



Los depósitos areníticos del Cámbrico inferior de la Unidad de Mesones (Cadena Ibérica Oriental). Análisis petrográfico de proveniencia de materiales

Arenitic deposits of Mesones Unity (Lower Cambrian) in the Eastern Iberian Chain Petrographical analysis and material provenance

MANDADO COLLADO, J. y TENA CALVO, J. M.

El Cámbrico inferior de la Unidad de Mesones, de características esencialmente detríticas, reúne unas especiales condiciones para su estudio petrográfico. A través de él se puede concluir que la Fm. Bámbola tiene una composición promedio de grauwacas cuárcicas, depositadas en un medio poco profundo de elevada energía; los depósitos de que la Fm. Embid, con una composición grauwáquico feldespática, corresponden a un medio de depósito más distal; por último, los materiales de la Fm. Jalón, con depósitos detríticos de composición grauwáquico feldespática que alternan con niveles estromatolíticos de dolomías férricas, representan el depósito en un medio más somero pero de reducida energía.

La secuencia diagenética de transformación de los depósitos primarios sigue una pauta similar en las tres formaciones: una cementación temprana de cuarzo sintaxial asociada a formación de películas arcillosas y ferruginosas, se prosigue con una cementación posterior de carbonatos, cementos silíceos y rellenos de matriz. Los procesos diagenéticos tardíos comprenden fenómenos de recristalización y autigénesis de micas (cloritas en los tramos superiores), autigénesis de piritas (especialmente en las Formaciones Embid y Jalón) y fenómenos de silicificación, generalmente asociados a fenómenos tectónicos. Muy puntualmente se aprecian autigénesis de feldespatos y turmalinas.

La aplicación del análisis modal de componentes primarios, según las ideas de DICKINSON (1985), permite clasificar el área fuente de estos materiales como de cratón estable, correspondiente a una plataforma pasiva con oscilaciones eustáticas.

Palabras clave: Cordillera Ibérica, Cámbrico, arenitas, proveniencia, diagénesis.

Lower Cambrian materials of Mesones Unity, mainly of detrital characters, show suitable conditions for its petrographical analysis. This study indicates that Bambola Formation presents average composition of quartzitic graywackes, related to shallow, high-energy environment; Embid Formation materials, constituted by detrital deposits of feldspatic-graywackic composition alternating with stromatolitic ferroan-dolomitic levels, are related to shallow, low-energy environment. Diagenetic transformations of primary deposits show similar trends in the three formations. Early syntaxial quartz overgrowths, associated to pelicular argillitic-ferruginous cements, are followed by carbonatic, silicic, cementation processes and matrix infilling. Later diagenetic stages are represented by recrystallization, mica (of chloritic type in the upper sections) or pyrite authigenesis (mainly in Embid and Jalón Formations) and silicification phenomena (related to tectonic activity). Feldspar and tourmaline authigenesis are locally observed. Primary components modal analysis following DICKINSON (1985) concepts, allow to classify the source area of these materials as belonging to a stable craton zone constituted by a passive platform with eustatic oscillations.

Key words: Iberian Chain, Cambrian, arenites, provenance, diagenetical processes.

MANDADO COLLADO, J. y TENA CALVO, J. M. (Area de Petrología y Geoquímica, Departamento de Geología, Universidad de Zaragoza).

INTRODUCCION

El estudio petrológico de depósitos detríticos de edad paleozoica plantea problemas especiales. En general, la intensa transformación diagenética sufrida por los materiales sedimentarios iniciales impide su reconocimiento y dificulta la clasificación e interpretación de las condiciones sedimentológicas iniciales. A este respecto, los trabajos efectuados por el equipo de Petrología Exógena de Zaragoza en el Paleozoico de la Cordillera Ibérica (Unidades de Herrera y Badules), se han visto a menudo matizados en sus interpretaciones y conclusiones por estos fenómenos (NAVAS, 1986; MATEO, 1987; NAVAS y TENA, 1987 y 1988; BECOS, 1988).

Los materiales aflorantes en la Unidad de Mesones de la Cadena Ibérica Oriental

(GOZALO y LIÑAN, 1988) constituyen una interesante excepción a esta regla, puesto que los procesos diagenéticos tardíos que les afectan no producen modificaciones tan intensas, siendo posible reconocer en ellos las facies primarias e interpolar las condiciones del medio sedimentario de depósito.

En este trabajo centramos el estudio en el análisis petrológico de las litofacies areníticas aflorantes en el Cámbrico inferior de la región de Brea (Zaragoza), efectuando la valoración modal de su composición y el estudio petrogenético de los procesos ocurridos en las mismas desde la meteorización de su área fuente hasta la actualidad. A partir del análisis modal efectuado según los criterios de la escuela tectónica recogidos en ZUFFA (1985), se procede a la valoración de las características del área fuente y entorno tectónico de estos materiales.

ESTRATIGRAFIA

Las Cadenas Ibéricas Orientales, nombre que tradicionalmente se ha dado a los afloramientos paleozoicos de la Cordillera Ibérica situados al NE de los depósitos neógenos de la Depresión de Calatayud, muestran una neta subdivisión longitudinal ya indicada por LOTZE (1945) y completada por JULIVERT *et al.* (1974) y JULIVERT (1983 a y b). Por otra parte, el paleozoico aflorante en estas zonas puede subdividirse en unidades caracterizadas por un desarrollo estructural y estratigráfico diferente. LOTZE (1929) definió una Unidad de Herrera y otra unidad, que denominó Capas Ibéricas, en la que incluía las capas de Badules, capas de Bámbola y capas de Daroca. Posteriormente, CARLS (1983) retoma esta división, denominando a las Capas Ibérica de Lotze como Unidad de Badules y separando ambas mediante la falla de Datos. En 1983, LIÑAN define una nueva unidad en la Cadena Ibérica Oriental, tratándola posteriormente en LIÑAN y TEJERO (1988) y GOZALO y LIÑAN (1988). Esta nueva unidad, la Unidad de Mesones, constituida por los materiales cámbricos situados entre las fallas de Jarque y Datos (Figura 1), constituye el objeto de nuestro estudio.

La sucesión estratigráfica de los depósitos paleozoicos aflorantes en la Unidad de Mesones se recoge en VALENZUELA *et al.* (1990), y en ella se identifican las formaciones clásicas del Cámbrico inferior y medio de la Cordillera Ibérica (Bámbola, Embid, Jalón, Ribota, Huérmeda, Daroca, Valdemiedes y Murero). De ellas sólo existe una secuencia completa desde la Fm. Bámbola hasta la base de la Fm. Ribota en la zona de Brea (Zaragoza), mientras que el resto de las Formaciones hasta la Fm. Murero se encuentran más tectonizadas, siendo preciso estudiarlas mediante cortes parciales.

Centraremos nuestro trabajo en las tres Formaciones detríticas inferiores, tal y como han sido descritas en la zona de Brea (VALENZUELA *et al.*, 1990), cuya columna

sinéctica estratigráfica se recoge en la figura 2.

CARACTERISTICAS PETROLOGICAS GENERALES

La Formación Bámbola es una unidad estratigráfica con una amplia extensión regional en las Cadenas Ibéricas Orientales. Litológicamente está constituida por una potente sucesión de bancos areníticos con intercalaciones de conglomerados cuarzosos, que por su potencia, aspecto de campo y composición aparente reciben habitualmente la denominación de «Cuarcita de Bámbola». En ellos son frecuentes las estructuras sedimentarias de corriente y oleaje, estratificaciones cruzadas y gradadas, rizaduras, etc. Tradicionalmente, estos materiales se han interpretado como depósitos poco profundos de una zona litoral tipo delta, con un aporte de los materiales procedentes del NE, del hipotético Macizo del Ebro (CARLS, 1983).

El análisis petrográfico de la misma nos ha permitido efectuar algunas matizaciones. En primer lugar, el término «Cuarcita de Bámbola», aunque visualmente parezca adecuado, es totalmente incorrecto en este caso pues esta Formación no es en absoluto cuarcítica, aunque en ella abunden los términos cuarzareníticos (Mc BRIDE, 1963), sin que cabría considerarla más bien como una litofacies grauwáquica, ya que son éstos los términos litológicos predominantes. El contenido medio de matriz se sitúa en el 22,2 %, llegando en ocasiones a alcanzar contenidos de hasta el 45,4 %.

El armazón de granos está constituido mayoritariamente por cuarzo monocristalino (los cuarzos policristalinos no alcanzan nunca más del 10 % del total de los clastos, y sólo en una reducida proporción constan de más de tres o cuatro individuos). La cantidad de feldespatos presentes es muy reducida, con valores medios modales que se sitúan en el 1,6 % no excediendo en ningún

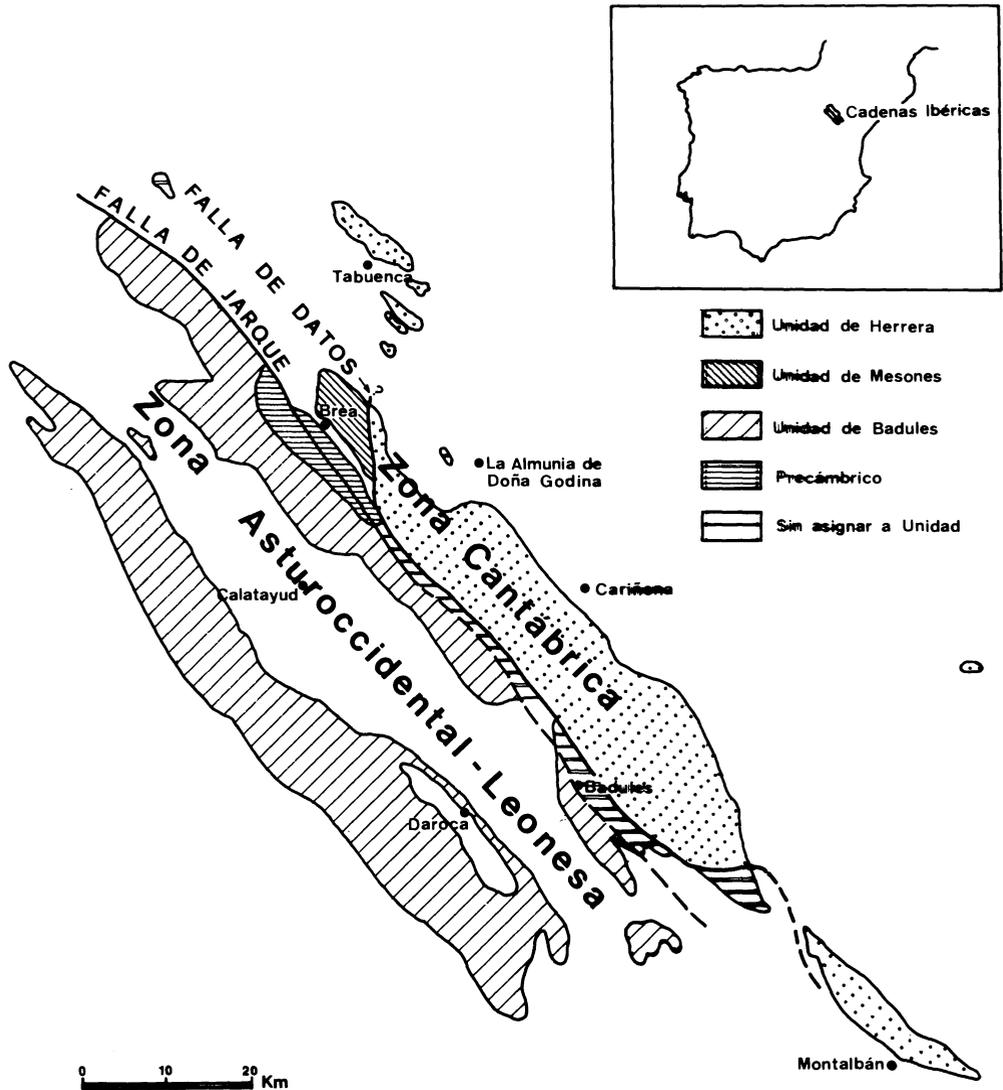


Fig. 1. Situación geográfica y geológica de la Unidad de Mesones (GOZALO y LIÑAN, 1988).

caso del 4,3 %; su composición es mayoritariamente potásica. La granulometría de los tramos areníticos es muy variada, pero los clastos son predominantemente de tamaños gruesos, con diámetros medios en el entorno de 400-500 μm y con niveles asociados de características microconglomeráticas.

Estas características no son exclusivas de la Fm. Bámbola en la Unidad de Mesones,

pues ya las habíamos detectado previamente en estudios efectuados en afloramientos de esta Formación en las Unidades de Herrera y Badules; pero la característica diferenciadora en este caso se centra en la posibilidad de reconocer los componentes primarios del sedimento, ya que en la mayoría de los clastos se identifican bordes de cementación sintaxial, así como secuencias de

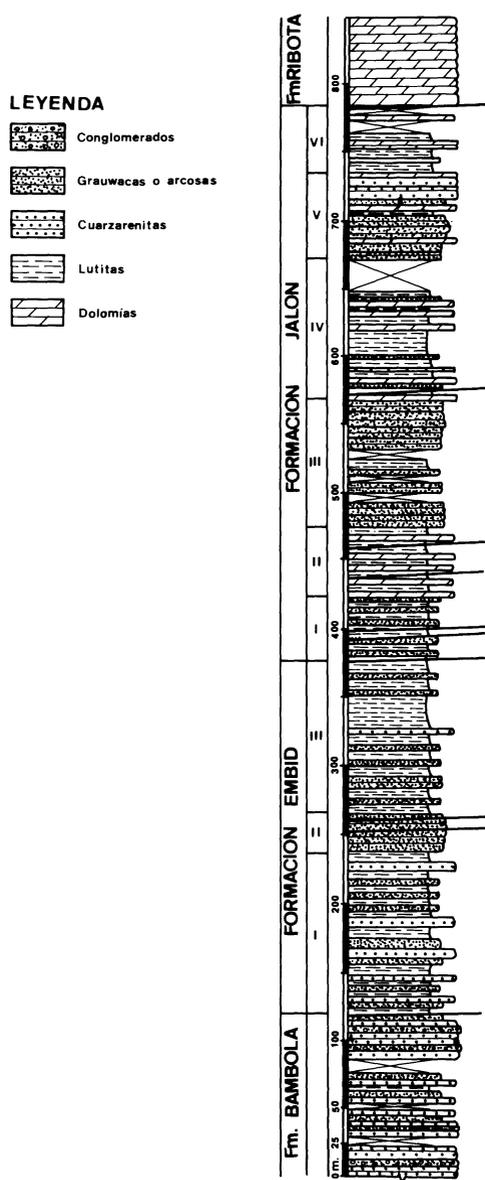


Fig. 2. Columna estratigráfica del corte Brea 1 (VALENZUELA *et al.*, 1990).

relleno de huecos según un modelo diagenético uniforme que no se ve enmascarado por los procesos masivos tardíos (silicificación y recristalización total de la matriz fundamentalmente) tan frecuentes en otros afloramientos (NAVAS y TENA, 1988). La

identificación de los componentes granulares primarios de estas rocas permite, por tanto, clasificar la probable composición del sedimento original y valorar con mayor precisión las condiciones sedimentológicas y las características del área fuente.

Los procesos eogénicos que traban este esqueleto de cuarzo son, ocasionalmente, algunos feldespatos, siguen una clara pauta similar al modelo diagenético sugerido por BURLEY *et al.*, (1985) para los procesos diagenéticos tempranos en medios marinos con aguas intersticiales bien oxigenadas, que se puede concretar en un orden constante de cementación: recrecimientos de cuarzo asociados a autigénesis de arcillas de tipo illítico y finas películas ferruginosas, seguido por precipitación en los huecos triangulares finales de carbonatos, infiltraciones de arcillas o autigénesis de cuarzo en mosaico.

El cemento sintaxial que se genera sobre la mayoría de los granos queda interrumpido en los contactos entre clastos; por otra parte, éstos son de tipo puntual, sin signos de procesos de disolución por presión, con lo que la cementación sintaxial se produciría tras una compactación no demasiado intensa. Cuando a este proceso de cementación le sucede una importante infiltración de arcillas, es muy frecuente que se produzcan bordes de reacción entre el cemento y la matriz presentándose fenómenos de corrosión parcial del mismo, en ocasiones hasta hacerlo casi desaparecer. En muchos casos, y simultáneamente con la cementación sintaxial o inmediatamente posterior a ella, se aprecia la formación de unas finas películas micáceas, con los cristales subparalelos al contorno del clasto o al de su recrecimiento, que interpretamos como un cemento filítico generado por precipitación de los coloides intersticiales, al que acompañan generalmente finas envueltas ferruginosas de la misma procedencia.

El relleno final de los huecos triangulares restantes es más variado y evoluciona a lo largo de la serie: en unos casos se observa un cemento carbonatado con composición de

dolomía férrica, que sella con distribución irregular algunos huecos en la zona basal de la serie aflorante, y al que acompaña un relleno posterior por infiltración de matriz arcillosa; en otros casos se trata de rellenos esencialmente arcillosos-micáceos en los tramos medios de la serie; y, finalmente, hay cementaciones silíceas de cuarzo microcristalino, mosaicos mesocristalinos y cementos monocristalinos de características poiquiloblásticas en algunos de los niveles más altos.

Las características primarias de la matriz son difíciles de determinar por la elevada recristalización que presenta, apareciendo en las láminas delgadas como un material homogéneo en el que sólo en contadas ocasiones se puede especular con la presencia de pseudomatrix (DICKINSON, 1970), que se interpreta como residuo de la alteración de feldespatos o de fragmentos líticos.

Los procesos diagenéticos tardíos son muy variados, pudiéndose citar como más generales: silicificación, asociada generalmente a filoncillos y grietas, pero raramente con el carácter masivo observado en la Unidad de Herrera y en la de Badules, donde impide el reconocimiento de las texturas primarias; es frecuente la autigénesis de opacos con una clara disposición textural reemplazante (piritas generalmente) y, asociados a ellos, se aprecian fenómenos puntuales de cloritización de la matriz y desarrollo de esferulitos cloríticos reemplazantes. El proceso diagenético más extenso es el de la recristalización de la matriz y autigénesis de micas blancas. Muy puntualmente, y con mayor incidencia en los términos grauwaquicos, se han detectado pequeños cristales de turmalina, euhedrales o subeuhedrales, también reemplazantes, autigénicos.

La Formación Embid está constituida por materiales más finos, con gran abundancia de niveles lutíticos en los que se intercalan láminas areníticas. Hay en ellos abundantes pistas fósiles y estructuras sedimentarias de tipo flaser. Los tramos areníticos se caracterizan por una granulometría

menor que en la Formación anterior, con un diámetro medio de los clastos del esqueleto comprendido entre 70 μm y 180 μm . La mineralogía del esqueleto es más rica en feldespatos, con un valor medio de 7,8 % y un rango de variación comprendido entre < 1,0 % y el 22,5 % (a partir de los datos del análisis modal y referido al volumen total de la muestra), y con tendencia generalizada de incremento progresivo hacia el techo. El componente dominante del esqueleto, el cuarzo, con un contenido medio de 57,9 % y un rango de variación entre 30,3 % y el 92,1 %, con características generalmente monocristalinas, debido fundamentalmente a su reducido tamaño y detectándose muy reducidas proporciones de cuarzoes microcristalinos. El resto de los componentes del esqueleto, fragmentos líticos, turmalinas, circones y otros minerales densos muy minoritarios, no llegan a superar el 4 % del total de la roca.

El contenido en matriz es muy variado, oscilando entre un 5 % y el 64,8 %, con un valor medio del 26,1 %. Su composición es arcillomicaéca, presentando cloritizaciones dispersas, generalmente asociadas con autigénesis de opacos de carácter tardío.

En base a estos datos composicionales, cabe clasificar estas rocas como grauwas cuárcicas y cuarzarenitas, que hacia techo pasan a grauwas feldespáticas y arcosas.

Las características sedimentológicas indican que estos depósitos corresponden a sedimentos más distales y profundos que los de la Fm. Bámbole, con una tasa de sedimentación elevada en una zona de escasa energía.

La secuencia diagenética de cementación es muy similar a la observada en la Fm. Bámbole. Cementación sintaxial postcompactación aunque temprana, películas arcillosas, rellenos finales de matriz arcilloso-micáca y, finalmente, cementos más tardíos de óxidos de hierro (especialmente a muro de la serie) o mosaicos granulares de cuarzo (más abundantes a techo). En la matriz se aprecia igualmente intensa recristali-

zación, con orientación de las micas autigénicas y una mayor cloritización. Hay también una importante autigénesis de pirritas y se aprecian feldespatos subeuhedrales sin trazas de alteración, que podrían interpretarse como autigénicos.

La Fm. del Jalón representa de nuevo una transición hacia facies más someras. Hay abundantes huellas de rizaduras, estratificación cruzada, pistas e intercalaciones de niveles dolomíticos con estructuras estromatolíticas. Litológicamente alternan lutitas-limonitas con arenitas finas de composición grauwáquica, ricas en feldespatos (con un valor medio de 12,0 % y un rango de variación comprendido entre el 3,8 % y el 18,8 %) y con cementos carbonáticos; son frecuentes las intercalaciones de bancos estromatolíticos de dolomía férrica. La granulometría media de la serie aumenta hacia techo, a la transición con la Fm. Ribota, sin llegar a superar unos tamaños medios superiores a las 20 μm .

La secuencia diagenética de cementación y relleno sigue las siguientes pautas para las láminas y lentejones areníticos englobados entre los niveles lutíticos: cementación sintaxial postcompactación poco desarrollada, cemento silíceo en mosaico y cemento carbonático posterior, generalmente reemplazante. Los procesos diagenéticos tardíos son similares a los descritos en las formaciones inferiores, con un notable incremento del contenido en minerales opacos reemplazantes, pirrita fundamentalmente.

ANÁLISIS DE PROVENIENCIA DE LOS MATERIALES

El estudio petrográfico de las rocas detríticas permite, en los esquemas clásicos de estudio, obtener información sobre su composición y evolución diagenética. Recientemente se han propuesto nuevas metodologías de trabajo basadas en lo que podríamos llamar planteamientos tectonicistas, que proporcionan nuevas formas de aproxima-

ción petrográfica a su estudio y permiten extrapolar hipótesis genéticas. Una interesante discusión sobre las hipótesis y planteamientos de ambas escuelas se recoge en MORENO y SAEZ (1990).

La finalidad fundamental de la escuela tectonicista queda reflejada en el neologismo «provenance», acuñado por el NATO Advanced Study Institute on Reading Provenance of Arenites, que en términos de BASU (1985 a) procede del latín *proveniens* y se aplica en petrología sedimentaria no sólo para indicar un sentido de procedencia, sino más específicamente a la naturaleza, composición, identidad y dimensiones de las rocas madre, relieve y clima en el área fuente, e incluye también una valoración del factor transporte desde un punto de vista de distancia y competencia del mismo antes del depósito de los sedimentos. Para cubrir estos objetivos, y éste es el principal problema con el que se enfrenta quien quiera aplicar la metodología de estos autores, es preciso obviar los cambios texturales y mineralógicos producidos durante el enterramiento, deformación tectónica posterior y meteorización tras la emersión. Por ello, el primer paso es inferir la hipotética composición del sedimento original (Mc BRIDE, 1985), descontando todos aquellos cambios postdepósito que lo hayan modificado. Esta «restauración de la composición» no siempre es posible, pues es preciso contar con criterios petrográficos objetivos.

En las rocas de la zona objeto de este estudio, las secuencias de cementación, ya descritas en el apartado anterior, nos permiten efectuar este tipo de recomposiciones; si bien, es necesario efectuar algunas interpretaciones a la hora de efectuar los contajes. La metodología de contaje aplicada a este tipo de análisis es la descrita por ZUFFA (1980, 1985), en la que se consideran como fragmentos líticos sólo aquellos fragmentos de roca cuyos componentes sean de dimensiones inferiores a 62,5 μm , mientras que los fragmentos polimineraleles cuyos constituyentes tienen tamaños superiores a las

62,5 μm , se contabilizan como granos monominerales a los que coincidan con la malla de conteo. Esta metodología se fundamenta en el principio de que con transportes más prolongados los granos poliminerales terminarían disgregándose en sus componentes menores, ya que la incidencia de granos poliminerales es función directa de la granulometría del depósito (ZUFFA, 1985).

Un caso especial es el planteado por los granos de cuarzo policristalinos, interpretables en las concepciones clásicas en el polo del cuarzo salvo, según unos u otros autores, en el caso de que se consideren aparte los fragmentos microcristalinos silexíticos. En nuestro caso, y debido a la abundancia relativa de componentes de esta naturaleza, hemos optado por considerar como cuarzo policristalino (Q_p), es decir componente lítico en el sentido de DICKINSON (1985), a todos los clastos de cuarzo policristalino cuyos cristales individuales no excedieran de las dimensiones mínimas de los clastos de tamaño arena, las 62,5 μm .

El principal problema interpretativo lo plantea la diferenciación entre epimatriz, pseudomatriz, ortomatriz, etc. (en el sentido de DICKINSON, 1970). La intensidad de los procesos diagenéticos de recristalización y transformación que afectan a los componentes finos de las rocas dificulta enormemente la correcta valoración de los mismos (MATEO, 1987). Como norma general, hemos interpretado como matriz a todo el material arcillo-micáceo presente entre los clastos de cuarzo-feldespato, independientemente de su grado de recristalización, mineralogía, estado de agregación, etc. Sólo en el caso que se aprecien contornos y morfologías detríticas en superficies de componentes finos, dimensionalmente similares a las de los clastos del esqueleto, interpretaremos este componente como clasto (sea feldespato muy alterado o fragmento lítico microcristalino).

Los resultados del conteo de puntos efectuado en estas condiciones para las

muestras areníticas de las tres Formaciones estudiadas se recogen en la figura 3, representando los porcentajes finales de los componentes del esqueleto correspondientes a los parámetros de DICKINSON (1985). En esta figura se indican con círculos los puntos de la Fm. Bámbola, con cuadrados los de la Fm. Embid, y con estrellas los de la Fm. Jalón, y se observa cómo las tres formaciones presentan pautas de distribución similares,

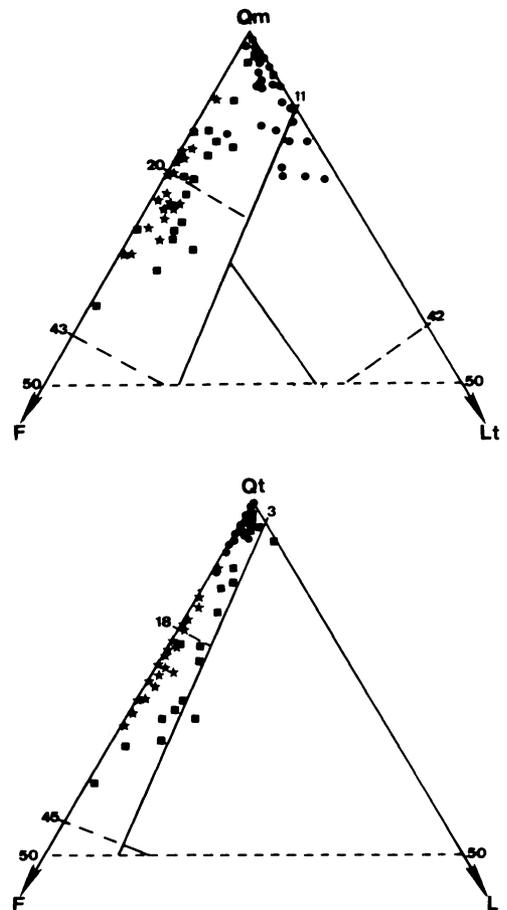


Fig. 3. Gráficos de representación triangular de componentes primarios según DICKINSON (1985). Los círculos representan las muestras de la Formación Bámbola, los cuadrados las de la Formación Embid y las estrellas las de la Formación Jalón.

con un ligero desplazamiento del centro de gravedad de las mismas hacia mayores contenidos en cuarzo la Fm. Bámbola; el mayor porcentaje de líticos que presenta esta formación en el diagrama Qm-F-Lt corresponde casi exclusivamente a los clastos de cuarzo policristalinos, como se aprecia de la comparación de la dos representaciones triangulares. La Fm. Jalón presenta un contenido mayor en feldespatos y en líticos, en sentido absoluto en este caso, la Fm. Embid. El área fuente correspondería en los tres casos al entorno de un bloque continental (o plataforma pasiva), pero propio de un cratón estable la Fm. Bámbola, y en transición a un área fuente con elevación del basamento para las otras dos formaciones.

En síntesis, las características comunes son: el componente dominante del esqueleto es el cuarzo, con una relación Q_m/Q_p (cuarzo monocristalino frente a cuarzo policristalino) muy elevada, casi total ausencia de clastos líticos, relación alta Q/P (feldespato potásico frente a plagioclasas) e incrementos progresivos del contenido en feldespato. Estas características marcan claramente uno de los tipos mayores de proveniencia de DICKINSON (1985), el de cratón estable, correspondiente a un entorno tectónico de bloque continental interior o, como en este caso, a una plataforma pasiva con oscilaciones eustáticas reflejadas en las variaciones de proximidad-lejanía de la costa ya indicadas.

CONCLUSIONES

Los materiales de la Fm. Bámbola se identifican como un depósito detrítico de composición promedio grauwáquico-cuárzica y muy maduro, característico de un medio de playa o delta en zona de alta energía. El área fuente de los materiales corresponde a un medio de bloque continental estable (cratónico) y el entorno tectónico de la cuenca de sedimentación es el de una plataforma pasiva.

La Fm. Embid, con un depósito de características grauwáquico-feldespáticas me-

nos maduro que el anterior y de escasa energía, corresponde a un medio más profundo, de zona distal de plataforma. El área fuente de los materiales es también un bloque continental estable en el que podría producirse un inicio de levantamiento del basamento, con depósito en un ambiente de plataforma estable. La sucesión de los depósitos de las dos formaciones marca una secuencia transgresiva desde los sedimentos someros de la Fm. Bámbola a los progresivamente más profundos de la Fm. Embid.

La Fm. Jalón, con depósitos detríticos de grano fino similares a los de la Fm. Embid aunque algo más feldespáticos y con niveles dolomíticos de características estromatolíticas, corresponde a un proceso de sedimentación en un medio somero de plataforma, con una escasa energía del medio. El área fuente y entorno tectónico mantienen características similares a los depósitos anteriores, correspondiendo a una etapa regresiva de oscilación del nivel del mar en un área con escaso relieve.

La evolución diagenética de estos materiales sigue unas pautas comunes, con una cementación temprana consistente en recrecimientos de cuarzo y envueltas ferruginosas y arcillosas; un proceso de cementación y relleno posterior más variado, con cementos carbonáticos y silíceos e importantes rellenos de material fino, que sellan la porosidad. Los procesos diagenéticos tardíos producen fenómenos de corrosión de clastos y cementos previos por la matriz, recristalización y autigénesis de micas blancas, silicificaciones puntuales (generalmente asociadas a procesos tectónicos distensivos) y autigénesis de piritas, con cloritizaciones asociadas y muy localmente pueden apreciarse procesos de autigénesis de feldespatos y turmalinas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto PB86-0181 financiado por la CICYT.

BIBLIOGRAFIA

- BASU, A. (1985 a). Influence of climate and relief on composition of sands released at source areas. In: G. G. Zuffa (ed.). *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publishing Company. 1-18.
- BASU, A. (1985 b). Reading provenance from detrital quartz. In: G. G. Zuffa (ed.). *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publishing Company. 231-247.
- BESCOS, J. M. (1988). Estudio petrológico de las rocas fosfáticas y litologías asociadas del Silúrico-Devónico de la Depresión del río Cámaras (Zaragoza-Teruel). Tesis Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 105 pp., inédita.
- BURLEY, S. D., KANTOROWICZ, J. D. and WAUGH, B. (1985). Clastis diagenesis. In: Brenchley, P. J. and Williams, B. P. J. (Eds.): *Sedimentology: Recent Developments and Applied Aspects*. Blackwell Sci. Publ., Geol. Soc., 189-226.
- CARLS, P. (1983). La zona Asturoccidental-leonesa en Aragón y el Macizo del Ebro como prolongación del Macizo Cantábrico. In: Comba, J. A. (Coord.): *Contribuciones sobre temas generales*. I.G.M.E., Libro Jubilar J. M.^a Ríos, Tomo III, 5-3, 11-32.
- DICKINSON, W. R. (1970). Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Jour. Sedim. Petrol.*, 40-2, 695-707.
- DICKINSON, W. R. (1985). Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In: G. G. Zuffa (ed.). *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publishing Company. 333-361.
- GOZALO, R. y LIÑAN, E. (1988). Los materiales hecénicos de la Cordillera Ibérica en el contexto del Macizo Ibérico. *Estudios geol.*, 44, 399-404.
- JULIVERT, M. (1983 a). La estructura de la Zona Cantábrica. *Libro Jubilar José M.^a Ríos*. I.G.M.E., 1, 339-381.
- JULIVERT, M. (1983 b). La estructura de la Zona Asturoccidental-leonesa. *Libro Jubilar José M.^a Ríos*. I.G.M.E., 1, 381-408.
- JULIVERT, M., FONTBOTE, J. M., RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1974). *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. E: 1/1.000.000. I.G.M.E. 113 pp.
- LIÑAN, E. (1983). Una nueva hipótesis sobre la estructura geológica del basamento al NE de la Península Ibérica. *V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*. Resúmenes, 283.
- LIÑAN, E. y TEJERO, R. (1988). Las formaciones Precámbricas del antiformal de Paracuellos (Cadenas Ibéricas). *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 84, 39-49.
- LOTZE, F. (1929). Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grungebirges (Spanien). *Abhandl. der Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen Math.-Phys. Klasse*. N. F., 14 (2), 1-320.
- LOTZE, F. (1945). Zur gliederung der Variscischen del Iberischen Meseta. *Geotektonische Forschungen*, 6, 78-92. Trad. J. M.^a Ríos (1950): Observaciones respecto a la división de las variscidas de la Meseta Ibérica. *Publ. Extr. Geol. Esp.*, 5, 149-166.
- LOTZE, F. (1961). Des Kambrium Spaniens. Teil I: Stratigraphie. *Akad. Wissensch. und Liter. Abhandl. Math.-Naturw. Klasse*, 6, 1-216 (283-498). (Traducido al español en *Mem. I.G.M.E.*, 75, 1-256, 1970).
- MATEO, J. (1987). Estudio geológico del sector Tobed-Codos-Mainar (Cadenas Ibéricas Orientales). Petrología de los materiales paleozoicos. Tesis Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 297 pp, inédita.
- Mc BRIDE, E. F. (1963). A classification of common sandstones. *Jour. Sedim. Petrol.*, 33, 664-669.
- Mc BRIDE, E. F. (1985). Diagenetic processes that affect provenance determinations in sandstone. In: G. G. Zuffa (ed.). *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publishing Company. 95-113.
- MORENO, C. y SAEZ, R. (1990). Petrografía de arenitas: Una revisión. *Bol. Geol. Min.*, 101-1, 153-167.
- NAVAS, A. (1986). Estudio geológico y petrológico de los materiales paleozoicos aflorantes en un sector de las Sierras de Vicort y Algairén (Provincia de Zaragoza). Tesis Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 357 pp., inédita.
- NAVAS, A. y TENA, J. M. (1987). Grado de diagénesis de las rocas pelíticas del paleozoico en las Sierras de Vicort y Algairén (Cordillera Ibérica). *Rev. Acad. Ciencias Zaragoza*, 42, 175-181.
- NAVAS, A. y TENA, J. M. (1988). Caracteres petrológicos y estructurales del Paleozoico de las Sierras de Vicort y Algairén (provincia de Zaragoza). *Bol. Geol. Min.*, 99-5, 647-659.
- VALENZUELA, J. I., GAMEZ, J. A., LIÑAN, E. y SDZUY, K. (1990). Estratigrafía del Cámbrico de la región de Brea. Cadena Ibérica Oriental. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 85 (1-4), 45-54.
- ZUFFA, G. G. (1980). Hybrid arenites: their composition and classification. *Jour. Sedim. Petrol.*, 50, 21-29.
- ZUFFA, G. G. (1985). Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. In: G. G. Zuffa (ed.). *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publishing Company. 165-189.
- ZUFFA, G. G. (1985). Provenance of Arenites. D. Reidel Publishing Company. NATO ASI Series, Serie C: Mathematical and Physical Sciences, Vol. 148. 408 pp.

Recibido, 6-IV-91
Aceptado, 6-VI-91