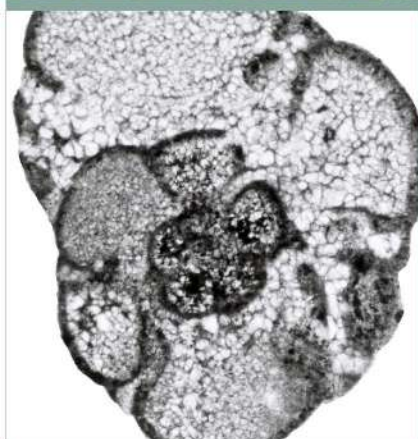




**XXIX Jornadas
Sociedad Española
de Paleontología**
**La Paleontología
del Paleozoico**



Córdoba 2-5 de octubre 2013
Real Jardín Botánico de Córdoba

XXIX Jornadas de Paleontología

“La Paleontología del Paleozoico”

y Simposio del Proyecto PICG 596

Córdoba, 2 a 5 de octubre de 2013

Organizado por:

Centro Paleobotánico, Real Jardín Botánico de Córdoba
Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid
Sociedad Española de Paleontología

Con la colaboración de:

Ayuntamiento de Córdoba
Delegación de Agricultura y Medio Ambiente, Diputación de Córdoba
Programa Internacional de Correlación Geológica (IUGS, UNESCO)

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente:

Roberto Wagner (Real Jardín Botánico Córdoba)

Secretaria:

Carmen Álvarez Vázquez (Real Jardín Botánico Córdoba)

Vocales:

Sergio Rodríguez (Universidad Complutense Madrid)

John Knight (Derbyshire, Inglaterra)

Inmaculada López Rodríguez (Real Jardín Botánico Córdoba)

Elena Moreno Barroso (Real Jardín Botánico Córdoba)

Juan Antonio Madueño Trujillo (Real Jardín Botánico de Córdoba)

Elena Moreno Eiris (Universidad Complutense Madrid)

Antonio Perejón (Universidad Complutense Madrid)

Coordinadores Excursión Pre-Congreso:

Elena Moreno Eiris (Universidad Complutense Madrid)

Silvia Menéndez (IGME)

Antonio Perejón (Universidad Complutense Madrid)

Coordinadores Excursión Post-Congreso:

Sergio Rodríguez (Universidad Complutense Madrid)

Roberto Wagner (Real Jardín Botánico Córdoba)

Carmen Álvarez Vázquez (Real Jardín Botánico Córdoba)

Pedro Cózar (Universidad Complutense Madrid)

Ismael Coronado (Universidad Complutense Madrid)

Excursión pre-congreso

El Cerro de las Ermitas y su excepcional registro de arqueociatos

E. Moreno-Eiris¹, S. Menéndez² & A. Perejón¹

¹Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, c/ José Antonio Novais, 12, 28040 Madrid. eiris@ucm.es; aparqueo@ucm.es

²Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, c/ Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid. s.menendez@igme.es.

Introducción

La Sierra de Córdoba constituye un paraje único para aquéllos que se deleitan y entusiasman contemplando la naturaleza. Si al disfrutar de estos parajes enfocamos nuestra atención al análisis de aquellos elementos que conforman el paisaje podemos llegar a conocer mejor la historia no sólo antrópica, sino aquella que nos relata los procesos que se han sucedido a lo largo de más de 550 millones de años.

La sabiduría y el conocimiento de las rocas que se encontraban en su entorno, determinó que los cordobeses romanizados eligieran para esculpir sus estatuas y construir sus templos, entre otros materiales, las calizas cámbricas fosilíferas de la Sierra de Córdoba. Buena prueba de ello son los numerosos sillares columnas y estelas con inscripciones que se guardan en el Museo Arqueológico de la ciudad. Entre ellas queremos destacar el Cipo nº 43 que dice lo siguiente: *A la memoria de Domicio Isquilino. Maestro de Griego en el Siglo III después de Cristo, con motivo de cumplir cien años.*

Posteriormente los musulmanes cordobeses emplean también las calizas cámbricas de la Sierra para tallar las columnas de la Mezquita Alhama, sobre todo las que se utilizan en la ampliación de Almanzor (987-990).

Posiblemente durante toda la Edad Media se mantuvo el interés por las rocas de la Sierra de Córdoba, tanto por su valor ornamental como por su importancia minera, pero los datos se encuentran dispersos y son difíciles de espigar en libros y documentos que tratan de temas muy diversos.

A finales del Siglo XVIII y durante la primera mitad del XIX se despertó el interés por la Historia Natural y con motivo de ello nuestro país, bajo los auspicios de los Reyes, fue recorrido por naturalistas y mineros que publicaron sus observaciones sobre la gea, flora y fauna de la Península. Algunos de estos viajeros llegaron hasta Sierra Morena y pasaron por Córdoba.

Guillermo Bowles (1720-1780), jurista y naturalista irlandés fue contratado por Antonio de Ulloa (1716-1795) para reconocer las minas de nuestro país y mejorar las técnicas de las de Almadén, destruidas por un incendio. Con este cometido viene a España en 1753 y realiza numerosas expediciones por nuestro país, en las que recoge gran cantidad de datos que reseña en su obra *Introducción a la Historia Natural, y a la Geografía Física de España*, publicada en 1775. En el capítulo titulado “Viage desde Granada por Loxa, Ecija, Córdoba y Andujar” escribe que “Las más de las canteras de donde se sacaron [las columnas de la Mezquita], están en las montañas vecinas; y me aseguraron que también había canteras de pórfido, pero yo no las vi.” (Bowles, 1775). El viajero no se interesó en visitar las canteras de la Sierra, ni tampoco subió al Cerro de las Ermitas.

El ingeniero de minas y sociólogo francés Frédéric Le Play (1806-1882) realiza un viaje de tres meses por España y publica, en 1834, un detallado informe sobre sus investigaciones con el primer mapa geológico de la región titulado *Observations sur l'Histoire Naturelle, et sur la richesse minérale de l'Espagne..* En el capítulo titulado “Observations sur l'Extremadure et le

nord de l'Andalousie, et essai d'une carte geologique de cette contrée", describe la topografía, los yacimientos minerales y los tipos de terrenos de esta área geográfica. Define las rocas antiguas que afloran al norte de Córdoba dentro de los "Terrenos estratificados" como micaesquistos de segundo tipo, sobre los que se disponen los "Terrenos de transición", formados por esquistos talcosos y arcillosos, filadíos, cuarcita, grauvaca y calizas. Se refiere a las calizas que afloran en las partes altas de las sierras que se dirigen de SE a NO, de Guadalcanal a Llerena y menciona las importantes minas de plata de Guadalcanal (Sevilla) y los yacimientos de galena de San Calixto (Córdoba). El trabajo incluye un dibujo de la campiña y la Sierra, con el camino de subida a las Ermitas, un corte geológico desde Almaraz a Córdoba y el mapa geológico en el que aparecen coloreadas de verde las formaciones que afloran al norte de Córdoba, que clasifica como "Terrenos de transición". Pero Le Play no aporta datos más precisos en cuanto a las rocas que forman estos "Terrenos" ni a ninguna localidad de interés. (Le Play, 1834).

El primer naturalista español que se interesa por la geología de la provincia de Córdoba en su conjunto y recorre gran parte de la misma es Fernando Amor y Mayor (1823?-1863), catedrático de Historia Natural del Instituto de Córdoba desde 1847 hasta 1862. En sus salidas de campo recoge numerosos "objetos naturales" y en 1851 remite al Museo de Ciencias Naturales de Madrid una colección de la provincia recolectada el año anterior. Entre los ejemplares de rocas procedentes de los "terrenos metamórficos del término de Córdoba", del correspondiente al número 66 dice lo siguiente: "Pórfido de la Cuesta de la Traición (en este mismo cerro se halla la roca verde de Córdoba)", roca verde que, en nuestra opinión, se correspondería con las calizas y pizarras verdosas cámbricas con arqueociatos que afloran en el Cerro de las Ermitas, que suponemos debió recorrer muchas veces Amor, herborizando y recolectando insectos. "Roca verde de Córdoba" que no envió nunca al Museo ni tampoco menciona en su trabajo sobre la geología de la provincia (Amor, 1860; Perejón, 2012).

Fernando Amor (1860), publica en varias entregas unos *Ligeros apuntes...* en los que describe los terrenos de la provincia de Córdoba dividiéndolos en *modernos, terciarios, cretáceos, jurásicos, carboníferos, metamórficos, plutónicos y volcánicos*, aunque en el desarrollo del texto incluye también los *terrenos triásicos, devonianos, silurianos e ígneos*. Cuando habla de los terrenos devonianos y silurianos incluye en ellos las pizarras que afloran desde la Sierra de los Santos al Puerto del Calatraveño hasta el Cerro de Torre Arboles. Añade que en estos inmensos pizarrales se encuentran los *informes trilovites, pequeños crustáceos próximos a nuestros cangrejos y primer rasgo de la organización animal que el omnipotente dedo de Dios trazara sobre la turbulenta superficie de aquellos ardientes mares*. Dentro de los terrenos metamórficos incluye las pizarras antiguas y calizas de aspecto marmóreo que afloran de San Calixto a Hornachuelos por la cañada del Bembézar. Calizas y pizarras que por su contenido paleontológico corresponden, en su mayoría, al Cámbrico.

Lucas Mallada y Pueyo (1841-1921) en su trabajo de síntesis geológica sobre la provincia de Córdoba publicado en 1880, utiliza criterios estratigráficos y petrológicos para atribuir, por primera vez al Cámbrico, los afloramientos de pizarras nodulosas, grauwakas pizarreñas y calizas grises, veteadas y jabalunas de la provincia, que se extienden desde Villaviciosa hasta el Guadalquivir y que forman parte de las elevaciones de la Sierra cordobesa. Cuando Mallada se refiere a las rocas que afloran en el cauce del río Retortillo, al oeste de San Calixto y Hornachuelos, escribe: "hacia las márgenes del río Guadilora se intercalan bancos de grauwackas acompañadas de talcitas arcillosas, entre las cuales á su vez se encuentran otros de calizas, prolongación de las de *Archaeocyathus* de Guadalcanal y Malcocinado, y todas estas rocas, alineadas al S.E., continúan hasta el Bembézar" (Mallada, 1880: 19), lo que nos demuestra que Mallada conocía muy bien la estructura geológica general del terreno que pisaba y su registro paleontológico.

En el otoño de 1899 Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan (1872-1965) se incorpora como catedrático de Historia Natural y Fisiología e Higiene al Instituto de Enseñanza secundaria de Córdoba, plaza que había obtenido por oposición en mayo del mismo año. Por su formación como naturalista, práctico y de campo, imprime nuevos aires docentes a la enseñanza de la Historia Natural en el Instituto, potenciando las clases prácticas y las salidas de campo.

Uno de los resultados más relevantes de las numerosas excursiones de Hernández-Pacheco por la Sierra de Córdoba fue el descubrimiento del yacimiento de arqueociatos del Cerro de las Ermitas, al norte de la capital. Del material inicialmente colectado envía algunos ejemplares a Lucas Mallada, paleontólogo de la Comisión del Mapa Geológico, que le confirma que se trataba de arqueociatos, semejantes a los encontrados por Macpherson. Con este aval científico da noticia del hallazgo, por primera vez, en 1902, en el capítulo relativo al “Terreno Cámbrico extremeño y sus principales yacimientos minerales”, de la serie de trabajos “Apuntes de geología extremeña” [Hernández-Pacheco, 1902(4): 54]. Realiza a continuación importantes colectas de arqueociatos, de las que envía al Museo de Ciencias Naturales 172 ejemplares, desde 1906 hasta 1910, todos ellos procedentes de las Ermitas. (Perejón, 2013).

Sin embargo Hernández-Pacheco no publica un avance del estudio de los arqueociatos que estaba realizando hasta 1917, durante su intervención en el Congreso de Sevilla de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, en el que también destaca las dificultades que le impidieron realizar este trabajo durante su estancia en Córdoba (Hernández-Pacheco, 1917). Al año siguiente publica en francés, en la revista de la Academia de Ciencias de París, dos trabajos sobre la Sierra de Córdoba, uno sobre el Cámbrico y otro sobre los arqueociatos (Hernández-Pacheco, 1918 a, b). En estos dos trabajos sucesivos sobre los arqueociatos de las Ermitas describe, en español y francés, pero no figura, las especies nuevas *Archaeocyathus Navarroii* y *Dictyocyathus Sampelayanus*.

A partir de estas publicaciones el Cerro de las Ermitas de Córdoba figura en la literatura geológica entre los yacimientos excepcionales de arqueociatos del Cámbrico de Europa occidental. De acuerdo con este interés paleontológico, los organizadores de la XIV Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en Madrid en la primavera de 1926, decidieron que las excursiones A4 y A5, rindieran visita a las Ermitas de Córdoba. Primero se realiza la A5 “Sierras Béticas”, dirigida por los naturalistas Juan Carandel (1893-1937), Federico Gómez Lluca (1889-1960) y Eduardo Hernández-Pacheco y los ingenieros de Minas Antonio Carbonell (1885-1947) y Pedro de Novo (1884-1953), pernoctando los congresistas del 11 al 14 de mayo en Córdoba. Dos días después llegan a Córdoba los participantes en la excursión A4 “Estudio tectónico del valle del Guadalquivir” dirigida por Antonio Carbonell, que pernoctan en la ciudad todos los días de la misma, del 16 al 20 de mayo.

La visita a las Ermitas se realiza en ambas excursiones con el mismo itinerario. Los días 12 de mayo en la A5 y 18 de mayo en la A4. Subieron en automóvil por la carretera de Córdoba a Villaviciosa y comieron en el Lagar de Lo Pardo. Después fueron por la carretera de las Ermitas donde los congresistas recogieron importantes colecciones de arqueociatos, visitaron la ermita de Nuestra Sra. de Belén y el “Sillón del Obispo” y descendieron a pie por la “Cuesta de los Pobres”, donde también recogieron numerosos ejemplares, además de muestras de rocas hipogénicas. Continuaron el descenso por el Camino Viejo de las Ermitas hasta la Arruzafa, Huerta del Melero, Huerta de los Arcos y Cañito Bazán, desde donde volvieron a Córdoba en automóvil (Anónimo, 1927).

También con motivo de dicho Congreso Geológico Internacional, Eduardo Hernández-Pacheco escribe el libro *La Sierra Morena y la llanura Bética (Síntesis geológica)* en el que incluye el “Corte geológico de la llanura del Guadalquivir y del borde frontal de Sierra Morena en Córdoba” sección que hace pasar por el Cerro de las Ermitas y que es el primer corte

geológico de conjunto que se publica de esta parte de la provincia de Córdoba (Hernández-Pacheco, 1926).

Rudolf Richter (1881-1957) Profesor de Geología y Paleontología de la Universidad de Frankfurt, asiste al Congreso de 1926 formando parte de la Delegación alemana en representación del Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, pero no pudo participar en ninguna de las excursiones, A4 y A5, que visitaron el Cerro de las Ermitas. Dado su interés por visitarla, unas semanas más tarde lo hizo en compañía de Antonio Carbonell. Ambos realizan un reconocimiento de las pizarras asociadas a las calizas con arqueociatos y en ellas encuentran un Crustáceo Filocárido, que tras su estudio denominan *Isoxys carbonelli* n. sp., dedicando la especie a Carbonell para “darle las gracias por la amabilidad con que él nos ha acogido durante la excursión por Sierra Morena” (Richter, R. & E. 1927).

Antonio Carbonell y Trillo Figueroa, cordobés e ingeniero de minas, conocedor y estudioso entusiasta de la infraestructura geológica de la provincia de Córdoba, publicó numerosos trabajos, entre ellos varios sobre los materiales cámbricos. En su deambular por la serranía cordobesa descubriría numerosos yacimientos de arqueociatos (1926), que después utilizó para la elaboración de sus hipótesis tectónicas. Fue el promotor de la Cámara Oficial Minera de Córdoba así como de su *Boletín*.

Carbonell publica en 1929 los resultados de sus nuevas investigaciones sobre las calizas espáticas del Arroyo Pedroche, cuyos fósiles interpreta sin ninguna duda como arqueociatos, lo que le permite asignar de nuevo al Cámbrico estos afloramientos, que en 1928 él había adscrito al Devónico y Carbonífero. Compara las actuales diferencias topográficas de nivel entre los yacimientos de arqueociatos y deduce el desplazamiento de la falla del Guadalquivir en Córdoba, que está integrada “por una serie de fallas paralelas y secantes, dos de las cuales quedan allí bien visibles, la de Medina Azahara-La Balanzona y la del Arroyo de Pedroches-Cuesta de la Lancha”.

Durante 1930 Carbonell estudia y publica una serie de trabajos sobre las canteras de caliza del Majanillo, por donde discurre el Arroyo Pedroche, y las de Mirabueno, con objeto de determinar sus posibilidades como materia prima para la fabricación de cemento. Para ello elabora un mapa muy detallado de las direcciones y buzamientos de todos los niveles carbonáticos aflorante y analiza su composición química.

En 1940 Carbonell publica una relación de nuevos yacimientos de arqueociatos, ubicados en los afloramientos de calizas que se encuentran a unos 10 km al norte del Cerro de Las Ermitas, en el término de Villaviciosa, situados en La Tejera, Piedra Bejera y Molino Mezquitillas.

Como hemos indicado con anterioridad, tras su descubrimiento, Eduardo Hernández-Pacheco había enviado una colección de arqueociatos a Lucas Mallada, que éste debió incorporar a las colecciones del Instituto Geológico (Perejón, 2013). Esta colección que puede considerarse la primera de arqueociatos depositada en un Museo por su descubridor, se conserva en la actualidad en el Museo Geominero y fue estudiada y publicada, en dos ocasiones, por Primitivo Hernández Sampelayo (1880-1959), asignando los ejemplares a trece especies de los géneros *Dictyocyathus* y *Archaeocyathus* (Hernández Sampelayo, 1933, 1935).

A partir del Congreso Geológico Internacional de 1926, se despierta el interés de los geólogos alemanes por el estudio del Cerro de las Ermitas. El Prof. Richter que, como ya hemos indicado conocía la localidad, encarga a su alumno Wilhelm Simon el estudio de los arqueociatos que él había recogido en su visita del año 1926. Para completar su trabajo Simon trabaja en plena guerra civil en las Ermitas de Córdoba y en otras localidades de Sierra Morena, bajo la supervisión de Frank Lotze (1903-1971), entonces geólogo-jefe de la empresa Montana S.A. Como resultado de esta investigación Simon publica un trabajo que presenta dos facetas de singular relevancia.

Por un lado constituye una importante monografía sobre la sistemática de los arqueociatos, en la que propone una nueva interpretación de las estructuras de su esqueleto y como consecuencia la reestructuración de las categorías sistemáticas de su clasificación. Por otro, es la primera vez que se levanta una sección estratigráfica detallada de las capas con arqueociatos del Cerro de las Ermitas, en la que distingue doce capas, siendo la número tres muy rica en fósiles. Esta sección la incluye en su trabajo y está firmada con las iniciales de su nombre W.S. el día 1 de abril de 1938. En la parte sistemática del trabajo describe once especies de arqueociatos incluidas en seis géneros, uno de ellos nuevo, *Beticocyathus*. Todos los taxones nuevos, excepto uno, llevan nombres relacionados con Andalucía: *Beticocyathus beticus*, *Archaeocyathellus* (*Protocyathus*) *eremita*, *A.* (*Protocyathus*) *cordobae*, *A.* (*Archaeofungia*) *andalusicus* y *Ethmophyllum* (*Ethmophyllum*) *macphersoni*. El autor revisa también las descripciones de los taxones de arqueociatos españoles publicados por Hernández-Pacheco y otros autores (Simon, 1939).

Pocos años después el profesor Bermudo Meléndez (1912-1999) también se interesa por los arqueociatos en su Tesis doctoral (Meléndez, 1943), tanto como grupo fósil singular como por sus representantes españoles, estudiados y descritos previamente. En relación con los arqueociatos de las Ermitas de Córdoba se limita a actualizar la sistemática de los taxones ya descritos (Hernández-Pacheco, 1917, 1918; Simon, 1939; Hernández-Sampelayo, 1933, 1935) sin aportar nuevos datos.

Franz Lotze publica en 1961 su trabajo de síntesis sobre el Cámbrico de España (Traducido al español por J. Gómez de Llarena en 1970). Con respecto a la geología de Córdoba reproduce los datos de su alumno Rudolf Maass (Maass, 1957) y los datos paleontológicos anteriores. Considera a las calizas del Cerro de Las Ermitas como equivalentes a las Calizas del Agua (Norte de Sevilla), y por consiguiente más antiguas que las de Alanís, que son del Cámbrico inferior alto, fijando su posición por debajo de la banda de trilobites *cornuta-sevillana* y expresa la opinión que los arqueociatos de Córdoba muestran, en parte, relaciones estrechas con formas de estos fósiles del Cámbrico inferior de Siberia y Australia.

Las especies de arqueociatos de las Ermitas colectados y descritos por Simon, junto con todos los demás ejemplares de este grupo que estaban depositados en las colecciones de los museos alemanes, son estudiados y revisados por Françoise Debrenne, que actualiza sus asignaciones sistemáticas y reseña de las Ermitas las especies *Ajacyathus eremita*, *A. acutus*, *A.* cf. *umbrella*, *A. cordobae*, *Coscinocyathus* cf. *elongatus*, *Spirocyathella lata*, *Spirocyathella* sp. y *Volvacyathus* sp. (Debrenne, 1963). Con los datos facilitados por los arqueociatos y trilobites Lotze actualiza la estratigrafía de las localidades cámbricas de Sierra Morena y establece tres bandas de arqueociatos que denomina: 3. *alanisensis*-cf. *corbicula*; 2. *cordobae-lata*; 1. *marianum*. A la 1 corresponderían las Capas de Campoallá; a la 2 las Calizas del Agua y a la 3 las pizarras de trilobites en el techo de las Calizas del Agua (Lotze, 1963).

Rafael Cabanás Pareja (1913-1989) ganó por oposición en 1950 la Cátedra de Ciencias Naturales del Instituto de Enseñanza Media de Córdoba, geólogo formado bajo el magisterio de Eduardo y Francisco Hernández Pacheco, dedicó su labor docente a despertar vocaciones de geólogo y su labor investigadora a seguir los pasos de Carbonell, profundizando en el conocimiento de la geología de la provincia de Córdoba. No fue muy pródigo en publicaciones sobre el Cámbrico, pero su trabajo de campo le llevó a descubrir el primer yacimiento de arqueociatos situado en la margen izquierda del Guadalquivir cerca de Alcolea (1964) y el del Puente de Hierro, de este último publica además, junto con Meléndez (Cabanás & Meléndez, 1966), una huella de tipo estrellado denominada *Anthoichnites cabanasi* nov. gen et nov. sp. (parataxon). Más tarde, en 1971, describe dos cortes estratigráficos, uno del Cerro de las Ermitas, en el que señala seis niveles fosilíferos y otro del tramo inferior del Arroyo Pedroche, en el que indica un sólo nivel con arqueociatos.

Antonio Perejón publica, en 1971, *Pachecocyathus cabanasi* nov. gen. et nov. sp. del Cerro de las Ermitas. Posteriormente (1975a,b,c; 1976a,b; 1977), describe numerosos taxones de arqueociatos de los yacimientos conocidos y de otros nuevos.

Eladio Liñán (1974), distingue tres conjuntos litológicos en el Cámbrico de la Sierra de Córdoba, define formalmente, de techo a muro, las Formaciones Los Villares, Santo Domingo y Pedroche, y propone como serie tipo la elaborada a lo largo del Arroyo Pedroche. El mismo año Liñán y Dabrio, publican un estudio de las características litológicas y sedimentológicas del Miembro I de la Formación Pedroche y relacionan el contenido paleontológico de cada uno de los niveles. De sus datos deducen que estos materiales se habrían formado en *un medio de depósito marino, en general no muy profundo, de aguas agitadas en el que alternan los periodos con predominio de sedimentación detrítica y carbonatada*.

Isabel Zamarreño y Françoise Debrenne (1977), publican un estudio sobre el proceso de establecimiento de un biohermo de algas y arqueociatos en el Cerro de las Ermitas, definen sus características sedimentológicas, las asociaciones paleontológicas y su paleoecología. Concluyen con un análisis de los biohermos conocidos del Cámbrico inferior de Europa meridional y África del norte.

Liñán (1978), define y caracteriza la Formación San Jerónimo, Precámbrico superior, y la Formación Torreárboles, Precámbrico-Cámbrico. Respecto a las formaciones del Cámbrico, amplía y completa los datos publicados anteriormente y descubre nuevos yacimientos de arqueociatos en Alcolea y en los arroyos Guadalbarbo y Mortero. En la segunda parte de su trabajo describe y figura géneros y especies de trilobites del Cámbrico inferior y medio.

Liñán y Klaus Sdzuy (1978), describen una nueva especie de trilobites *Lemdadella linaresae*, procedente del Miembro III de la Formación Pedroche. Más tarde Liñán y Mergl (1983) estudian los braquiópodos encontrados en el Miembro I y describen ejemplares correspondientes al género *Paterina*.

Heinz Wittke, realiza en 1978, como trabajo de Diplomatura en la Universidad de Bonn, un estudio sobre los arqueociatos de las Ermitas, investigación que por no haberse publicado después en una revista científica, y a pesar de su excelente calidad, no fue conocida ni tenida en cuenta por los especialistas de este grupo. El autor trata con ácidos las calizas de las Ermitas y estudia los restos separados, entre los que encuentra taxones de poríferos, moluscos y arqueociatos. Por su composición mineralógica, los ejemplares de arqueociatos obtenidos presentan una excelente conservación de las estructuras del esqueleto, lo que le permite describir y figurar trece especies, cinco de ellas nuevas, que asigna a los géneros *Ajacyathus*, *Retecoscimus*, *Taylorcyathus*, *Dokidocyathella* y *Andalusicyathus* (Wittke, 1978).

Perejón (1984, publ. en 1986), realiza un análisis exhaustivo de todos los datos publicados sobre arqueociatos de España, incluyendo muchos inéditos, actualiza la asignación sistemática de los taxones y propone la definición de 11 Zonas de Arqueociatos, apoyándose en los géneros descritos y en las precisiones aportadas por los fósiles con los que se encuentran asociados en los yacimientos. Cada una de las Zonas está definida por una asociación de géneros y caracterizada por los que son exclusivos de ella. Posteriormente (1994), en función de los importantes cambios en la sistemática de los arqueociatos y de los nuevos hallazgos, revisa las asociaciones de arqueociatos correspondientes a cada una de las Zonas.

Elena Moreno-Eiris (1988), resume el conjunto de datos obtenidos en su Tesis Doctoral, relativos al estudio de los montículos arrecifales de cianobacterias y arqueociatos de Arroyo Pedroche, Cerro de las Ermitas y Alconera. Analiza sus características estratigráficas, sedimentológicas y paleontológicas, dedicando un especial énfasis al estudio de las microfacies y de los procesos que sufrieron estos depósitos a través del tiempo. También pone de manifiesto, en una

de las canteras del Arroyo Pedroche, la existencia de bioconstrucciones singulares resistentes al oleaje.

Perejón (1989), publica un trabajo monográfico sobre los arqueociatos del Miembro I de la Formación Pedroche en el que se describen veintiséis géneros, uno de ellos nuevo y más de cincuenta especies, cinco nuevas. Esta asociación precisa la edad Ovetiense inferior de este Miembro (Zonas I, II y III de Arqueociatos).

Moreno-Eiris (1994) actualiza los datos obtenidos en sus trabajos anteriores y propone la posible relación paleogeográfica de los afloramientos del Cerro de las Ermitas y del Arroyo Pedroche.

David Fernández Remolar (1998) investiga en su Tesis Doctoral los taxones problemáticos del Cámbrico de la Sierra de Córdoba, y para ello estudia las localidades con depósitos fosfáticos y mayores posibilidades de obtener registro de este tipo de fósiles, como las Ermitas y Pay Jiménez. En el Cerro de las Ermitas levanta siete secciones de detalle en las que obtiene numerosos ejemplares de microfósiles problemáticos.

Como resultado del tratamiento de gran cantidad de muestras de estas secciones obtiene un abundante registro de microfósiles fosfáticos, constituido por moldes de ostrácodos, fósiles tubulares, Coeloscleritoforados, *Hyolithes* s.l., Cnidarios s.l. y Mollusca, y realiza el estudio sistemático de los ejemplares correspondientes a los *Hyolithes* s.l., Camerothecidae, Cnidarios y Mollusca (Fernández Remolar, 1998).

Vennin *et al.*, 2003 estudian en las Ermitas un nuevo afloramiento, con cavidades en las andesitas colonizadas por arqueociatos crípticos, único en el mundo de estas características que fue objeto de un detallado estudio sedimentológico, paleontológico y tectónico, en el que se pusieron de manifiesto las comunidades de organismos coelobiontes que colonizaron y rellenaron estas cavidades, microbios, arqueociatos, esponjas, cancellóridos y coeloscleritoforados. Se estudiaron e identificaron los taxones de arqueociatos crípticos y se compararon con los descritos en las facies de brechas y de plataforma. Aunque el estudio sistemático de los arqueociatos crípticos se realizó de forma simultánea se publicó años más tarde, y en él se describen y figuran ejemplares correspondientes a nueve géneros y catorce especies, una de ellas nueva dedicada a W. Simon, *Nochoroicyathus simoni*. Géneros que también se encuentran en las facies de plataforma de las Ermitas y que no es ninguno exclusivo de las facies crípticas (Perejón & Moreno-Eiris, 2007).

Las dos últimas publicaciones en las que se consideran los afloramientos carbonatados de las Ermitas de Córdoba son de síntesis y clasificación de las estructuras bioconstruidas del Cámbrico en todo el mundo (Debrenne, 2007, Gandín & Debrenne, 2010) y en ellos se asignan nuevos nombres a estas estructuras biogénicas “boundstone de *Epiphyton*-arqueociatos” en la primera y en la segunda “*Kalyptra* con arqueociatos y *Epiphyton* dominante” y “*Kalyptrae* complejo con *Renalcis* dominante y escasos arqueociatos”.

Encuadre geológico

En el contexto geológico de Sierra Morena, la Sierra de Córdoba se encuentra en el área suroriental de la Zona de Ossa Morena (Lotze, 1945; Julivert *et al.*, 1974). Los límites de dicha Zona varían según el criterio de distintos autores. El límite Norte de Ossa-Morena, para algunos especialistas, lo señalaría el cabalgamiento de Portalegre y el Batolito de Los Pedroches; para otros autores, este límite se encuentra en la Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba, separándola de la Zona Centro-Ibérica. El límite Sur-suroeste y sureste lo definen la falla de Ficalho-Almonaster y la cuenca neógena del Guadalquivir respectivamente.

Los terrenos que afloran en la Sierra de Córdoba pertenecen a materiales depositados en cuencas marinas de características sedimentológicas muy distintas, y originados durante el Proterozoico

superior, Cámbrico, Carbonífero y Mioceno. Todos estos materiales son asignados a diferentes unidades litoestratigráficas definidas como Formaciones cuyo nombre, en muchos casos, hace referencia a una localidad de esta sierra, ya que en ella se encuentra la "sección tipo", por ejemplo la Formación Pedroche definida por Liñán en 1974.

Siguiendo un orden cronológico en la escala geológica, se expone a continuación una síntesis de los materiales que se encuentran en esta área, centrándonos principalmente en los originados durante el Cámbrico y los infrayacentes.

Proterozoico

Los materiales precámbricos que se encuentran en Ossa Morena presentan un amplio espectro espacial y litológico. Quesada *et al.* (1987 y 1990) distinguen dos tipos de sucesiones en relación a los eventos tectónicos: sucesiones preorogénicas, constituidas por la Formación Blastomilonítica (Delgado, 1971) y la Serie Negra (Carvalhosa, 1965), y las sucesiones sinorogénicas, en las que se incluyen los complejos vulcanosedimentario y flyschoides. En la Sierra de Córdoba afloran materiales pertenecientes a la parte superior del complejo vulcanosedimentario y definidos como **Formación San Jerónimo** (Liñán, 1978). Están constituidos por una alternancia de materiales volcánicos andesíticos y sedimentos terrígenos como lutitas, areniscas y conglomerados. Las escasas evidencias paleontológicas encontradas en estos materiales parecen indicar una edad Rifense superior a Vendense superior, correspondiente al Ediacárico.

Cámbrico

Al inicio del Cámbrico se produce la sedimentación de materiales terrígenos discordantes sobre las rocas proterozoicas. Presentan una gran variabilidad en su potencia, ya que puede tener desde 0 a 350 metros de espesor, rellenando un paleorrelieve originado durante la última fase de la orogenia Cadomiense. Estos sedimentos han sido definidos como **Formación Torreárboles** (Liñán, 1978) y en ella se distinguen dos miembros: Tierna y Julia (Liñán, 1984; Fedonkin *et al.*, 1985). La existencia de numerosos icnofósiles permite a los autores asignar a esta formación una edad cámbrica inferior, piso Cordubiense (Cámbrico inferior bajo). El miembro Tierna o miembro inferior está constituido por arcosas y lutitas negras con escasos icnofósiles identificados como *Skolithos*, *Cochlichnus* y *Planolites*. El miembro Julia suprayacente está formado por areniscas y lutitas bioturbadas; entre los icnofósiles se encuentran *Arthropycus*, *Gordia*, *Gyrolithes*, *Laevicyclus*, *Margaritichnus*, *Monocraterion*, *Monomorphichnus*, *Planolites*, *Phycodes* y *Rusophycus*. Los sedimentos de esta formación se originaron en una cuenca marina muy somera, en ambiente submareal e intermareal durante la transgresión cámbrica.

Suprayacente y en continuidad estratigráfica se hallan los materiales definidos como **Formación Pedroche** (Liñán, 1974), que están formados por una alternancia de carbonatos, lutitas y areniscas. Su serie tipo en la localidad de Arroyo Pedroche, presenta una buena exposición de los sedimentos originados en una plataforma carbonática con una gran actividad de organismos cámbricos, entre los que destacan cianobacterias, arqueociatos, trilobites, braquiópodos, hiolítidos, gasterópodos y problemática; todos ellos en un ambiente submareal. En algunos niveles se desarrollan estructuras arrecifales constituidas por estromatolitos columnares y en otros casos por arqueociatos y cianobacterias. La asociación de fósiles presentes en esta formación ha permitido a los especialistas asignarle una edad Ovetiense.

En concordancia estratigráfica sobre los materiales de la Formación Pedroche se encuentra un conjunto de sedimentos terrígenos carbonatados que caracterizan la **Formación Santo Domingo** (Liñán, 1974). En ella se distinguen las calizas con sílex, ooides y estromatolitos en alternancia con terrígenos. Se le atribuye una edad, dentro del Cámbrico inferior, que abarca desde el Ovetiense superior hasta el Bilbiliense.

Los materiales detríticos concordantes con la formación anterior son definidos como **Formación Los Villares** (Liñán, 1974), constituida por areniscas de diferente granulometría, arcosas y lutitas interestratificadas. Los trilobites encontrados en el tramo superior son característicos del Cámbrico medio; por lo tanto dicha formación podría comprender la parte alta del Bilbiliense (Cámbrico inferior) y el Cámbrico medio.

PRIMERA PARADA. Panorámica del Cerro de las Ermitas

Objetivos: Vista general del Cerro de las Ermitas y observación de los materiales en el corte geológico de Simon (1939) en la carretera CP-079.

Descripción: En el Cerro de las Ermitas aflora un conjunto de materiales terrígenos y carbonatados cámbricos de la Formación Pedroche (Fig.1) que se apoya sobre las andesitas proterozoicas de la Formación San Jerónimo, a través de una neta inconformidad. La ausencia de los depósitos siliciclásticos correspondientes a la Formación Torreárboles puede deberse a la erosión o a la no sedimentación durante el Cordubiense (Cámbrico basal), por tratarse del relleno de un paleorrelieve muy acusado en las rocas proterozoicas.



Figura 1. Panorámica del Cerro de las Ermitas. En su base afloran las andesitas proterozoicas y hacia techo resaltan los afloramientos de las calizas cámbricas.

En el mapa representado en la Figura 2 se observan las variaciones laterales de facies de los diferentes tipos de materiales carbonatados y terrígenos de la Formación Pedroche y las andesitas de la Formación San Jerónimo. Estos materiales se encuentran afectados por numerosos diques y fracturas relacionados con la orogenia varisca o hercínica.

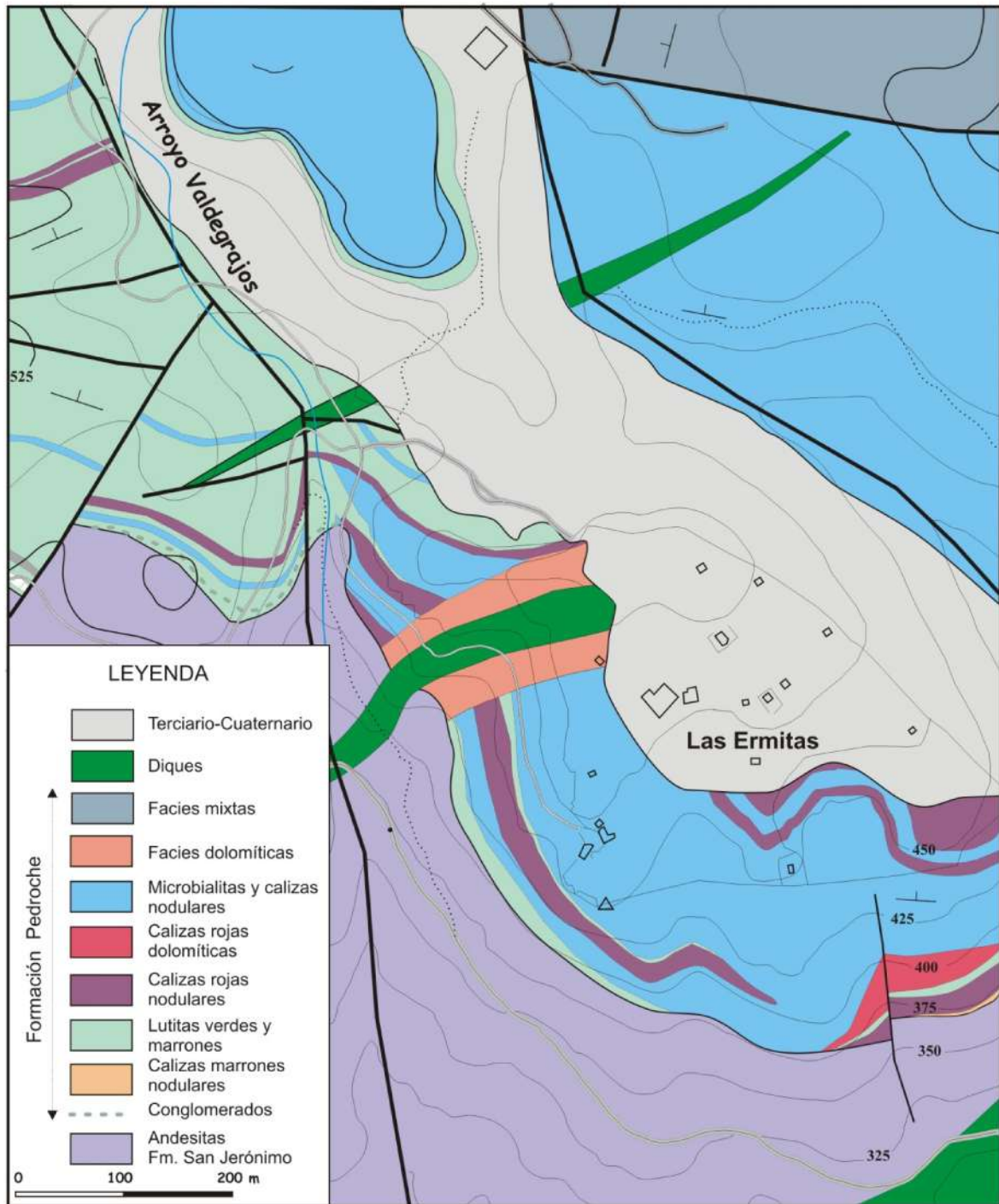


Figura 2. Mapa geológico del Cerro de las Ermitas (modificado de Fernández-Remolar, 1998)

Las características del afloramiento en el cerro y su entorno permiten observar tanto vertical como lateralmente la distribución de las facies (Fig.3), reconociéndose diferentes tipos de litofacies (Simon, 1939; Zamarreño & Debrenne, 1977; Moreno-Eiris, 1988):

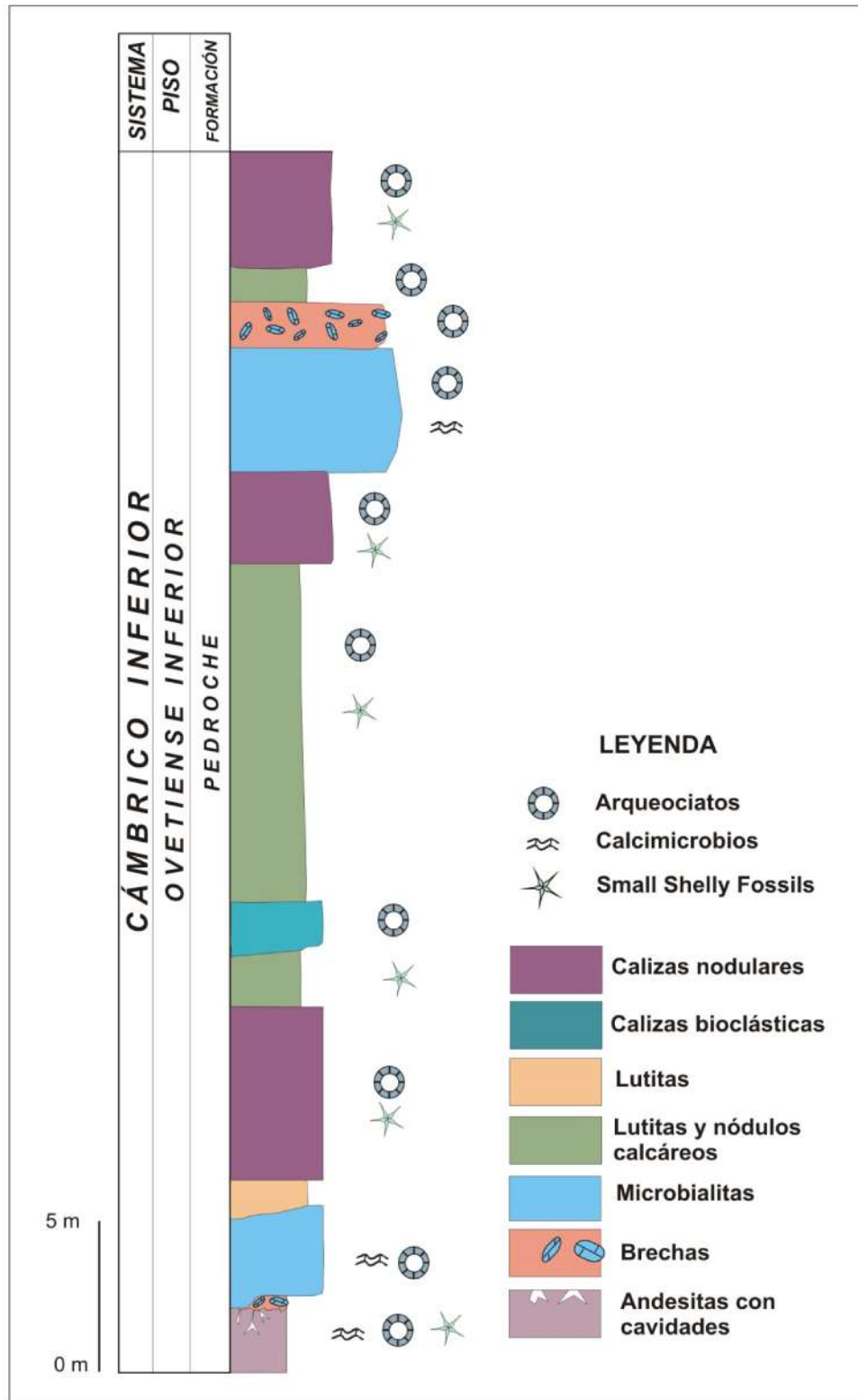


Figura 3. Sección estratigráfica esquemática del Cerro de las Ermitas.

- a) conglomerados** polimícticos con cantos redondeados, a veces imbricados, de andesitas, lutitas y cuarcitas. Estos materiales se disponen alternando con las lutitas violáceas y discordantes sobre las andesitas en tramos de reducido espesor.
- b) lutitas** ocre y verdes con laminación paralela en las que aparecen icnofósiles.

- c) **lutitas con nódulos calcáreos**, se encuentran intercaladas con las calizas. En los nódulos carbonatados son frecuentes los restos de arqueociatos, coeloscleritoforados, espículas, hiolítidos y moluscos.
- d) **microbialitas**, se localizan en diversos puntos del cerro y forman los característicos montículos con gran resalte topográfico, alcanzando los dos metros de altura. Son calizas masivas, de color grisáceo, compuestas fundamentalmente por cianobacterias y escasos arqueociatos; el grado de recristalización es elevado y por tanto, en la mayoría de los casos, no se reconocen los elementos composicionales. En la parte más alta del cerro los montículos son de menores dimensiones y están constituidos básicamente por cianobacterias.
- e) **calizas nodulares bioclásticas**, se disponen rodeando a los montículos, en ellas existe una gran cantidad de bioclastos esqueléticos, dispersos en una matriz violácea y tienen una estructura nodulosa. Entre los componentes orgánicos se distinguen abundantes cálices de arqueociatos de gran tamaño, espículas de esponjas y coeloscleritoforados.
- f) **calizas brechoides**, se encuentran relacionadas lateralmente con los montículos y están formadas por fragmentos angulosos de gran tamaño cuya composición es similar a los montículos y a las calizas nodulares.
- g) **calizas bioclásticas**, se disponen interestratificadas con las lutitas con nódulos calcáreos y en ellas aparecen restos de espículas de esponjas, hiolítidos, coeloscleritoforados y esporádicamente cálices de arqueociatos.

La distribución espacial de las diferentes facies nos indica la implantación de una plataforma carbonatada con esporádicos aportes siliciclásticos y el desarrollo de un complejo arrecifal, con diferentes episodios de bioconstrucciones que se suceden en el tiempo, relacionadas espacialmente con las facies adyacentes y las facies de talud.

El corte realizado por Simon (Fig. 4) el primero de abril de 1938 nos representa los niveles que afloran en el cerro al oeste del denominado de las Ermitas, siguiendo la traza de la carretera CP-079. Entre dos fallas se encuentran lutitas verdes y violetas intercaladas con calizas nodulares verdosas y blanco-violetas, destacando un nivel rico en fósiles, principalmente con cálices de arqueociatos.

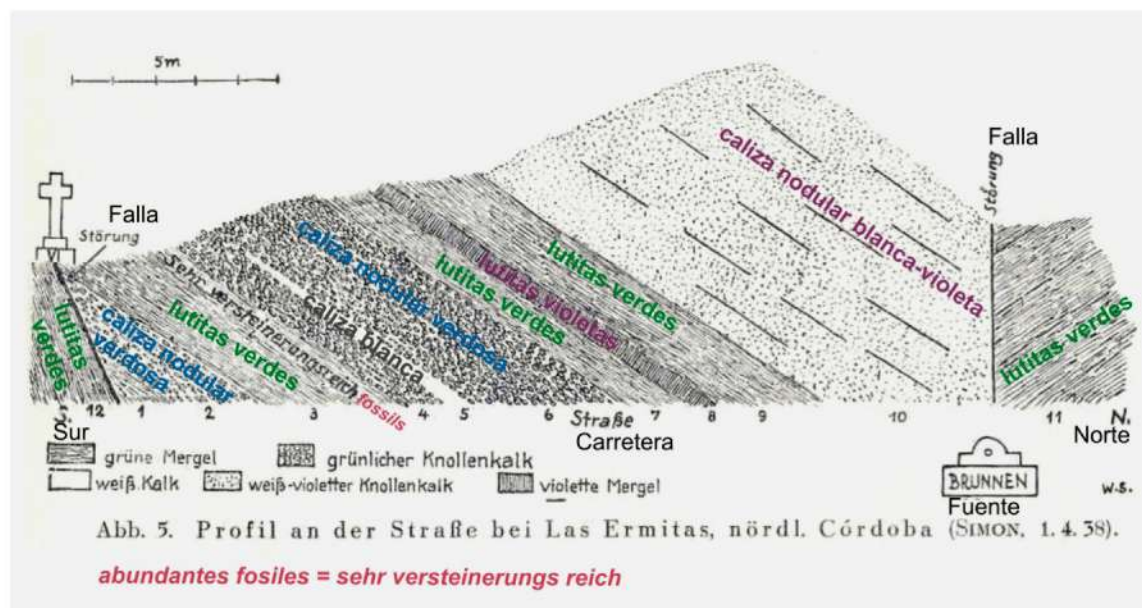


Figura 4. Corte geológico de Simon en el Cerro de las Ermitas con la descripción de los tipos de facies (modificado de Simon, 1939).

Los taxones descritos y figurados por Simon corresponden actualmente a las siguientes especies: *Erismacoscinus* cf. *elongatus*, *Morenicyathus cordobae*, *Nochoroicyathus eremitae*, *Nochoroicyathus* cf. *eremitae*, *Nochoroicyathus* cf. *umbrella*, *Nochoroicyathus* sp., *Okulitchicyathus andalusicus*, *Protopharetra* sp., *Rotundocyathus navarroi* y *Taylorcyathus* sp.

SEGUNDA PARADA. Base de la sucesión del Cerro de las Ermitas

Objetivos: Observación de los niveles basales del Cerro de las Ermitas.

Descripción: Los niveles basales de la sucesión cámbrica afloran en la base del cerro, en el entorno de la Fuente, por debajo de la carretera que acaba en la entrada de Las Ermitas del Desierto de la Orden de Carmelitas.

Se trata de materiales siliciclásticos (Fig. 5) inconformes sobre las andesitas y constituidos por lutitas violetas con intercalaciones de conglomerados. Las capas de lutitas violetas en algunos tramos presentan hasta 3 m de potencia, mientras que los conglomerados son capas centimétricas de 0,5 a 1 m de espesor, en tres niveles interestratificados con las lutitas. Estos conglomerados son polimícticos ya que presentan cantos de andesitas, cuarcitas y pizarras de tamaños muy variables.



Figura 5. Lutitas violetas y conglomerados de los niveles basales de la sucesión cámbrica en el Cerro de las Ermitas.

En esta zona se encuentran numerosos bloques caídos procedentes del desmonte de la carretera, que corresponden a la facies de calizas nodulares violetas, con abundantes cálices de arqueociatos incluidos en nódulos o niveles carbonatados de color blanco y de diferente textura que la matriz de la roca.

TERCERA PARADA. La biota críptica cámbrica de las cavidades en las andesitas

Objetivos: Observación de las fases de desarrollo de la colonización de las cavidades por los organismos crípticos.

Descripción: La plataforma carbonatada del Cerro de las Ermitas se instaló durante el Cámbrico inferior sobre un paleorrelieve de rocas andesíticas neoproterozoicas, en el que se habían originado cavidades. Estas cavidades se rellenaron en diferentes fases de fracturación sinsedimentaria por diversos organismos y sedimentos en diferentes episodios de ocupación y tipos de cementos. Estas cavidades de morfología irregular y de dimensiones variables, desde 20 cm hasta 3 m de anchura, presentan en el caso más complejo cinco fases de relleno (Fig. 6) relacionadas con cinco tipos diferentes de facies de relleno (Vennin *et al.*, 2003).

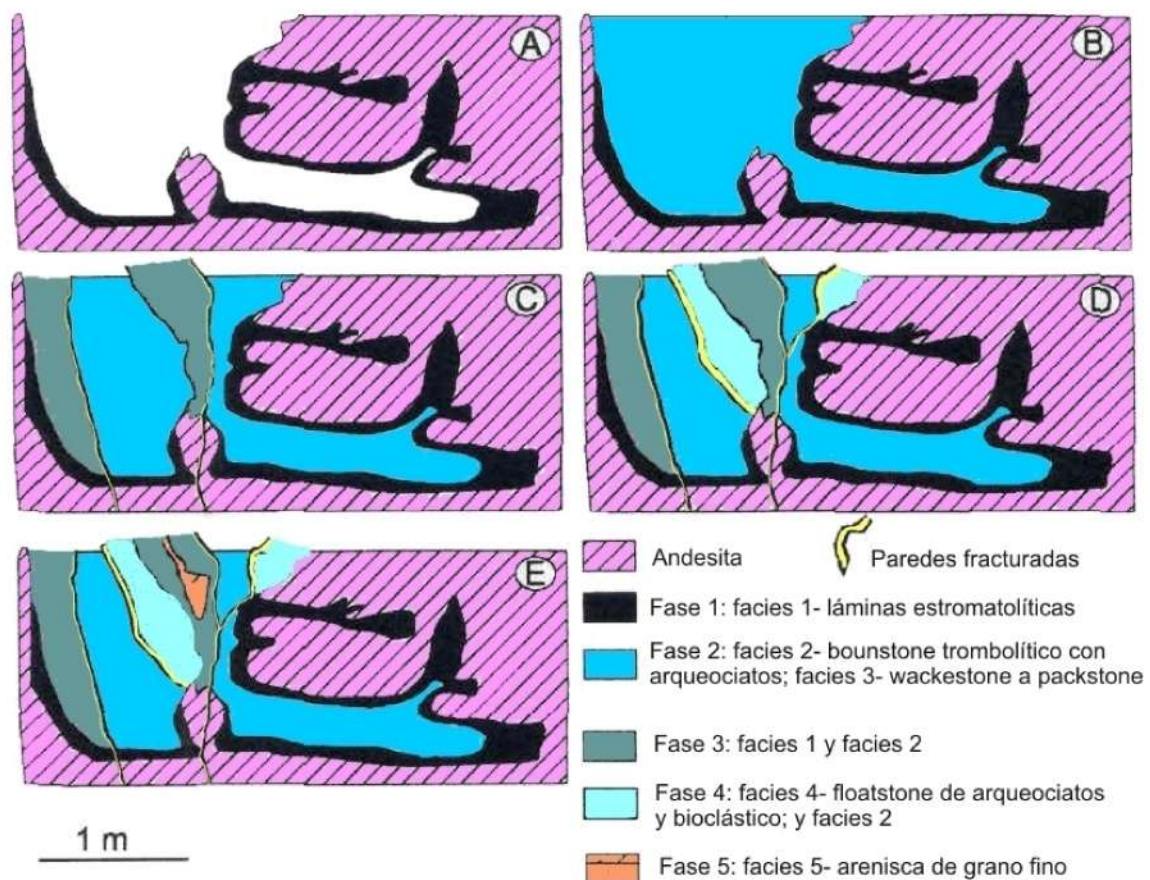


Figura 6. Fases de relleno en las cavidades. A. Fase 1: láminas estromatolíticas que encostran las paredes de las cavidades (facies 1). B. Fase 2: el hueco residual se rellena por boundstone trombolítico con arqueociatos (facies 2). C, D y E. Sucesivas fases de relleno por fracturación con los tipos de facies previas y las inducidas por actividad tectónica en el caso de las facies 3, 4 y 5 (modificado de Vennin *et al.*, 2003).

Las paredes de estas cavidades fueron colonizadas por microbios con estructuras estromatolíticas y trombolíticas que constituyen la fase 1 y facies 1, posteriormente en la fase 2 se instalaron arqueociatos criptobiontes asociados a microbios quimiotrofos que constituyen la facies 2 (Fig. 7). La diversidad taxonómica de los criptobiontes está reducida a pequeños cálices de Archaeocyathina que presentan cadenas pendientes de los techos de las cavidades (Perejón & Moreno-Eiris, 2007).

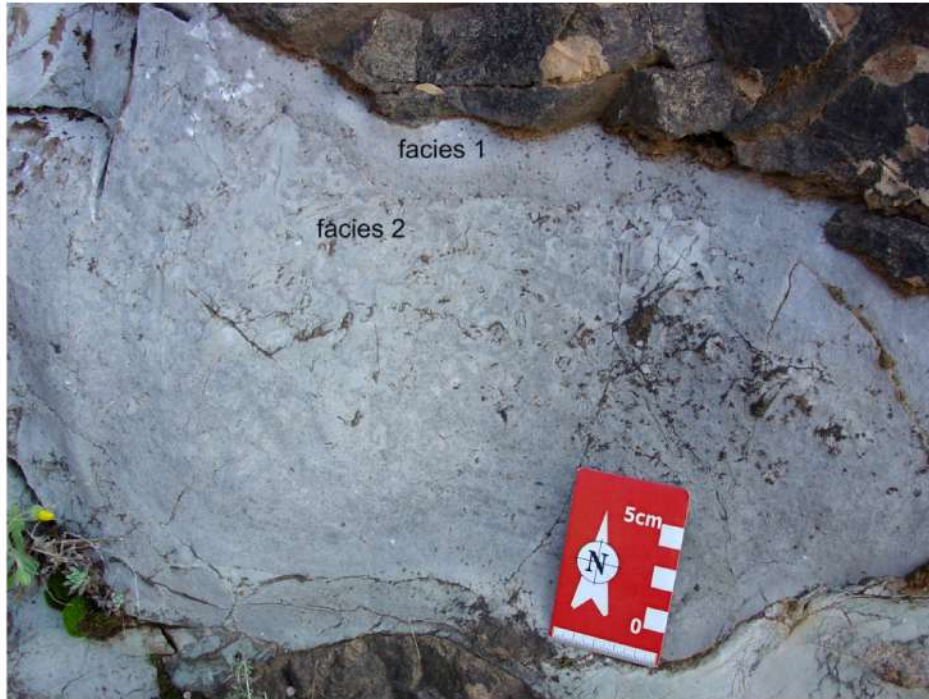


Figura 7. Cavity delimitada por andesita en cuyas paredes se observa la facies 1 con láminas estromatolíticas. El espacio central está ocupado por la facies 2 constituida por un boundstone trombolítico con arqueociatos.

La especie más frecuente entre estos arqueociatos crípticos es *Protopharetra gemmata*, cuyos cálices, generalmente de pequeño tamaño, forman cadenas pendientes de los techos y paredes de las cavidades e incluso colonias con numerosos estolones (Fig. 8).



Figura 8. Cálices de *Protopharetra gemmata* pendientes y con abundantes estolones. La estructura moteada está formada por los trombolitos microbianos.

Otros taxones de arqueociatos descritos en la facies 2 son *Dokidocyathus avesiculoides*, *Erismacoscinus* sp., *Neoloculicyathus magnus* y *Protopharetra* sp. En torno a los cálices de los arqueociatos se distingue una microfábrica moteada de microbios, cuya estructura trombolítica presenta una interrelación de *Epiphyton* y *Renalcis* en parches irregulares.

La facies 3 se caracteriza por tratarse de wackestones bioclásticos con arqueociatos, espículas de esponjas, coeloscleritoforados, hyolítidos y trilobites dispersos en una matriz micrítica sin estructuras microbianas. Las especies de arqueociatos identificadas en esta facies son *Dokidocyathus avesiculoides* y *Nochoroicyathus* sp. (Fig. 9).

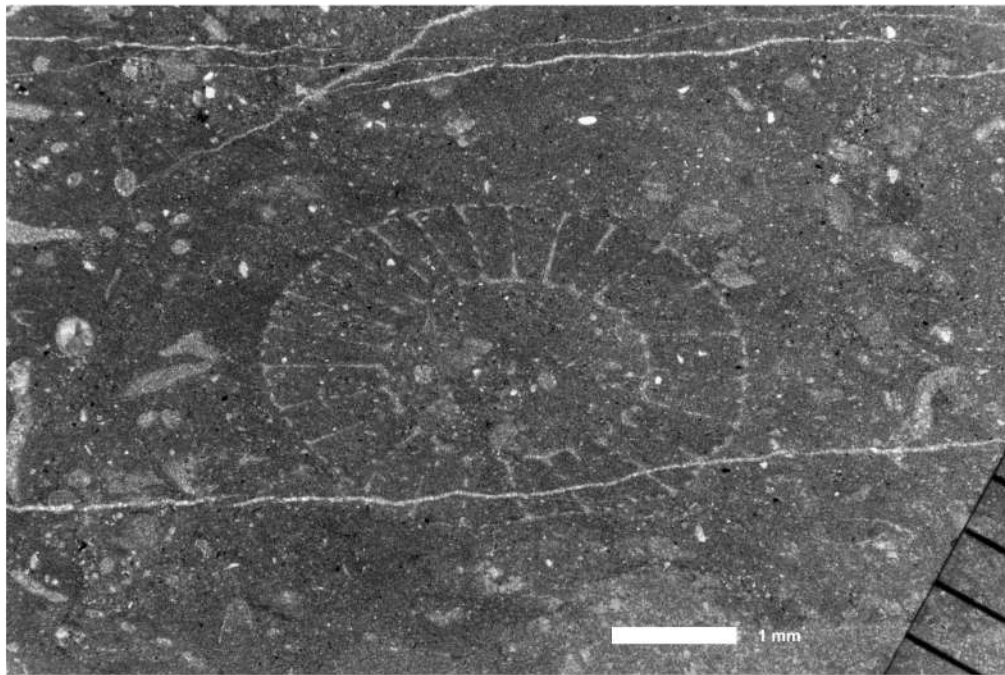


Figura 9. Wackestone bioclástico de la facies 3. En el centro se encuentra la sección transversal de *Nochoroicyathus* sp., cuyos elementos esqueléticos presentan porosidad simple.

En la fase 3 se produce un nuevo relleno de los componentes de las facies 1 y 2, generalmente relacionados con las grietas que se originan por inestabilidad tectónica en las cavidades, originando nuevas paredes por colonizar y espacios por rellenar.

En la fase posterior de relleno 4 se encuentran arqueociatos de gran tamaño en la facies 4, junto a otros bioclastos resedimentados, dispersos en una matriz micrítica con un alto porcentaje de cuarzo detrítico, constituyendo un floatstone bioclástico. Los bioclastos se encuentran generalmente muy fragmentados entre los que podemos distinguir un gran cáliz de *Okulitchicyathus andalusicus*.

En la última fase y facies 5 el material de relleno lo constituye un sedimento de grano fino que por su contenido en granos de cuarzo y feldespato denominamos arcosa, cementado por carbonato. En esta facies se encuentran fragmentos de arqueociatos, hyolítidos, coeloscleritoforados, braquiópodos y trilobites.

Este biota críptico constituye un ejemplo único en el mundo por el carácter ígneo de la roca huésped en la que se encuentra, por su grado de preservación y por haberse desarrollado durante diferentes fases de inestabilidad tectónica, originando sucesivas grietas durante la instalación de una plataforma carbonatada en el Cámbrico inferior.

CUARTA PARADA. Subiendo en la sucesión del Cerro de las Ermitas

Objetivos: Observación de los tipos de facies del Cerro de las Ermitas.

Descripción: En el Cerro de las Ermitas las grandes bioconstrucciones, o montículos de dimensiones métricas, afloran dando un importante resalte topográfico y presentan un alto grado de recrystalización, lo que dificulta la observación de la textura original y en algunos casos la identificación de sus componentes (Fig. 10).



Figura 10. Montículo microbiano con arqueociatos, en la parte inferior del afloramiento, en contacto con las facies brechoides en la parte superior.

Estos montículos constituyen microbialitas cuyos componentes principales son cianobacterias identificadas como *Epiphyton* (Fig. 11a), con una estructura interna moteada o trombolítica. En estas microbialitas aparecen de forma accesoria arqueociatos de diferentes tamaños, tanto cálices adultos como juveniles, y en ellos se desarrollan numerosas estructuras exotecales o estolones (Fig. 11b). La preservación de los elementos esqueléticos, constituidos por microesparita, facilita su identificación taxonómica, predominando los géneros *Nochorocyathus*, *Neoloculicyathus* y *Protopharetra*.

Las calizas brechoides se disponen lateralmente o por encima de los montículos (Fig. 10), en ellas se distinguen grandes cantos angulosos procedentes de las bioconstrucciones y de las facies adyacentes nodulosas, estos cantos se encuentran englobados en una matriz carbonatada y todo ello está afectado por procesos de nodulización diagenética (Fig. 11c).

En las facies adyacentes a los montículos afloran las calizas nodulares, con una considerable potencia, en ellas los arqueociatos alcanzan su máxima diversidad taxonómica con numerosos cálices de diferentes tamaños dispersos en una matriz micrítica, junto a otros componentes como espículas de esponjas, hyolítidos y coeloscleritoforados. Estos fósiles son los restos o señales de los organismos que habitaban en el fondo marino, que quedaron enterrados en el sedimento micrítico de la plataforma, sin señales de removilización importantes, ya que los cálices no están muy fragmentados (Fig. 11d).

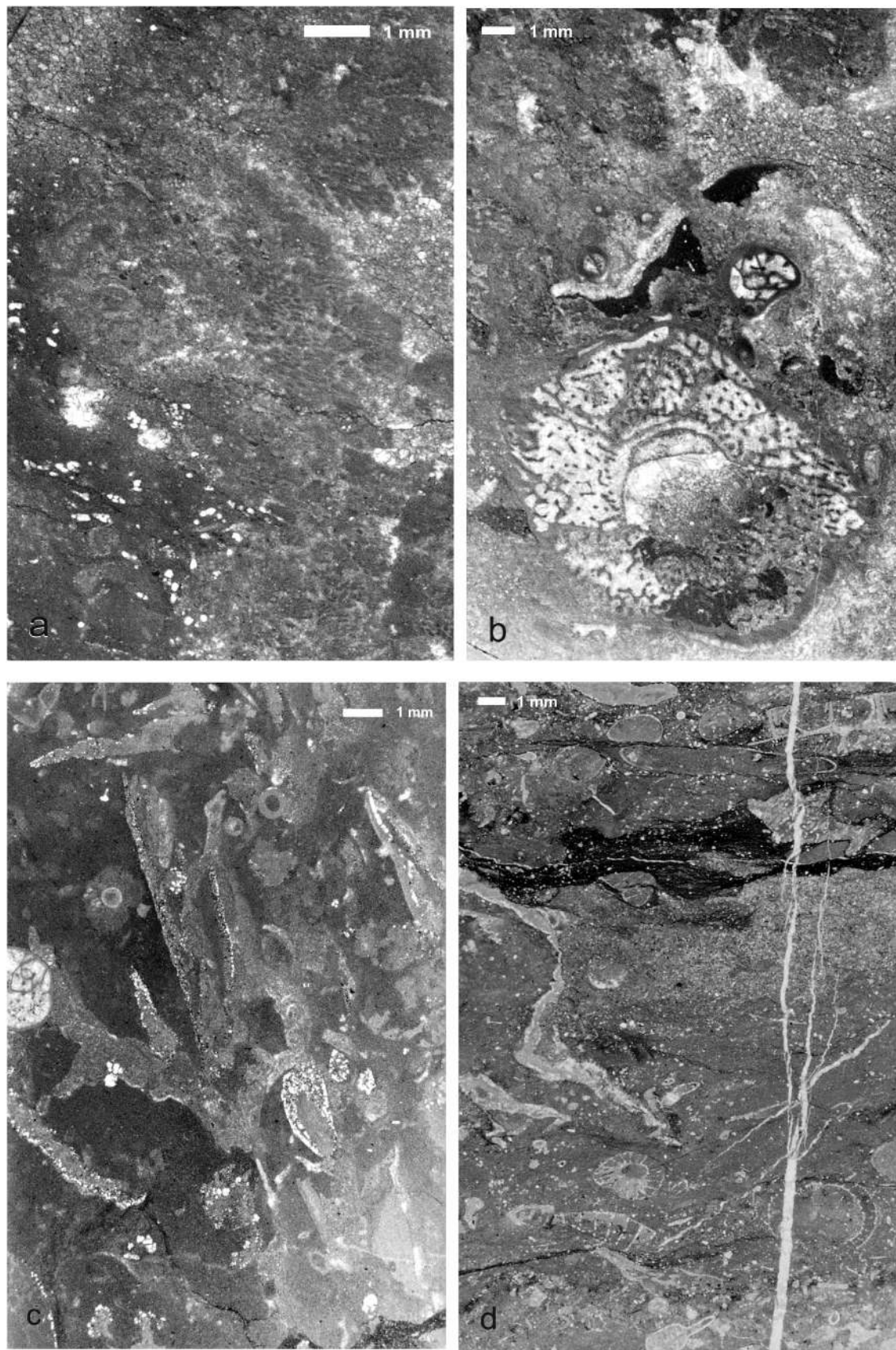


Figura 11. a) Estructura ramificada de *Epiphyton* en montículo microbiano. b) Diversos cálices de *Protopharetra* en montículo microbiano. c) Componentes de las calizas brechoides. d) Componentes de las calizas nodulares.

La preservación de los arqueociatos es excelente y, en algunos casos, los elementos esqueléticos están silicificados por procesos de reemplazamiento (Fig. 12). Durante la compactación de estos sedimentos se generan estructuras nodulares como respuesta a los procesos de presión-disolución, produciéndose interpenetración de granos y microestilolitos, lo que origina que algunos bioclastos aparezcan truncados (Fig. 13).



Figura 12. Calizas nodulares de las facies adyacentes a los montículos, con abundantes cálices de arqueociatos, en algunos casos están silicificados.



Figura 13. Interpenetración de granos y cálices truncados en las calizas nodulares.

En las facies de talud se encuentran lutitas con numerosos nódulos calcáreos, en estos nódulos encontramos abundantes espículas de esponjas, coeloscleritoforados, hiolítidos y moluscos (Fig. 14). En algunos casos los nódulos están constituidos por cálices de arqueociatos, algo fragmentados por haber sufrido transporte.

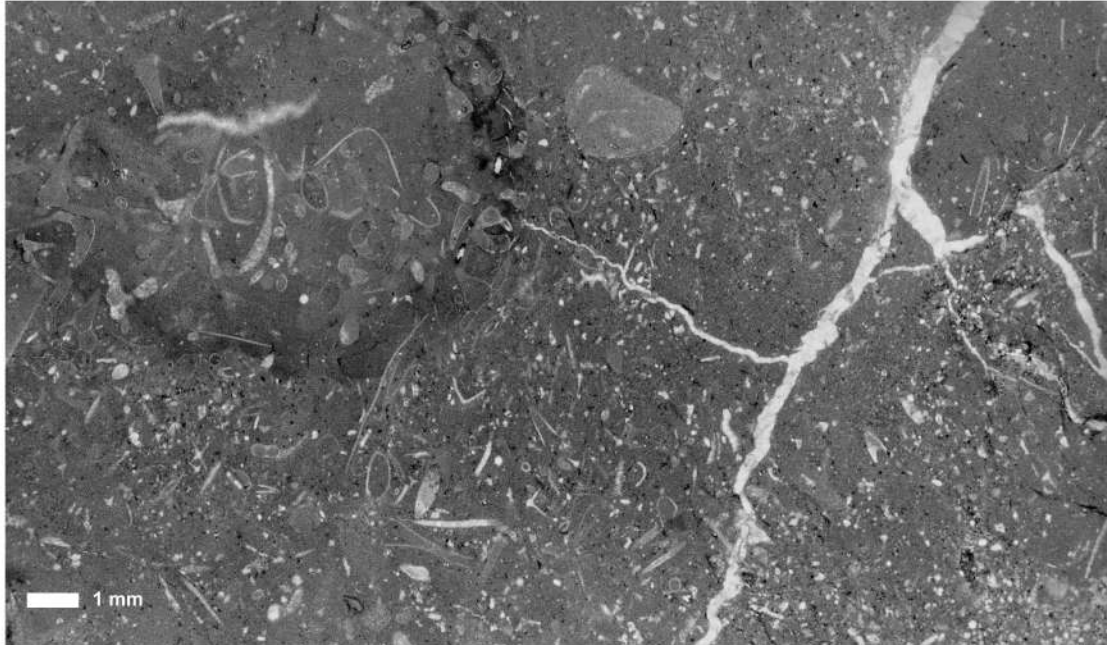


Figura 14. Abundantes microfósiles en los nódulos calcáreos.

En las lutitas verdes con nódulos carbonatados se encuentran fósiles fosfáticos, que podrían estar relacionados con los fosfatos se originan en ambientes donde la tasa de sedimentación es superior a la de erosión (Föllmi et al., 1991; Fernández Remolar, 1998).

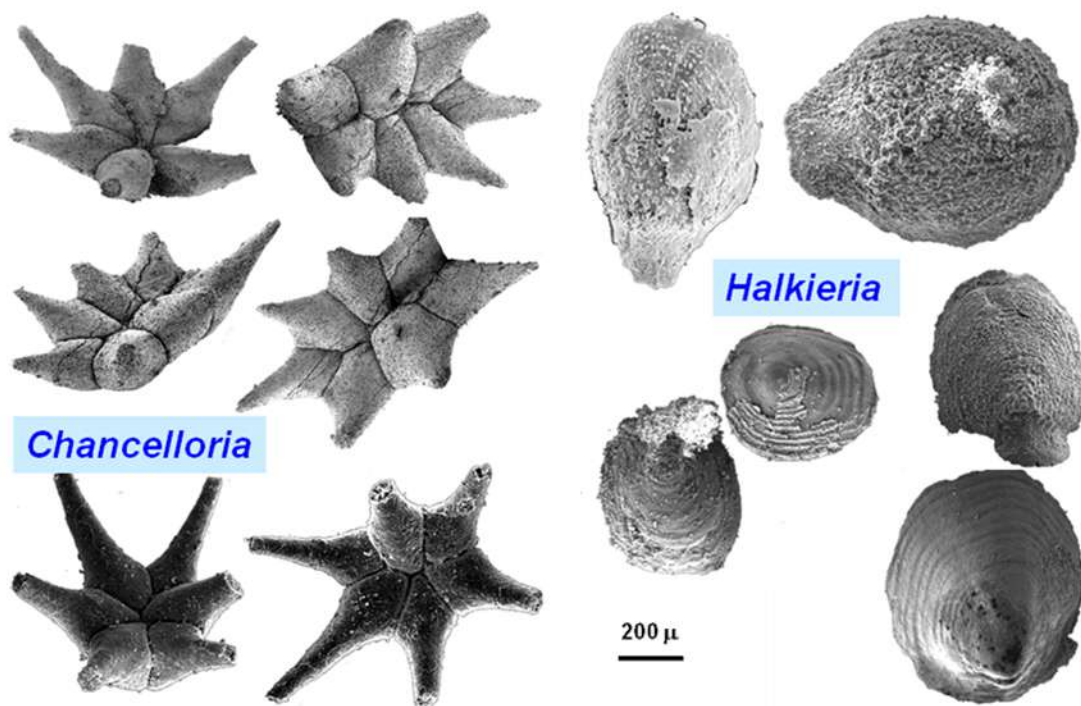


Figura 15. Coeloscleritoforados procedentes de las lutitas (Fernández Remolar, 1998).

Considerando la distribución de las facies se pueden interpretar algunas de las condiciones de la plataforma carbonatada marina que durante el Cámbrico inferior se desarrollaría en esta zona. La existencia de varios montículos de gran tamaño superpuestos en la vertical, nos indican varios episodios de desarrollo arrecifal, acompañados en cada una de las etapas por las facies adyacentes, que corresponden a las facies brechoides con numerosos fragmentos procedentes de las bioconstrucciones, y a las facies nodulares con los restos de los organismos que colonizaban las zonas adyacentes a los montículos en el fondo marino, cuya textura nodular se originó durante la diagénesis.

Estos montículos se situarían en el margen interno de una plataforma carbonatada, estarían formando lo que actualmente se denomina arrecifes barrera y las facies de talud corresponderían a las lutitas con nódulos calcáreos y materiales siliciclásticos (Fig.16).

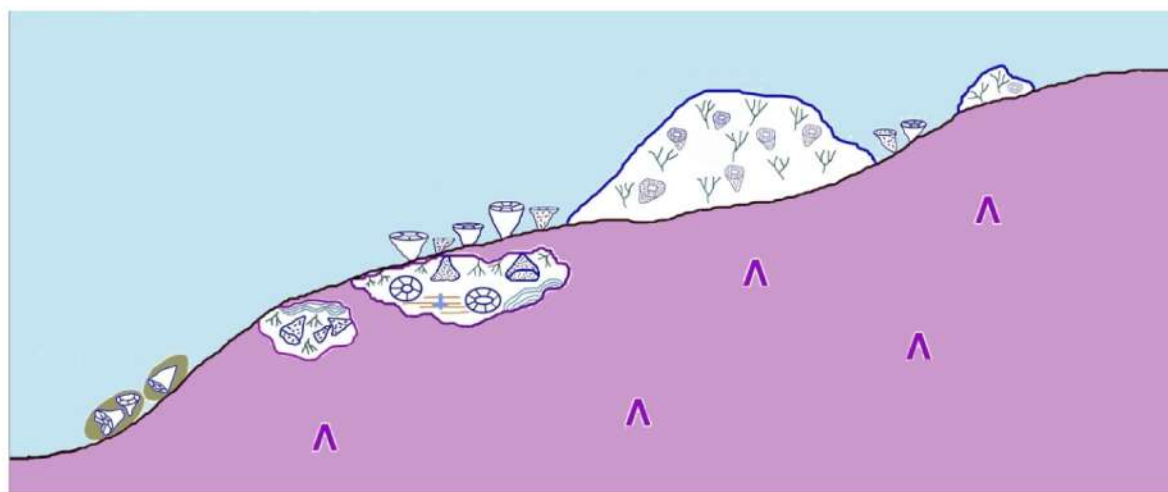


Figura 16. Reconstrucción de la distribución de facies en el Cerro de las Ermitas.

La datación de los materiales del Cerro de las Ermitas está basada principalmente en la asociación de los géneros de arqueociatos presentes en las diferentes facies, *Archaeolynthus*, *Archaeopharetra*, *Cordobicyathus*, *Coscinocyathus*, *Dictyocyathus*, *Dokidocyathus*, *Eremitacyathus*, *Erismacoscinus*, *Fallocyathus*, *Leptosocyathus?*, *Morenicyathus*, *Neoloculicyathus*, *Nochoroicyathus*, *Okulitchicyathus*, *Protopharetra*, *Retecoscinus*, *Rotundocyathus*, *Sibirecyathus*, *Taylorcyathus*, *Tumuliolynthus*, *Urcyathus*, todos ellos caracterizan las Zonas de Arqueociatos I, II y III del Ovetiense inferior (Perejón, 1986 y 1994; Perejón & Moreno-Eiris, 2006) o Atdabaniense inferior en la escala rusa, y en la escala global corresponde al Piso 3 de la Serie 2 de la Comisión Internacional de Estratigrafía.

Geodiversidad



La consejería de Medio Ambiente de Junta de Andalucía contempla el Cerro de las Ermitas como un punto de interés en la Geodiversidad de Andalucía, reconociendo en él un alto valor científico, didáctico y turístico.

En este enlace se puede encontrar la información relacionada con esta localidad <https://maps.google.es/?q=http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/GEO/DOC/GEORREC/kml/Cordoba.kml>

QUINTA PARADA. Mirador de Las Niñas

Objetivos: Observar las calizas cámbricas con arqueociatos y la panorámica del Cerro de las Ermitas.

Descripción: En este entorno afloraban varias capas de calizas en la entrada del camino que fueron destruidas al proceder a su ensanche. Actualmente se encuentran fragmentos de estos niveles dispersos entre la vegetación. Estas calizas cámbricas presentan varios tipos de facies, en el primer caso se trata de niveles bioconstruidos con calcimicrobios y colonias ramificadas de arqueociatos (Fig. 17a), en otros casos son calizas bioclásticas tabulares con intraclastos y numerosos ejemplares de arqueociatos transportados (Fig. 17b) con los ejes mayores de los cálices paralelos a la estratificación, también se encuentran fragmentos de coeloscleritoforados. Algunos bioclastos e intraclastos han sido dolomitizados y posteriormente dedolomitizados durante la diagénesis.

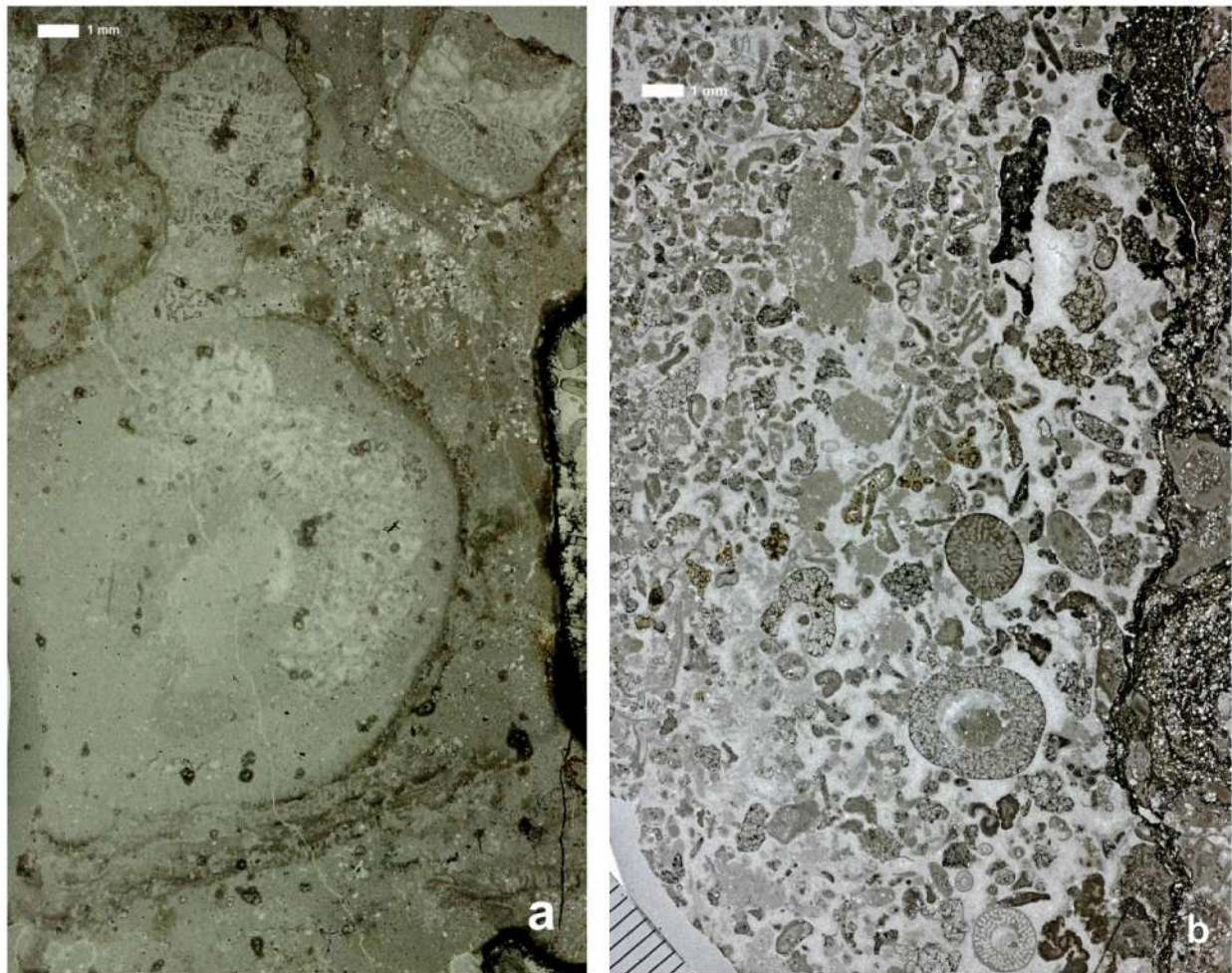


Figura 17. Facies de las calizas del Mirador de las Niñas. a) Colonia ramificada de *Archaeocyathina* rodeada por calcimicrobios con estructuras trombolíticas y laminadas. b) Calizas bioclásticas con abundantes arqueociatos, coeloscleritoforados e intraclastos.

Desde el mirador se puede divisar una excelente panorámica del valle del Guadalquivir y los cerros aledaños de la Sierra de Córdoba. Destacamos la vista panorámica del Cerro de las Ermitas, en el que se puede apreciar el resalte de las bioconstrucciones cámbricas (Fig. 18).



Figura 18. Vista panorámica del Cerro de las Ermitas desde el Mirador de las Niñas.

Bibliografía

- Amor y Mayor, F. 1860. Ligeros apuntes para un ensayo de descripción Geológico-agrícola de la provincia de Córdoba. *Revista Cordobesa. de Ciencias, Literatura y Artes*, **9**, 129-132; **10**, 144-147.
- Anónimo, 1927. *Congrès Géologique International, Comptes Rendus de la XIV Session, en Espagne 1926. Premier fascicule*. Gráficas Reunidas S.A. Madrid, 323 pp.
- Bowles G. 1775. *Introducción a la Historia natural y a la Geografía Física de España*. Imprenta de D. Francisco Manuel de Mena. Madrid. 536 pp.
- Cabanás, R. 1964. Notas estratigráficas de la provincia de Córdoba. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **74**, 69-74.
- Cabanás, R. 1971. Observaciones sobre el Cámbrico de la provincia de Córdoba. *Boletín Geológico y Minero*, **82** (3-4), 105-107.
- Cabanás, R., & Meléndez, B. 1966. Notas estratigráficas de la provincia de Córdoba. Nota sobre un nuevo fósil del Cámbrico. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **90**, 77-84.
- Carbonell, A. 1926a. Nota sobre los yacimientos de "Archeocyathidos" de la Sierra de Córdoba y deducción para el análisis tectónico. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, **47**, 311-315.
- Carbonell, A. 1926b. La Sierra de Córdoba (Borde meridional de la Meseta Ibérica). En: *De Sierra Morena a Sierra Nevada*. XIV Congreso Geológico Internacional. Libro guía Excursión A-5. Instituto Geológico y Minero de España, 16 pp.
- Carbonell, T-F., A. 1928. Depósitos considerados como cámbricos en el Sur de España, que deben pasar al Culm y al Devoniano. Contribución al estudio de las series paleozoicas de la Sierra Morena. *XIV Congrès international de Géologie, Madrid 1926 Comptes Rendus Sujet III*, 751-768.
- Carbonell, T-F., A. 1929. Un nuevo yacimiento de *Archaeocyathidae* en Córdoba. Consecuencias tectónicas. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **14** (1), 271-274.
- Carbonell, A. 1930a-g. Informe referente a las canteras de caliza de Majanillo y Mirabuenos, desde el punto de vista de la fabricación de cemento. *Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería*, **3216-3234**.
- Carbonell, A. 1940. Nuevos yacimientos de Archeociátidos en la provincia de Córdoba. *Investigación y Progreso*. Año XI, **15**, 143-144.
- Carvalhosa, A. 1965. Contribuição para o conhecimento geológico da região entre Portel y Ficalho (Alentejo). *Memorias dos Serviços Geológicos de Portugal*, **II**, 1-130.
- Debrenne, F. 2007. Lower Cambrian archaeocyathan bioconstruction. *C.R. Palevol*, **6**, 5-19.
- Debrenne, F. & Gandin, A. 2010. Distribution of the archaeocyath-calcimicrobial bioconstructions on the Early Cambrian shelves. *Palaeoworld*, **19**, 222-241.
- Debrenne, F. & Lotze, F. 1963. Die Archaeocyatha des spanischen Kambriums. *Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abhandlungen der Mathematisch- Naturwissenschaftlichen Klasse*, **2**, 107-155.
- Delgado, M. 1971. Esquema Geológico de la Hoja número 878 de Azuaga (Badajoz). *Boletín Geológico y Minero*, **82**, 277-286.
- Fedonkin, M., Liñán, E., & Perejón, A. 1985. Icnofósiles de las rocas precámbrico-cámbricas de la Sierra de Córdoba. España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **81** (1-2), (1983), 125-138.
- Fernández Remolar, D. 1998. *Estudio paleontológico de taxones problemáticos del Cámbrico de Sierra Morena*. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid, 243 pp. (Inédita).
- Föllmi, K.B., Garrison, R.E., & Grimm, K.A., 1991, Stratification in Phosphatic Sediments: Illustration from the Neogene of California. In: Einsele, G., Ricken, W., and Seilacher, A. (eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin, Springer-Verlag, 492-507.

- Hernández-Pacheco, E. 1902. Apuntes de geología extremeña: El terreno Cámbrico extremeño y sus principales yacimientos minerales. *Revista Extremadura*, **IV** (2), 49-59.
- Hernández-Pacheco, E. 1917. El problema de la investigación científica en España (Año y medio de investigaciones geológicas). *VI Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Sevilla. Conferencias, Sección 4ª Ciencias Naturales*, 63-93.
- Hernández-Pacheco, E. 1918a. Le Cambrien de la Sierra de Córdoba (Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, **166**, 611-614.
- Hernández-Pacheco, E. 1918b. Les Archaeocyathidae de la Sierra de Córdoba. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, **166**, 691-693.
- Hernández-Pacheco, E. 1926. *La Sierra Morena y la Llamura Bética (Síntesis geológica)*. XIV Congreso Geológico Internacional, Madrid 1926. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 150 pp.
- Hernández Sampelayo, P. 1933. *El Cambriano en España*. Memoria presentada en el XVI Congreso Geológico Internacional de Washington. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 201 pp.
- Hernández Sampelayo, P. 1935. El Sistema Cambriano. En: Explicación del Nuevo Mapa Geológico de España en escala 1: 1.000.000. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, **1**, 291-528.
- Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A. & Conde, L. 1974. *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares, a escala 1:1.000.000*. IGME (1972), 113 pp.
- Le Play, F. 1834. *Observations sur l'Histoire Naturelle, et sur la richesse minérale de l'Espagne*. Carilian-Goeury, Libraire. Paris, 243 pp.
- Liñán, E. 1974. Las formaciones cámbricas del norte de Córdoba. *Acta Geológica Hispánica*, **9** (1), 15-20.
- Liñán, E. 1978. *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tesis doctorales de la Universidad de Granada, **191**, 212 pp.
- Liñán, E. 1984. Los icnofósiles de la Formación Torreárboles (Precámbrico?-Cámbrico inferior) en los alrededores de Fuente de Cantos, Badajoz. *Cuadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe*, **8**, 283-314.
- Liñán, E. & Mergl, M. 1983. Lower Cambrian Brachiopods of Sierra Morena, SW Spain. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **80**, 207-220.
- Liñán, E., & Szdzy, K. 1978. A trilobite of the Lower Cambrian of Cordoba (Spain), and its stratigraphical significance. *Senckenbergiana Lethaea*, **59** (4/5), 387-399.
- Lotze, F. 1945. Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotektonische Forschungen*, **6**, 78-92.
- Lotze, F. 1961. Das Kambrium spaniens. Teil I: Stratigraphie. *Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abhandlungen der Mathematische Naturwissenschaftlichen, Klasse*, **6**, 285-498. [Traducido por J. Gómez de Llarena en *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, **75**, 256 pp.]
- Maass, R. 1957. *Stratigraphie und Tektonik im Raum nordöstlich Cordoba*. Dissertation Universität Münster, 201 pp.
- Mallada, L. 1880. Reconocimiento geológico de la provincia de Córdoba. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, **7**, 1-55.
- Meléndez, B. 1943. Los terrenos cámbricos de la Península Hispánica. *Trabajos del Instituto de Ciencias Naturales José de Acosta*, **1** (1), 179 pp.
- Moreno-Eiris, E. 1988. *Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena*. Publicaciones Especiales del Boletín Geológico y Minero. Madrid, VIII+127 pp.
- Moreno-Eiris, E. 1994. Lower Cambrian mounds of Sierra Morena (SW Spain). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **172**, 185-192.
- Perejón, A. 1971. *Pachecocyathus* nuevo género de Archaeocyathidos del Cámbrico español. *Estudios*

- Geológicos*, **26** (1), 81-83.
- Perejón, A. 1975a. Arqueociatos de los subórdenes Monocyathina y Dokidocyathina. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **73** (1-4), 125-145.
- Perejón, A. 1975b. Arqueociatos Regulares del Cámbrico de Sierra Morena. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **73** (1-4), 147-193.
- Perejón, A. 1975c. Nuevas formas de Arqueociatos del Cámbrico inferior de Sierra Morena (I). *Tecniterrae*, **8**, 8-29.
- Perejón, A. 1976a. Nuevas formas de Arqueociatos del Cámbrico inferior de Sierra Morena (II). *Tecniterrae*, **9**, 7-24.
- Perejón, A. 1976b. Nuevos datos sobre los Arqueociatos de Sierra Morena. *Estudios Geológicos*, **32** (1), 5-33.
- Perejón, A. 1977. Arqueociatos con túmulos en el Cámbrico inferior de Córdoba (Sierra Morena Oriental). *Estudios Geológicos*, **33** (6), 545-555.
- Perejón, A. 1986. Bioestratigrafía de los arqueociatos en España. *Cuadernos de Geología Ibérica*, **9** (1984), 213-266.
- Perejón, A. 1989. Arqueociatos del Ovetiense en la sección del Arroyo Pedroche. Sierra de Córdoba, España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **84** (3-4), 143-247.
- Perejón, A. 1994. Palaeogeographic and biostratigraphic distribution of Archaeocyatha in Spain. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **172**, 341-354.
- Perejón, A. 2012. Fernando Amor y Mayor (1823?-1863), nuevos datos para su biografía y análisis de las aportaciones geológicas de su obra. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **106**, 53-84.
- Perejón, A. (2013). La fecunda etapa docente, investigadora y social de Eduardo Hernández-Pacheco en el Instituto de Córdoba entre 1899 y 1910. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **107**, 5-56.
- Perejón, A. & Moreno-Eiris, E. 2006. Biostratigraphy and paleobiogeography of the archaeocyaths on the southwestern margin of Gondwana. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **157**, 611- 627.
- Perejón, A. & Moreno-Eiris, E. 2007. Ovetian cryptic archaeocyaths, lower Cambrian from Las Ermitas (Córdoba, Spain). In: B. Hubmann & W.E. Piller (eds.), Fossil Corals and Sponges. Proceedings of the 9th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera. *Österreichische Akademie der Wissenschaften-Schriftenreihe Erdwissenschaftlichen Kommissionen*, **17**, 113-137.
- Quesada, C., Larrea, F.J., Florido, P., et al. 1987. *Mapa Geológico-Minero de Extremadura*. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Junta de Extremadura.
- Quesada, C., Apalategui, O., Eguiluz, L., Liñán, E., & Palacios, T. 1990. Precambrian. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, R.D. Dallmeyer & E. Martínez García (eds.), 252-258. Springer-Verlag. Berlin.
- Richter, R. & E. 1927. Eine Crustacee (*Isoxys carbonelli* n. sp.) in dem *Archaeocyathus*-Bildungen der Sierra Morena. *Senckenbergiana*, **9** (5), 188-195. [Traducción española de J. Carandell en 1929: *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **2** (2), 91-101].
- Simon, W. 1939. Archaeocyathacea: I. Kritische Sichtung der Superfamilie. II. Die Fauna im Kambrium der Sierra Morena (Spanien). *Abhandlungen der senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, **448**, 87 pp.
- Vennin, E., Álvaro, J.J., Moreno-Eiris, E. & Perejón, A. 2003. Early Cambrian coelobiontic communities in tectonically unstable crevices developed in Neoproterozoic andesites, Ossa-Morena, southern Spain. *Lethaia* **36**, 53-65.

- Wittke, H. 1978. *Zur Fauna des Unterkambriums von Las Ermitas, in der Sierra Morena, Spanien*. Diplomarbeit zur Erlangung des Grades eines Diplom-Geologen der Mathematischen-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, 51 pp.
- Zamarreño, I. & Debrenne, F. 1977. Sédimentologie et biologie des constructions organogènes du Cambrien inférieur du Sud de l'Espagne. *Mémoire du BRGM*, **89**, 44-61.

Excursión post-congreso

El Carbonífero del Alto Guadiato

S. Rodríguez¹, R.H. Wagner², C. Álvarez-Vázquez², P. Cózar³ e I. Coronado¹

¹ Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, c/ José Antonio Novais 2, 28040 Madrid, España. sergrodr@geo.ucm.es; icoronad@ucm.es.

² Centro Paleobotánico, Real Jardín Botánico de Córdoba, Avda. de Linneo, s/n, 14004 Córdoba, España. crlwagro@uco.es; paleo.calvarez@jardinbotanicodecordoba.com.

³ Instituto de Geociencias de Madrid, c/ José Antonio Novais 2, 28040 Madrid, España. pcozar@ucm.es.

Introducción

Los afloramientos carboníferos existentes en el valle del Guadiato (Fig. 1) son conocidos desde antiguo, pero la completa comprensión sobre su edad y estructura no se ha producido hasta tiempos relativamente recientes. Incluso su denominación ha ido variando con el tiempo.

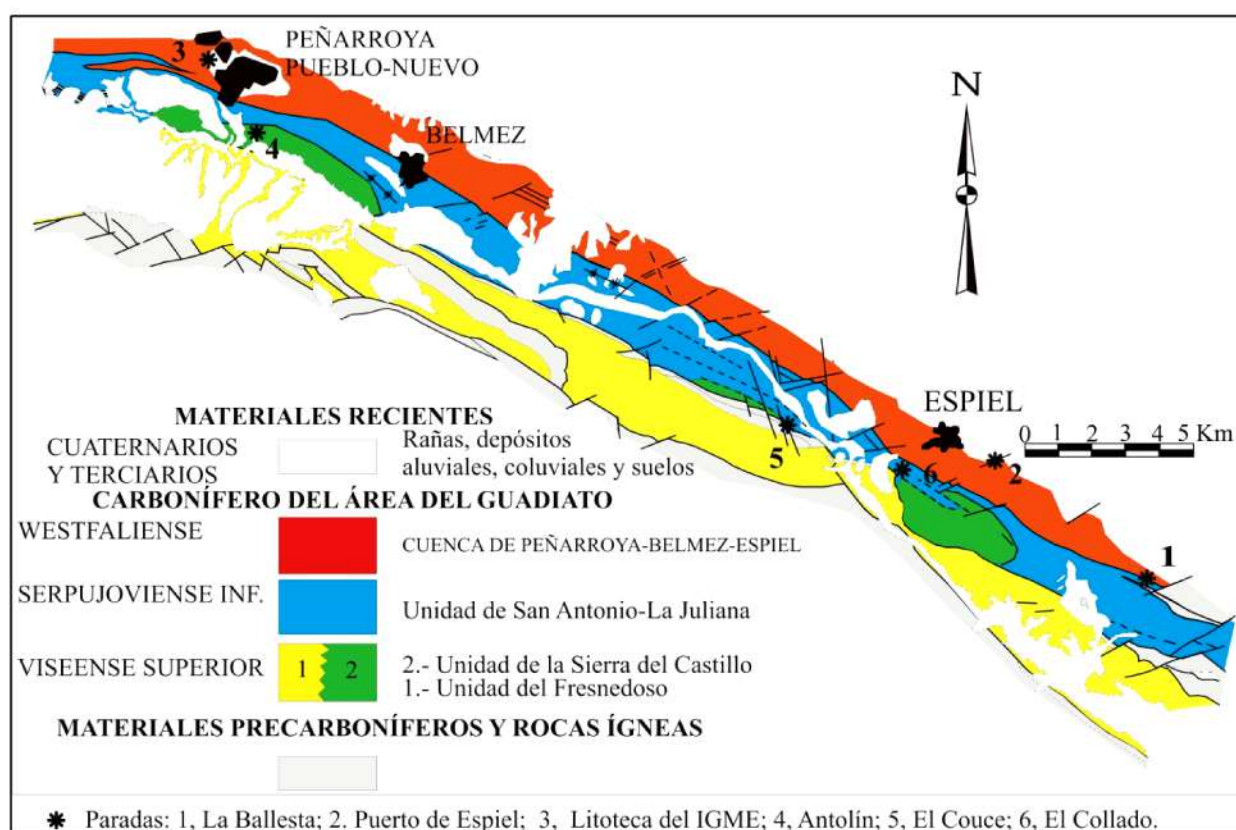


Figura 1. Mapa del área del Guadiato con la diferenciación de las distintas cuencas y dominios y la localización de las paradas.

Las primeras referencias a los materiales carboníferos de la región se encuentran en Parrán (1871), quien describe los sedimentos continentales con capas de carbón, que denomina como cuenca de Belmez. Mallada (1880) menciona por primera vez los materiales marinos que asigna, en principio, al Devónico y que más tarde (1889) señala como pertenecientes al Carbonífero Inferior. Carandel (1922) utiliza la denominación de Cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel, refiriéndose también a los materiales continentales del Pensilvánico. Aún así, el nombre de Cuenca de Belmez persiste hasta que Ortuño (1970) utiliza el término de Cuenca del Guadiato para los materiales westfalienses que fueron objeto de las exploraciones de carbón por parte de la

Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya, y de su sucesora estatal, la Empresa Nacional Carbonífera del Sur (ENCASUR). El estudio reseñado (Ortuño, 1970) distinguió, por primera vez, entre las capas de carbón de edad westfaliense y las de un paquete anterior, correspondiente al Namuriense inferior.

Un estudio de cartografía regional por Pérez-Lorente (1979) distingue tres bandas paralelas de distintas edades carboníferas, y que fueron consideradas por Apalategui *et al.* (1985) como las bandas meridional, central y septentrional, correspondiendo la primera a materiales marinos del Misisípico, la segunda a materiales continentales y marinos del Misisípico terminal, y la tercera a materiales continentales del Pensilvánico (de edad westfaliense). Apalategui *et al.* (1985) denominaron a estas bandas “Unidad detrítica en facies Culm” (banda meridional), “Unidad detrítico-carbonatada (banda central) y “Unidad detrítica en facies continental” (banda septentrional).

Wagner & Jurado (1988), del Servicio Geológico de ENCASUR, separan la Cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel, con materiales pensilvánicos continentales, y reservan el término Cuenca Carbonífera de Guadiato para el conjunto de los materiales misisípicos. En esa misma línea, Cózar & Rodríguez (1999) diferencian entre la Cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel, de edad Westfaliense y con sedimentos continentales, y que se correspondería con la banda septentrional, y los materiales carboníferos marinos y continentales del área del Guadiato, que corresponden a parte de una cuenca anterior (Viseense-Serpujoviense), y probablemente mucho más extensa, aunque sus límites son desconocidos. Diferencian, además, tres unidades en estos materiales del Misisípico: Unidad del Fresnedoso (antigua banda meridional), Unidad de la Sierra del Castillo (materiales marinos carbonatados de la antigua banda central) y Unidad de San Antonio-La Juliana (materiales marinos y continentales predominantemente siliciclásticos de la banda central). Wagner (1999) publica una síntesis de la cuenca de Peñarroya en la que explica que sus características corresponden a una cuenca generada por una gran falla *strike-slip* intracontinental al estilo de la famosa falla de San Andrés de California, y con un desplazamiento lateral de varios centenares de kilómetros. Los movimientos sobre la falla son de edad pensilvánica, tal como corresponde al estudio de las floras westfalienses encontradas en varias subcuencas sucesivas (Álvarez-Vázquez, 1995, 2000). A esta gran falla *strike-slip* la acompañaron otras fracturas *strike-slip* más pequeñas y paralelas. Estas fracturas afectaron a los afloramientos misisípicos, dislocándolos.

Resumiendo, en el área general del Alto Guadiato se distinguen dos cuencas netamente diferenciadas en el tiempo y en su formación, una pensilvánica, y otra misisípica, y tres unidades diferenciadas en esta última.

Breve descripción de las unidades del Misisípico

Unidad del Fresnedoso. Es la antigua banda meridional. Está constituida por sucesiones rítmicas de pizarras (lutitas) y areniscas de tonos oscuros con conglomerados en su parte basal y algunas intercalaciones calizas.

Estas rocas fueron interpretadas por algunos autores como turbiditas (Almarza *et al.*, 1973; Pérez-Lorente, 1979) y como tempestitas por otros (Gabaldón *et al.*, 1983; Quesada, 1983; Gabaldón, 1993). Cózar & Rodríguez (1999) señalan que ambas interpretaciones pueden ser correctas, pues los sedimentos presentan características de ambos ambientes en distintas secciones e incluso en distintas partes de una misma sección. Así, en la sección tipo del Arroyo Fresnedoso, predominan las tempestitas, mientras que en la Alhondiguilla los sedimentos son típicamente turbidíticos. En secciones intermedias como Camino del Águila y Villanueva del Rey, la sucesión comienza con tempestitas y progresivamente pasa a turbiditas (Cózar, 1998). De

hecho, la sucesión comienza con depósitos de conglomerados depositados bajo una lámina de agua, que pasan rápidamente a la sucesión rítmica con carácter tempestítico. La progresiva profundización resulta finalmente en el desarrollo de facies turbidíticas con las típicas secuencias de Bouma y deslizamientos intraformacionales (Cózar, 1998).

La edad de los materiales fue determinada en principio como Viseense medio-superior (Martínez Díaz en Ortuño, 1970; Armengot & Martínez Díaz, 1972). Sin embargo, Cózar (1998) precisa la zona 14 de foraminíferos de Mamet (1974) para los niveles basales de la sección del Arroyo Fresnedoso (suroeste de Belmez), que presenta la sucesión más completa. Esto implica una edad Viseense superior para la mayor parte de la sucesión. Los niveles terrígenos más altos no han podido ser datados, pues no se han encontrado niveles calcáreos fosilíferos en ellos. Su espesor es muy considerable, superando probablemente los 2.000 metros, así que no es descartable que lleguen al Serpujoviense.

Debido a la ausencia casi total de macrofauna en esta Unidad (tan sólo se registra la presencia de niveles de encrinetas con restos de braquiópodos y corales inidentificables), no se hará ninguna parada en ella.

Unidad de la Sierra del Castillo. La tradicionalmente denominada banda central está compuesta por materiales terrígenos de edad Namuriense inferior (Serpujoviense) en los que se intercalan un gran número de bloques de calizas atribuidos a olistolitos (Wagner & Jurado, 1988; Rodríguez *et al.*, 1996) o brechas de talud intercaladas en una sedimentación detrítica (Cabanás Córdoba & Cabanás Pareja, 1974), y que culminan en facies continentales. Cózar & Rodríguez (1999) señalan la presencia real de bloques olistolíticos de edad Viseense en la sucesión, pero también la existencia de grandes masas de calizas, con sucesiones muy continuas, sin presencia de estructuras de colapso o deslizamiento y relacionadas con los terrígenos mediante cabalgamientos locales, de alcance limitado. Estos bloques están siempre situados en el contacto entre los materiales terrígenos serpujovienses (Namuriense inferior), y la Unidad del Fresnedoso. Están cabalgados por esta última y a su vez cabalgan sobre los materiales del Namuriense. Por otra parte, los auténticos olistolitos se hallan alineados en las proximidades del borde nororiental de la banda central y presentan sucesiones estratigráficas muy distintas y separadas por fallas. Por ello, Cózar & Rodríguez (1999) diferencian la Unidad de la Sierra del Castillo para estos bloques (tres, básicamente, todos de varios kilómetros de extensión (Sierra del Castillo, El Couce y Sierra Boyera).

Se trata de sucesiones fundamentalmente carbonatadas con abundante contenido paleontológico, que a lo largo de los afloramientos presenta variaciones ambientales importantes, mostrando transiciones de facies de plataformas proximales a facies de plataformas distales y rampas externas. En concreto, en el bloque de la Sierra del Castillo, las secciones de la Cantera del Castillo y del Collado (sur de Espiel) representan facies de plataforma somera, incluso con momentos de emersión, en tanto que a tan sólo unos kilómetros de distancia, la sucesión de la Sierra de la Estrella representa una rampa media a distal con desarrollo de montículos microbianos. En el bloque de Sierra Boyera se reconocen facies aún más distales, con brechas calcáreas intercaladas en sucesiones de tipo turbidítico. Es probable que estas áreas de facies distinta fueran separadas como consecuencia de los movimientos *strike-slip* posteriores (de edad pensilvánica).

La edad de los materiales correspondientes a esta unidad está siempre comprendida entre las zonas 14 y 16 de Mamet (1974), es decir Asbiense superior y Brigantiense inferior, lo que implica una muy alta tasa de sedimentación, pues se registran más de 300 metros de calizas para sólo una pequeña parte del Viseense superior.

Se visitarán dos localidades de esta unidad, que corresponden a facies de aguas someras (El Collado, en la Sierra del Castillo) y a facies más profundas (Antolín, en el bloque de Sierra Boyera).

Unidad de San Antonio-La Juliana. Constituye la mayor parte de la antiguamente denominada banda central. Es una unidad sedimentada en una fase tectónica muy activa en la que jugaron un papel importante grandes fallas que actuaban como fallas de desgarre acompañadas por cabalgamientos, que son los más aparentes. Por ello se produce una gran compartimentación, con facies muy diferentes en diversas áreas y con sedimentación tanto continental como marina. Hay materiales terrígenos continentales con depósitos que van desde conglomerados a capas de carbón, tanto en ambiente marino como continental de tipo deltaico (Wagner *et al.*, 1983), ampliamente representados en la zona del Couce, al oeste de Espiel, donde los pasos de carbón fueron de entidad suficiente como para sostener unas explotaciones mineras a pequeña escala. Las floras asociadas son de edad Serpujoviense (Namuriense inferior) (Wagner, 2001). Se visitará una localidad del Couce, en la antigua Mina Urraca, y, si el tiempo lo permite, un corte estratigráfico al Suroeste de Belmez (Fig. 2).

También se produce sedimentación carbonatada autóctona en ambientes someros, generalmente intercalada con terrígenos finos, como en la zona de La Cornuda (Cózar, 1998; Gómez-Herguedas & Rodríguez, 2008). Estos materiales han sido datados como Serpujoviense (zonas 17 y 18 de Mamet, 1974) a partir de las asociaciones de foraminíferos y algas (Cózar, 1998; Cózar & Rodríguez, 1999).

Por otra parte, se identifican depósitos carbonatados alóctonos de dos tipos diferentes:

- a) Olistolitos con dimensiones desde unas decenas hasta cientos de metros de diámetro como los del Castillo de Belmez o Sierra Palacios. En ésta última se encuentran varios olistolitos imbricados. Las facies en estos olistolitos son siempre las mismas, calizas bioclásticas, básicamente encriníticas, pero con frecuente macrofauna, generalmente representada por corales, braquiópodos y briozoos, y abundantes algas y foraminíferos, que permiten datarlos como Viseense superior (zonas 14 a 16 de Mamet, 1974).
- b) Brechas calcáreas, tanto granosostenidas como matrizsostenidas, que están bien representadas en la sección de San Antonio y de Cerro Cabello. Pueden presentar algún pequeño olistolito intercalado y no alcanzan grandes espesores, aunque pueden aflorar a lo largo de amplias zonas, como en el área de Cerro Cabello (Cózar & Rodríguez, 1999). Su datación se ha realizado con foraminíferos y algas y es también Viseense superior (zonas 14 a 16).

Desde el punto de vista estructural, esta es la zona más compleja, ya que presenta numerosas fallas subparalelas asociadas a cabalgamientos. Éstas fueron consideradas como las estructuras principales por Ortuño (1970), Gabaldón *et al.* (1983) y Apalategui *et al.* (1985), pero resulta probable que sean de un alcance limitado y provocadas por las fallas *strike-slip* posteriores (de edad pensilvánica) en etapas compresivas de *restraining bend*. Esto, unido a que la mayor parte de los sedimentos de esta unidad no son muy competentes hace que los buenos afloramientos sean escasos (están cubiertos por los sedimentos aluviales del río Guadiato) o estén poco accesibles.

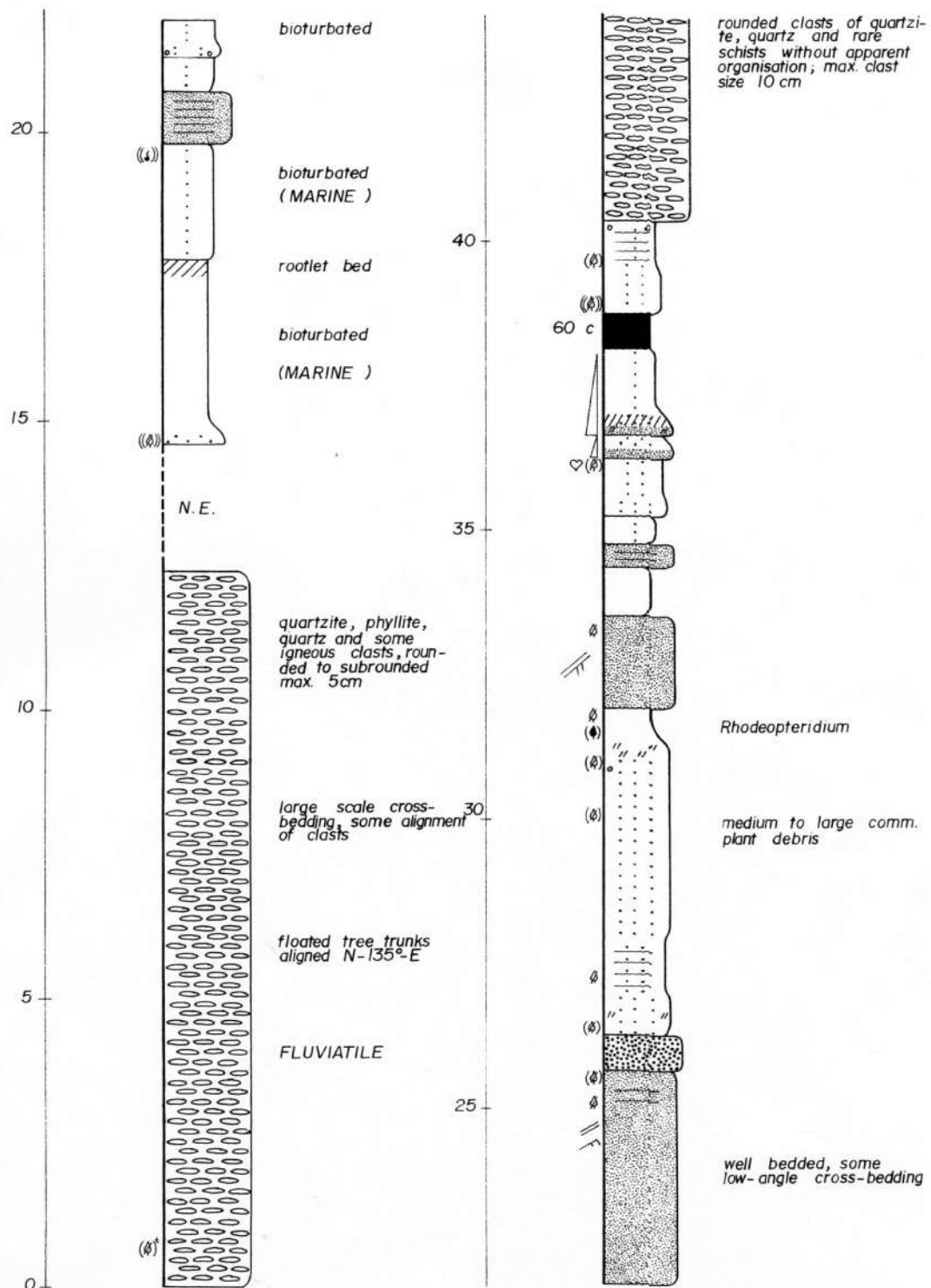
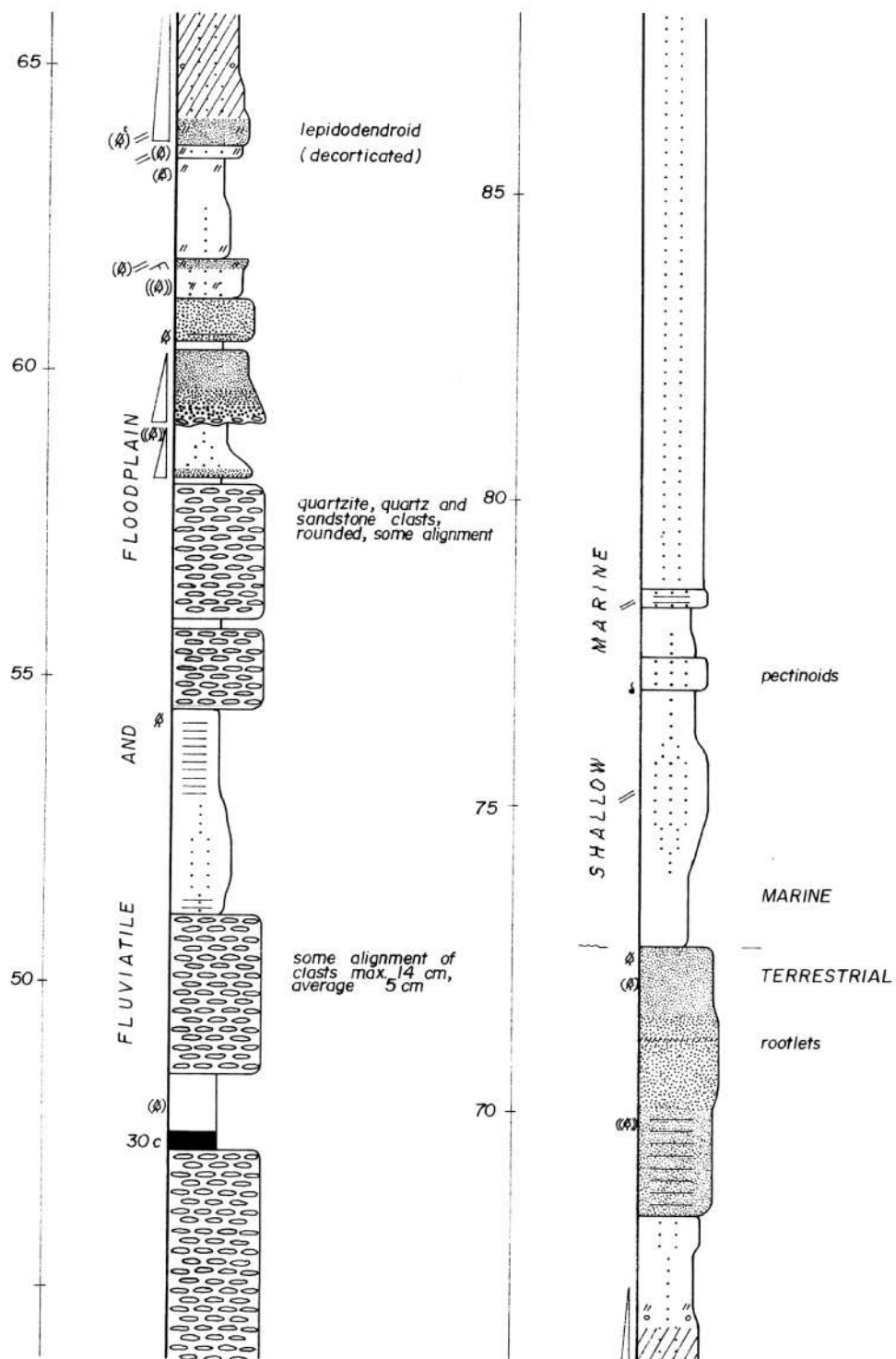


Figura 2. Columna estratigráfica (ver págs 40 y 41) del Namuriense inferior al Suroeste de Belmez. (Wagner, inédito).



Cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel (Cuenca Westfaliense)

La cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel (Fig. 3) está situada al Noroeste de la provincia de Córdoba, y tiene en su afloramiento actual una forma estrecha y alargada, con unos 45 km de longitud y de 1 a 4 km de anchura. La cuenca se corresponde con la más septentrional de las tres bandas en las que Apalategui *et al.* (1985) dividieron la cuenca del Guadiato. La cuenca minera, actualmente abandonada y con muy pocos afloramientos, de difícil acceso por las explotaciones agrícolas, fue de explotación complicada por su estructura geológica.

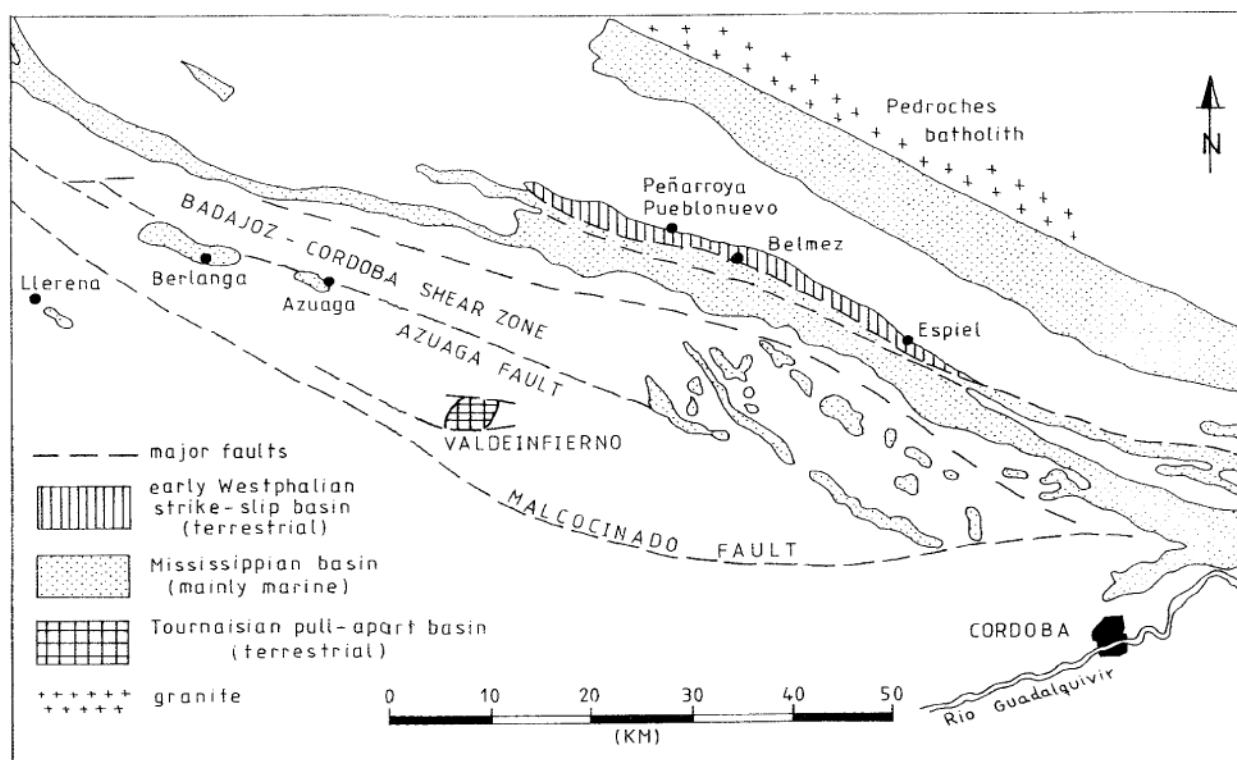


Figura 3. Mapa de la zona de cizalla Badajoz-Córdoba mostrando la situación de las cuencas carboníferas implicadas. Observar la diferencia fundamental entre la cuenca westfaliense de Peñarroya, condicionada por una gran falla *strike-slip* intracontinental, y la cuenca tournaisiense de Valdeinfierno, de tipo *pull-apart*.

Los trabajos de investigación realizados por la Empresa Nacional ADARO y, posteriormente, por el Servicio Geológico de ENCASUR, con zanjas y, sobre todo, importantes campañas de sondeos (sumando decenas de miles de metros con testigo continuo), han dado, finalmente, con la interpretación correcta de la misma. La cuenca de sedimentación (Cuenca de Peñarroya) fue generada por el movimiento continuo de una gran falla *strike-slip* intracontinental separando dominios geológicos muy diferentes (dominios de Sierra Albarrana y Obejo-Valsequillo), y el comportamiento diferente de las placas “activa” y “pasiva” con respecto a la gran falla (Fig. 4). La placa activa, con terrenos metamórficos y del Paleozoico Inferior (dominio de Sierra Albarrana), se movió lateralmente hacia el SE a una velocidad media de un metro cada siglo. También tuvo un movimiento vertical (lo cual, en etapas transpresivas, dio lugar a cabalgamientos locales). La placa pasiva se hundió con un ligero basculamiento hacia la gran falla, lo cual influyó en generar un ambiente lacustre receptor de las capas de carbón más importantes de la cuenca. El paso de la gran falla *strike-slip* provocó una fracturación de la placa pasiva. La falla más importante entre estas fracturas delimitó el borde NE de la cuenca de

sedimentación, con un escarpe que dio lugar a una alineación de abanicos aluviales que se desarrollaron sucesivamente en el sentido del movimiento de la placa activa, hacia el SE. Es exactamente como se ha descrito de Ridge Basin en California (Crowell, 1974) con respecto a la falla de San Gabriel, subsidiaria a la principal de San Andrés. Con el paso del tiempo, durante el Westfaliense, la forma algo sinuosa de la gran falla *strike-slip* provocó una alternancia de etapas transtensivas y transpresivas (de *releasing bend* y *restraining bend*) que dieron lugar a subcuencas con una deformación tectónica diferente de cada una. Ni imaginarse los problemas con que se encontraron los mineros (y el dinero que se hubieran ahorrado al haber dado a tiempo con la clave geológica, sobre todo al proyectar sus pozos de extracción). Al haber subcuencas, la continuidad lateral de las capas de carbón era limitada, con un condicionante adicional por haber traslado de depocentro en el mismo sentido SE en cada subcuenca.

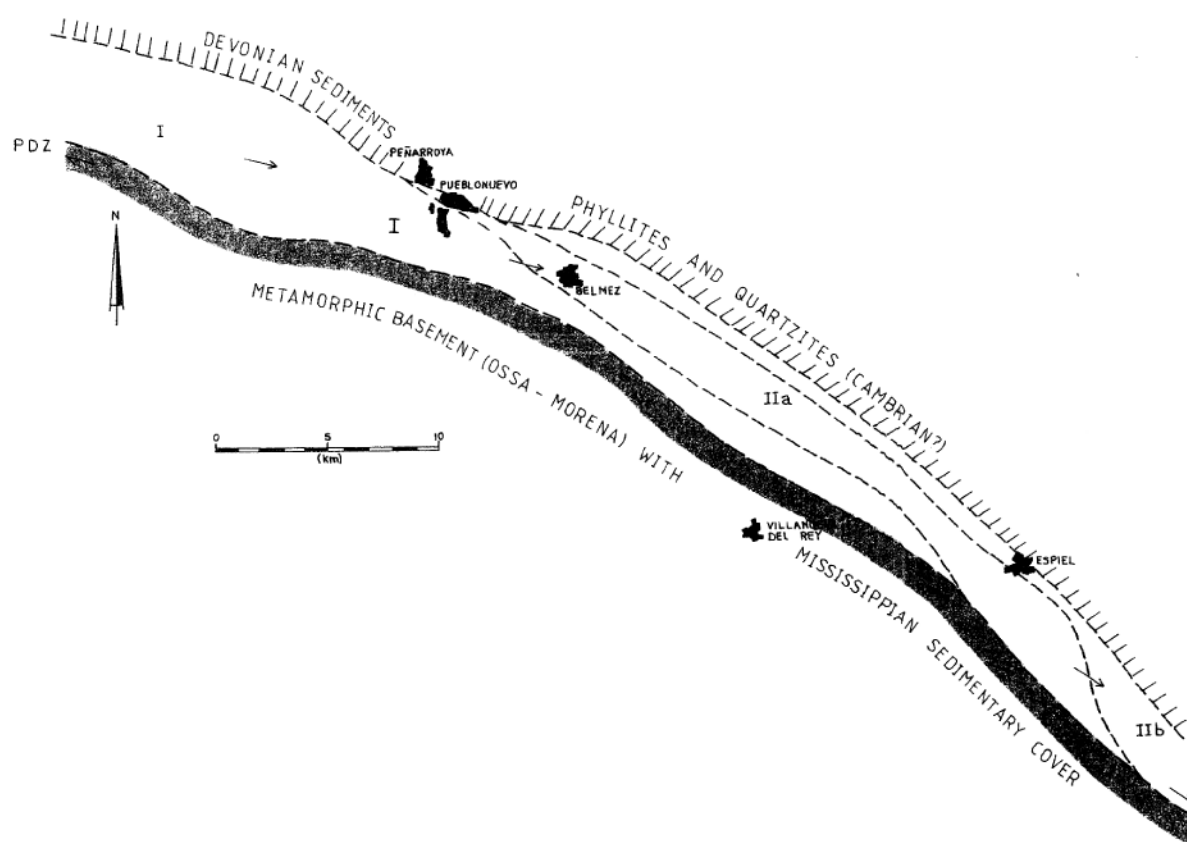


Figura 4. Cuenca westfaliense de Peñarroya (con subcuencas sucesivas) adosada a la zona de cizalla Badajoz-Córdoba, que actuó como placa activa. Tomado de Wagner (1999).

Con esta interpretación, avalada por una información geológica muy detallada gracias a la exploración minera (sondeos, zanjas, labores mineras), se ha podido dar un gran paso adelante en el reconocimiento de la estructura geológica del Macizo Ibérico, ya que permitió entender la envergadura de los movimientos *strike-slip* (en dirección SE) que aportaron los terrenos constituyentes del Macizo, y darse cuenta que son de origen atlántico.

Evidentemente, la interpretación sedimentológica y, sobre todo, la datación estratigráfica de las subcuencas sucesivas fueron esenciales para vislumbrar la envergadura y duración de los grandes movimientos *strike-slip*. Fueron de edad pensilvánica, con una duración de, aproximadamente, unos 15 a 20 millones de años.

La datación de la cuenca minera de Peñarroya-Belmez-Espiel (que ocupa, presumiblemente, sólo una parte del tiempo total que duró la cuenca sedimentaria de Peñarroya) se ha hecho por el estudio de la flora fósil obtenida, principalmente, de los sondeos de exploración de ENCASUR testificados al detalle, y de la recogida en las minas a cielo abierto. Esencialmente, corresponde a la tesis doctoral de Álvarez-Vázquez (1995) que pudo reconocer dos etapas de sedimentación diferentes de edad Langsettiense superior a Duckmantiense inferior (en la zona de antracitas) y Duckmantiense superior a Bolsoviense (en la zona de hullas), respectivamente. Las numerosas colecciones recogidas suman más de 20.000 piezas, y son los clásicos elementos de la flora westfaliense de la franja paleoequatorial de la época, con un predominio de especies higrófilas (de ambientes hulleros de altitud baja y con una pluviosidad importante).

Dado que la cuenca de sedimentación era muy estrecha, con sólo unos kilómetros de anchura, y estaba flanqueada por paleorelieves de sólo unos centenares de metros (Andreis & Wagner, 1983) se podría haber pensado en encontrar un número significativo de especies “extracuenca”, pero este no es el caso. De los 120 taxones reconocidos, sólo 7 corresponden a elementos “extracuenca”. La listas completas de los taxones presentes en las dos subcuencas se puede encontrar en Álvarez-Vázquez (2000) y Wagner & Álvarez-Vázquez (2010), y tres de las especies más abundantes se han representado en la Fig. 5.

Además del estudio de la macroflora (mayoritariamente adpresiones), se hizo el de la palinología. Un primer avance (Coquel, 2004) se basa esencialmente en el corte de una sola mina de carbón, y no refleja el conjunto para el que se había facilitado una cantidad grande de muestras. La muerte temprana de Robert Coquel nos privó del estudio definitivo. Mencionar también la investigación petrográfica del carbón por Marques (1993), de la Universidad de Oporto.

La intrusión de rocas subvolcánicas básicas a finales del Carbonífero hizo que alguna de las capas de carbón se convirtieran parcialmente en un coque natural. También provocó grandes diferencias en el rango de los carbones, de antracitas a carbón coquizable.

El cierre y restauración de las explotaciones mineras ha cortado el acceso a los materiales paleobotánicos. Quedan las colecciones custodiadas por el Centro Paleobotánico del Real Jardín Botánico de Córdoba.

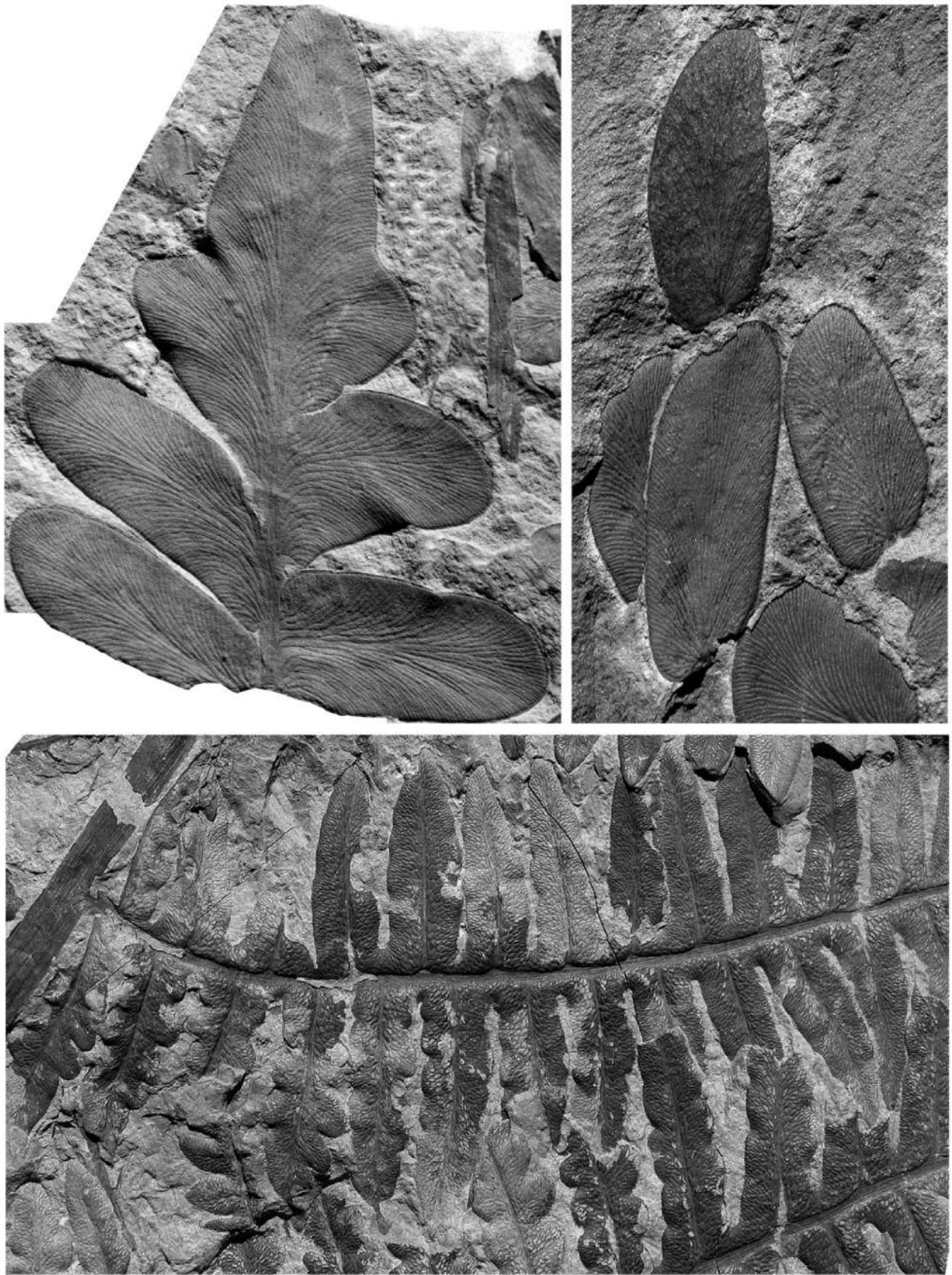


Figura 5. Arriba izquierda: *Neuropteris guadiatensis* Wagner *emend.* Álvarez-Vázquez (x 3). Langsettiense superior (loc. 4364 – holotipo). Arriba derecha: *Paripteris linguaeifolia* (Bertrand) Josten (x 3); Duckmantiense superior (loc. 7035). Abajo: *Lonchopteris rugosa* Brongniart (x 2); Langsettiense superior, Descubierta La Ana.

PRIMERA PARADA. Corta Ballesta (Westfaliense)

En esta primera parada se podrá ver un corte en uno de los taludes de la corta Ballesta, la última mina a cielo abierto explotada por ENCASUR y cerrada a finales de 2010. Aunque la restauración de la mina está prácticamente finalizada, este corte aún es visible en el hueco final que ahora se está rellenando con agua.



Figura 6. Vista del talud oeste en el hueco final de Corta Ballesta (foto tomada en octubre de 2010). Muestra la parte superior de la sucesión estratigráfica, replegada y fracturada, por encima de la capa principal (que se puede ver en el fondo de la mina). La altura media del talud es de unos 200 m.

SEGUNDA PARADA. Panorámica general

Esta parada se realizará en el puerto (alto) de Espiel, desde donde se divisa una excelente panorámica de todo el área del Guadiato (Fig. 7), que representa una zona deprimida limitada al suroeste y al noroeste por materiales del Paleozoico inferior y Proterozoico (en primer plano en la foto). Desde aquí se pueden observar los principales relieves de la zona. Destaca al oeste la Sierra del Castillo, donde se encuentran los mayores afloramientos calcáreos de la unidad del mismo nombre. Hacia el noroeste se observan los relieves aislados de Sierra Palacios y el castillo de Belmez, que representan olistolitos de calizas de edad Viseense emplazados en la banda Serpujoviense (= Namuriense inferior); muy al fondo en la misma dirección se divisa la Peña Roya (el nombre parece ser de origen íbero y significa pico aislado), que da nombre a la mayor población de la zona, situada a sus pies y que es el centro neurálgico de la cuenca carbonífera explotada en el siglo XX.



Figura 7. Panorámica del área del Guadiato vista desde el alto de Espiel, con el pueblo del mismo nombre en primer término.

TERCERA PARADA. Litoteca del IGME

En la litoteca del IGME, situada en la localidad de Peñarroya-Pueblonuevo, al norte de la provincia de Córdoba, se archivan y custodian tanto testigos de sondeos, ripios y otros tipos de muestras (como láminas delgadas), como su documentación geológica y minera (Fig. 8). Éste material procede de las campañas de investigación realizadas por el propio IGME, empresas mineras y petrolíferas, administraciones públicas, universidades, etc.





Figura 8. Arriba: Vista de la nave principal de la litoteca del IGME donde se guardan los testigos de sondeos. Abajo: testigos preparados para su consulta. En la página anterior, abajo, vista exterior del edificio de la litoteca.

La litoteca presta distintos tipos de servicios, entre los que destacan la consulta de testigos y muestras, la preparación de láminas delgadas, y la realización de trabajos de documentación y elaboración de informes a partir de los materiales archivados para proceder a su difusión.

CUARTA PARADA. Antolín (Viscense)

Los afloramientos de Antolín se sitúan en el bloque de Sierra Boyera, más concretamente en su borde noroccidental. El bloque de Sierra Boyera comprende la sierra que le da nombre y una serie de lomas situadas al Noroeste de la misma. Está constituido por materiales terrígenos y carbonáticos (Fig. 9) con gran variedad de facies que fueron brevemente descritos por Apalategui *et al.* (1985) y más recientemente por Cózar & Rodríguez (1999). Están limitados por materiales terrígenos, principalmente conglomerados y areniscas que han sido datados mediante restos vegetales como Namuriense inferior (Wagner *et al.*, 1983; Wagner, 2001).



Figura 9. Afloramiento de las brechas calcáreas en Antolín.

Los niveles estudiados en el área de Antolín se encuentran en una sucesión de limolitas y areniscas de carácter turbidítico y están constituidos por unas brechas calcáreas que contienen clastos de características muy diversas y orígenes variados. El interés de estas brechas reside en que los clastos que en ellas se encuentran permiten caracterizar una plataforma carbonatada con diversos subambientes, que no está preservada (Rodríguez & Rodríguez-Curt, 2002).

En la zona de Antolín se han levantado tres secciones, de las que la más completa es la de Antolín 2, que se expone en la Fig. 10. Los niveles más blandos de la sucesión afloran mal, tan sólo se observan bloques dispersos de limolitas extraídos por el arado si el embalse está alto. Sin

embargo, los niveles duros, que corresponden a brechas calcáreas y a areniscas, presentan buenos afloramientos.

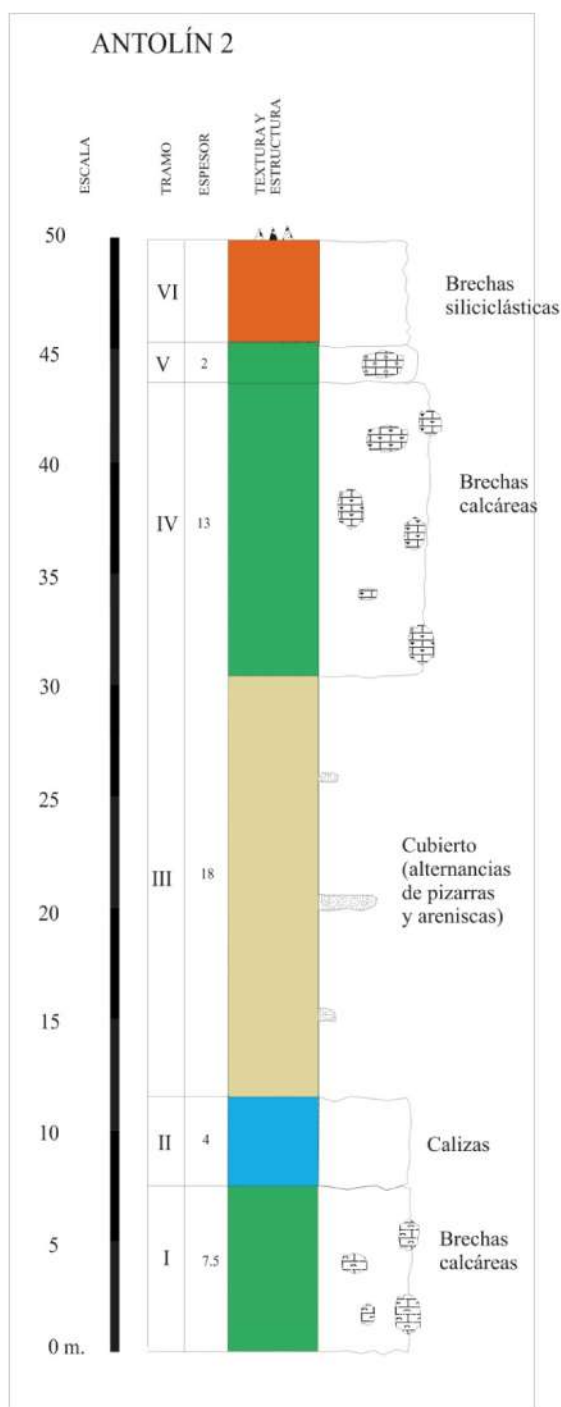


Figura 10. Columna estratigráfica de Antolín 2, que muestra la sucesión más completa de la zona. (Modificado de Rodríguez & Rodríguez-Curt, 2002).

Brechas de Antolín. Las brechas calcáreas presentan una distribución caótica (Fig. 9). No están muy lavadas, es decir, que hay bastantes matriz carbonática entre los clastos. Éstos son muy heterométricos, desde dimensiones milimétricas hasta bloques mayores de 1 metro. La matriz es micrítica y engloba no sólo litoclastos, sino bioclastos de muy diversos tipos, pero entre ellos

destacan los crinoideos. Muchos litoclastos presentan matrices internas semejantes a la observada a su alrededor.

Todo esto permite deducir que los litoclastos no han sufrido un transporte muy prolongado, que su desplazamiento se produjo en masa y que buena parte de ellos proceden de medios que se encontraban en el trayecto del deslizamiento.

Los litoclastos que encontramos en estas brechas fueron clasificados en seis grupos bien diferenciados por Rodríguez & Rodríguez-Curt (2002):

1. Grainstones oolíticos con núcleos tanto siliciclásticos como bioclásticos procedentes de barras.
2. Boundstones constituidos por corales coloniales masivos y ramosos asociados con algas y cianobacterias, que corresponden a parches arrecifales en una plataforma muy somera, donde los principales bioconstructores eran corales rugosos.
3. Packstones con gran abundancia de corales solitarios (o pseudocoloniales) y braquiópodos, que se originaron en una plataforma o rampa somera, más bien tranquila, con sustrato de blando a firme.
4. Packstones de crinoides (encrinitas) con algunos fragmentos de corales, braquiópodos, briozoos, moluscos, etc., originados en una rampa media. Puede tratarse del medio a través del cual fueron arrastradas las masas de carbonato que se concentran en los afloramientos estudiados, ya que está muy generalizada en todos los niveles y los bioclastos que se encuentran en la matriz que rodea a los litoclastos son muy semejantes a los que se encuentran en esta facies.
5. Mudstone-wackestones con textura micropeloidal y fábricas criptoalgares. Son muy escasos en esta localidad, aunque es un tipo muy frecuente en otras zonas del área (Sierra Boyera). Se originaron en montículos microbianos.
6. Areniscas con matriz compuesta en parte por carbonato. Se encuentran sólo en las proximidades de la base de las brechas y corresponden a materiales que se encuentran en los niveles que rodean a las brechas y parecen haber sido englobadas en éstas en el último instante antes de su emplazamiento definitivo.

El modelo propuesto por Rodríguez & Rodríguez-Curt (2002) para el área de origen de los clastos se representa en la Fig. 11. El mecanismo desencadenador del transporte del material generado en zonas someras hasta zonas algo más profundas podría haber sido tanto grandes tormentas como movimientos tectónicos sinsedimentarios. Los datos conocidos en otras zonas del área del Guadiato para materiales de la misma edad permiten precisar que la sedimentación del Viseense superior se produjo en una fase de importante actividad tectónica (Cózar-Maldonado, 1998; Cózar & Rodríguez, 1999), y que las tormentas jugaron un papel importante en la cuenca del Viseense superior de Sierra Morena septentrional (Gabaldón *et al.*, 1985; Cózar & Rodríguez, 1999). Por todo ello, ambos procesos jugaron seguramente un papel combinado en la producción de estos debris.

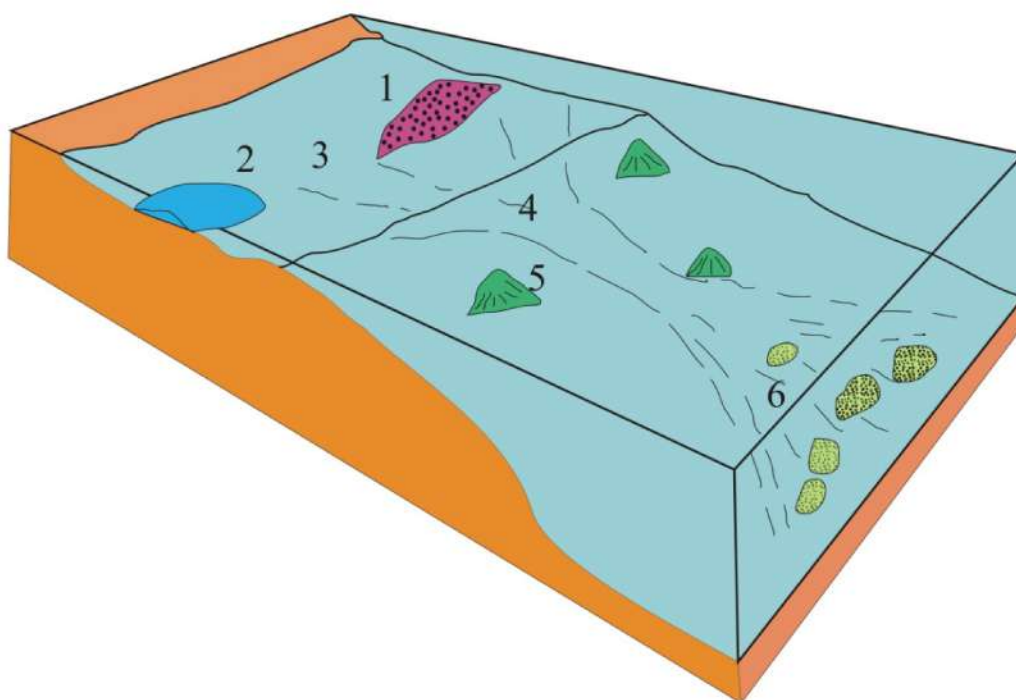


Figura 11. Modelo de sedimentación deducido de las brechas de Antolín. 1. Barras oolíticas. 2. Parches arrecifales. 3. Plataforma protegida con proliferación de corales solitarios y braquiópodos. 4. Rampa proximal con praderas de crinoides. 5. Montículos bioconstruidos por comunidades microbianas. 6. Rampa media; zona de emplazamiento del *debris flow*. (Modificado de Rodríguez & Rodríguez-Curt, 2002).



Figura 12. Detalle de una colonia de *Siphonodendron* en Antolín.

En las brechas de Antolín abundan los corales coloniales y solitarios, tanto rugosos como tabulados, predominando los géneros *Siphonodendron* (Fig. 12), *Lithostrotion*, *Axophyllum*, *Syringopora* y *Multithecopora*.

QUINTA PARADA. El Couce, mina Urraca (Serpujoviense)

Esta parada es la única que permite la recogida de plantas fósiles, debido a que la cuenca minera de carbón (Westfaliense) ya no tiene afloramientos accesible. Los yacimientos con flora del Couce se sitúan en la parte superior de un corte con varias capas de carbón del Serpujoviense (Namuriense inferior) que fueron explotadas antes de la Guerra Civil por minería de interior y, posteriormente, por unas excavaciones que han dejado los (pocos) afloramientos existentes.



Figura 13. Uno de los afloramientos del Serpujoviense en la zona del Couce. En la fotografía se puede ver el conglomerado fluvial que sigue a los sedimentos más finos, en los que se encuentran los fósiles vegetales, y que constituyen el techo de la última capa de carbón de este paquete.

La flora se recoge en unas lutitas limolíticas a techo de la última capa (Fig. 13), antes de llegar a la falla que separa este corte continental y marino de un Viseense marino. La macroflora consiste, fundamentalmente, en ejemplares de “*Lepidodendron*” *volkmannianum* (ver Fig. 14), *Rhodeopteridium* sp. y *Sphenopteris* spp. (todos ellos figurados en Wagner, 2001). Wagner & Álvarez-Vázquez (2010, p. 254) citan la siguiente lista de taxones correspondientes a varias localidades diferentes en el entorno general de la cuenca del Guadiato:

Neuropteris antedens Stur, *Mariopteris renieri* Stockmans & Willière, “*Mariopteris*” *purkynovae* sp. nov. (*nomen nudum*), *Lyginopteris bermudensisiformis* (Schlotheim ex Zeiller) Patteisky, *Lyginopteris larischii* (Stur) Patteisky, cf. *Lyginopteris stangeri* (Stur) Dix, *Eusphenopteris sculptelifolia* (Purkyňová) Wagner, *Eusphenopteris striatula* (Stur) Wagner,

Eusphenopteris kirkbyi (Kidston) Wagner, *Diplotmema patentissimum* (Ettingshausen) Stur, *Diplotmema seminiferum* Gothan, *Sphenopteridium* aff. *crassum*, *Sphenopteridium* sp., cf. *Sphenopteris ovoidea* Purkyňová, *Sphenocyclopteridium bertrandii* Stockmans & Willièrè, *Telangioptis* sp., *Senftenbergia aspera* (Brongniart) Stur, *Sphenopteris mira* Kidston, *Rhacopteris* (*Anisopteris*) sp., *Rhodeopteridium* sp., *Cardiopteridium* aff. *spetsbergense* Nathorst, *Archaeocalamites scrobiculatus*, *Sphenophyllum tenerrimum* Ettingshausen, "*Lepidodendron*" *volkmannianum* Sternberg, *Lepidostrobus volkmannianum* Sternberg, *Lepidophloios?* sp., *Lepidostrobus* sp. y *Lepidostrobusphyllum* sp.



Figura 14. "*Lepidodendron*" *volkmannianum* Sternberg, una de las especies más abundantes en el Couce. Se trata de las impresiones de troncos de licópsida que muestran el dibujo exterior que tenían estos troncos. En la parte superior de cada cojinete se observa la cicatriz foliar donde se asentaban las hojas.

SEXTA PARADA. Sección de El Collado (Viseense)

En la sección de El Collado (vista general en la Fig. 15) pueden observarse las calizas de facies someras que constituyen parte de la sucesión del Viseense superior.

Esta sección, junto con la de la Cantera del Castillo (Fig. 16) constituye una sucesión de más de 300 metros de calizas que comprende la parte superior del Asbiense y la parte inferior del Brigantiense. Esta sucesión ha sido intensamente estudiada y sus resultados publicados en múltiples publicaciones que se resumen en la síntesis de Rodríguez *et al.* (2007) (Figs 17 a 19). En esta parada observaremos algunos aspectos de la sucesión, con gran variedad de facies calcáreas, niveles con abundantes corales y algunos niveles de paleokarst que demuestran no sólo paradas en la sedimentación sino emersiones contemporáneas.



Figura 15. Vista de la parte inferior de la sección de El Collado.



Figura 16. Vista general de la Sierra del Castillo con la sección de la Cantera.

La sección comienza con niveles alternantes de calizas y margas en las que se integran algunos niveles constituidos por capas de tormenta con abundantes corales y crinoideos. Sigue con un intervalo de calizas masivas peloidales con estructura lenticular en la que predominan los crinoideos, braquiópodos y foraminíferos. Presentan frecuentes cavidades estromatactoideas. Los niveles superiores presentan calizas bioclásticas bien estratificadas con abundantes crinoideos y algunos corales y braquiópodos, que alternan con niveles de calizas oolíticas. Por encima se encuentran niveles de calizas nodulosas que constituyen grainstones de peloides y algas con crinoideos y algunos corales que llegan a formar colonias de gran tamaño. En estos niveles se reconocen hasta 4 superficies de paleokarst con niveles de paleosuelos, que representan

momentos de emersión durante el Brigantiense basal. La parte final de la sucesión está constituida por calizas bioclásticas bien estratificadas (packstones) alternantes con margas en las que se pueden encontrar corales solitarios y coloniales, braquiópodos gigantoproducidos y gasterópodos. Estas calizas pasan progresivamente a calizas arenosas, areniscas y conglomerados.

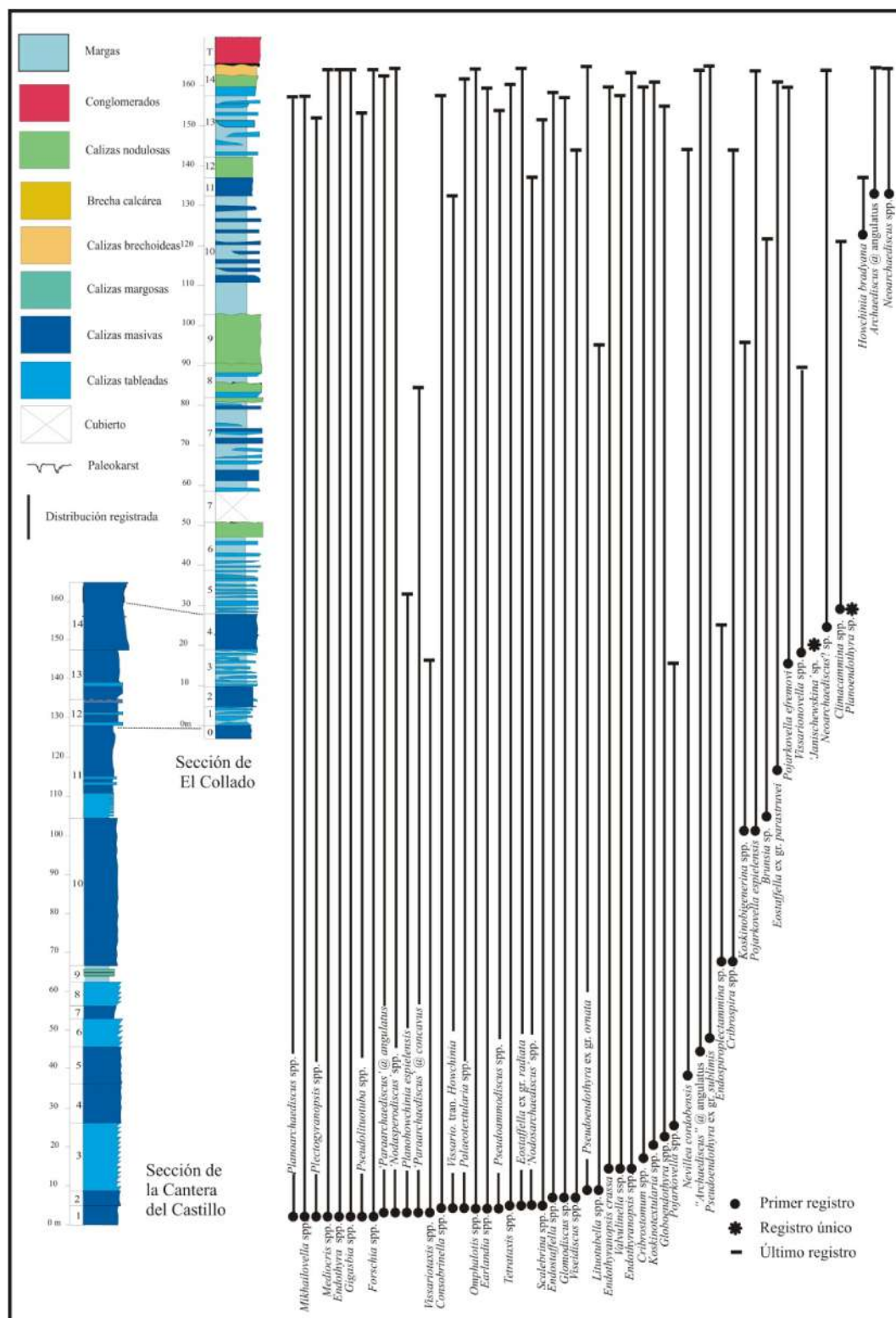


Figura 17. Distribución de los foraminíferos en la Sierra del Castillo. (Modificado de Rodríguez *et al.*, 2007).

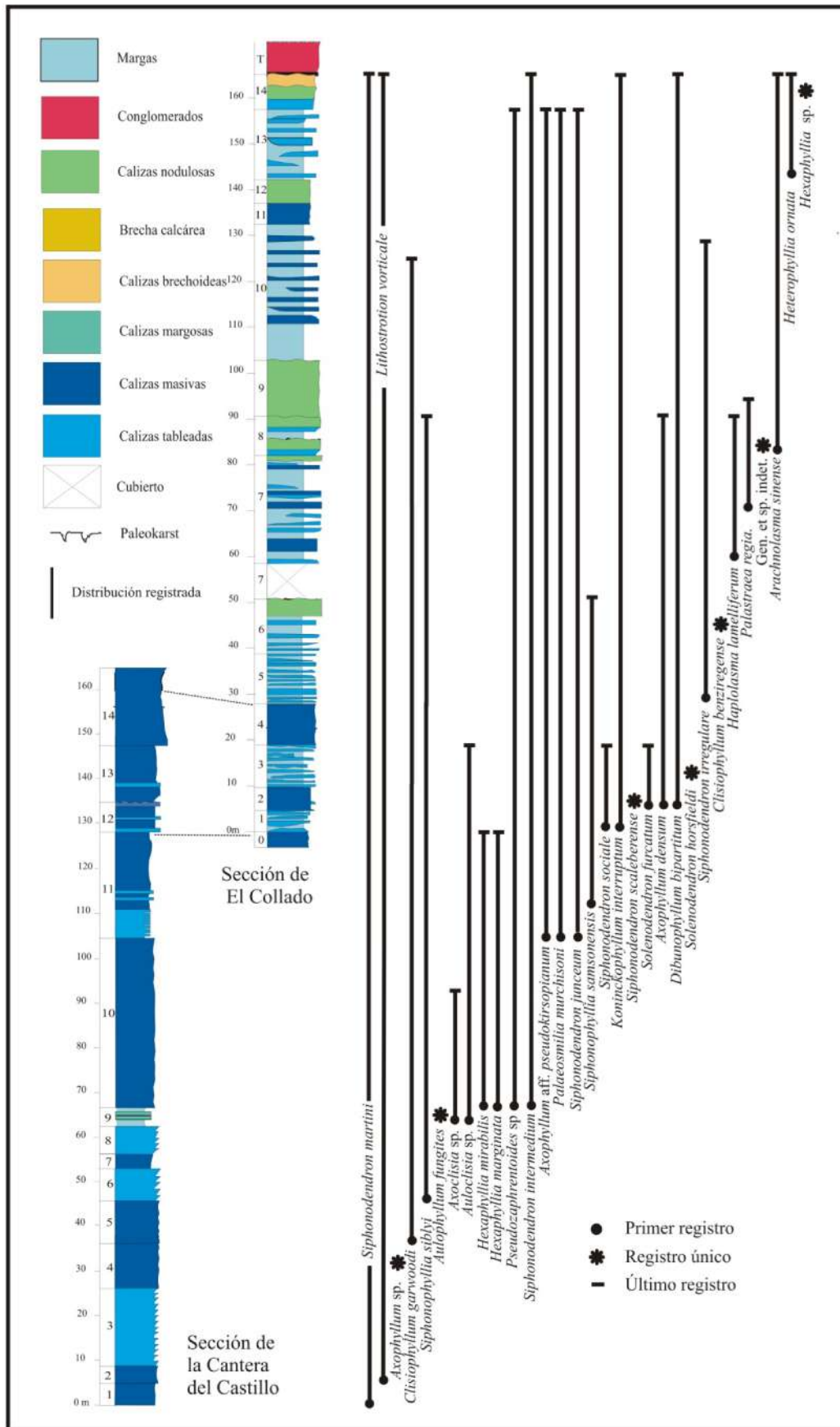


Figura 18. Distribución de los corales en la Sierra del Castillo. (Modificado de Rodríguez *et al.*, 2007).

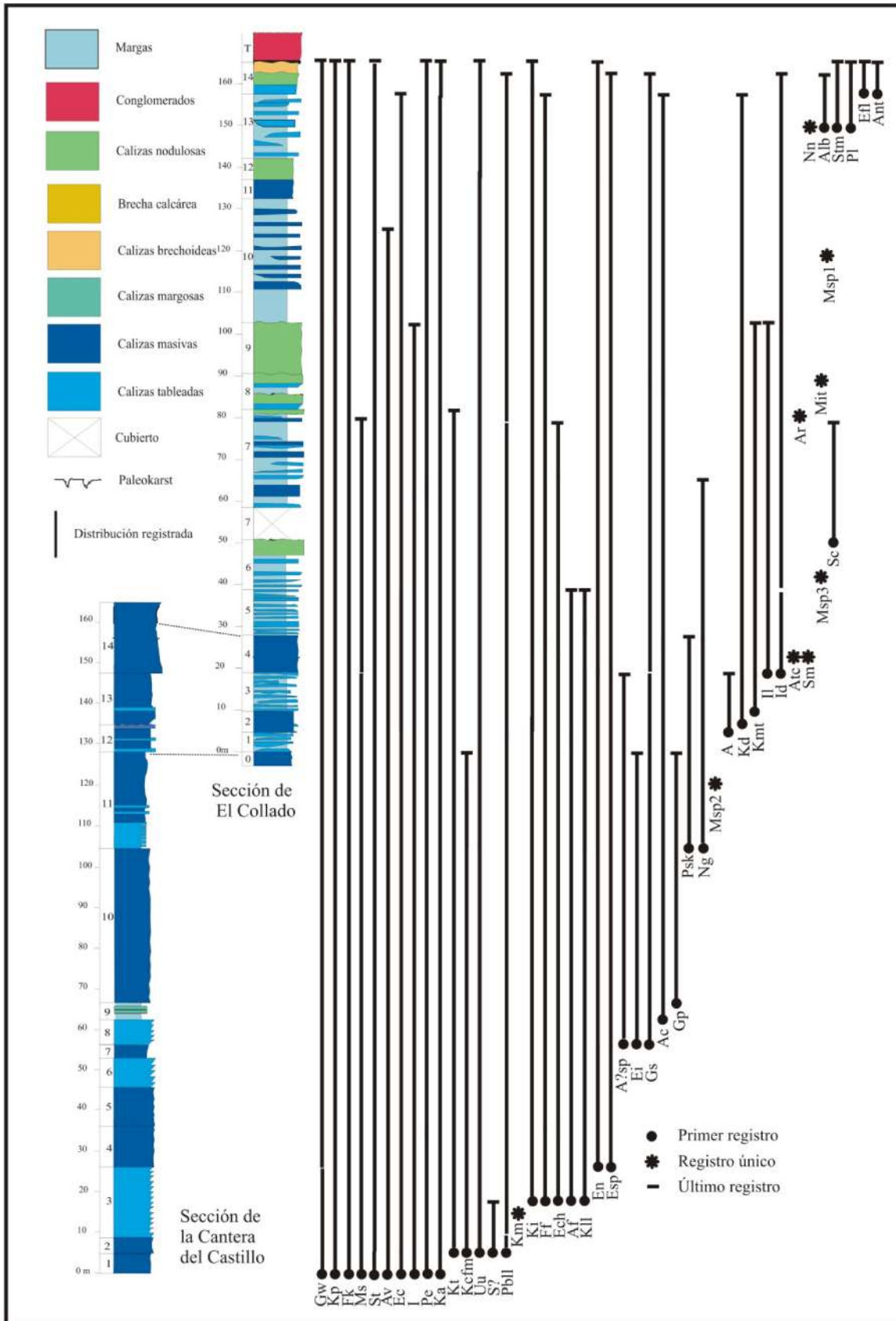


Figura 19. Distribución de algas en la Sierra del Castillo. (Modificado de Rodríguez *et al.*, 2007).

Las asociaciones de corales están dominadas por lithostrotiántidos coloniales (especialmente la especie *Siphonodendron martini*) y aulophyllidos solitarios (con *Dibunophyllum bipartitum*) (Fig. 20). En cuanto a los tabulados, los más frecuentes son *Multithecopora* y *Cladochonus*.

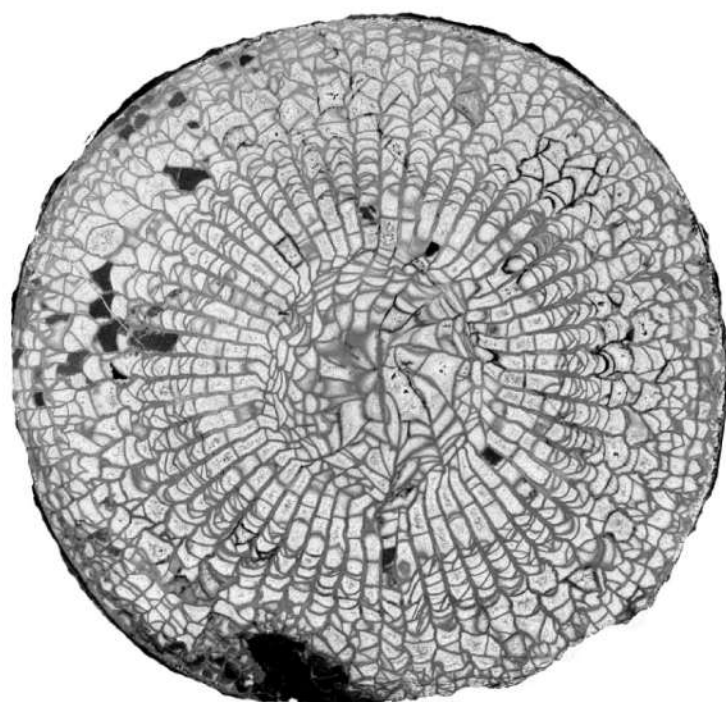
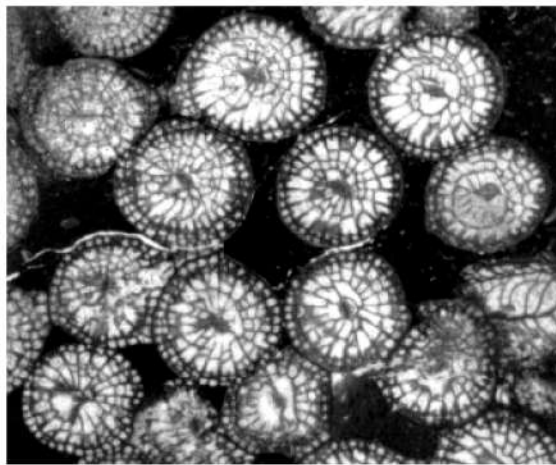


Figura 20. Arriba izquierda: muestra de campo de *Siphonodendron*; arriba derecha: lámina delgada de *Siphonodendron*. Abajo izquierda: Sección de *Dibunophyllum bipartitum*.

Las asociaciones de foraminíferos, muy abundantes en algunos niveles, presentan sobre todo *Eostaffella*, *Pseudoendothyra*, *Endothyranopsis crassa*, *Omphalotis* y *Archaediscus*. Los conodontos son escasos, posiblemente debido a la altísima tasa de sedimentación. Tan sólo unas pocas muestras proporcionaron ejemplares de *Lochreia commutata*, *Hindeodus cristula*, *Kladognathus* spp., *Idioprioniodus healdi*, *Vogelgnathus* aff. *postcampbelli* y *Gnathodus bilineatus*. Las algas más frecuentes son la dasicladácea *Koninckopora* y la problemática *Fasciella*, que se encuentran virtualmente en todas las capas. También son frecuentes las Aoujgalidas y Paleobereséllidas. Todos estos componentes permiten situar el límite entre los pisos Asbiense y Brigantiense entre los niveles 4 y 6 de la sección.

SÉPTIMA PARADA. Valle del Guadalbarbo.

Desvío (1 km) por la estación del Vacar para ver una panorámica de la continuación de la cuenca Misisisípica del Guadiato hacia el sur, por el valle del Guadalbarbo. Se observa el valle desde las alturas, con una gran ristra de olistolitos calizos en la ladera y todo el paisaje montañoso cubierto por un olivar casi infinito.

Bibliografía

- Almarza, J., Burgos, J.C., Crespo, J.L. & Matas, J. 1973. *Estudio de una serie detrítica en la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez*. Trabajos Prácticos de Sedimentología de la Universidad de Granada. (No publicado).
- Álvarez-Vázquez, C. 1995. *Macroflora del Westfaliense inferior de la cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel (Córdoba)*. I (Texto): 1-393, text-figs 1-21; II (Láminas): Láms 1-100; III (Anexos): Anexo 1: 1-7; Anexo 2: 1-111; Anexo 3: Cuadros 1-9; Anexo 4: Planos 1-4. Tesis doctoral, Departamento de Geología, Universidad de Oviedo (No publicada).
- Álvarez-Vázquez, C. 2000. Nuevos datos aportados por la macroflora a la datación y conocimiento de la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel (Córdoba, SO España). *Trabajos de Geología*, **21**, 37-46 (Volumen Homenaje a J. Truyols).
- Andreis, R.R. & Wagner, R.H. 1983. Estudio de abanicos aluviales en el borde norte de la cuenca Westfaliense B de Peñarroya-Belmez (Córdoba). En: Lemos de Sousa, M.J. (ed.), *Contributions to the Carboniferous Geology and Palaeontology of the Iberian Peninsula*. Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Mineralogia e Geologia, 171-227.
- Apalategui, O., Garrote, A., Roldán, F.J. & Sánchez Carretero, R. 1985. *Mapa Geológico de España, 1:50.000. Hoja 879, Peñarroya-Pueblonuevo*. Mapa y Memoria, 1-62. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 1-62.
- Armengot, J. & Martínez Díaz, C. 1972. El Carbonífero al sur del Batolito de los Pedroches. *Revista Española de Micropaleontología*, Número extraordinario, XXX Aniversario E.N. Adaro, Diciembre 1972, 211-213.
- Cabanás Córdoba, R. & Cabanás Pareja, R. 1974. Failles inverses et chevauchements dans le Précambrien et le Carbonifère du Nord de la Province de Cordoue (Espagne). *Comptes rendus Académie des Sciences, Paris, Série D*, **278**, 2271-2274.
- Carandel, J. 1922. Contribución a la petrografía de la Sierra Morena. Rocas de Adamuz (Córdoba). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Serie II*, **1 (XXI)**, 13-21.
- Cózar, P. 1998. *Bioestratigrafía con foraminíferos del Carbonífero Inferior del sector norte del área del Guadiato (Córdoba)*. Tesis doctoral, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 1-590, láms 1-43. (No publicado).
- Cózar, P. & Rodríguez, S. 1999. Propuesta de nueva nomenclatura para las unidades del Carbonífero Inferior del sector norte del Área del Guadiato (Córdoba). *Boletín Geológico y Minero*, **110 (3)**, 237-254.
- Crowell, J.C. 1974. Origin of late Cenozoic basins in southern California. In: Dickinson, W.R. (ed.), *Tectonics and Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Papers*, **22**, 190-204.
- Gabaldón, V. 1993. The lower Carboniferous of Ossa-Morena, Spain, a model of an ancient storm-dominated shelf. *Compte Rendu XII Congrès de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Buenos Aires 1993*, **2**, 437-452.
- Gabaldón, V., Garrote, A. & Quesada, C. 1983. El Carbonífero inferior del norte de la Zona de Ossa-Morena (SW de España). *Compte Rendu X Congrès de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Madrid 1983*, **3**, 173-185.
- Gómez-Herguedas, A. & Rodríguez, S. 2008. Paleoenvironmental analysis based on rugose corals and microfacies: a case study at La Cornuda section (early Serpukhovian, Guadiato Área, SW Spain). *Lethaia*, **42**, 39-54.
- Mallada, L. 1880. Reconocimiento geológico de la provincia de Córdoba. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, 2ª serie*, **VII**, 1-55.
- Mallada, L. 1889. Memoria descriptiva de la cuenca carbonífera de Belmez. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, 2ª serie*, **VI**, 1-80.

- Mamet, B.L. 1974. Une zonation par foraminifères du Carbonifère inférieur de la Téthys occidentale. *Compte Rendu 7^{me} Congrès de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Krefeld 1971*, **3**, 391-408.
- Marques, M.M. 1993. *Contribuição para o conhecimento da petrologia dos carvões da Bacia de Peñarroya-Belmez-Espiel (Córdova-Espanha)*. Tesis doctoral, Faculdade de Ciencias, Universidade do Porto, 1-172 (No publicado).
- Ortuño, M.G. 1970. Middle Westphalian strata in south-west Spain. *Compte Rendu 6^e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère, Sheffield 1967*, **III**, 1275-1293.
- Parrán, M. 1871. Aperçu géologique du bassin de Belmez (Andalousie). *Bulletin Société géologique de France, Série 2*, **28** (1870/71), 15-15.
- Pérez-Lorente, F. 1979. *Geología de la zona de Ossa-Morena al Norte de Córdoba (Pozoblanco-Belmez-Villaviciosa de Córdoba)*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, 1-340.
- Rodríguez, S. & Rodríguez-Curt, L. 2002. Reconstrucción de una plataforma carbonatada Viseense no preservada en el área del Guadiato (Córdoba, SO de España). *Geogaceta*, **32**, 283-286.
- Rodríguez, S., Calvo-González, A., Cózar, P. & Falces, S. 1996. Sucesiones carbonatadas de edad Namuriense en la banda central de la cuenca del Guadiato (Córdoba). En: Palacios, T. & Gozalo, R. (eds), *Comunicaciones XII Jornadas de Paleontología, Badajoz*, 105-108.
- Rodríguez, S., Arribas, M.E., Bermúdez-Rochas, D.D., Calvo, A., Cózar, P., Falces, S., Hernando, J.M., Mas, J.R., Moreno-Eiris, E., de La Peña, J.A., Perejón, A., Sánchez-Chico, F. & Somerville, I.D. 2007. Stratigraphical and palaeontological synthesis of the Sierra del Castillo succession (late Viséan, Córdoba, SW Spain). *Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy, Royal Academy of Sciences, Amsterdam*, 205-216.
- Wagner, R.H. 1999. Peñarroya, a *strike-slip* controlled basin of early Westphalian age in Southwest Spain. *Věstník Českého geologického ústavu*, **74**, **2**, 87-108.
- Wagner, R.H. 2001. Fósiles vegetales. *Serie Recursos Naturales*, n° 6. Departamento de Medio Ambiente y Protección Civil, Diputación de Córdoba, 1-105.
- Wagner, R.H. & Álvarez-Vázquez, C. 2010. The Carboniferous floras of the Iberian Peninsula: A synthesis with geological connotations. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **162** (3), 238-324.
- Wagner, R.H. & Jurado, J. 1988. Geología de la cuenca carbonífera de Peñarroya y exploración de Antracitas escondidas en un lentejón tectónico. *VIII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia, Oviedo (Asturias)*, 16/22 Octubre 1988, 225-241.
- Wagner, R.H., Coquel, R. & Broutin, J. 1983. Mississippian floras of the Sierra Morena. S.W. Spain: a progress report. In: Lemos de Sousa, M.J. (ed.), *Contributions to the Carboniferous Geology and Palaeontology of the Iberian Peninsula*. Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Mineralogia e Geologia, 101-126.



Organiza:



Colabora:

