

EL CARBONIFERO EN LA OBRA ASTURIANA DE BARROIS

J. TRUYOLS

TRABAJOS DE GEOLOGIA Truyols, J. (1982).—El Carbonífero en la obra asturiana de Barrois. *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, 12, 7-21.



La contribución de Barrois (1882) al conocimiento del Carbonífero asturiano fue muy importante. Al cumplirse el primer centenario de la publicación de sus «Recherches», podemos valorar debidamente el interés de su aportación. Antes de él, Paillette y Schulz, entre otros, habían reconocido la naturaleza de los materiales carboníferos y su distribución cartográfica. Barrois describió las series estratigráficas del Carbonífero de Asturias y fijó su edad gracias a su rico contenido fosilífero. El cuadro estratigráfico establecido por este autor se mantuvo totalmente vigente hasta hace medio siglo; todavía hoy sigue siendo válido en muchos aspectos.

Barrois's contribution (1882) to the knowledge of the Asturian Carboniferous was very important. On completing the first century of the publication of his «Recherches» we can fully appreciate the interest of his contribution. Before him, Paillette and Schulz, among others, had recognized the nature of the Carboniferous materials and their cartographical distribution. Barrois described the stratigraphical series of the Carboniferous of Asturias and established their age on the basis of their rich fossiliferous content. The stratigraphical table made by this author was in full force until half a century ago; even nowadays it is still valid in many aspects.

Jaime Truyols. Departamento de Paleontología, Universidad de Oviedo. Manuscrito recibido el 15 de abril de 1982.

Cuando ordinariamente queremos poner bien de manifiesto el papel desempeñado por Barrois en el conocimiento del Paleozoico cantábrico, se suele aludir con frecuencia a su aportación a la estratigrafía de los terrenos devónicos. La sucesión devónica de la cuenca cantábrica presenta evidentemente características ideales para facilitar una descripción y para permitir el establecimiento de unidades litoestratigráficas que pueden ser bien datadas. El espesor de la serie es bastante considerable (entre 1.000 y 2.000 m. por término medio), existen cambios litológicos de orden hectométrico claramente definibles, una amplia continuidad lateral de las formaciones, un contenido paleontológico muy abundante y variado, etc. Barrois fue el primero, cronológicamente hablando, que estudió la estratigrafía de este Devónico cantábrico, en su vertiente asturiana, y la serie de formaciones que estableció ha llegado hasta nosotros prácticamente intacta en muchos puntos. Por este motivo se suele asociar siempre el nombre de Barrois al del Devónico asturiano, olvidando

que la contribución suya al conocimiento de las restantes sucesiones paleozoicas (algunas quizá menos vistosas, más pobres desde el ángulo paleontológico o con una composición litológica más monótona) fue igualmente importante. Este es el caso del Carbonífero cantábrico, a cuyo conocimiento preciso intervino Barrois de una manera decisiva.

EL CARBONÍFERO ASTURIANO ANTES DE BARROIS

El estado de la cuestión

El conocimiento geológico del Carbonífero de la vertiente asturiana de la Cordillera Cantábrica antes de la aparición de la memoria de Barrois (1882), estaba poco desarrollado; aunque se sabía la localización geográfica de sus materiales, no se había establecido con seguridad la sucesión estratigráfica y se poseía una documentación paleontológica más bien escasa. Ello era tanto más de lamentar por cuanto

desde el punto de vista utilitario los materiales carboníferos contenían en esta cuenca importantes mineralizaciones y una riqueza en carbón que era ya objeto de explotación antes del siglo XIX. Las valiosas aportaciones de Paillette y de Schulz, a mediados de siglo, habían conseguido un conocimiento de la distribución de los materiales y una cartografía de los mismos, pero faltaba el establecimiento concreto de las series estratigráficas y su datación. Fue Barrois quien realizó esta labor, a pesar de que en la época de preparación de su estudio no estaba clarificada todavía en Europa la cronoestratigrafía general de los terrenos carboníferos. La escala temporal del Carbonífero que ha llegado a nuestros días, fue introducida doce años después de que Barrois hubiese publicado su obra asturiana (Munier-Chalmas y De Lapparent 1894), pero aún sin los todavía inexistentes nombres de piso, la ordenación relativa de los materiales basada en parte en el estudio del contenido florístico de las capas de carbón, es totalmente correcta.

Antecedentes históricos

La riqueza minera asturiana, especialmente la referida al carbón de piedra fue descubierta y apreciada desde mediados del siglo XVIII (para una amplia información, *vid.* Adaro Ruiz-Falcó 1981), pero el conocimiento geológico de sus materiales no se produjo sino hasta mucho más tarde. El punto de partida lo constituye el famoso informe de la «Comisión de Facultativos» presentado en 1831 por encargo de la Dirección General de Minas (Ezquerria del Bayo *et al.* 1831). En este informe se contienen las primeras observaciones geológicas y se establecen por primera vez secciones representativas del Carbonífero asturiano (*Vid.* Truyols y Martínez-García 1982).

La aparición de dicho informe se produjo en el momento en que se iniciaba tímidamente el proceso de industrialización de la región. La nueva actividad industrial hizo necesarios estudios locales referidos a las diversas concesiones mineras que sucesivamente se ponían en marcha. Entre 1831 y 1858 fueron apareciendo, entre otras, las monografías de Virlet d'Aoust (1837), Buvignier (1839), Landrin (1841), Desoignie (1850), Thiry (1851), etc., que suministraron los primeros datos estratigráficos, aunque referidos tan sólo a áreas demasiado reducidas para ser objeto de generalización.

Sin embargo, de manera simultánea se produ-

cía la aparición de los primeros trabajos de Paillette y de Schulz, de una importancia mucho mayor. El primero de ellos, ingeniero francés puesto al servicio de la industria privada, publicó notables trabajos en los que se ponía especial énfasis en cuestiones estratigráficas y mineras (Paillette, Verneuil y D'Archiac 1845; Paillette y Verneuil 1846; Paillette y Bézard 1849; Paillette 1849, 1855). El primer plano topográfico de la cuenca minera, aparecido en 1848, se debe a la colaboración de Paillette con Maestre, Lasala y Alvarez Buylla (Paillette *et al.* 1848). El segundo de los geólogos citados era un alemán afincado al país que fue nombrado Inspector de minas del distrito. A lo largo de veinte años de laboriosos trabajos consiguió levantar la primera cartografía geológica de Asturias y una síntesis general sobre la geología de la región (Schulz 1837, 1838 y, muy especialmente, 1858).

Entre 1858 y la fecha en que se publicaron las «Recherches» de Barrois (1882), las aportaciones geológicas regionales que surgirían fueron de escasa entidad. La mayor parte de ellas siguió referida a estudios de tipo local en relación con explotaciones hulleras (Heim 1861; Landrin 1865; Virlet d'Aoust 1873; Abella Casariego 1877) o fueron simplemente trabajos de índole tan sólo minera (Bernáldez *et al.* 1855; Anciola 1859; Alvarez Buylla 1861; Arias de Miranda 1878, 1879; Ríu (1879), etc.). Estudios de tipo más amplio, como los de Pastor López (1853), Pellico (1861) y Grand (1875), por aportar pocos datos nuevos, apenas si influyeron en el progreso del conocimiento del Carbonífero regional. En lugar aparte hay que situar las primeras publicaciones sobre flora fósil: una nota de Geinitz (1867) y el catálogo de Aretio (1874). Los datos suministrados en 1877 por Grand' Eury (1877a, 1877b), aunque breves, suponen contribuciones de interés, y más aún los contenidos en una publicación posterior del mismo autor (1881) y en otra de Zeiller (1882), si bien estos trabajos se refieren ya al material comunicado por el propio Barrois durante la etapa de preparación de su extensa monografía regional.

Datos litoestratigráficos anteriores a Barrois

En su informe, Ezquerria del Bayo *et al.* (1831) habían advertido ya que las capas que contienen carbón de piedra se disponían por encima de una importante serie calcárea; así se desprende, por lo menos, de la lectura de sus

cortes. También habían observado en la Cuenca central la existencia de tramos pizarrosos que llevaban interestratificados bancos de caliza, y otros en los que ésta faltaba, sustituida por arenisca, y que eran precisamente los últimos tramos los más ricos en carbón. Observaciones parecidas, aunque en un marco más amplio, había realizado también por su parte, Buvignier (1839). Esta sucesión podía recordar en líneas generales la del Carbonífero inglés que, por aquel entonces era considerada la sucesión patrón para estos terrenos, pero la homologación concreta de los materiales asturianos a los ingleses no se produjo sino hasta algo más tarde. La existencia de mineralizaciones en la caliza inferior, advertidas ya por Schulz en 1837, determinó que Paillette (*in* Paillette, Verneuil y D'Archiac 1845) la comparase con la caliza metalífera de Inglaterra, es decir la «Mountain limestone» de los autores. Pero el nombre concreto de Caliza de Montaña no se dio sino hasta 1847, apareciendo por primera vez en una nota original del traductor de los «Elements» de Lyell al español (Ezquerro del Bayo 1847). El nombre figura ya desde entonces en los trabajos de Paillette posteriores a dicha fecha (Paillette y Bézard 1849; Paillette 1849, 1855, etc.). La validez de esta comparación fue confirmada por Verneuil y Collomb (1852) y el término obtuvo gran aceptación, si bien Schulz (1858), que conocía bien el nombre, usó sin embargo el de Caliza carbonera para esta formación.

Los términos litoestratigráficos superiores del Carbonífero asturiano eran también conocidos en la época de Schulz, aunque no se les había distinguido con nombre de formación. Paillette (1845, 1849) estudia las calizas intercaladas y menciona las areniscas y los conglomerados. Respecto a estos últimos, Schulz (1858) da precisiones sobre la existencia de distintos niveles detríticos en la sucesión, incluyendo la pudinga silíceo y la calcárea del borde NW de la cuenca minera. Pero en cambio no se mencionaba la existencia de la Caliza griotte o mármol amigdaloides, profusamente usada como piedra ornamental en el país, y que sólo aparece citada de paso en la provincia de León por Verneuil (*in* Prado y Verneuil 1850) como devónica.

En definitiva, aún sin establecer formalmente ninguna columna estratigráfica, Schulz (1858) mostraba conocer bien la composición del Carbonífero asturiano en sus elementos litológicos fundamentales. Al conjunto pizarroso de la

Cuenca carbonífera lo dividió en «Carbonífero pobre en hulla» y «Carbonífero rico», siguiendo en esto la intuición de Ezquerro del Bayo *et al.* (1831) que ya vislumbraban esta diferenciación utilitaria. En cambio vaciló en introducir dentro del Carbonífero los afloramientos con carbón de Arnao y Ferroñes que, como resultado de una curiosa y prolongada polémica cuyos reflejos habían llegado incluso a los mismos textos de D'Orbigny y otras figuras de la época, eran atribuidos al Devónico por unos (Paillette *in*: Paillette, Verneuil y D'Archiac 1845; Verneuil *in*: Prado y Verneuil 1850; Ezquerro del Bayo 1856, etc.), al Carbonífero por otros (Prado *in*: Prado y Verneuil 1850; Desoignie 1850; Prado 1852, etc.). Razones de duda le movieron también a colocar los materiales carboníferos del Narcea al Silúrico, si bien para ellos usaba el nombre «Carbonífero», aunque en sentido descriptivo, en los cortes que figuran acompañando al texto.

Los trabajos posteriores a la obra de Schulz apenas si aportaron nuevas precisiones al conocimiento litoestratigráfico del Carbonífero de Asturias. Ligado al mismo, el Carbonífero de las provincias vecinas (León, Palencia, Santander) fue estudiado en un grado más reducido por diversos autores (Maestre 1864; Oriol 1876; Monreal 1879, etc.), que se acomodaron prácticamente al esquema establecido por Schulz.

Datos paleontológicos y cronoestratigráficos anteriores a Barrois

Datos paleontológicos en relativa abundancia figuran en los trabajos de los autores anteriores a Barrois. Las primeras relaciones, especialmente de fauna fósil, proceden ya de las publicaciones de Paillette (Paillette, Verneuil y D'Archiac 1845; Paillette y D'Archiac 1846) y de la «Descripción» de Schulz (1858). En esta última obra se cita también flora fósil procedente de los materiales que acompañan al carbón, y a ella hay que añadir la mencionada en otros trabajos posteriores: Heim (1861), Geinitz (1867), Grand'Eury (1877a, 1877b), etc. En el catálogo paleontológico de 1854 que acompaña el «Ensayo» de Ezquerro del Bayo, se reúnen tan sólo 6 formas pertenecientes al Carbonífero asturiano, ignorando las contribuciones anteriores de Paillette y Verneuil. En el de Areitio de 1874, limitado a la flora fósil, son citadas ya 42 especies vegetales de la misma procedencia. Al año siguiente, en la «Sinopsis»

de Mallada (1875) figura ya un centenar largo de formas de ambos reinos. (En el «Catálogo general» del mismo autor, publicado diecisiete años más tarde (1892), el número de especies se había incrementado hasta acercarse a las 250).

Con esta información paleontológica, podía teóricamente llevarse a cabo la división del Carbonífero asturiano. Sin embargo no fue así, ya que la cronoestratigrafía de este sistema no fue establecida a nivel europeo con sus distintas divisiones sino hasta fines de siglo, años después de la aparición de la obra de Barrois (Munier-Chalmas y De Lapparent 1894).

El término «Carbonífero» como nombre de sistema, se debe a Conybeare, que lo introdujo en 1822. Antes se había utilizado el término «Hullero», establecido en 1808 por Omalius d'Halloy, o simplemente «Terreno de la Hulla». Pero los dos nombres de sistema no eran estrictamente sinónimos, ya que quedaba fuera del alcance del nombre Hullero la caliza inferior presente en las series de Inglaterra y N de Francia (es decir, la Caliza de Montaña), que se incorporaba al Antracífero, nombre impreciso de sistema en el que solían comprenderse asimismo materiales que en parte quedaron más tarde integrados en el Devónico. Los estudios de la fauna existente en el Antracífero belga y los de la flora del Hullero, especialmente de Alemania y Francia, determinaron la introducción de las divisiones (no demasiado precisas) que se mantuvieron hasta que Munier-Chalmas y De Lapparent (1894) crearon los nombres de pijo que todavía siguen usándose.

Por ello el Carbonífero asturiano, desprovisto de una estratigrafía claramente establecida, no había podido ser subdividido apenas en la época anterior a Barrois. La fauna descubierta, al no disponer de *Goniatites*, era poco reveladora y de atribución difícil a algunas de las «zonas» que ya se habían definido en Bélgica; por su parte, la flora se estudió tardíamente, con lo que, de hecho, las primeras indicaciones de edad no pudieron ser aprovechadas sino hasta cuando Barrois iniciaba su labor en Asturias.

La introducción del término «Carbonífero» en la literatura geológica de la Cordillera Cantábrica, como nombre de sistema, se debe a Schulz, quien lo usó desde 1838. En algunos autores el nombre se empleaba como equivalente al de Hullero, separándose entonces del Antracífero, que figura también como Subhullero (aunque a este nombre se le dieron acep-

ciones diversas). Los términos litoestratigráficos ingleses, partiendo de la Caliza de Montaña, eran con frecuencia empleados con sentido cronoestratigráfico (incluso el *Millstone grit*), aunque los conceptos no estaban en la época demasiado claros.

Algunos de los primeros restos vegetales fósiles que se descubrieron, llegaron a manos de especialistas competentes (Geinitz 1867; Grand'Eury 1877a, 1877b), precisamente en el momento en que se establecían las primeras divisiones del Carbonífero con base a flora. Ello sirvió para poder extender también a la cuenca cantábrica algunas de las subdivisiones que habían sido propuestas para Europa occidental (en general, del Hullero medio para ejemplares procedentes de Sama, Mieres, Santofirme, Arnao, etc.), y éstas, aunque por el momento no tuvieron eco en los estudios geológicos locales, eran en realidad las únicas precisiones cronoestratigráficas que existían al iniciar Barrois su labor en 1877.

EL CARBONÍFERO ASTURIANO SEGÚN BARROIS

El punto de partida

La región que iba a ser objeto del estudio de Barrois no era pues, desde el punto de vista geológico, una área totalmente desconocida. Si bien no se disponía de series estratigráficas que sirviesen de base para poder establecer correlaciones, existía por lo menos un conocimiento aceptable de los materiales y de su distribución espacial y temporal, respaldada esta última por una relativa abundancia de referencias paleontológicas. Además se contaba con un excelente mapa de conjunto (el de Schulz, en su época y aún más tarde, el mejor mapa regional de España) que constituía un inapreciable elemento orientativo. La situación era favorable para poder llevar a cabo una investigación estratigráfica de cierto detalle, sin demasiados riesgos de tener que enfrentarse con imprevistos dimanados del trabajo en una zona desconocida.

La lectura del primer capítulo de las «Recherches» muestra que Barrois conocía y valoraba debidamente la bibliografía regional anterior a él, desarrollada tras medio siglo de investigaciones geológicas en la misma área. De las obras reseñadas en su lista de antecedentes, utilizó multitud de datos aprovechables, especialmente los de Paillette y Schulz, básicos para el género de trabajo que emprendía, así como la

valiosa información paleontológica aportada por Verneuil y colaboradores. Con ello y las observaciones de campo que efectuó a lo largo de sus campañas así como la nueva recogida de material paleontológico, pudo elaborar una estratigrafía coherente del Paleozoico asturiano.

Aún disponiendo de muchos datos puntuales para poder realizar su labor, el Carbonífero de la región presentaba quizá mayores problemas que los terrenos que le precedían en la serie paleozoica. Los frecuentes cambios en la secuencia litológica dificultaban (con la excepción de la Caliza de Montaña en la base) el establecimiento de unidades formacionales claramente diferenciadas. Por otra parte, la inexistencia en la época de una escala cronoestratigráfica precisa para el Carbonífero hacía inútiles los intentos de correlación en materiales que cambiaban lateralmente con relativa frecuencia. Por este motivo, el estudio estratigráfico que realizó Barrois en el Carbonífero asturiano se nos muestra quizá como menos brillante que el efectuado en los restantes terrenos paleozoicos de la región, aunque llegó a conseguir el establecimiento de las unidades formacionales básicas y una datación aceptable de las mismas, lo cual no impidió que nuevos estudios introdujeran más tarde importantes modificaciones. Aunque hoy día no extendamos a toda la cuenca sedimentaria varios de los términos litoestratigráficos establecidos por Barrois, restringiendo su aplicación a la zona central de Asturias, ello se trata tan sólo de una pura medida de prudencia para evitar extrapolaciones que necesitan un control lito y bioestratigráfico que aún hoy, a un siglo de distancia, está en parte por hacer.

Una cuarta parte del volumen de sus «Recherches» (630 páginas) está destinado a la descripción estratigráfica y paleontológica del Carbonífero asturiano. Siguiendo un método clásico, la secuencia estratigráfica se obtiene del análisis de un número determinado de cortes seleccionados y representativos, y su datación tras la descripción y cotejo del material paleontológico recolectado. Son diez las áreas descritas (a base de cortes más o menos amplios y de afloramientos localizados) y 140 las especies fósiles enumeradas. Los resultados del estudio estratigráfico fueron luego minuciosamente comparados por el autor con los de otras áreas de su misma edad de distintos puntos de Europa y América.

Aportaciones litoestratigráficas

La descripción de los cortes mencionados, examinando nivel a nivel sus elementos constitutivos a lo largo de itinerarios establecidos previamente, permitió a Barrois un conocimiento eficaz de los materiales, así como su distribución geográfica a través de toda la cuenca. Los cortes que describió fueron los siguientes (Fig. 1):

- Corte del río de Trubia
- Cortes de los alrededores de Pola de Lena
- Corte del río Sella
- Corte del río Bedón
- Corte de las montañas de Covadonga
- Cortes de los alrededores de Infiesto
- Corte de los acantilados carboníferos de Asturias.

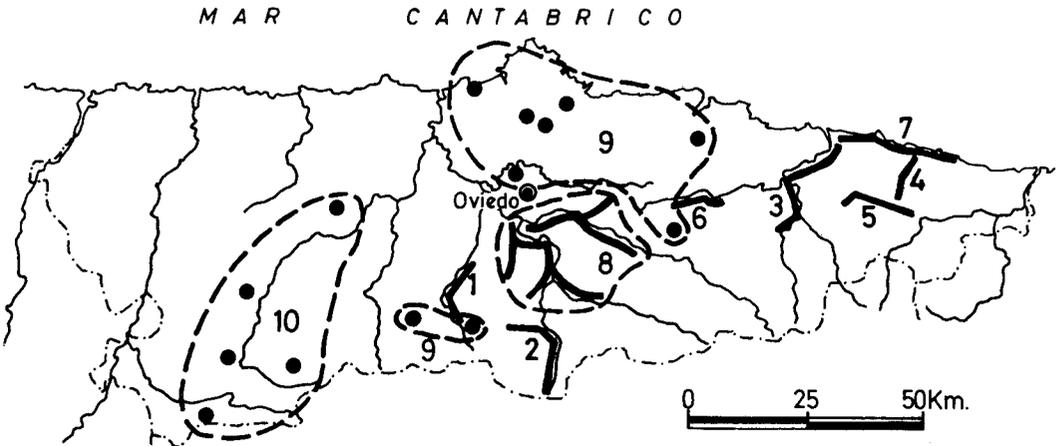


Fig. 1.-Cuenas hulleras y cortes locales descritos por Barrois en el Carbonífero asturiano. Para explicación, ver texto.

A estos siete añade una descripción local de la «Cuenca hullera central o Cuenca de Sama de Langreo» y otras dos bajo los epígrafes «Pequeñas cuencas hulleras del norte de Asturias» y «Pequeñas cuencas hulleras del oeste de Asturias». En la primera de estas dos últimas divisiones integra nueve «cuencas» (Quirós, Terverga, La Marea, Torazo y Viñón, Naranco, Santofirme, Ferroños, Monte Areo y Arnao), y en la segunda, cinco (Tineo, Cangas de Tineo, Rengos, Gillón y Tormaleo).

El conjunto de estos cortes, trazados en diferentes dominios de la cuenca de sedimentación (aunque faltan quizá algunos representando determinadas series de carácter distinto), permitieron el establecimiento de una sucesión-patrón compuesta por unidades litoestratigráficas que Barrois llamaba «assises», es decir, tramos. Tales «assises» pueden asimilarse en parte al concepto moderno de formaciones, y de hecho varias de ellas han pasado a serlo hoy día, tras asumir los requisitos legales que son necesarios para ello. No obstante, Barrois las caracterizaba no sólo a partir de su composición litológica sino atendiendo además a la presencia de una fauna (o flora) determinada. Con ello, los conjuntos establecidos participaban tanto del concepto de formación como del de unidades

bioestratigráficas informales. Por otra parte, al asignarles una edad concreta ignorando posibles diacronismos, les daba lógicamente una connotación cronoestratigráfica. En realidad no se trataba de un proceder especial del autor; el sistema era el comúnmente empleado en la época, en que podía admitirse de manera natural que una composición litológica dada podía ser exclusiva de un intervalo concreto de tiempo geológico. De hecho algunas divisiones cronoestratigráficas modernas fueron antes unidades litoestratigráficas cuyos límites coincidían aproximadamente con isócronas.

Las divisiones efectuadas por Barrois en el Carbonífero asturiano eran las cinco siguientes (de arriba a abajo):

- «Assise» de Tineo
- «Assise» de Sama
- «Assise» de Lena (con frecuencia, por error, escrito «Leña»)
- «Assise» de la caliza de los cañones.
- «Assise» del mármol griotte.

En realidad estas divisiones, a las que llegó tras estudiar los cortes anteriormente indicados, podían compararse con las que un cuarto de siglo antes había establecido Schulz. El mismo Barrois establecía su homologación:

«Assise» de Tineo	Carbonífero rico en hulla
«Assise» de Sama	
«Assise» de Lena	Carbonífero pobre en hulla
«Assise» de la caliza de los cañones	
«Assise» del mármol griotte	Caliza carbonera

Schulz no había distinguido en su sucesión a la Caliza o Mármol griotte, cuya presencia había sido advertida sin embargo por otros autores (Verneuil *in*: Prado y Verneuil 1850) ni había diferenciado dentro de su Carbonífero rico a dos tramos, perfectamente separables sobre el terreno por la existencia de la discordancia astúrica. Por lo demás, la Caliza carbonera de Schulz era esencialmente la «de los cañones» de Barrois (la de Montaña, de Paillette y otros) y el Carbonífero pobre, la «assise» de Lena.

En definitiva, Barrois admitía una sucesión

para el Carbonífero asturiano, comparable a la que existía en varias de las áreas más conocidas de Europa occidental y América del norte. Así, el Carbonífero se iniciaba con materiales indicadores de un medio marino para pasar luego a otros propios del medio continental. Durante esta última etapa, eran inicialmente frecuentes las invasiones marinas que determinaban alternancias bien acusadas en la sedimentación; solamente más tarde la serie sería puramente continental. Al medio exclusivamente marino corresponderían las dos primeras «assises», al

de tránsito la tercera, y las dos últimas a la sedimentación continental.

De cada una de las formaciones establecidas, Barrois describió los materiales que la integran con numerosos datos locales y citó su contenido paleontológico.

Aportaciones paleontológicas y cronoestratigráficas.

En el estudio de Barrois figura una lista de 140 especies fósiles para el Carbonífero asturiano, todas del reino animal (las formas vegetales las dio a conocer Zeiller (1882) por separado), lo cual supone algo más de una tercera parte del total del material paleontológico reseñado en la obra. De estas especies, 22 son formas nuevas, creadas por él (la mitad corresponde a Moluscos), a las que hay que añadir además tres que figuran en la lista pero que describió independientemente Steinmann el mismo año (1882). Aunque una revisión general de estas especies nuevas reduciría seguramente su número (el concepto de variabilidad intraespecífica y el de norma de reacción frente a medios diversos de algunas especies, no estaban desarrollados en la época), la aportación de Barrois, que no era propiamente un paleontólogo, se mantiene muy bien en este campo y el análisis global de las asociaciones faunísticas sigue siendo válido en los tiempos actuales.

Barrois clasificó personalmente toda la fauna recogida durante sus campañas por el Carbonífero asturiano, con excepción de las Esponjas de Sebarga que confió a Steinmann, que estaba preparando una monografía completa sobre Fatretones (1882). De la flora se ocupó Grand'Eury (1881), que ya anteriormente había determinado material asturiano enviado por J. Ibrán de Mieres (Grand'Eury 1877a, 1877b), y más especialmente Zeiller (1882). Los datos cronoestratigráficos suministrados por ambos fueron clave para las edades propuestas por Barrois.

El análisis de las faunas recolectadas, especialmente en el Mármol griotte y en el tramo de Lena, así como el de las floras procedentes de las capas productivas, llevó a Barrois a establecer su división cronoestratigráfica de la sucesión carbonífera, dando una edad concreta a cada una de las unidades que había introducido. Advirtiendo las estrechas semejanzas existentes

entre la fauna y la flora de este Carbonífero y el del norte y noroeste de Europa, y que indicaban su pertenencia a una misma provincia biogeográfica, pudo correlacionar las formaciones asturianas con las de otras áreas europeas.

Cuatro son las conclusiones cronoestratigráficas fundamentales a las que llegó Barrois en este análisis paleontológico: el Mármol griotte no es de edad devónica sino carbonífera: la «assise» de Lena contiene la fauna de la caliza de Visé (conclusión errónea que desgraciadamente afectaba la datación de las «assises» subyacentes); la «assise» de Sama, la flora del Hullero medio del norte de Francia; y la «assise» de Tineo, la del Hullero superior del Macizo central francés.

El Mármol o Caliza griotte posee en efecto una fauna de Goniátites que le confiere edad carbonífera y que fue descubierta precisamente por Barrois. La formación había sido considerada por Verneuil (*in*: Prado y Verneuil 1850) y por Verneuil y Collomb (1852) como de edad devónica, por comparación con la formación análoga del Pirineo. El propio Barrois en una primera publicación suya (1879) aceptaba esta edad, pero más tarde (1881) reconoció que la Caliza griotte de Asturias era realmente carbonífera por su contenido paleontológico característico (en ocasiones la denomina «Caliza mármol griotte con *Goniatites crenistria*»), aunque esta rectificación le condujese al error de querer extender también esa edad a la Caliza griotte del Pirineo. Al comparar los Goniátites con los procedentes de otras áreas geográficas (Bélgica, Alemania, Inglaterra, y hasta Urales y Norteamérica) advirtió su analogía con los de la «zona de Visé» de Bélgica (el futuro Viseense) y del Culm de Alemania. Y no solamente existían semejanzas por lo que respecta a los Goniátites, sino también a la restante fauna acompañante constituida por Braquiópodos, Trilobites, Crinoideos, Corales, etc., según corroboraron Hall y Roemer, a los que personalmente consultó. A pesar de la evidencia, Barrois no llegó a atribuir de manera formal la Caliza griotte a la «zona de Visé». Más bien la consideraba de edad más baja, quizá coetánea a la de Kinderhook en Illinois. Posteriormente, Delépine (1943) justificaba en parte esta actitud por el conocimiento todavía insuficiente que en la época se tenía sobre la distribución vertical de los Goniátites.

La pobreza de la fauna de la Caliza de los cañones constituía un obstáculo para su data-

ción. Barrois reconoció que esta caliza posee gran semejanza con la «Mountain limestone» inglesa, para cuya homologación existe *omnium consensu* entre los autores, pero no pudo aportar argumentos paleontológicos para ello. Desde el punto de vista petrográfico recordaba, según él, a la caliza de Keokuk, del valle del Missisipi. Basándose en los datos de fósiles que proporcionaba la «assise» de Lena, superpuesta a ella, concluyó que el conjunto Griotte-Caliza de los cañones debía corresponder en bloque a la serie inferior de la caliza carbonífera de las Ardenas.

Otra cosa sucede con el tramo de Lena, tan rico en fauna, la mitad de cuyos elementos se presentaban asimismo en el Carbonífero inferior de Bélgica, muchos de ellos en la propia «zona de Visé». Esta constatación llevó a Barrois a considerar que la «assise» de Lena pertenecía realmente a dicha zona. Pero esta atribución (que, aún siendo errónea, puede justificarse en parte, véase más adelante) arrastraba lógicamente la de los terrenos subyacentes y seguramente ello movió a no considerar como viseense la Caliza griotte, aún poseyendo la misma fauna que figuraba en la «zona de Visé». En efecto, al colocar la «assise» de Lena en la «zona de Visé», término más alto del Carbonífero inferior (Antracífero de los autores antiguos, Subcarbonífero, etc.), la Caliza griotte si era realmente carbonífera y *a fortiori* la Caliza de los cañones que se superpone a ella, correspondían en bloque a las zonas inmediatamente por debajo de la de Visé, es decir, la de Tournai y la de Waulsort (en la época considerada como unidad cronoestratigráfica). La admisión de una edad viseense para la «assise» de Lena creaba evidentemente problemas ya que, caracterizándola por la presencia de fusulinas («Pizarras, pudingas y calizas de Lena con *Fusulinella sphaeroidea*», como llama a este tramo en algún punto), resultaba de una edad más antigua de lo que debiera, puesto que los niveles en que aparecen por primera vez estos organismos son posteriores al viseense. En efecto, en Austria y Rusia aparecían en el Hullero medio y esto suponía una neta contradicción respecto al modelo introducido por Barrois. Tal contradicción no escapaba sin embargo de la visión de su autor, consciente del problema, quién llegó a manifestar que quizá investigaciones futuras mostrarían que el límite Hullero inferior/Hullero medio pasaría por el interior de la «assise» de

Lena. En 1927, Delépine propuso precisamente esta división (*vid.* Jongmans 1928), aunque más tarde fue abandonada por él mismo.

Para los tramos superiores de la serie carbonífera los problemas eran menores y las conclusiones de Barrois son totalmente correctas. Las «assises» de Sama y Tineo están constituidas en su práctica totalidad por materiales de procedencia continental y en ellas abundan las impresiones vegetales fósiles. Como ya hemos indicado, antes de Barrois, Grand'Eury (1877a, 1877b) había examinado ya restos de esta flora del área de Sama y Mieres, y había reconocido netamente su pertenencia al Hullero medio. El material entregado por Barrois al mismo autor y a Zeiller, confirmó que la «assise» de Sama correspondía efectivamente al Hullero medio (Grand'Eury 1881; Zeiller 1882), tanto por la flora como por la fauna salobre acompañante. Barrois homologaba por ello el tramo de Sama con las «Middle Coal measures» del norte de Inglaterra, y lo tipificaba con un elemento paleoflorístico que le parecía significativo al denominar también a estas capas como «Pizarras de Sama de Langreo con *Dictyopteris subbrogniarti*».

La «assise» de Tineo, por su flora comparable con la del alto Loira, pertenece según Zeiller (1882) al Hullero superior. Barrois la correlacionaba por este motivo con las «Upper Coal measures» de Inglaterra y llamaba también a la formación «Pudingas de Tineo con *Pecopteris pluckeneti*». Schulz (1858) no había colocado en su mapa estos materiales que en el texto figuran descritos en el capítulo «Terreno siluriano», a pesar de lo cual mantenía una cierta ambigüedad sobre su significado al reconocer su independencia respecto a las pizarras infrayacentes y al denominarlos «carboníferos». En la «assise» de Tineo situó también Barrois numerosos afloramientos aislados del territorio asturiano, entre ellos los de Arnao y Ferroñes, cuya edad había sido objeto de polémica (véase anteriormente); la flora de Arnao pertenecía según Geinitz (1867) al Hullero medio, pero esta atribución era equivocada.

En resumen, las edades de los distintos tramos, según la interpretación que de ellos daba su autor, eran las siguientes:

«Assise» de Tineo	Hullero superior
«Assise» de Sama	Hullero medio
«Assise» de Lena	
«Assise» de la Caliza de los cañones	Carbonífero inferior (Subcarbonífero)
«Assise» del Mármol griotte	

Como consecuencia de las determinaciones de la vegetación, todavía podían introducirse modificaciones a este cuadro. Zeiller (1882) especialmente matizaba la edad de las asociaciones de flora entregadas por Barrois. La flora con *Diplotmema distans* de la «assise» de Lena correspondería al Hullero inferior, es decir, al Culm en la acepción ordinaria de la época, lo cual parecía coherente con la colocación de la fauna de sus capas marinas en la «zona de Visé». Del Hullero medio, Zeiller distinguía niveles pertenecientes unos a la división inferior o media del mismo, según la escala de Grand'Eury, es decir, al Inframedio o Medio en sentido estricto (Santofirme, por ej.), y otros a la división superior o Supramedio (Sama, Mieres, por ej.). Y estas divisiones (Inframedio, Medio s.str., Supramedio), conocidas por los ingenieros españoles que se aplicaron a introducir en ellas los distintos paquetes productivos de la Cuenca carbonífera central, quedaron integrados en el léxico habitual de las investigaciones mineras asturianas.

Con las dataciones de Barrois se apreciaba la existencia de la secuencia entera del sistema Carbonífero en la cuenca asturiana, que pasaba a ser de este modo una de las más representativas de Europa occidental. El carácter discordante de las Pudingas con *Pecopteris pluckeneti*, consideradas como del Hullero superior (quizá infrasuperior, según Zeiller 1862), introducían una datación a la etapa orogénica más importante del ciclo herciniano europeo, que más tarde había de ser denominada con entera justicia «fase astúrica» (Stille 1924).

Valoración de sus aportaciones

El progreso efectuado en el conocimiento estratigráfico del Carbonífero asturiano con la obra de Barrois, resulta bien evidente. Por pri-

mera vez se describían con cierto detalle las distintas formaciones y sus materiales, se introducían edades y se establecía un esquema coherente y lógico, que perduró muchos años en la literatura geológica posterior.

Debe reconocerse no obstante la existencia de algunos puntos débiles en este cuadro estratigráfico, producto en parte del estado defectuoso del conocimiento de las faunas de la época y de su significado cronoestratigráfico. Con el tiempo algunas dataciones de Barrois se han modificado, pero hay que reconocer que, situándonos en la época, su razonamiento era lógico y las consecuencias de él eran las que cabía esperar. Analicemos algunos de estos puntos.

Para nuestra mentalidad actual resulta sorprendente la colocación dentro del Carbonífero inferior del conjunto representado por los tres primeros tramos de su sucesión: Griotte, Caliza de los cañones y Lena. Ello resulta tanto más chocante por cuanto el propio Barrois reconocía que en la Griotte, es decir, el tramo más bajo de la serie, se encontraban los Goniatites propios de la «zona de Visé», la más alta del Carbonífero inferior. Pero si se decidía por colocar a la Caliza griotte en la «zona de Visé», ¿qué edad habría que conceder a la «assise» de Lena, que todavía poseía muchos elementos bentónicos comunes con los del Carbonífero inferior del noroeste de Europa? La Caliza de los cañones no aportaba apoyo paleontológico útil, y todo ello le movió a colocar a los tres tramos en el Carbonífero inferior; sin que lo indicase de manera expresa, podía estimarse que les asignaba como edad la de cada una de las tres «zonas» sucesivas de las Ardenas: de Tournai, de Waulsort y de Visé. La solución, claro está, era discutible.

Hoy día, que hemos aprendido a valorar más los elementos pelágicos que los bentónicos

cuando se trata de establecer correlaciones a media o larga distancia, podríamos reprochar a Barrois que hubiese concedido más crédito a los Braquiópodos y Moluscos que a los Goniátites en su establecimiento de edades. Pero ésta no era la situación de hace un siglo. La semejanza de la fauna bentónica de la «assise» de Lena respecto a la del Carbonífero inferior del noroeste de Europa es evidente y hoy ha sido señalada, por ej., en la Formación San Emilian, equivalente parcial de aquella «assise», en investigaciones sobre Braquiópodos (Winkler Prins 1968; Martínez Chacón 1979; Martínez Chacón y Winkler Prins *en prensa*), como resultado de una persistencia en la cuenca cantábrica de las mismas condiciones ambientales hasta mucho más tarde (Bashkiriense). El error de Barrois es pues de valoración de hechos, no de establecimiento de unas conclusiones que, para su época, parecían ser las más lógicas.

En su conclusión sin embargo figuraban puntos para los cuales no encontraba de momento explicación satisfactoria. Ya hemos indicado el problema que le planteaba la presencia de fusulinas en tramos a los que había fijado una edad claramente inferior a la de su auténtica aparición en el registro. Por otra parte, el hallazgo de *Diplomema* en capas de la misma formación hacía pensar a Zeiller que correspondían al Hullero inferior. ¿Había que escindir entonces la «Assise» de Lena en dos y dar edad distinta a cada una de las dos divisiones? Barrois consideraba homogéneo el conjunto de la formación y se resistió a ello, aunque verdaderamente no llegó a encontrar una solución adecuada al problema.

No existen en cambio desaciertos por parte de Barrois en la datación de los tramos más altos como Hullero medio y superior. Si sustituimos estos nombres por los de Westfaliense y Estefaniense respectivamente, introducidos más tarde por Munier-Chalmas y De Lapparent (1894), encontraríamos seguramente una mayor impresión de modernidad en esta escala. Pero ello es sólo cuestión de nombres.

Podría achacarse tal vez que el modelo estratigráfico de Barrois es válido solamente para la región central de Asturias. Es cierto que la serie es diferente en otros puntos y así en el borde occidental/meridional de la Zona Cantábrica en el sentido de Lotze (1945), la Caliza de Montaña puede llegar a desaparecer sustituida por una secuencia de materiales de carácter turbidítico,

y en el SE de la cuenca de sedimentación (norte de Palencia) pueden existir espesos bancos de conglomerado discordantes (que Oriol en 1876 interpretaba como representando el «Millstone grit» del N de Inglaterra) que no figuran en la sucesión de Barrois. Pero ello es debido a que estas zonas no entraban dentro de las que este autor se había propuesto visitar. En las áreas recorridas por él (prácticamente todas ellas de la vertiente septentrional de la Cordillera) no aparecían sucesiones que discrepases de la serie-patrón por él establecida, si bien es cierto que pudo comprobar la distinta importancia que localmente alcanzaban algunas de sus formaciones. Así, por ej., corroboró el desarrollo considerable que tomaba la Caliza de Montaña hacia el oriente de Asturias, fenómeno que ya había sido advertido anteriormente por Paillette y Schulz.

Podríamos llegar incluso a discutir la propia validez de la estratigrafía imaginada para la Cuenca central. En una época en la que ya se dispone de elementos con los que pueda llegarse a establecer modelos sedimentarios precisos, se podría adoptar una visión más crítica respecto a la rígida simplicidad que supone la existencia de dos formaciones por encima de la Caliza de Montaña, sin atender a posibles cambios laterales. El mecanismo que determinó el depósito de los materiales de la Cuenca central admite con dificultades la distinción neta de dos grupos tal como los presentaba Barrois, y aún antes Schulz (1858) y Ezquerro del Bayo *et al.* (1831). Pero aparte de que no es legítima una crítica de este tipo en una investigación de carácter histórico, sería injusto infravalorar el proceder de Barrois en este aspecto concreto. Hoy día, aún reconociendo las limitaciones que deben concederse a los términos de Lena y Sama, seguimos utilizándolos con frecuencia (y aún dándoles la categoría de formaciones) como expresivos de dos situaciones en las que el predominio de los materiales de origen marino es netamente distinto.

En definitiva, debemos considerar que la contribución de Barrois al conocimiento del Carbonífero cantábrico fue importante por abrir una nueva fase en la investigación regional, caracterizada por la aportación estratigráfica. Todas sus conclusiones aparecen bien razonadas (lo que no excluye la existencia de errores) y las dudas que experimentaba las manifestó con total honestidad. Aquello que hoy consideramos

superado de su aportación, con frecuencia es fruto tan solo del estado de los conocimientos de la época en que vivió.

EL CARBONÍFERO ASTURIANO DESPUÉS DE BARROIS

La difusión de la estratigrafía de Barrois

La influencia de la obra de Barrois fue inmediata y aprovechada en España, por lo que se refiere al Carbonífero, por cuantos trabajaban en cuestiones relacionadas con la geología minera de la Cordillera Cantábrica. Su escala fue adaptada por todos sin discusión y sus edades no sufrieron retoque hasta la introducción de nuevas divisiones en el Carbonífero mundial a partir de 1927.

La gran difusión en España de la estratigrafía del Carbonífero propuesta por Barrois se debió seguramente a la traducción que de la obra hizo J. Egozcue al año siguiente de su publicación. En realidad era una traducción condensada, pero así y todo suponía nada menos que 164 páginas de texto, a pesar de que había prescindido de las descripciones paleontológicas que en la obra original suponen algo más de una tercera parte de todo el volumen (Egozcue 1883). Se trata de una traducción correcta, en la que se adaptan al español los términos introducidos por Barrois (así, a la Caliza de los cañones la denomina «Caliza de las foces», y el nombre conoció una cierta aceptación entre los geólogos que operaban en la región) y que, por haber sido publicada en el «Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España», obtuvo amplia difusión.

También contribuyó a su conocimiento Mallada (1898) a través de su «Explicación del Mapa Geológico», en la que incluyó entera la escala de Barrois y sus edades. Los ingenieros que trabajaban en las concesiones mineras de la Cuenca central asturiana, y hasta fuera de ella, utilizaron de este modo las cinco divisiones de Barrois y las subdivisiones debidas a Zeiller (1882) para las series continentales, con base a la flora. Debe señalarse especialmente la adopción que de la escala hizo Adaro (1885, 1914, 1916, 1926), quien colocó en ella la secuencia entera de paquetes productivos que se habían reconocido en la Cuenca central, y señaló criterios litológicos útiles para su reconocimiento. Hoy día han progresado mucho los estudios en

cuenca hulleras y el cuadro de Adaro está sufriendo necesarios e importantes retoques en todos los aspectos, pero ha sido en parte gracias a él, con el enorme prestigio de que gozaba entre sus colegas, que la escala de Barrois haya estado vigente durante más de medio siglo. Por ello la podemos ver empleada constantemente en el léxico minero asturiano con variantes de escasa entidad (Oriol 1894; Durán y Fernández 1914; Madariaga 1928, 1930; Patac 1920, 1943; etcétera), hasta alcanzar prácticamente a mediados del siglo actual (*Anónimo* 1949). E igualmente fue aceptada en publicaciones geológicas y trabajos de conjunto que se efectuaron a lo largo de las tres primeras décadas de este siglo (Grosch 1911, 1912; Mengaud 1920; López Agós 1923; etc.). La escala fue la que se adoptó naturalmente en la visita que realizaron a Asturias los participantes al XIV Congreso Geológico Internacional (Sancho *et al.* 1926).

Finalmente, la inclusión de esta serie en textos de difusión mundial, como el de De Lapparent (2.^a edición, 1885), el de Suess (1885-1909) o el de Haug (1908-1911), contribuyó eficazmente a su conocimiento en otras áreas y medios.

La estratigrafía de Delépine

Durante las sesiones del I Congreso del Carbonífero celebrado en Heerlen en 1927 (oficialmente denominado «Congreso para el estudio de la estratigrafía del Carbonífero en los diferentes centros hulleros de Europa»), se introdujo el término Namuriense, como nombre de piso correspondiente a un intervalo dado comprendido entre el Dinantiense (que se reconocía ya constituido por el Tournaisiense y el Visense) y el Westfaliense (Jongmans 1928). Delépine, que estaba iniciando una importante investigación bioestratigráfica en el Carbonífero asturiano, ceñida especialmente a la fauna fósil, propuso la introducción en el nuevo piso de las «assises» de la Caliza de los cañones y de Lena; de este último tan solo la parte inferior. Era la primera modificación razonada a la escala de Barrois.

En publicaciones posteriores, Delépine (1928, 1937) daba a conocer sus ideas sobre un nuevo cuadro cronoestratigráfico basadas en el material que había recolectado personalmente. Gracias a los Goniatites, la Caliza griotte debía colocarse en el Visense superior. La Caliza de los cañones en el Namuriense, pese a la inexistencia

tencia de fauna en la mayor parte de sus tramos. La «assise» de Lena, gracias al hallazgo de un Goniatite del género *Homoceratoides*, pertenecía en parte por lo menos, al Moscoviense. Estas ideas cambiaban evidentemente el cuadro admitido hasta entonces y fueron especialmente desarrolladas en la memoria del autor publicada en 1943, que constituye un importante punto de referencia en la historia del conocimiento regional del Carbonífero.

La fauna de Goniatites de la Caliza griotte confirmaba la datación que previamente había dado y sobre la cual Barrois había expresado vacilaciones de atribución a pesar de reconocer que su fauna era análoga a la de la «zona de Visé». Por razones de tipo estratigráfico, la Caliza de los cañones debía situarse en el Namuriense, pero la parte alta de la misma la colocaba ya en el Moscoviense, introduciendo con ello una clara modificación respecto a sus propias opiniones anteriores. En efecto, Delépine pensaba en 1928 que sólo la parte superior de la «assise» de Lena, es decir, la que le había proporcionado *Homoceratoides*, pertenecía realmente al Westfaliense. Pero por otra parte hacía constar el hallazgo de *Fusulinella bocki* en niveles que él juzgaba como pertenecientes a la parte alta de la Caliza de los cañones (más tarde se vio que en realidad correspondían a tramos de la «assise» de Lena); se trataba de una forma moscoviense, cuya presencia no parecía compa-

tible con la edad namuriense que él mismo había propuesto para la Caliza de los cañones. En consecuencia, en su memoria de 1943 se decidió a situar ya el límite Namuriense/Moscoviense en el interior de esta formación. Toda la «assise» de Lena quedaba pues incluida en el Moscoviense, pero podían establecerse diferencias en el seno de la misma. Ello le movió a distinguir dos miembros dentro de la formación, los «Calcoesquistos de Hontoria» y las «Pizarras y Calizas de Lieres», a los que concedía edades Moscoviense inferior y superior respectivamente. Estas divisiones han tenido escaso predicamento entre los geólogos que se han ocupado del Carbonífero cantábrico.

Las dataciones de Barrois quedaban pues totalmente modificadas. Sólo se mantenían, con los nombres de piso introducidos más tarde (Westfaliense y Estefaniense), las edades que gracias a la flora había establecido para las «assises» de Sama y de Tineo. Por otra parte, al hacer comenzar la sucesión en el Viseense superior, se aceptaba necesariamente la existencia de una laguna estratigráfica que abarcaba como mínimo el Tournaisiense y el Viseense inferior. Ha sido más recientemente cuando se ha visto que también esos pisos estaban representados en la secuencia carbonífera cantábrica.

Un cuadro comparativo de las edades establecidas por uno y otro autor, podría ser el siguiente:

Barrois, 1882	Delépine, 1943
HULLERO SUPERIOR «Assise» de Tineo	ESTEFANIENSE
HULLERO MEDIO «Assise» de Sama	WESTFALIENSE/MOSCOVIENSE
«Assise» de Lena	
CARBONIFERO INFERIOR «Assise» de la Caliza de los cañones	NAMURIENSE
«Assise» del Mármol griotte	VISEENSE SUP.

Con la aparición de los trabajos de Delépine se cierra pues un período especialmente interesante para el conocimiento de la estratigrafía del Carbonífero asturiano. Esta etapa estuvo presidida por la gran aportación que supone en su campo específico la obra de Barrois (y, en lo

que atañe a su adaptación a la geología minera, por la de Adaro).

FINAL

Todavía hoy, a pesar de los progresos introducidos por Delépine y autores posteriores, se-

guimos utilizando varios términos en la estratigrafía carbonífera, procedentes de Barrois. Es cierto que ahora la Caliza o Mármol griotte ha pasado a denominarse Formación Alba o Formación Genicera (aunque el nombre más vivo continúa siendo, por lo menos entre autores españoles, el de Caliza griotte), y que la Caliza de los cañones ha recuperado el viejo y popular nombre de Caliza de Montaña, o se ha subdividido en dos formaciones independientes, la Formación Barcaliente y la Formación Valde-teja, pero las denominaciones de las «assises» de Lena y Sama, bajo la expresión moderna de Formación Lena y Formación Sama (o Grupo Lena y Grupo Sama), mantienen actualizado el recuerdo de Barrois en este campo.

Pero lo importante no son realmente los nombres. La impresión de envejecimiento que a veces produce la estratigrafía carbonífera de Barrois es una falsa apreciación, debida tan solo

a una valoración excesiva de los cambios operados en la nomenclatura: cambios en el nombre de las formaciones, cambios en el nombre de los pisos. Es ésta una situación que se presenta con frecuencia en el campo de la Estratigrafía y de la Geología histórica. Por encima de los cambios de nombre está en la obra de Barrois la perduración de las unidades estratigráficas establecidas en su estudio, aunque la edad de las mismas haya sufrido inevitables correcciones debido a nuevos e incesantes hallazgos. Lo importante es en cambio el reconocimiento de los hechos objetivos que no estén sujetos a mudanzas a través del tiempo. Ello es garantía de la permanente vigencia de una obra científica. Por esta sólida aportación regional, Charles Barrois debería ser considerado con plenos merecimientos como el padre de la estratigrafía paleozoica de Asturias.

BIBLIOGRAFIA

- Abella Casariego, E. (1877).—Datos topográfico-geológicos del concejo de Teverga, Provincia de Oviedo. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 4, 251-256.
- Adaro, L. de (1885).—La industria siderúrgica en Asturias. *Rev. Min. Metal. y de Ing.*, 36 (C 3), 105-107, 115-116, 135-137, 143-146, 151-153, 159-162, 175-177.
- Adaro, L. de (1914).—Emplazamiento de sondeos para investigar la probable prolongación de los senos hulleros por bajo de los terrenos mesozoicos. *Bol. Inst. Geol. Esp.*, 34 (2.ª s. 14), 4-79.
- Adaro, L. de (1926).—Atlas del estudio estratigráfico de la Cuenca central de Asturias. *Inst. Geol. Min. Esp.*
- Adaro, L. de y Junquera, G. (1916).—Criaderos de Hierro de España. Criaderos de Asturias. *Mem. Inst. Geol. Esp.*, 1-610.
- Adaro Ruiz-Falcó, L. (1981).—*Datos y documentos para una historia minera e industrial de Asturias. T. I. Los comienzos de la minería del carbón de piedra y de los hornos de cok. El Real Instituto Asturiano.* 1 vol., 908 + 34 pp. Tipo-Offset La Industria, Gijón.
- Alvarez Buylla, R. (1861).—*Observaciones prácticas sobre la minería carbonera de Asturias.* 1 fasc., 44 pp. Impr. y lit. Benito González, Oviedo.
- Anciola, A. L. (1859).—Estudios sobre la cuenca carbonífera de Asturias. *Rev. Min.*, 10, 169-176.
- Anónimo (1949).—La Cuenca central hullera asturiana. *Temas profesionales (Dir. Gral. Minas y Comb.)*, 7, 1-46.
- Areitio, A. de (1874).—Enumeración de plantas fósiles españolas. *Am. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 3: 2, 225-259.
- Arias de Miranda, J. (1878).—Ojeada sobre el territorio de Asturias y sus minas de carbón. *Ecos del Nalón*, 2, 66-68, 73-75.
- Arias de Miranda, J. (1878-79).—Consideraciones históricas sobre la minería española con especial aplicación a los carbones fósiles de Asturias. *Rev. Asturias*, 1, 225-230, 353-357; 2, 124-130, 145-146.
- Barrois, Ch. (1879).—Nota acerca del sistema devoniano de la provincia de León. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 6, 91-95.
- Barrois, Ch. (1881).—El mármol amigdaloides de los Pirineos. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 8, 131-155.
- Barrois, Ch. (1882).—Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mem. Soc. Géol. du Nord*, 2: 1, 1-630.
- Bernaldez, F., Lasala, J. P. y Rúa Figueroa, R. (1885).—Observaciones sobre la explotación, estado actual y porvenir de las capas de hulla en la provincia de Asturias. *Rev. Min.*, 6, 306-317, 327-332.
- Buvignier, M. (1839).—Note géologique sur les Asturies. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 10, 100-104.
- De Lapparent, A. (1885).—*Traité de Géologie* (2.ª ed.). 1 vol., 1504 pp. Lbr. F. Savy. Paris.
- Delépine, G. (1928).—Sur les faunes marines du Carbonifère des Asturies (Espagne). *C. R. Séances Acad. Sci. Paris*, 187, 507-509.
- Delépine, G. (1937).—Le Carbonifère du sud de la France (Pyrénées et Montagne Noire) et du nord-ouest de l'Espagne (Asturies). *C. R. II Congr. Avanc. Etudes Strat. Carb. (Heerlen 1935)*, 1, 139-158.
- Delépine, G. (1943).—Las faunas marines del Carbonifère des Asturies (Espagne). *Mem. Acad. Sci. Paris, Inst. France*, 66: 3, 1-122.
- Desoignie, A. (1850).—Descripción del criadero carbonífero de Arnao. *Rev. Min.*, 2, 274-277.
- Durán, M. y Fernández, J. (1914).—*Atlas geológico y topográfico de la provincia de Oviedo.* 1 vol., 5 pp. y 11 láms. C. García, Enc., Oviedo.
- Egozcue, J. (1883).—Investigaciones sobre los terrenos antiguos de Asturias y Galicia. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 10, 177-341.
- Ezquerro del Bayo, J. (1847).—«*Elementos de Geología*» de Ch. Lyell (Traducción). 1 vol., 653 pp. Impr. Antonio Yenes, Madrid.
- Ezquerro del Bayo, J. (1854).—Ensayo de una descripción

- general de la estructura geológica del terreno de España en la Península. Sección III. *Mem. R. Acad. Cienc. Madrid*, 1 (3.^a s., 2:1), 161-184.
- Ezquerro del Bayo, J. (1856).—Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la Península. Sección IV: Terrenos de sedimento antiguo, hasta el Carbonífero o de la Ulla propiamente dicha, etc. *Mem. R. Acad. Cienc. Madrid*, 4 (3.^a s., 2:1), 115-156.
- Ezquerro del Bayo, J., García, F., Amar de la Torre, R. y Bauzá, F. (1831).—Descripción geognóstica del terreno de carbón de piedra de la provincia de Asturias. In: *Minas de Carbón de piedra de Asturias, por una Comisión de Facultativos*. 1 fasc., 62 pp. Impr. José del Collado, Madrid.
- Geinitz, H. B. (1867).—Über organische Überreste aus der Steinkohlengrube Arnao bei Avilés, in Asturien. *Neues Jahrb. f. Min.*, 1867, 283-286.
- Grand, A. (1874).—*Étude sur le bassin houiller des Asturies (Espagne). Constitution géologique. Mode d'exploitation. Voies de communication*. 1 vol., 64 pp. E. Lacroix, Vieille et Capiomont, Paris.
- Grand'Eury, C. (1877a).—Terrains houillers d'Espagne. In: *Flore carbonifère du Département de la Loire et du centre de la France*. 2 vols., 624 pp. Impr. Nationale, Paris.
- Grand'Eury, C. (1877b).—Détermination des étapes houillères à l'aide de la flore fossile. Résumé des travaux de M. ..., par M. R. Zeidler. *Ann. Mines*, 12:6 (7.^a s.), 341-391.
- Grand'Eury, C. (1881).—Note sur les empreintes houillères récoltés dans les Asturies par M. Charles Barrois. *Ann. Soc. Géol. Nord.*, 9, 1-2.
- Grosch, P. (1911).—Geologische Reisebeobachtungen am Nordabfall der Cantabrischen Ketten zwischen Pola de Lena und Cangas de Tineo (Provinz Asturien, Nordspanien). *Monatsb. Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch.*, 63 (11), 557-566.
- Grosch, P. (1912).—Carbon-Fossilien aus Nordspanien mit besonderer Berücksichtigung ihrer stratigraphischen Stellung. *Ber. Naturf. ges. Freiburg Brigg.*, 19, 9-20.
- Haug, E. (1907-1911).—*Traité de Géologie*. 3 vols., 2024 pp. Librairie Armand Colin, Paris.
- Heim, G. (1861).—Memoria sobre las minas de la Compañía Chauviteau en el distrito de Quirós, Asturias. *Rev. Min.*, 12, 81-87, 97-110.
- Jongmans, W. (1928).—Congrès pour l'étude de la stratigraphie du Carbonifère dans les différents centres houillers de l'Europe. Heerlen, 7-11 Juin 1927. Tableau comparatif des principaux terrains houillers de l'Europe. *C.R. Congr. Avanc. Et. Strat. Carb.*, V-XLVIII.
- Landrin, H. (1841).—*Rapport sur le bassin houiller de Riba de Sella (Asturies)*. 1 fasc., 14 pp. Meline, Cans et Cie., Bruxelles.
- Landrin, H. (1865).—*Les mines de houille du bassin de Tudela*, 1 fasc.
- López Agós, E. (1923).—Síntesis paleontológica del Carbonífero español. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 23, 265-277, 302-312.
- Lotze, Fr. (1945).—Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6, 78-92.
- Madariaga, R. de (1928).—Introducción a un ensayo de sincronización de las cuencas carboníferas españolas. *N. y C. Inst. Geol. Min. Esp.*, 1, 51-59.
- Madariaga, R. de (1930).—El problema de la sincronización de las zonas estratigráficas de la Cuenca central de Asturias. *Rev. Ind. Min. Ast.*, 15 (328), 1-4.
- Maestre, A. (1864).—Descripción física y geológica de la provincia de Santander. *Junta Gral. Estadística*, 1-127.
- Mallada, L. (1875).—Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 2, 1-160.
- Mallada, L. (1892).—Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 18, 1-253.
- Mallada, L. (1898).—Explicación del Mapa Geológico de España. T. III. Sistemas Devoniano y Carbonífero. *Mem. Com. M. Geol. Esp.*, 1-405.
- Martínez Chacón, M. L. (1979).—Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica (Orthida, Strophomenida y Rhynchonellida). *Mem. Inst. Geol. Min. Esp.*, 96, 1-291.
- Martínez Chacón, M. L. y Winkler Prins, C. F. (en prensa).—The Brachiopod fauna of the San Emiliano Formation (Cantabrian Mountains, NW Spain) and its connection with other areas. *IX Int. Congr. Strat. Geol. Carboniferous, Urbana Ill. (U.S.A.)*.
- Mengaud, L. (1920).—*Recherches géologiques dans la Région Cantabrique*. 1 vol., 370 pp. Livr. Scient. J. Hermann, Paris.
- Monreal, L. (1879).—Datos geológicos acerca de la provincia de León, recogidos durante la campaña de 1878 a 1879. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 6, 311-320.
- Munier-Chalmas, E. y De Lapparent, A. (1894).—Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. *Bull. Soc. Géol. France*, 21 (3.^a s.), 438-488.
- Oriol, R. (1876).—Descripción geológico-industrial de la cuenca hullera del río Carrión, en la provincia de Palencia. *Bol. Com. M. Geol. Esp.*, 3, 137-168.
- Oriol, R. (1894).—Las cuencas hulleras castellanas. *Rev. Min., Metal. y de Ing.*, 45 (C 12), 89-91, 113-116, 177-179, 305-307, 330-332, 345-347, 353-354, 370-371, 385-387.
- Paillette, A. (1849).—Des galets avec empreintes d'autres galets dans les poudingues houillers des Asturies. *Bull. Soc. Géol. France*, 7 (2.^a s.), 37-46.
- Paillette, A. (1855).—Estudios químico-mineralógicos sobre la caliza de montaña (caliza metalífera o carbonera) de Asturias. *Rev. Min.*, 6, 289-306.
- Paillette, A. y Bézard, A. (1849).—Coup d'oeil sur les minerais de fer des Asturies. *Bull. Soc. Géol. France*, 6 (2.^a s.), 439-482.
- Paillette, A., Maestre, A., González Lasala, J. y Alvarez Buylla, R. (1848).—*Plano topográfico de la Cuenca Carbonífera central de Asturias*. París.
- Paillette, A. y Verneuil, E. de (1846).—Observations sur les localités charbonnières importantes des Asturies. Note sur les fossiles des localités ci-dessus. *Bull. Soc. Géol. France*, 3 (2.^a s.), 450-454.
- Paillette, A., Verneuil, E. de y D'Archiac, A. (1845).—Recherches sur quelques unes des roches qui constituent la province des Asturies. Note sur les fossiles du terrain paléozoïque des Asturies. *Bull. Soc. Géol. France*, 2 (2.^a s.), 439-482.
- Pastor López, P. (1854).—Memoria geognóstico-agrícola sobre la provincia de Asturias. *Mem. R. Acad. Cienc. Madrid*, 1 (3.^a s., 2:1), 3-132.
- Patac, I. (1920).—*La formación uralense asturiana. Estudios de cuencas carboníferas*, 1 fasc., 50 pp. Cía. Asturiana Artes Gráficas, S. A. Gijón.
- Patac, I. (1943).—Relaciones estratigráficas entre varias cuencas hulleras de Europa (España, Bélgica, Holanda, Rusia). *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 56 (3.^a s. 16), 1-142.
- Pellico, R. (1861).—Memoria acerca del distrito minero de Oviedo. *Rev. Min.*, 12, 129-143.
- Prado, C. de (1852).—Notice sur le terrain carbonifère d'Espagne. *Bull. Soc. Géol. France*, 9 (2.^a s.), 381-384.
- Prado, C. de y Verneuil, E. de (1850).—Note géologique sur les terrains de Sabero et de ses environs dans les montag-

- nes de León (Espagne), suivie d'une description des fossiles de ces terrains. *Bull. Soc. Géol. France*, 7 (2.^a s.), 137-186.
- Rú, E. (1879).—Calidad de las hullas asturianas. *Rev. Asturias*, 2, 146-148, 177-182.
- Sancho, M., Ruiz-Falcó, M., Cueto, E., Junquera, G., Hernández Sampelayo, P. y Patac, I. (1926).—XIV Congreso Geológico Internacional, Madrid 1926. Exc. C-1 (Asturias). *Inst. Geol. España*, 1-106.
- Schulz, G. (1837).—Note sur la géologie des Asturies. *Bull. Soc. Géol. France*, 8, 325-328.
- Schulz, G. (1838).—Reseña geognóstica del Principado de Asturias. *Anales de Minas*, 1, 361-378.
- Schulz, G. (1858).—*Descripción geológica de la provincia de Oviedo*. 1 vol., 138 pp. Imp. José González, Madrid.
- Steinmann, G. (1882).—Pharetronen-Studien. *Neues Jahrb. f. Min., Geol., Paläont.*, 1882, 139-191.
- Stille, H. (1924).—*Grundfragen der vergleichenden Tektonik*. 1 vol., 443 pp. Borntraeger, Berlin.
- Suess, E. (1885-1909).—*Das Antlitz der Erde*. 4 vols. Prag-Wien-Leipzig.
- Thiry, D. (1851).—Memoria relativa a las minas de Riosa. *Rev. Min.*, 2, 481-495.
- Truyols, J., González Lastra, J., Marquínez García, J., Martínez Díaz, C., Méndez Fernández, C., Menéndez Alvarez, J. R. y Sánchez de Posada, L. (en prensa).—Preliminary note on two marine sections (Tournaisian-Kasimovian) in the Picos de Europa Area (Cantabrian Mountains, NW Spain). *IX Int. Congr. Strat. Geol. Carboniferous, Urbana, Ill. (U.S.A.)*.
- Verneuil, E. de y Collomb, E. (1882).—Coup d'oeil sur la constitution géologique de quelques provinces de l'Espagne. *Bull. Soc. Géol. France*, 10 (2.^a s.), 61-146.
- Virlet d'Arout, Ch. (1837).—*Sur le terrain houiller de Turon*. 1 fasc. Paris.
- Virlet d'Arout, Ch. (1873).—*Rapport sur les concessions houillères de Moreda*. 1 fasc. Paris.
- Winkler Prins, C. F. (1968).—Carboniferous Productidina and Chonetidina of the Cantabrian Mountains (NW Spain): Systematics, Stratigraphy and Palaeoecology. *Leidsse Geol. Meded.*, 43, 41-126.
- Zeiller, M. R. (1882).—Notes sur la flore houillère des Asturies. *Mem. Soc. Géol. du Nord*, 1: 3, 1-22.

