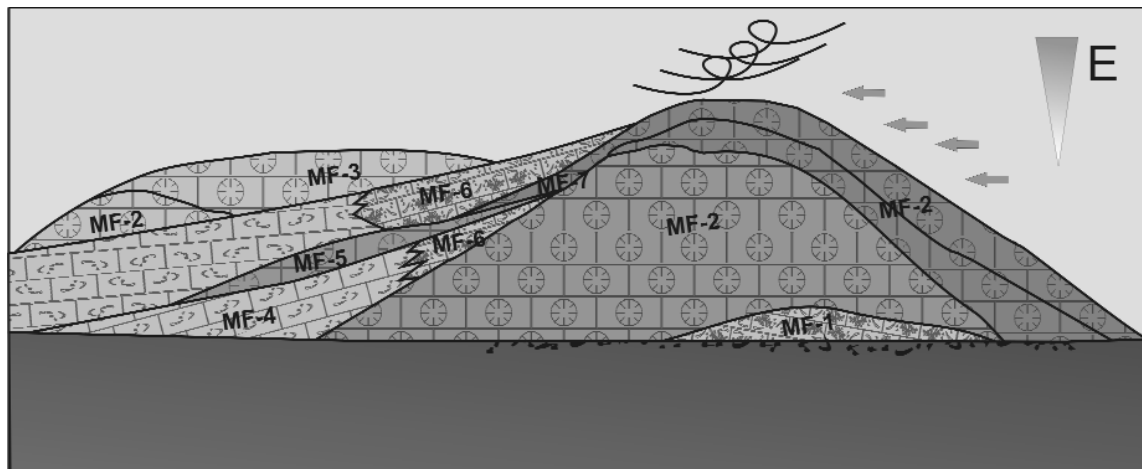


Figura 18.- Reconstrucción de la distribución de microfácies en el montículo de Las Ilces.
 Figure 18.- Reconstruction of the distribution of microfácies in the mound from Las Ilces.

tura entre las regiones polares y las ecuatoriales, extendiendo las condiciones de enfriamiento a latitudes bajas. Durante este periodo las bioconstrucciones calcáreas se caracterizan por poseer un gran variedad de organismos bioconstructores: *Chaetetes*, bereselláceas (*Beresella*, *Dvinella*, *Uraloporella*), paleosifonocladales (*Donezella*), ungdarelláceas (*Ungdarella/Komia*) y por las primeras algas filoides (*Archaeolithophyllum*). WAHLMAN (2002) divide las bioconstrucciones principales de este periodo en tres grandes grupos (o bancos): bancos de *Dvinella/Donezella* (ya que las agrupa dentro de las bereselláceas), bioconstrucciones de *Chaetetes* y bancos de *Komia*. Dentro de esta distinción, los montículos estudiados, se corresponderían con bancos de *Donezella*.

Según la paleobiogeografía para el Bashkiriense la zona Cantábrica estaría incluida dentro del Paleotethys, en un pequeño estrecho producido por el Orógeno Hercínico. Se han encontrado abundantes trabajos que describen asociaciones paleontológicas similares a las del montículo de Las Ilces, para edades coetáneas. Por un lado cabe destacar los numerosos afloramientos de la Zona Cantábrica de bancos de *Donezella*. Los afloramientos de la Sierra de Cuera (DELLA PORTA *et al.* 2002a; DELLA PORTA *et al.* 2002b y DELLA PORTA *et al.* 2003), de la Fm San Emiliano (RÁCZ, 1965 ; BOWMAN, 1979 y SAMANKASSOU, 2001); Fm Lois Ciguera (RÁCZ, 1965); de la Fm Valdeteja en el valle de Bernesga (RIDING, 1979), destacan también los montículos de Estados Unidos de esta edad

en Oklahoma (CHOH *et al.*, 2006); Idaho (GROVES, 1986); los afloramientos de plataformas carbonatadas en Texas (MAZZULLO, 1981, FREEMAN, 1964 y LAMBERT, 1986); Utah-Nevada (RICH, 1967, 1969) y Canadá (MAMET *et al.*, 1979). Por otra parte, también se han reconocido este tipo de asociaciones en Kazakstán (ZEMPOLICH *et al.*, 1999); en Tarim (China) (MAMET *et al.*, 2005) y en Jiangsu (China) (ZHOU *et al.*, 1986).

CONCLUSIONES

La sección de Las Ilces está formada por una sucesión de seis tramos calcáreos en los que destacan facies bioconstruidas de aspecto masivo en campo. En dichos tramos abundan las algas calcáreas, los corales, poríferos y foraminíferos bentónicos y cabe resaltar el aspecto lenticular de los tramos masivos.

Se ha realizado el análisis de microfácies de dicha sección, atendiendo a los componentes esqueléticos como no esqueléticos, la fábrica, la textura deposicional y a sus elementos diagenéticos característicos, con el fin de distinguir las microfácies características y de esta forma reconstruir la distribución espacio-temporal de las mismas.

El estudio taxonómico muestra una gran variedad de algas calcáreas, entre las más frecuentes encontramos, *Donezella*, *Beresella*, *Ungdarella*, *Komia*, *Petschoria* y *Anthracoporella*?. Entre los corales cabe resaltar el alto contenido de corales tabulados de la familia Syringoporidae y dentro de los rugosos destaca la presencia de *Caninostrotion*,

Semenophyllum y *Kionophyllum*. Por otro lado, es abundante el contenido en foraminíferos bentónicos destacando la asociación *Bradyina*, *Tetrataxis*, *Globivalvulina*, *Profusulinella*, *Pseudostaffella* y *Ozawainella*, característica en esta sección y una gran presencia de calcisfera *s.l.*

Se ha realizado un estudio de la frecuencia de aparición relativa de los componentes esqueléticos, con el fin de reconocer sus variaciones en las muestras estudiadas. Estas variaciones se han representado en histogramas, que han ayudado a la identificación de las microfácies.

A partir de los porcentajes de los componentes deposicionales se ha caracterizado el tipo de bioconstrucción, representando en un diagrama MEC los porcentajes de micrita, componentes esqueléticos y cementos/cavidades. De esta manera se obtuvieron los siguientes porcentajes: M: 78,34%, E: 20,14%, C: 1,52%, con lo cual se pudo situar la bioconstrucción dentro del campo de los montículos y muy próximo al campo de los parches arrecifales. Esto es debido a la gran representación de elementos esqueléticos soportantes que ocupan un alto volumen en la fracción esquelética de la bioconstrucción, como son los corales, los poríferos y en menor medida las algas calcáreas.

El estudio petrográfico, taxonómico y el análisis cuantitativo de los componentes han permitido reconocer un total de siete microfácies. Las microfácies identificadas son las siguientes: MF-1: *Wackestone* bioclástico con pequeñas masas de *Donezella* estabilizantes, MF-2: *Boundstone* de organismos estabilizadores y soportantes, MF-3: *Boundstone/Packstone* de intraclastos y peloides, MF-4: *Wackestone/Packstone* bioclástico, MF-5: *Boundstone/Packstone* de *Donezella*, MF-6: *Packstone* peloidal bioclástico, MF-7: *Mudstone/wackestone* de calcisferas y ostrácodos.

El estudio de las microfácies muestra un montículo primario (Tramo M, MF-1 y MF-2 y Tramo 4, MF-7 en zonas restringidas del montículo) que se desarrolla en las zonas más profundas de la sección, a partir de organismos colonizadores primarios (*Donezella*) que darán estabilidad a la estructura. El crecimiento del montículo se produce siempre en la zona fótica, sobre una plataforma media. A medida

que crece la estructura en la vertical, y las facies de núcleo se expanden (MF-5), la estructura va somerizando, sufriendo destrucciones parciales debido a tormentas, lo que produciría la formación de facies de talud (Tramos 1,3 y 5, MF-4 y MF-6). Durante el crecimiento en la vertical se produce un aumento de la subsidencia, lo que favorece la generación de una nueva estructura secundaria, más somera y protegida (como muestra el cambio de faunas característico de MF-3), afectada por breves episodios energéticos (Tramo 6, MF-2 y MF-3).

Se han encontrado abundantes bioconstrucciones con asociaciones paleontológicas similares a la sección de estudio en otras áreas geográficas. Destacan los montículos Bashkirienses de la Cordillera Cantábrica, tanto por su asociación paleontológica, como por sus bioconstructores principales. También se han descrito bioconstrucciones similares en Norteamérica (Oklahoma, Texas, Idaho, Utah-Nevada y Canadá), China (Tarim y Jianguo y Kazajstán).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la inestimable colaboración de Pedro Cózar Maldonado y Diego García Bellido de la Universidad Complutense de Madrid. Esta investigación se enmarca en el proyecto CGL2006-03085/BTE. Este estudio se ha beneficiado de los consejos y observaciones aportados por los Dres. Comas-Rengifo, Más Mayoral y Della Porta.

BIBLIOGRAFÍA

- BOWMAN, M.B.J. 1979. The depositional environments of a limestone unit from the San Emiliano Formation (Namurian/ Westphalian), Cantabrian Mts., NW Spain. *Sedimentary Geology*, **29**: 25-43.
- CHAFIKI, D., CANÉROT, J., SOUHEL, A., EL HARIRI, K. & TAJ EDDINE, K. 2004. The Sinemurian carbonate mud-mounds from central High Atlas (Morocco): stratigraphy, geometry, sedimentology and geodynamic patterns. *Journal of African Earth Sciences*, **39**: 337-346.
- CHOH, S.J. & KIRKLAND, B.L. 2006. Sedimentologic role of Microproblematica *Donezella* in a Lower Pennsylvanian *Donezella*-Siliceous sponge-dominated carbonate buildup, frontal Ouachita thrust belt, Oklahoma, USA. *Journal of Sedimentary Research*, **76**: 152-161.
- DELLA PORTA, G., KENTER, J. A. M., IMMENHAUSER, A., & BAHAMONDE J.R. 2002a. Lithofacies character and architecture across a Pennsylvanian inner-platform

- transect (Sierra de Cuera, Asturias, Spain). *Journal of Sedimentary Research*, **72**(6): 898-916.
- DELLA PORTA, G.; KENTER, J.A.M. & BAHAMONDE J.R. (2002b). Microfacies and Paleoenvironment of *Donezella* Accumulations across an Upper Carboniferous High-rising Carbonate Platform (Asturias, NW Spain). *Facies*, **46**: 149-168.
- DELLA PORTA, G., KENTER, J.A.M., BAHAMONDE, J.R., IMMENHAUSER, A. & VILLA, E., 2003. Microbial boundstone dominated carbonate slope (Upper Carboniferous, N Spain): microfacies, lithofacies distribution and stratal geometry. *Facies*, **49**: 175-208.
- DEVOLVÉ, J.J., HANSOTTE, M. & VACHARD, D. 1994. Biostratigraphy by foraminifera and algae of the Carboniferous deposits (uppermost Viséan-Serpukhovian) of the Arize Massif (Ariège, France). *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Paleontologie. Abhandlungen*. **192**(2): 183-201.
- ELLIOT, G. F. 1962. More microproblematica from the Middle East. *Micropaleontology*, **8**: 29-44.
- ELLIOTT, G.F. 1980. Revision of the microproblematicum *Prethocoprolithus* Elliot, 1962. *Bulletin of British Museum. Natural History. Geology Series*, **34**(4): 251-254.
- EMBRY, A.F. & KLOVAN, J.E. 1971. A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **19**(4): 705-724.
- FLÜGEL, E. 2004. Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. 976 pp. Springer. New York.
- FREEMAN, T. 1964. Algal Limestone of the Marble Falls Formation (Lower Pennsylvanian), Central Texas. *The Geological Society of America bulletin*, **75**: 669-676
- GROVES, J.R. 1986. Calcareous algae and associated microfossils from Mid-Carboniferous rocks in east-central Idaho. *Journal of Paleontology*, **60**: (2): 476-496.
- LAMBERT, L.L. 1986. Growth habitat of the microproblematic genus *Donezella* in the middle Magdalena, Hueco Mountains, West Texas. *Geological Society of America. Abstracts with Programs*, Section, 35th annual meeting; South-central Section, 20th annual meeting, Memphis: 250-251.
- MAAS, K. 1974. The geology of Liebana, Cantabrian Mountains, Spain; deposition and deformation in a flysch area. *Leidse Geologische Mededelingen*, **49**(3): 379-465.
- MAMET, B. 1991. Carboniferous Calcareous Algae. En: RIDING, R. (ed.): *Calcareous Algae and Stromatolites*. pp. 370-451. Springer. Berlin.
- MAMET, B., NASSICHUK, W. & ROUX, A. 1979. Algues et stratigraphie du Paleozoique superieur del' Arctique Canadien. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*. **3**(2): 669-683.
- MAMET, B. & ZHU, Z. 2005. Carboniferous and Permian algal microflora, Tarim Basin (China). *Geologica Belgica*, **8**: 1-2, 3-13.
- MARTÍNEZ GARCÍA, E. 1981. El Paleozoico de la Zona Cantábrica Oriental (Noroeste de España). *Trabajos de Geología*, **11**: 95-127.
- MAZZULLO S.J. 1981. Facies and burial diagenesis of a carbonate reservoir: Chapman Deep (Atoka) Field, Delaware Basin. Texas. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, **65**(5):850-865.
- OLIVIER, N., PITTET, B., WENER, W., HANTZPERGUE, P. & GAILLAR, C. 2008. Facies distribution and coral-microbialite reef development on a low-energy carbonate ramp (Chay Peninsula, Kimmeridgian, western France). *Sedimentary Geology*, **205**: 14-33.
- RÁCZ, L. 1964. Carboniferous calcareous algae and their associations in the San Emilian and Lois-Ciguera Formations (Prov. León NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, **31**: 1-112.
- Rich, M. 1967. *Donezella* and *Dvinella*, widespread algae in lower and middle Pennsylvanian rocks in east-central Nevada and west-central Utah. *Journal of Paleontology*, **41**(4): 973-980
- RICH, M. 1969. Petrographic analysis of Atokan carbonate rocks in central and southern Great Basin. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, **53**(2): 340-366.
- RIDING, R. 1979. *Donezella* bioherms in the Carboniferous of the Southern Cantabrian Mountains, Spain. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, **3**, 2, 787-794.
- RIDING, R. 2002. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories. *Earth-Science Reviews*, **58**: 163-231.
- RODRÍGUEZ, S. 1984. Corales rugosos del Carbonífero del este de Asturias. 528 pp. Tesis doctoral Facultad de CC. Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L.R., HEREDIA, N. & NAVARRO, D. 1992. Hoja del Mapa Geológico de España E. 1/50.000 n° 81 (Potes). 2ª Serie MAGNA-Primera edición, ITGE.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L., AGUEDA, J., COLMENERO, J.R. & GARCÍA-RAMOS, J.C. 1983. Evolución sedimentaria del Carbonífero superior en la zona de La Liebana (Cantabria). In: *Congreso Nacional de Sedimentología*; 10. OBRADOR, A. Eds. pp. 5.35-5.37. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- SAMANKASSOU, E. 2001. Internal structure and depositional environment of Late Carboniferous mounds from the San Emiliano Formation, Cármenes Syncline, Cantabrian Mountains, Northern Spain. *Sedimentary Geology*, **145**: 235-252.
- WALHMAN, G.P. 2002. Upper Carboniferous – Lower Permian (Bashkirian-Kungarian) mounds and reefs. En: Phanerozoic reef patterns (Ed: W. Kiessling, E. Flügel y J. Golonka), *SEPM special publication*, **72**: 271-338. WARNKE, K. (1995). Calcification Processes of Siliceous Sponges in Viséan Limestones (Counties Sligo and Leitrim, Northwestern Ireland). *Facies*, **33**: 215-227.
- WARNKE, K. 1995. Calcification Processes of Siliceous Sponges in Viséan Limestones (Counties Sligo and Leitrim, Northwestern Ireland). *Facies*, **33**: 215-227.
- ZEMPOLICH, W.G., COOK, H. E., ZHEMCHUZHNIKOV, V. G & ZORIN, A. Y. 1999. Stratigraphic architecture and diagenesis of middle to late Paleozoic reefs and mounds of the Bolshoi Karatau Mountains, Kazakstan and the Southern Urals, Russia; an exam-

ple of biotic demise and recovery. *Annual Meeting Expanded Abstracts - American Association of Petroleum Geologists*, 1999. 158 pp.

ZHOU, Z.C. & FLÜGEL, E. 1986. Carbonate Ramp

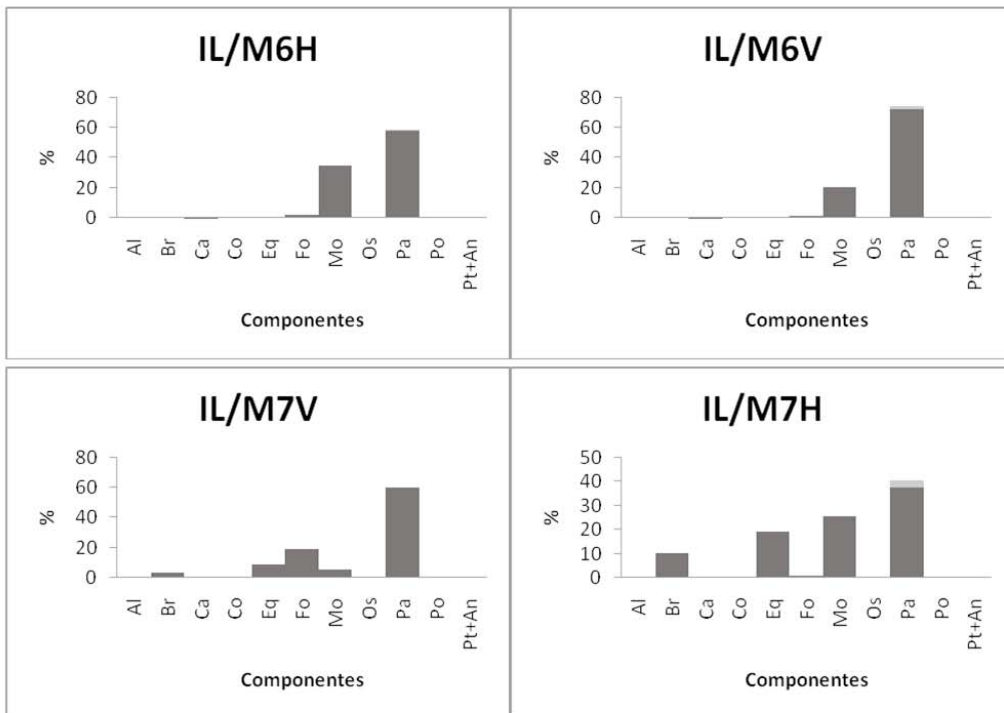
Deposition: Middle to Upper Carboniferous Microfacies of Eastern Anhui and Southern Jiangsu, China. *Facies*, **14**: 201-234.

Manuscrito recibido el 28 de octubre de 2009

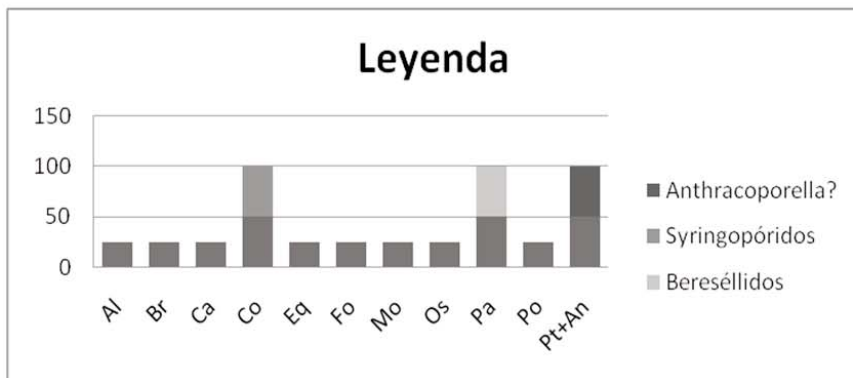
Manuscrito aceptado el 28 de enero de 2010

ANEXO

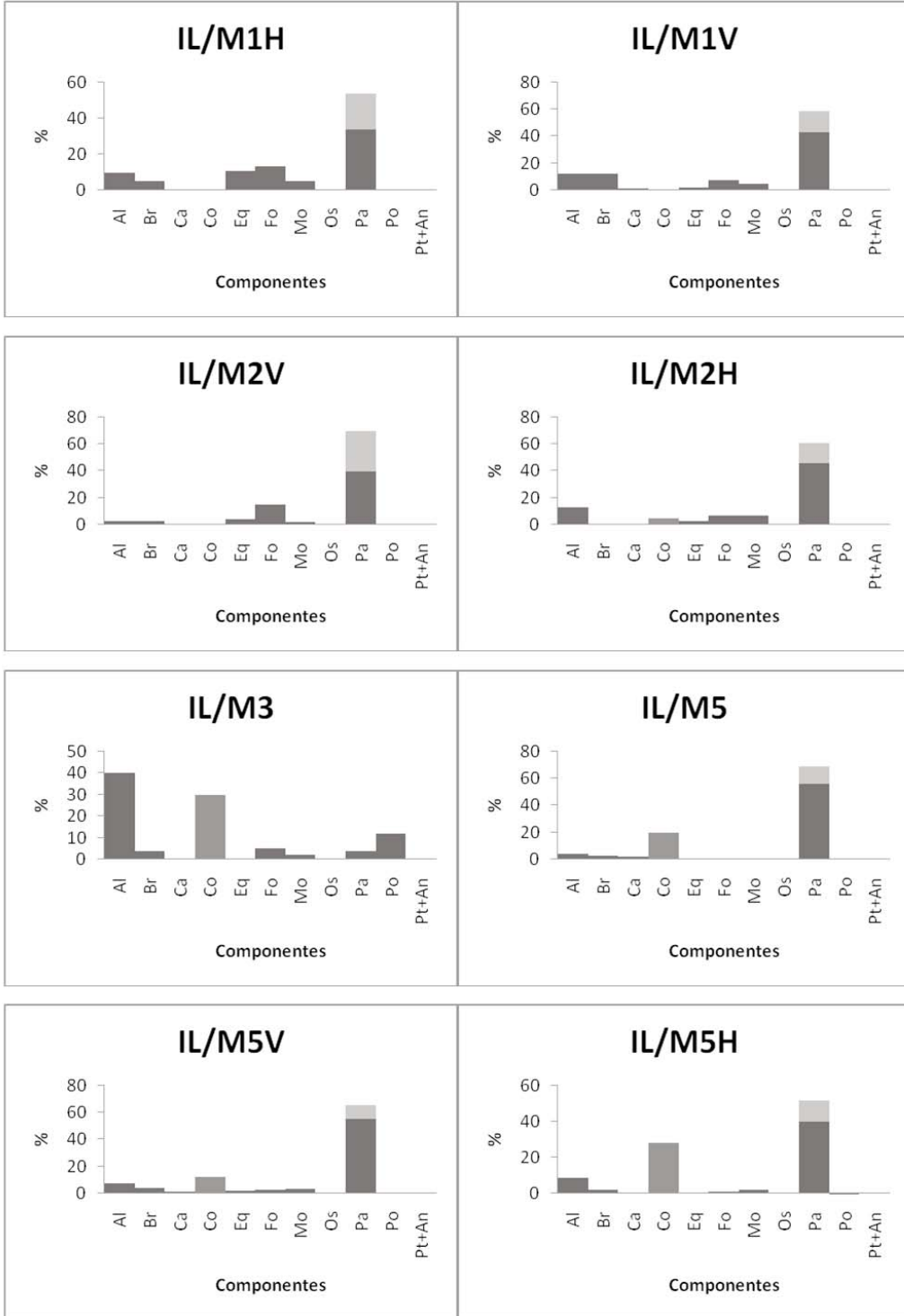
MF-1: Microfacies 1

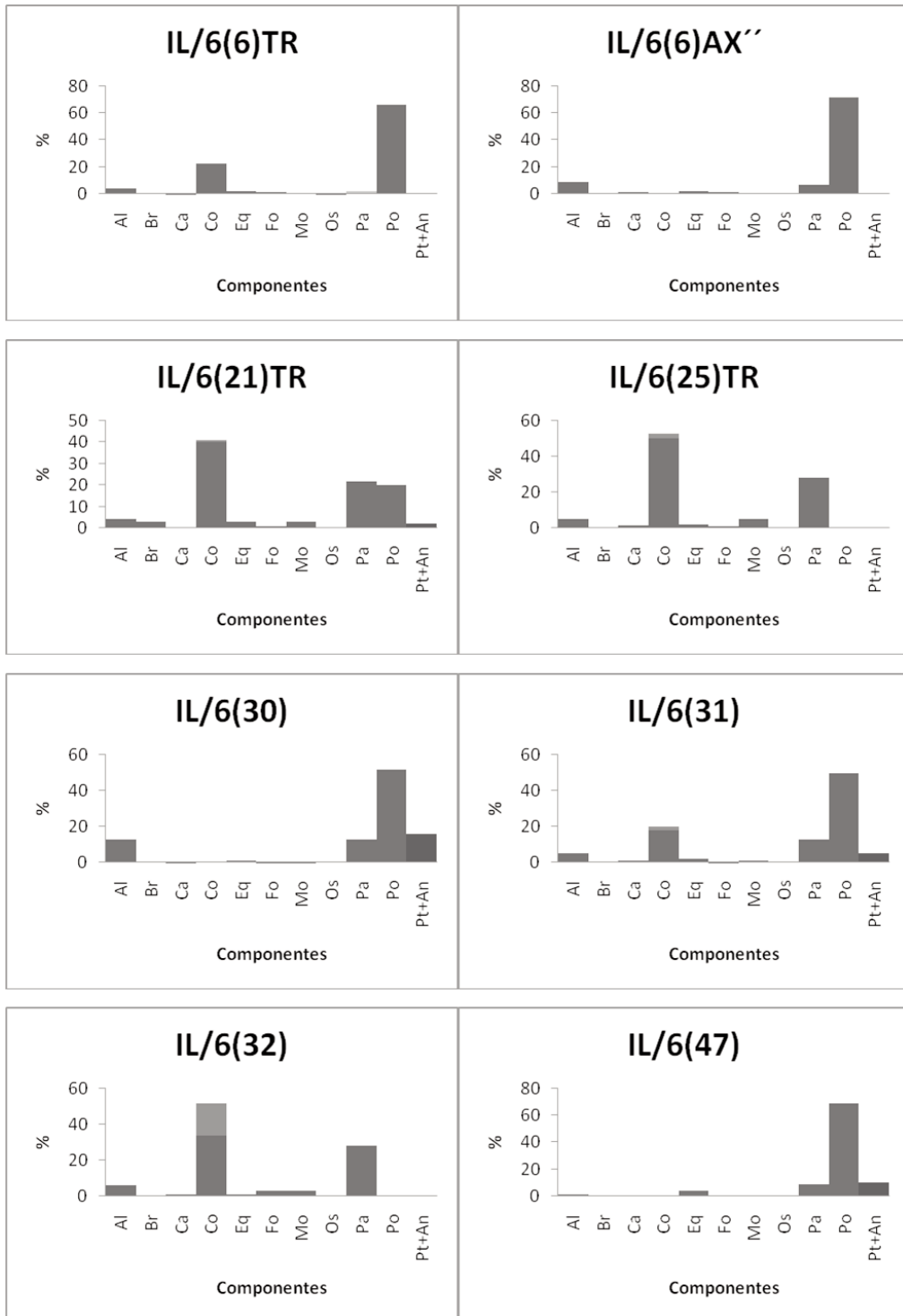


Sigla	Componente
Al	Algospongia s.l.
Br	Braquiópodos
Ca	Calcisphaeras s.l.
Co	Corales
Eq	Equinodermos
Fo	Foraminíferos
Mo	Moluscos
Os	Ostrácodos
Pa	Paleosiphonocladales
Po	Poríferos
Pt+An	Petchoria-Anthracoporella

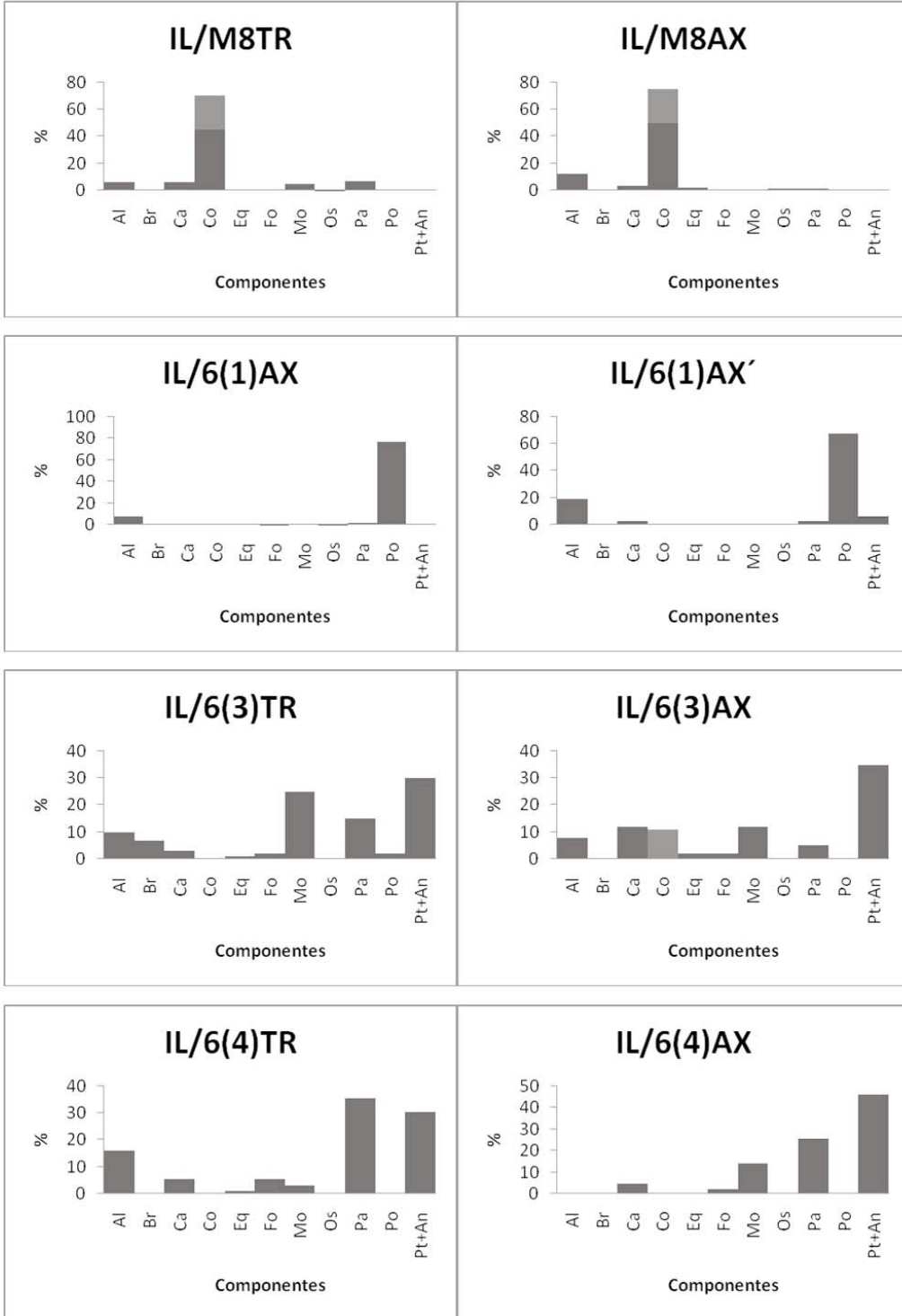


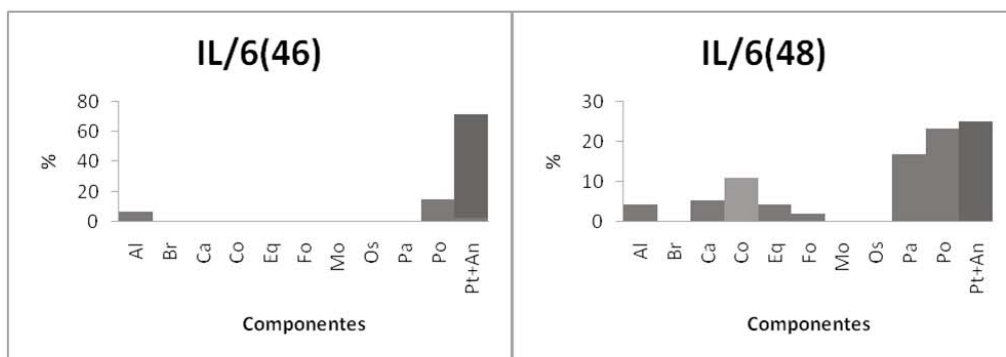
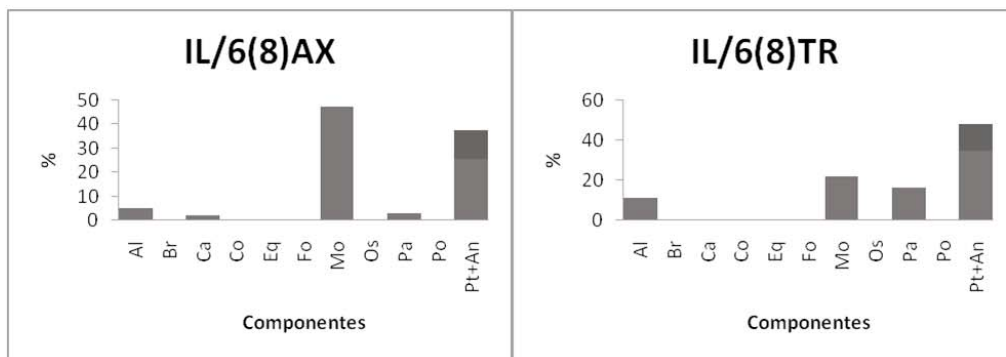
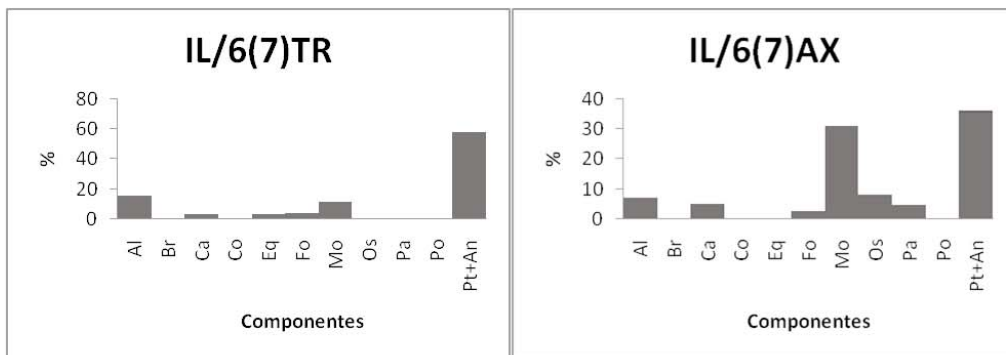
MF-2: Microfácies 2



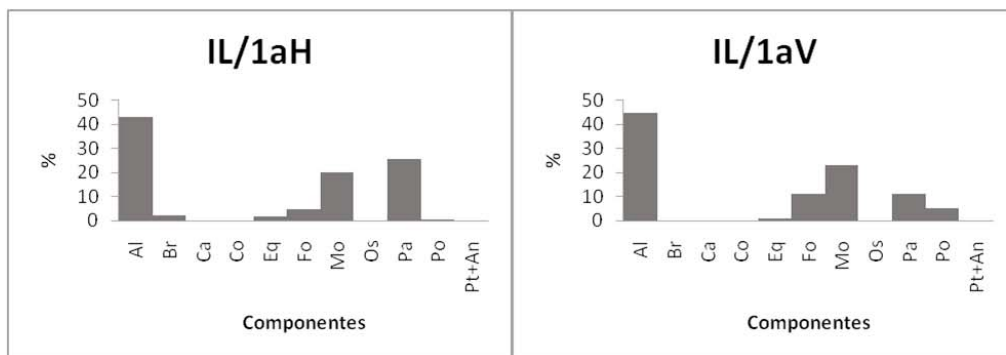


MF-3: Microfácies 3

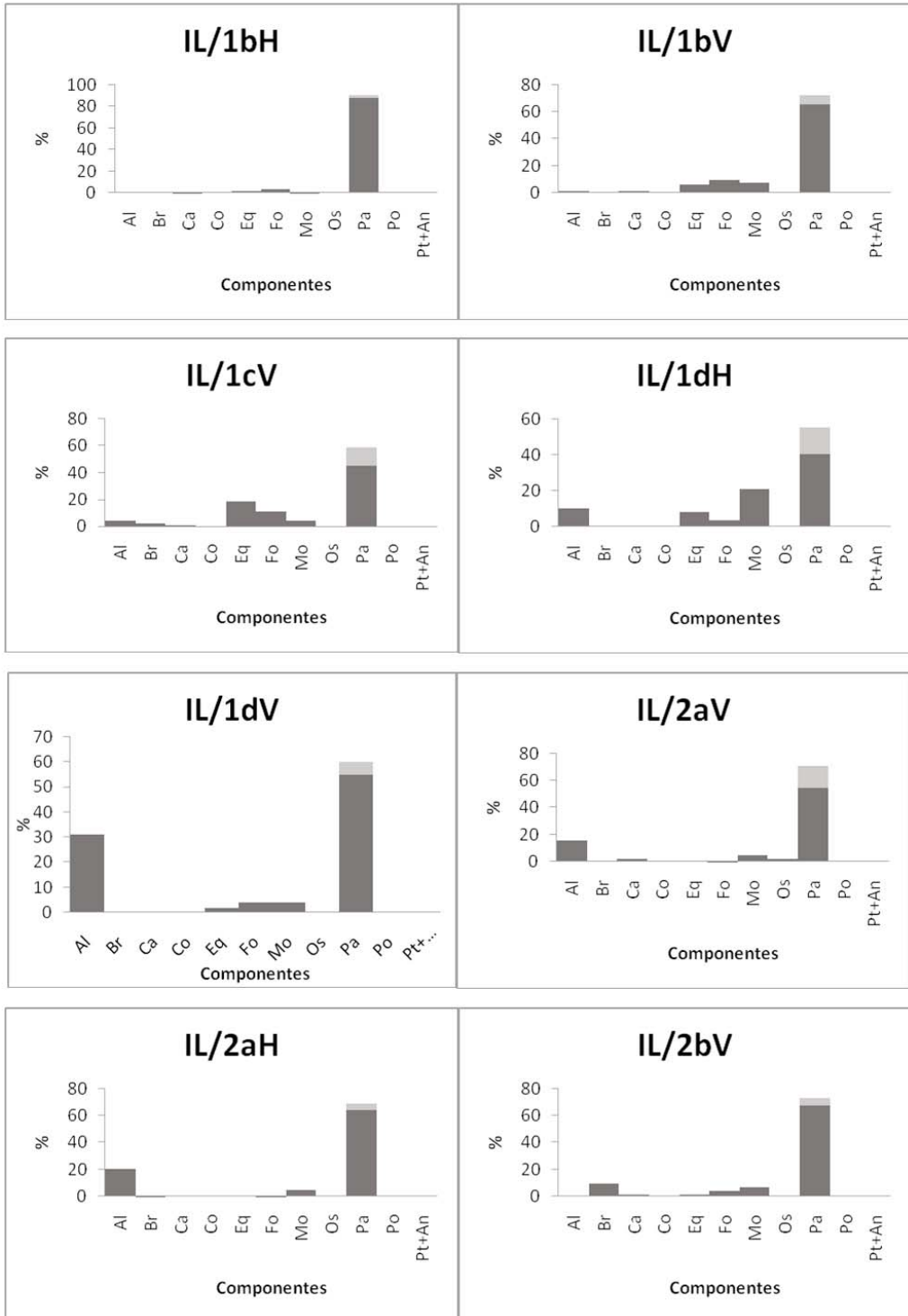


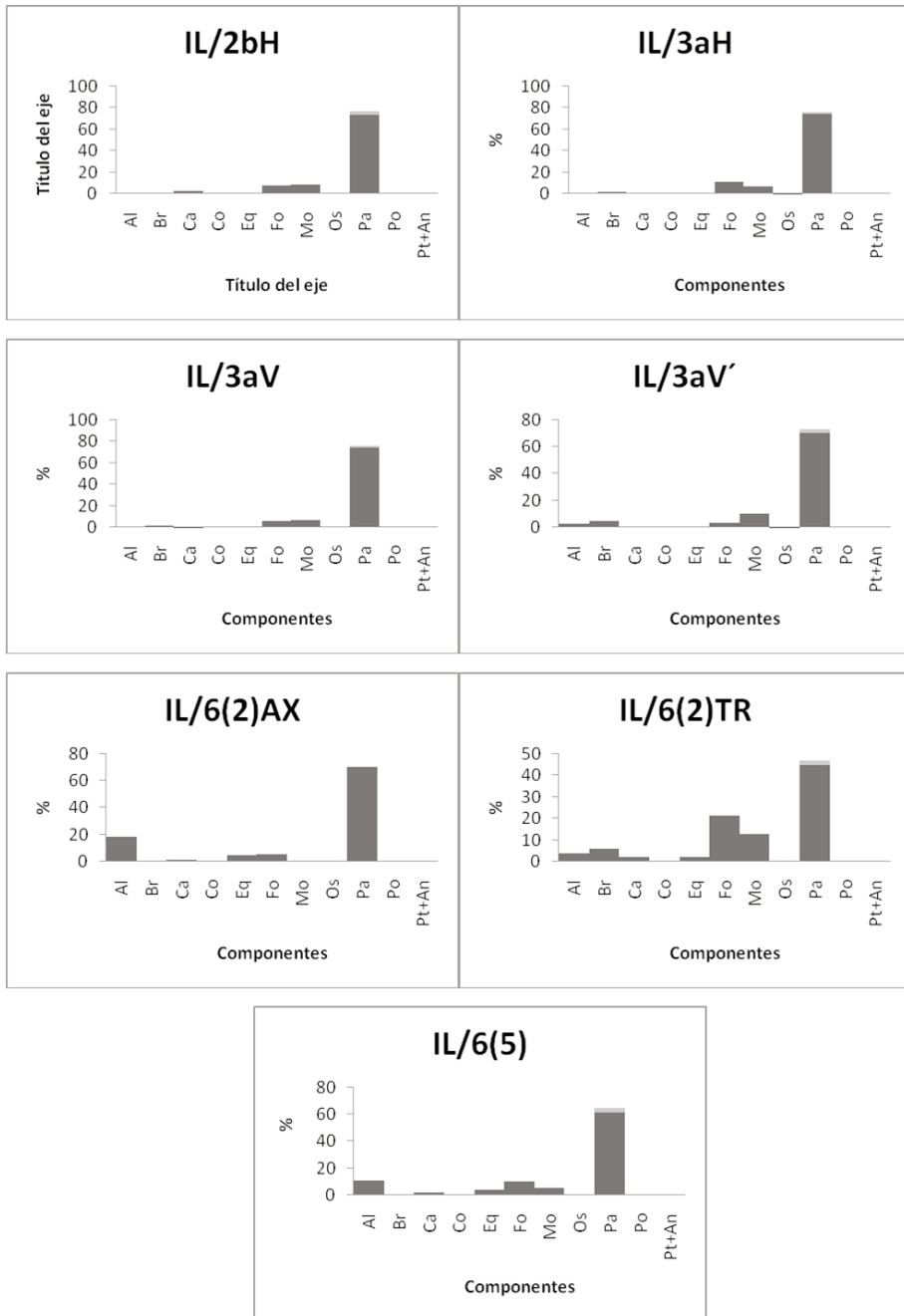


MF-4: Microfacies 4

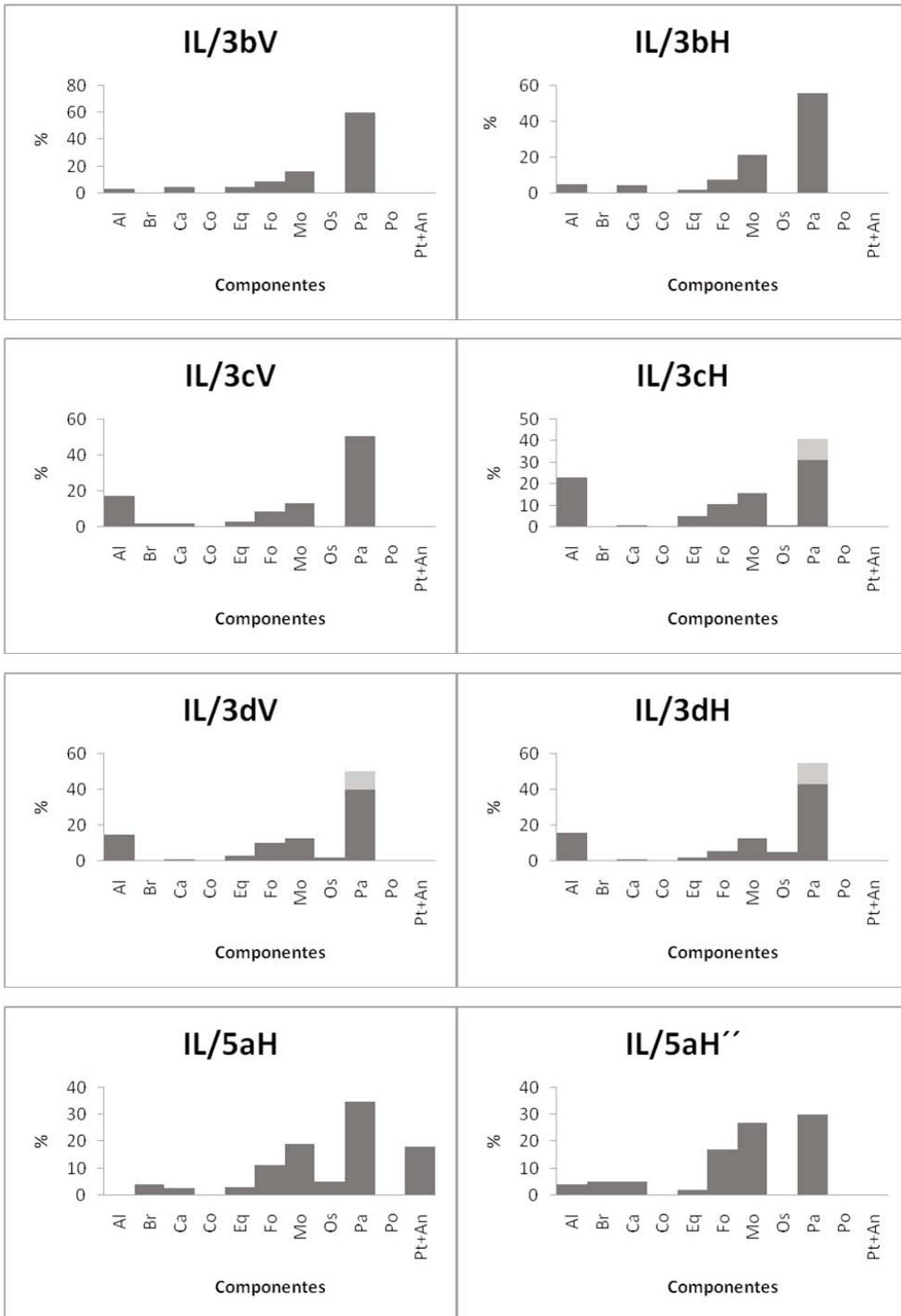


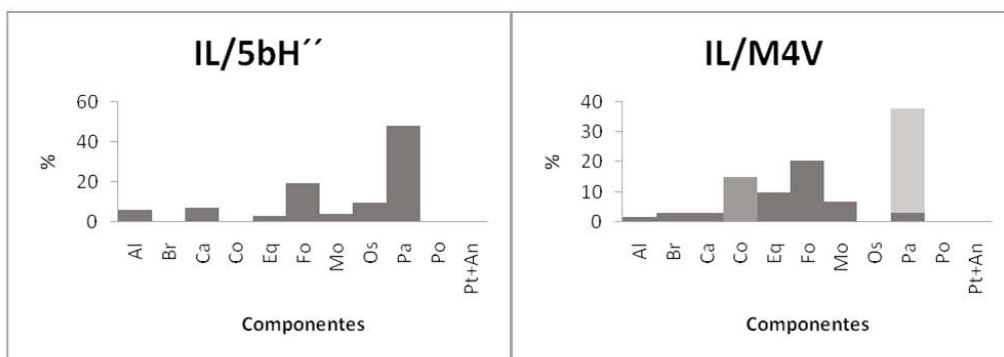
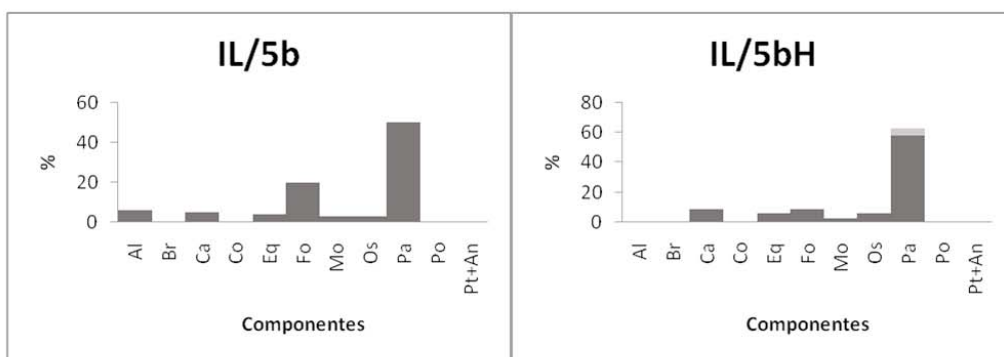
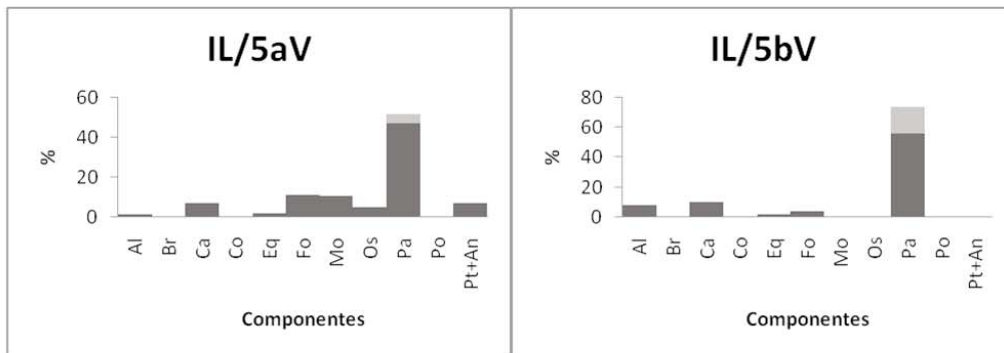
MF-5: Microfacies 5





MF-6: Microfácies 6





MF-7: Microfacies 7

