

Nuevos datos aportados por la macroflora a la datación y conocimiento de la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel (Córdoba, SO España)

Carmen Álvarez-Vázquez

Jardín Botánico de Córdoba, Avenida de Linneo, s/n, 14004 Córdoba

Recibido el 30 de Septiembre de 1998. Aceptado el manuscrito revisado el 8 de Enero de 1999.

Resumen: El estudio sistemático y de la distribución estratigráfica y temporal de las especies de macroflora presentes en casi 12.000 piezas procedentes de la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel, Córdoba, SO España, y su análisis independiente según zonas estructurales, ha permitido establecer por primera vez la existencia de dos áreas de sedimentación de edades diferentes: una de edad Langsettiense superior/Duckmantiense basal, coincidente con la zona de antracitas y carbones de coque, y otra, coincidente con la zona de hullas, correspondiente a la parte más alta del Duckmantiense superior (sin que pueda descartarse totalmente la presencia de un Bolsoviense inferior).

Palabras clave: macroflora, bioestratigrafía, Carbonífero, Langsettiense, Duckmantiense, Bolsoviense, SO España.

Abstract: Detailed study by structural areas of taxonomical and biostratigraphical data provided by near 12,000 samples with macrofossils plants from the Peñarroya-Belmez-Espiel coalfield, at Córdoba, SW Spain, has shown the presence (unknown before) of two areas with different ages: upper Langsettian/basal Duckmantian for deposits of the anthracites area, and latest Duckmantian (lower Bolsovian cannot be excluded) for the bituminous coals area.

Key words: megaflora, biostratigraphy, Carboniferous, Langsettian, Duckmantian, Bolsovian, SW Spain.

Los datos que se presentan son un resumen de las dataciones de los materiales de la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel (y de la metodología utilizada para obtenerlas), propuestas en la Tesis Doctoral de la autora del presente trabajo (Álvarez-Vázquez, 1995). Esta publicación es la primera de una serie de artículos en los que se darán a conocer todos los datos sistemáticos y estratigráficos obtenidos, así como las conclusiones geológicas que de ellos se derivan. Se remite, por tanto, al lector a esta Tesis y a los trabajos en preparación, para obtener una información más detallada acerca de los antecedentes en el conocimiento de la geología de la cuenca y de las nuevas aportaciones proporcionadas por el estudio de la macroflora.

Situación geográfica y geológica

La cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel está situada al NO de la provincia de Córdoba, dentro de las hojas del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 n.º 857 (Valsequillo), 879 (Peñarroya-Pueblonuevo), 880 (Espiel) y 901 (Villaviciosa de Córdoba). La cuenca tiene, en su afloramiento actual, una forma estrecha y alargada, con unos 50 km de longitud y de 1 a 3 km de anchura (Fig. 1), y es la más septentrional de las tres bandas en las que se divide la cuenca del Guadiato (Ortuño, 1970). Las otras dos bandas están constituidas por materiales del Carbonífero inferior; la banda intermedia (o central) tiene una edad Viseense superior (Rodríguez y Falces, 1996) y/o Namuriense inferior

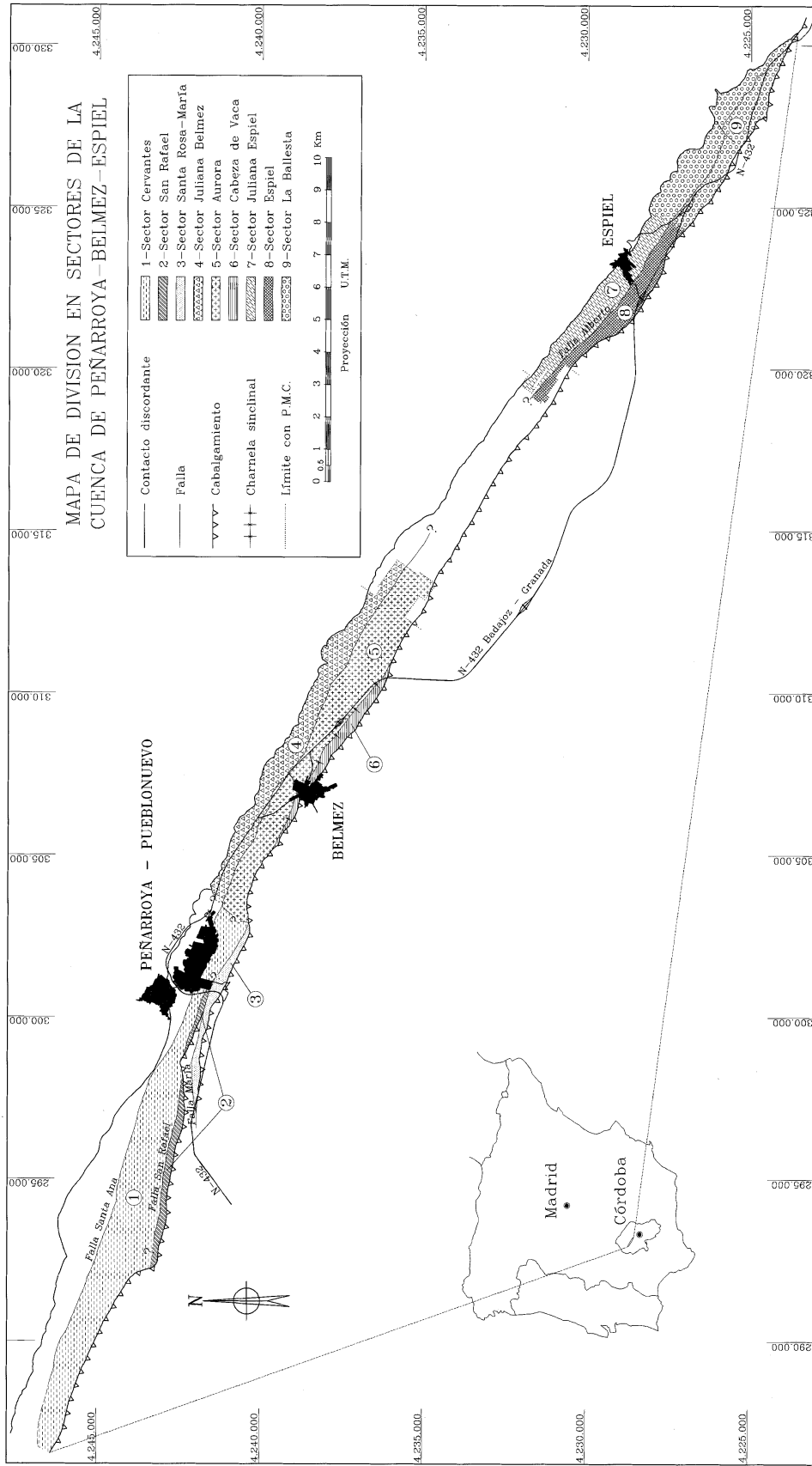


Figura 1. Mapa geológico esquemático mostrando la división en sectores de la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel, en el que se pueden observar las principales estructuras tectónicas utilizadas para delimitar los mismos.

(Wagner en Mamet y Martínez, 1981) y la banda meridional es Tournaisiense superior-Viseense inferior (Martínez en Ortuño, 1970).

La estructura general de la cuenca corresponde a un sinclinal asimétrico con el flanco norte, más largo, en posición normal y el flanco sur invertido. El límite NNE es un contacto discordante con un zócalo pre-carbonífero formado por filitas con intercalaciones de cuarcitas de una edad indeterminada entre el Precámbrico y el Ordovícico, y areniscas y cuarcitas del Devónico (Apalategui Isasa *et al.*, 1985 a,b) en la parte occidental de la cuenca (al Oeste de las explotaciones de Promotora de Minas de Carbón), y por cuarcitas blancas con intercalaciones de filitas de una edad entre el Precámbrico y el Ordovícico (Apalategui Isasa *et al.*, 1985 b,c) en la parte oriental de la misma. El límite SSO lo constituye el cabalgamiento de los materiales detrítico-carbonatados de la franja central de la cuenca del Guadiato.

Finalmente, mencionar que la posición geológica de la cuenca dentro del Macizo Hespérico (Lotze, 1945), no está todavía clara, ya que tanto los límites entre las zonas de Ossa-Morena y Centro-Ibérica, como su significado e implicaciones son aún objeto de estudio detallado y motivo de discusión entre los distintos autores que trabajan en el área.

Distribución estratigráfica y temporal de las especies identificadas en la cuenca

Antecedentes

En una cuenca complicada tectónicamente, como es el caso de la de Peñarroya-Belmez-Espiel, suele resultar difícil reconstruir la sucesión estratigráfica completa, máxime si los trabajos estratigráficos publicados son escasos, se ocupan sólo de áreas muy concretas de la cuenca, o dan una visión muy general de la misma (situaciones todas ellas presentes en la cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel). Sin embargo, para poder datar adecuadamente los materiales, es fundamental situar correctamente en la sucesión estratigráfica los registros paleontológicos (la macroflora, en nuestro caso). Por este motivo, se desarrolló un método de trabajo consistente en dividir la cuenca en una serie de sectores dentro

de los cuales se establecieron macrosecuencias, que permitiera situar las localidades de flora respecto a niveles correlacionables dentro de cada una de las áreas estructurales de la cuenca y hacer así un análisis independiente de los datos.

Material

El material estudiado procede del muestreo de los sondeos y zanjas de investigación geológica de la cuenca minera realizados por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A. (ENADIMSA), entre 1974 y 1976, y por la Empresa Nacional Carbonífera del Sur, S. A. (ENCASUR), desde 1980 hasta 1992. Hay también (en mucha menor cantidad) material procedente de los escasos afloramientos existentes en superficie.

En total se han estudiado 11.954 piezas, que contienen más de 25.000 registros paleontológicos (una media de 2 táxones por pieza). El material se encuentra actualmente depositado en la colección de Paleobotánica del Jardín Botánico de Córdoba, y cada pieza lleva un número de catálogo formado por las letras PBE seguidas de 5 números.

División de la cuenca en sectores

Como ya hemos apuntado anteriormente, problemas de índole tectónica y minera determinan que, por razones metodológicas, se haya dividido la cuenca en un conjunto de unidades a las que llamaremos "sectores". En efecto, la cuenca muestra una serie de estructuras tectónicas (fracturas, charnelas de pliegues apretados) que la compartimentan (Fig. 1). Pero, además, la existencia de una explotación minera, Promotora de Minas de Carbón (P.M.C.), ajena a ENCASUR, en la parte central de la cuenca, ha obligado a considerar como sectores independientes las áreas situadas a uno y otro lado de dicha explotación (Juliana Belmez y Aurora al NO, y Juliana Espiel y Espiel al SE), ante la imposibilidad de establecer *a priori* una correlación fiable. La separación entre los sectores Juliana Espiel, Espiel y La Ballesta tampoco es tectónica, sino debida a la existencia de un área no investigada por ENCASUR hasta principios de 1993; la falta de datos dificultaba (cuando se inició nuestro estudio

en Agosto de 1988) el establecimiento de una correlación fiable.

Dentro de cada uno de los sectores (9 en total; ver Fig. 1), las correlaciones estratigráficas son relativamente fáciles y perfectamente asumibles. Esta facilidad se apoya en dos hechos fundamentales, la existencia de decenas de perfiles de investigación, dentro de cada uno de ellos, ya interpretados por el Departamento de Geología de ENCASUR-Peñarroya, y la escasa entidad de las estructuras tectónicas dentro de los sectores.

Las correlaciones entre los distintos sectores son, sin embargo, mucho más difíciles. Las dificultades debidas a la tectónica se ven agravadas por el limitado número de litofacies sedimentarias (brechas, conglomerados, areniscas, limolitas, lutitas laminadas y masivas, y carbón), por la disposición repetitiva de secuencias en que se ordenan estas litofacies, y por la inexistencia de trabajos sedimentológicos de caracterización de facies (salvo estudios en áreas muy concretas como el de Andreis y Wagner, 1983).

Dado que las capas de carbón son generalmente discontinuas, con frecuentes digitaciones y esterilizaciones debidas tanto a las grandes variaciones de facies como a la tectonización, no pueden utilizarse en las correlaciones. Lo que sí se ha visto, es que existe una ordenación de la sucesión en secuencias con continuidad lateral dentro de cada sector, y que las bases y techos de estas secuencias podrían tomarse como niveles de referencia para situar las localidades de flora. Para separar y nombrar estas secuencias se ha seguido la jerarquización propuesta por Colombo (1989), desarrollada para una cuenca con medios de sedimentación similares a los de la cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel, abanicos aluviales, fundamentalmente. Siguiendo los criterios propuestos por Colombo (1989), se dividió la sucesión de cada uno los sondeos, zanjas y cortes estudiados en:

a) Macrosecuencias de segundo orden. Una macrosecuencia de segundo orden corresponde a la agrupación vertical de varias asociaciones de facies diferentes y forma la unidad deposicional básica del sistema del abanico aluvial. Las secuencias de este orden se formarían por procesos de progradación, retrogradación, agradación vertical o por desplazamiento lateral del área activa.

b) Macrosecuencias de primer orden. Una macrosecuencia de primer orden está formada por varias macrosecuencias de segundo orden. Se originarían por causas generales, como un cambio lateral importante del área de sedimentación, o por una progradación o retrogradación generalizada del sistema sedimentario.

Establecidas estas premisas, se dibujó una columna estratigráfica de síntesis a escala 1:1.000 para cada uno de los sectores (ver Álvarez-Vázquez, 1995, Cuadros 1 a 9). Estas columnas se elaboraron a partir de la testificación de los sondeos, zanjas y cortes realizados por el Servicio de Combustibles Fósiles de ENADIMSA, Departamento de Geología de ENCASUR y de R. H. Wagner (Jefe del Departamento de Geología de ENCASUR hasta 1992). Dadas las grandes variaciones de facies en sentido transversal (facies más gruesas al NE y facies más finas hacia el SO), a efectos del estudio de la macroflora se eligieron como más representativos los sondeos-zanjas situados en las partes centrales y meridionales de cada sector, ya que la macroflora aparece, generalmente, en estas facies más finas. La columna de síntesis, representativa de la sucesión estratigráfica en cada sector y el resultado de la correlación interna de todos los sondeos-zanjas de los que se estudiaron muestras, es imprescindible para poder situar adecuadamente las distintas localidades de macroflora.

Una vez establecidas las macrosecuencias en cada uno de los sondeos-zanjas de un sector determinado, se midió la distancia de cada una de las localidades de flora a la base o al techo de la macrosecuencia en la que estaba incluida. Este dato es el que se trasladaría a la columna de síntesis del sector, dibujando un punto por cada una de las especies presentes en las distintas localidades (Para más detalles ver Álvarez-Vázquez, 1995, Cuadros 1-9).

Análisis de los datos y edad de los distintos sectores

Basándose en el estudio sistemático y en los cuadros de distribución estratigráfica de las especies (ver apartado anterior) se elaboraron, como última etapa del trabajo, las tablas de distribución temporal de las especies presentes en los distintos sectores (Álvarez-Vázquez, 1995, Figs 13-21). Estas tablas son la base para la datación de la cuenca.

A continuación se presenta, de modo muy resumido, el resultado obtenido del análisis de las asociaciones de especies presentes en los diferentes sectores de la cuenca.

Sector Cervantes. Los datos de macroflora de este sector están concentrados en la parte alta de la sucesión (últimos 190 m), a techo de la capa Cervantes, debido a que la mayoría de los sondeos realizados en esta zona están dirigidos a la investigación de esta capa de carbón. Esta circunstancia ha influido en la datación final del sector. En total, se han estudiado 1.759 piezas procedentes de 387 localidades, que han proporcionado 63 especies diferentes. Los datos de edad más significativos proporcionados por la macroflora son los siguientes: a) *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma, especie cuya extensión vertical no sobrepasa el límite Langsettiense (= Westfaliense A)/Duckmantiense (= Westfaliense B) (Fig. 2), aparece (al menos hasta el momento) sólo en la parte baja de la sucesión (149 m basales del total de 484 m representados). b) En la parte alta de la sucesión, la presencia de *Lonchopteridium eschweilerianum* (Andrae) Guthörl, que llega hasta el Duckmantiense inferior, marca el límite superior de la edad. c) La asociación de especies como *Lonchopteris rugosa* Brongniart, *Palmatopteris furcata* (Brongniart) Potonié y *Zeilleria frenzlii* (Stur) Kidston, con una extensión vertical bien establecida que se inicia en la base del Langsettiense superior, indica que ese debe ser el límite inferior de la edad del sector.

La edad del Sector Cervantes es, por tanto, Langsettiense superior en al menos los 149 m basales de la sucesión, y Langsettiense superior-Duckmantiense inferior en el resto (Fig. 3).

Sector San Rafael. En este sector se han estudiado 385 piezas procedentes de 181 localidades, que han proporcionado 43 especies (Fig. 2). Al igual que en el caso del Sector Cervantes, la distribución de los datos de macroflora en el Sector San Rafael no es regular a lo largo de toda la sucesión. Del total de 264 m de sucesión presentes, en los 100 m superiores y en los 65 m basales apenas hay registros. Esto se debe a dos causas diferentes: por un lado, hay un gran número de sondeos de interior, dirigidos al reconocimiento de la capa San Rafael, que cortan una porción muy limitada de la sucesión estratigráfica, y por otro, la sucesión a techo de la capa San Rafael corresponde a facies de

lutitas laminadas de un medio lacustre que, lógicamente, contienen muy pocos restos vegetales.

A pesar de esto, los límites de la edad de este sector quedan perfectamente establecidos por la asociación de *Sigillaria elegans* Brongniart non Sternberg y *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma, especies cuya extensión vertical no llega al Duckmantiense, junto con otras especies como *Palmatopteris furcata* (Brongniart) Potonié y *Zeilleria frenzlii* (Stur) Kidston, que aparecen por primera vez en la base del Langsettiense superior. Además, la presencia de *Sigillaria elegans* define, claramente, el límite superior de la edad del sector, ya que la mayoría de los autores consideran que la extensión vertical de esta especie finaliza dentro de la parte baja del Langsettiense superior (ver Álvarez-Vázquez, 1995, p. 324).

La edad del Sector San Rafael está, por tanto, muy bien establecida, y limitada a la parte basal del Langsettiense superior (Fig. 3).

Sector Santa Rosa-María. En este sector se han estudiado 727 piezas procedentes de 212 localidades, que han proporcionado 41 especies. Del total de 195 m de sucesión, la mayor abundancia de macroflora se concentra en los 115 m inferiores; en la parte alta de la sucesión, correspondiente a lutitas laminadas lacustres, sólo se han registrado algunos ejemplares flotados de gimnospermas y esfenofitas, lo que explica el relativamente bajo número de especies determinadas (Fig. 2). El contenido en especies del Sector Santa Rosa-María es muy similar al de San Rafael, y la edad viene dada por las mismas especies, *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma y *Sigillaria elegans* Brongniart non Sternberg, que marcan el límite superior de la edad, y *Palmatopteris furcata* (Brongniart) Potonié y *Zeilleria frenzlii* (Stur) Kidston, que dan el límite inferior.

La edad del Sector Santa Rosa-María es, por tanto, la misma que la del Sector San Rafael, y corresponde a la parte basal del Langsettiense superior (Fig. 3).

Sector Juliana Belmez. Las 422 piezas estudiadas, procedentes de 72 localidades, han proporcionado sólo 29 especies (muchos de los ejemplares no son determinables a nivel específico), por lo que debemos considerar que el contenido florístico de Julia-

WESTFALIENSE			SERIE	TAXONES	SANTA ROSA	SAN RAFAEL	CHERANTES
LANGSETTIENSE	DUCKMANTIENSE	BOLSOVIENSE					
				<i>Neuropteris guadiatensis</i>	●	●	●
				<i>Neuropteris</i> ? sp. nov.	●	●	●
				<i>Lavinaopteris</i> aff. <i>tenuifolia</i>	●	●	●
				<i>Paropteris gigantea</i>	●	●	●
				<i>Linopteris</i> cf. <i>neuropteroides</i>	●	●	●
				<i>Lonchopteris rugosa</i>	●	●	●
				<i>Lonchopteridium eschweileriannum</i>	●	●	●
				<i>Alethopteris lonchitica</i>	●	●	●
				<i>Mariopteris muricata</i>	●	●	●
				<i>Karriopteris acuta</i>	●	●	●
				<i>Karriopteris obtusifolia</i>	●	●	●
				<i>Eusphenopteris hollandica</i>	●	●	●
				<i>Eusphenopteris</i> aff. <i>neuropteroides</i>	●	●	●
				<i>Eusphenopteris obtusiloba</i>	●	●	●
				<i>Eusphenopteris sauwurii</i>	●	●	●
				<i>Eusphenopteris sorbanii</i>	●	●	●
				<i>Palmaopteris furcata</i>	●	●	●
				<i>Palmaopteris sehtsarensis</i>	●	●	●
				<i>Sphenopteris artemisiaefolioides</i>	●	●	●
				<i>Sphenopteris</i> sp. A	●	●	●
				<i>Dorycooidites palmaeformis</i>	●	●	●
				<i>Allotopteris tenuissima</i>	●	●	●
				<i>Corynepteris angustissima</i>	●	●	●
				<i>Corynepteris coralloides</i>	●	●	●
				<i>Corynepteris esinghii</i>	●	●	●
				<i>Renaultia crepida</i>	●	●	●
				<i>Renaultia footheri</i>	●	●	●
				<i>Renaultia rotundifolia</i>	●	●	●
				<i>Renaultia sehtsarensis</i>	●	●	●
				<i>Zelleria avdensis</i>	●	●	●
				<i>Zelleria frenckii</i>	●	●	●
				<i>Zelleria hymenophylloides</i>	●	●	●
				<i>Discopteris vullereti</i>	●	●	●
				<i>Senftenbergia plumosa</i>	●	●	●
				<i>Pecopteris volkmannii</i>	●	●	●
				<i>Lepidodendron aculeatum</i>	●	●	●
				<i>Lepidodendron mannbachensis</i>	●	●	●
				" <i>Lepidodendron</i> " aff. <i>loessii</i>	●	●	●
				<i>Ulodendron acutum</i>	●	●	●
				<i>Bothrodendron minutifolium</i>	●	●	●
				<i>Lepidophloia laticinus</i>	●	●	●
				<i>Sigillaria boblayi</i>	●	●	●
				<i>Sigillaria elegans</i>	●	●	●
				<i>Sigillaria ovata</i>	●	●	●
				<i>Sigillaria polypleca</i>	●	●	●
				<i>Lepidostrobilus ornatus</i>	●	●	●
				<i>Lepidostrobophyllum lanceolatum</i>	●	●	●
				<i>Lepidophylloides morrisianus</i>	●	●	●
				<i>Calamites oarinatus</i>	●	●	●
				<i>Calamites olerii</i>	●	●	●
				<i>Calamites suokouii</i>	●	●	●
				<i>Calamites undulatus</i>	●	●	●
				<i>Calamites saehesi</i>	●	●	●
				<i>Annularia jongmanii</i>	●	●	●
				<i>Annularia ramosa</i>	●	●	●
				<i>Asterophyllites charaeformis</i>	●	●	●
				<i>Asterophyllites equisetiformis</i>	●	●	●
				<i>Asterophyllites grandis</i>	●	●	●
				<i>Asterophyllites longifolius</i>	●	●	●
				<i>Calamostachya charaeformis</i>	●	●	●
				<i>Calamostachya ludwigii</i>	●	●	●
				<i>Palaeostachya elongata</i>	●	●	●
				<i>Macrostachya hauehoeornet</i>	●	●	●
				<i>Sphenophyllum cuspidatum</i>	●	●	●
				<i>Sphenophyllum kidstonii</i>	●	●	●
				<i>Sphenophyllum wingfieldense</i>	●	●	●
				<i>Bowmanites</i> sp. nov.	●	●	●
				<i>Rhaopteris bipinnata</i>	●	●	●

WESTFALIENSE			S E R I E	P I S O	S E C T O R E S
LANGSETTIENSE	DUCKMANTIENSE	BOLSOVIENSE			
	▨		Cervantes		
	▨		San Rafael		
	▨		Santa Rosa-María		
		▨	Juliana Belmez		
		▨	Aurora		
		▨	Cabeza de Vaca		
	▨		Juliana Espiel		
		▨	Espiel		
		▨	La Ballesta		

Figura 3. Cuadro resumen con las dataciones propuestas para cada uno de los nueve sectores en los que se ha dividido la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel. La edad propuesta se ha marcado por una franja con un rayado denso. En el caso del Sector Cervantes, el rayado denso indica la edad de la parte más baja de la sucesión, y el menos denso señala la edad de la parte alta.

na Belmez es todavía poco conocido (Fig. 4). Sin embargo, la presencia de *Crossothea crepinii* Zeiller indica que estamos, al menos, en la parte alta del Duckmantiense superior (Fig. 3). Para situar el límite superior de la edad, y dada la escasez de datos, se han tenido en cuenta especies como *Neuropteris guadiatensis* Wagner emend. Álvarez-Vázquez y *Neuropteris* ? sp. nov. de las que no hay citas en otras cuencas, pero que en otros sectores de la cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel parecen no sobrepasar, dadas las asociaciones en que se presentan, el límite Duckmantiense/Bolsoviense (=

Westfaliense C). Si no consideráramos estas especies, el límite superior de la edad de la sucesión de Juliana Belmez vendría determinado por la presencia de *Lonchopteris rugosa* Brongniart, especie que alcanza la parte más baja del Bolsoviense inferior. Esto, unido a la existencia en una localidad de varias decenas de fragmentos de pínulas de *Linopteris regniezii* Laveine, una especie muy poco utilizada, y que hasta el momento sólo se había citado en el Bolsoviense inferior y medio, indica que la presencia de la parte más baja del Bolsoviense inferior no debería descartarse totalmente.

Figura 2. Cuadro con la extensión vertical y con la presencia o ausencia de todas las especies presentes en cada uno de los tres sectores del área de antracitas y carbones de coque. La extensión se ha limitado a la base del Langsettiense (ex Westfaliense A) y al techo del Bolsoviense (ex Westfaliense C). En el caso de que la extensión vertical de una especie sobrepase estos pisos, se ha indicado su continuidad mediante una flecha. Las franjas con punteado señalan el solapado de todas las extensiones verticales. La franja con un punteado más denso indica la edad dada por la asociación macroflorística para los sectores San Rafael, Santa-Rosa María y para la parte más baja de la sucesión del Sector Cervantes. El punteado menos denso corresponde a la edad que tendría la parte alta de Cervantes.

Sector Aurora. Las 515 localidades registradas han proporcionado 2.026 piezas que contienen 61 especies (Fig. 4). La asociación de tres especies, *Grambastia goldenbergii* (Andrae) Brousmiche, que hace su aparición en la parte más alta del Duckmantiense superior (cerca ya del límite con el Bolsoviense), *Discopteris opulenta* Danzé, frecuente en Sarre-Lorraine y Nord-Pas-de-Calais desde el Bolsoviense inferior hasta el Westfaliense D superior, y *Annularia stellata* (Von Schlotheim) Wood, una especie frecuente en el Westfaliense D y Estefaniense, pero de la que ya existen algunos registros esporádicos en la parte más alta del Duckmantiense superior, junto con *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart) Novik, especie de la que no hay ninguna cita en el Bolsoviense, indica que debemos estar en la parte más alta del Duckmantiense superior (Fig. 3).

Sector Cabeza de Vaca. En este sector se han estudiado 1.393 piezas procedentes de 305 localidades, que han proporcionado 59 especies (Fig. 4). *Grambastia goldenbergii* (Andrae) Brousmiche, *Discopteris opulenta* Danzé y *Annularia stellata* (Von Schlotheim) Wood, marcan, al igual que en el Sector Aurora, el límite inferior de la edad de la sucesión, que corresponde a la parte alta del Duckmantiense superior (Fig. 3). A estas especies hay que añadir aquí *Germera* cf. *mendescoreae* Brousmiche non Teixeira, especie citada hasta ahora sólo en el Bolsoviense superior-Westfaliense D superior de Sarre-Lorraine y cuya extensión vertical hemos extendido en Peñarroya-Belmez-Espiel hasta la parte alta del Duckmantiense superior, después de analizar la asociación dada por las otras especies. Como en el Sector Aurora, el límite superior de la edad del Sector Cabeza de Vaca viene dado por la presencia de *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart) Novik, especie no citada por encima del límite Duckmantiense/Bolsoviense.

Sector Juliana Espiel. En este sector se han registrado sólo 17 especies (Fig. 4), ya que hasta el momento sólo se han estudiado las muestras procedentes de tres sondeos y dos zanjas (un total de 20 localidades). La escasez de datos se refleja en la imprecisión de la datación. Todas las especies determinadas en este sector tienen una extensión coincidente tanto en el Langsettiense superior como en todo el Duckmantiense. Por tanto, con las

especies determinadas hasta el momento sólo podemos afirmar que la edad del Sector Juliana Espiel debe estar en un punto entre el Langsettiense superior y el Duckmantiense superior (Fig. 3).

Sector Espiel. En total se han registrado 73 especies, resultado del estudio de 1.680 piezas procedentes de 515 localidades. La asociación de *Corynepteris similis* (Sternberg) Kidston, *Grambastia goldenbergii* (Andrae) Brousmiche, *Asolanus camptotaenia* Wood, *Annularia stellata* (Von Schlotheim) Wood, y *Sphenophyllum emarginatum* (Brongniart) Brongniart (Fig. 4), con una extensión vertical que se inicia en la parte alta del Duckmantiense superior, junto con *Alethopteris valida* Boulay y *Eusphenopteris scribannii* Van Amerom, especies no citadas por encima del límite Duckmantiense/Bolsoviense, limita la edad del Sector Espiel a la parte más alta del Duckmantiense superior (Fig. 3).

Sector La Ballesta. En total se han registrado 3.285 piezas procedentes de 663 localidades, que han proporcionado 66 especies (Fig. 4). La presencia conjunta de especies cuya extensión vertical comienza en la parte alta del Duckmantiense superior, como *Corynepteris similis* (Sternberg) Kidston, *Discopteris opulenta* Danzé y *Asolanus camptotaenia* Wood, junto con otras como *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart) Novik y *Eusphenopteris scribannii* Van Amerom, que no sobrepasan el límite Duckmantiense/Bolsoviense, indicaría que estamos en la parte alta del Duckmantiense superior (Fig. 3).

Conclusiones

El análisis de la macroflora presente en cada uno de los 9 sectores en los que se ha dividido la cuenca carbonífera de Peñarroya-Belmez-Espiel ha permitido establecer, por vez primera:

1. *La presencia de dos áreas de edades claramente diferentes.* Estas dos áreas coinciden con la división tradicional minera en una zona de antracitas y carbones de coque (Sectores Cervantes, San Rafael y Santa Rosa-María), por un lado, que tendría una edad Langsettiense superior/Duckmantiense basal, y una zona de hullas (Sectores Juliana Belmez, Aurora, Cabeza de Vaca, Juliana Espiel, Espiel y La Ballesta), de edad Duckmantiense superior (sin

WESTFALIENSE		BOLSOVIENSE	SERIE	PISO	TAXONES	JUL. BELMEZ	AURORA	CABEZA VACA	JUL. ESPIEL	ESPIEL	LA BALLESTA
LANGSETTIENSE	DUCKMANTIENSE										
↓	↓	↓			<i>Neuropteris guadalupensis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Neuropteris ? sp. nov.</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lanceopteris aff. tenuifolia</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Parypteris gigantea</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lingopteris cf. neuropteroides</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lingopteris regnieri</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lanceopteris rugosa</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Althopteris lonchitica</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Althopteris valida</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Mariopteris muricata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Xanthopteris obtusifolia</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Eusphenopteris nummularia</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Eusphenopteris aff. neuropteroides</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Eusphenopteris obtusiloba</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Eusphenopteris senescens</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Eusphenopteris serbanii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Palmatopteris furcata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Palmatopteris schatzlarense</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenopteris artemisiaefolia</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenopteris artemisiaefolioides</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenopteris sp. A</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Cordaites principalis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Dorycodaites palmaeformis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Allopteris tenuissima</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Corynepteris angustissima</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Corynepteris coralloides</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Corynepteris esinghii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Corynepteris stimpfli</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Crossochea erepinii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Urnatopteris herbacea</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Renaulkia erepinii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Renaulkia fooberti</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Renaulkia rotundifolia</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Renaulkia schatzlarense</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Zetilleria avuldenis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Zetilleria frenzii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Zetilleria hymenophylloides</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Gerrera cf. mendocorreae</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Grambusia goldenbergii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Discopteris karwinensis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Discopteris opulenta</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Discopteris vullereti</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sturia amoena</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenopteris rufaeifolia</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Seyferbergia pinnosa</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Pecopteris volkmannii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>cf. Eleutherophyllum waldenburgense</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lepidodendron aculeatum</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lepidodendron mannebachense</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>"Lepidodendron" aff. laesentii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Ulodendron acutum</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Bothrodendron menckhoffium</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lepidophlokos laticinctus</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sigillaria boblayi</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sigillaria daurensis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sigillaria ovata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sigillaria polyloca</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sigillaria reitoulata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Asolanus campolanus</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Flemingites russellianus</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lepidostrobophyllum lanceolatum</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Lepidostrobophyllum majus</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sigillariostrobus rhombicaeifolius</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamites carinatus</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamites cistii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamites suchowii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamites undulatus</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Annularia junghmannii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Annularia ramosa</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Annularia stellata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Asterophyllites charaeiformis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Asterophyllites equisetiformis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Asterophyllites grandis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Asterophyllites longifolius</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamostachys charaeiformis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamostachys germanica</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Calamostachys ludwigii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Palaeostachya elongata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Macrostachya hauchecornetii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenophyllum cuneifolium</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenophyllum kidstonii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenophyllum emarginatum</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Sphenophyllum wingfieldense</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Bourmanites omeifolius</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Bourmanites sp. nov.</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Palaeopteridium mshigenense</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Palaeopteridium reussetii</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Palaeopteridium sessilis</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Rhaocopteris bipinnata</i>	•	•	•	•	•	•
↓	↓	↓			<i>Rhaocopteris gutbieri</i>	•	•	•	•	•	•

Figura 4. Cuadro con la extensión vertical y la presencia o ausencia de todas las especies presentes en cada uno de los seis sectores del área de huellas. Al igual que en la Figura 2, la extensión se ha limitado a la base del Langsettiense (ex Westfaliense A) y al techo del Bolsoviense (ex Westfaliense C), indicándose (de ser necesario) la continuidad en la extensión vertical de las especies mediante una flecha. La franja con punteado señala la edad dada por la macroflora.

descartar de modo definitivo la presencia del Bolsoviense más bajo), por otro.

2. *La existencia de dos sucesiones estratigráficas interdependientes*, una en cada una de las áreas, debiendo existir entre ellas un lapso de tiempo de, al menos, todo el Duckmantiense medio y parte del Duckmantiense superior, con no depósito y/o erosión.

3. *Que la sucesión de los sectores San Rafael, Santa Rosa-María y Cervantes, antes situada en la parte más alta de la sucesión estratigráfica general (continua) de la cuenca (Andreis y Wagner, 1983; Wagner et al., 1984; Wagner y Jurado, 1988), corresponde en realidad a los niveles más antiguos, y debe estar en la base de todo el depósito de la misma.*

Bibliografía

- Álvarez-Vázquez, C. (1995): *Macroflora del Westfaliense inferior de la cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel (Córdoba)*. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo: 393 p. (No publicada).
- Andreis, R. R. y Wagner, R. H. (1983): Estudio de abanicos aluviales en el borde norte de la cuenca Westfaliense B de Peñarroya-Belmez (Córdoba). In: *Contributions to the Carboniferous Geology and Palaeontology of the Iberian Peninsula* (M. J. Lemos de Sousa, Ed.), Univ. Porto, Fac. Ciências, *Mineralogia e Geologia*: 171-227.
- Apalategui Isasa, O., Roldán García, F. J. y Pérez Lorente, F. (1985 a): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja n.º 880 (15-35) (Espiel). Memoria explicativa por O. Apalategui Isasa, P. Higuera Higuera, F. Pérez Lorente y F. J. Roldán García, 58 p. (1985). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Apalategui Isasa, O., Borrero Domínguez, J., Delgado Quesada, M., Roldán García, F. J. y Eguiluz Alarcón, L. (1985 b): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja n.º 879 (14-35) (Peñarroya-Pueblonuevo). Memoria explicativa por O. Apalategui Isasa, A. Garrote Ruíz, F. J. Roldán García, R. Sánchez Carretero, P. Higuera Higuera y T. Palacio Medrano, 62 p. (1985). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Apalategui Isasa, O., Borrero Domínguez, J., Delgado Quesada, M., Roldán García, F. J. y Sánchez Carretero, R. (1985 c): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja n.º 901 (15-36) (Villaviciosa de Córdoba). Memoria explicativa por O. Apalategui Isasa, J. Borrero Domínguez,

Agradecimientos

Mi reconocimiento a los dos co-directores de la Tesis de la que proceden los datos en que se basa este trabajo, Drs R. H. Wagner, del Jardín Botánico de Córdoba, y M. A. Arbizu Senosiain, de la Universidad de Oviedo, por el apoyo y los consejos recibidos durante la realización de la misma. Muy especialmente a Roberto Wagner, que me introdujo en el estudio la cuenca de Peñarroya-Belmez-Espiel y puso a mi disposición, sin reservas, su excelente biblioteca. Mi sincero agradecimiento, también, a la dirección del Jardín Botánico de Córdoba por las facilidades con las que siempre he contado para mis investigaciones, a la Empresa Nacional Carbonífera del Sur, S. A., (y muy especialmente a los miembros de su Departamento de Geología, que durante años recogieron la mayor parte del material y de los datos geológicos básicos en los que se basa este estudio), por facilitarme el acceso a sus informes internos, y a J. I. Peláez por sus comentarios y por su ayuda en la elaboración de las figuras que acompañan a este trabajo. Finalmente, a los Drs. L. C. Sánchez de Posada y A. Marcos Vallaure por las interesantes sugerencias aportadas en la revisión del manuscrito original, que han contribuido a mejorar la versión final del mismo.

- P. Higuera Higuera, F. J. Roldán García, R. Sánchez Carretero, A. Garrote Ruíz, E. Liñán y T. Palacio Medrano, 66 p. (1985). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Colombo, F. (1989): Abanicos aluviales. In: *Nuevas Tendencias. Sedimentología* (A. Arche, Coord.), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1: 143-218.
- Lotze, F. (1945): Einige Probleme der Iberischen Meseta. *Geotektonische Forschungen*, 6: 1-12 (Traducción española (1950): Algunos problemas de la Meseta Ibérica. *Publicaciones extranjeras sobre Geología de España*, 5: 43-166).
- Mamet, B. y Martínez, C. (1981): Late Viséan microfossils of the Las Caleras Bajas limestone (Córdoba, Spain). *Revista Española de Micropaleontología*, 13 (1): 105-118.
- Ortuño, M. G. (1970): Middle Westphalian strata in South-West Spain. *C.R. 6º Congrès Carbonifère, Sheffield 1967*, 3: 1275-1292.
- Rodríguez, S. y Falces, S. (1996): Los corales rugosos del Carbonífero de Ossa-Morena: estado actual de los conocimientos. *Revista Española de Paleontología*, N.º Extraordinario: 97-102.
- Wagner, R. H. y Jurado, J. (1988): Geología de la cuenca carbonífera de Peñarroya y exploración de antracitas escondidas en un lentejón tectónico. *VIII Congreso Int. Minería y Metalurgia, Oviedo*, 6: 225-241.
- Wagner, R. H., Redondo, E. y Jurado, J. (1984): Actualidad de la investigación geológico-minera en la cuenca carbonífera del Guadiato (Córdoba). *VII Congreso Int. Minería y Metalurgia, Barcelona*, 1: 221-238.