

LA FORMACION TORREARBOLES Y LA PALEOGEOGRAFIA DEL LIMITE PRECAMBRICO-CAMBRICO EN OSSA MORENA (FLANCO NORTE DE LA ALINEACION OLIVENZA-MONESTERIO).

E. Liñán(x) y J. Fernández-Carrasco(xx).

(x) Departamento de Paleontología. Universidad de Zaragoza.

(xx) Compañía General de Sondeos, S.A.

Resumen

La Formación Torreárboles es una unidad estratigráfica que se extiende a lo largo del flanco N del "anticlinorio" de Olivenza-Monesterio, caracterizando el dominio Córdoba-Alanís. Dentro de la serie estratigráfica, se sitúa inmediatamente debajo de las formaciones cámbricas con Trilobites y Archeociatus más antiguos. Desde un punto de vista paleogeográfico, esta formación representa el inicio de la transgresión general cámbrica que desarrolla en muchos puntos lenticulares de conglomerados cuyo estudio indica la existencia de áreas continentales próximas con relieves importantes erosionándose. Las características geológicas y geobiológicas de esta formación son analizadas para intentar conocer los factores reinantes durante su depósito y reconstruir así la Paleogeografía del límite Precámbrico-Cámbrico en Ossa Morena.

Abstract

The Torreárboles Formation is a stratigraphic unity extended over the N flank of the Olivenza-Monesterio "Anticlinorium", featuring the Córdoba-Alanís domain. In the stratigraphic serie is immediately located under the cambrian formations containing the oldest Trilobites and Archeociatus. From a paleogeographic point of view, this formation represents the beginning of the general cambrian transgression that develop in many places lenticular conglomerates which study shows the existence of close continental areas with important reliefs in erosion. The geological and geo-

biological characteristics of this Formation are analyzed to intent knowing the prevailing factors during its deposit and, so, reconstruct the Paleogeography of the Precambrian-Cambrian boundary at Ossa Morena.

## I. ANTECEDENTES

Los antecedentes sobre el problema del límite Precámbrico-Cámbrico en Sierra Morena hay que remontarlos a 1879 en que MACPHERSON define su paso mediante un conglomerado de base que es discordante. Posteriormente, se debe a LOTZE y a sus discípulos la redefinición del mismo mediante una serie de transición. Desde este momento quedan esbozadas las dos grandes hipótesis utilizadas para explicar este límite.

Los autores que tratan posteriormente el tema, se inclinan por una u otra idea aduciendo diferentes razones, entre las que escasean las paleontológicas. En este campo sólo utilizan el falso criterio de series por debajo de calizas con Arqueociatos, que no es un nivel isócrono (LIÑAN y PEREJON, op. cit.). Esta penuria de datos paleontológicos llevó consigo la dificultad de correlación entre las distintas secciones estudiadas con el fin de obtener un criterio unánime.

En Portugal, gracias a los trabajos de GONÇALVES, desde 1971 la mayoría de los autores están de acuerdo en dar como cámbricos a los conglomerados y arcosas situados por debajo de las calizas y dolomías de esta edad; a los que a veces se hace referencia como conglomerados de la base del Cámbrico. Con ello, los geólogos portugueses están más próximos a las ideas de MACPHERSON que a las de LOTZE.

En el trabajo de 1976 (publicado en Enero de 1979), y realizado por uno de nosotros (E.L.), se puede encontrar una más amplia discusión de los antecedentes del problema y un intento de armonizar las dos posturas antes señaladas, al situar paleontológicamente el límite Precámbrico-Cámbrico en la Formación Torreárboles que es una unidad terrígena con conglomerados y que está disconforme sobre las series inferiores a ella; las cuales se asi-

milieron al Precámbrico por su posición estratigráfica. En este trabajo citado anteriormente, la delimitación entre el Precámbrico y el Cámbrico quedaba sin fijar exactamente dentro de la Formación Torreárboles, por el estado en que se encontraban los estudios sobre la cuestión (pág. 57). En un trabajo posterior (LIÑAN, en prensa) se estudian los icnofósiles procedentes de un corte estratigráfico realizado en las proximidades de Fuente de Cantos, y se llega a la conclusión de una edad Cámbrica para al menos la parte superior de esta Formación.

Ahora se pretenden sentar las bases de los futuros estudios paleogeográficos sobre el límite Precámbrico-Cámbrico, analizando los datos existentes.

## II. ICNOFACIES

La formación Torreárboles se caracteriza paleontológicamente por su contenido en trazas fósiles producidas sobre materiales terrígenos de diferente granulometría por artrópodos, Celentéreos, moluscos y anélidos o animales tipo gusano. La representación taxonómica de cada uno de estos grupos es variable dentro de cada sección.

Se distinguen dos secuencias que se corresponden con los dos miembros de esta formación (Tierna y Julia). La secuencia inferior está formada por potentes bancos de arcosas inmaduras entre las que se intercalan lentejones de conglomerados (fig. 1), cantos sueltos e incluso delgados niveles lutíticos. Cuando los espesores son mínimos, la secuencia se hace exclusivamente conglomerática, tiene un carácter masivo y puede llegar incluso a desaparecer. Las estructuras frecuentes son la granoclasificación directa e inversa, la estratificación cruzada de ángulo alto y los cantos blandos dispersos. A techo aparecen grietas de desecación.

Los icnofósiles presentes se sitúan en la parte alta de esta secuencia y se reducen a bioturbaciones tipo Planolites y a Skolithos, poco abundantes.

Esta secuencia se interpreta como un medio litoral con influencia fluvial, cuya energía decrece a través del tiempo para dejar paso a una sedimentación más lenta, pero con aguas bien oxigenadas, que permitiría el registro de niveles de bioturbación en un medio con una influencia fluvial cada vez menor.

La secuencia superior está formada por facies de areniscas inmaduras que alternan con facies lutíticas y de areniscas finas. En general se aprecia una polaridad hacia el aumento de la madurez de los granos de las areniscas y hacia una disminución energética, de modo que los bancos lutíticos aumentan en número y espesor hacia el techo. Las estructuras de los bancos arenosos son similares a los de la secuencia inferior; en los niveles lutíticos aparecen huellas de corriente y grietas de desecación (fig. 2).

En el corte de Doña Julia, que es el mejor conocido, aparecen algunos Skolithos y niveles bioturbados. En los lechos lutíticos y en el contacto con los niveles arenosos aparecen al principio Planolites y Gyrolithes y luego aumenta la variedad y el número de estas huellas, pudiéndose reconocer hasta dieciséis taxones distintos (LIÑAN, en prensa).

Esta segunda secuencia se interpreta como de un medio mareal con desecaciones periódicas (supra o intermareal) por las icnofacies presentes y por la abundancia de estructuras aéreas, existentes en la base. Este medio evolucionaría paulatinamente hacia un medio somero, menos extremo (submareal) con sedimentación más lenta y aguas bien oxigenadas, que representaría una estabilización del ecosistema. Esta interpretación viene apoyada por la desaparición de las estructuras aéreas, por el aumento cualitativo y cuantitativo de los icnofósiles y por el tipo de icnofacies presente (SEILACHER, 1967; CRIMES, 1975; FREY y SEILACHER, 1980).

El análisis de las distintas icnofacies confirma que muchos taxones están controlados más por la facies que por el tiempo, incluidos los producidos por artrópodos (CRIMES et al., 1977).



Fig. 1.- Niveles conglomeráticos lentejonares, en el miembro inferior de la Formación Torreárboles.



Fig. 2.- Grietas de desecación en lutitas y areniscas finas del miembro inferior de esta formación.

Por esta razón, en Sierra Morena la "explosión" evolutiva de la base del Cámbrico es también coincidente con la aparición de unas determinadas facies. El análisis de la sucesión de icnofacies en el tiempo, permite concluir que la Formación Torreárboles representa el inicio de la transgresión general situada en la base del Cámbrico.

Las observaciones realizadas por los autores en la Sierra de Córdoba, Alconera y Llerena confirman a grandes rasgos las conclusiones obtenidas aquí y permiten configurar un modelo general durante el límite Precámbrico-Cámbrico para el flanco norte de la alineación Olivenza-Monesterio.

### III. CONSIDERACIONES BIOSTRATIGRAFICAS SOBRE EL LIMITE

La situación exacta del límite entre el Precámbrico y el Cámbrico dentro de un estratotipo elegido a tal fin y los criterios paleontológicos a emplear son cuestiones que se debaten actualmente dentro de un Grupo de Trabajo Internacional (COWIE, 1978). Un resumen del estado de la cuestión en España, puede verse en PEREJON, (en prensa).

SEILACHER (1956) es el primero en señalar que las huellas fósiles pueden ser utilizadas para situar el límite Precámbrico-Cámbrico. Siguiendo a este autor, otros estudiosos (BERGSTROM, 1970; DAILY, 1972) han considerado como típicas del Paleozoico a todas las huellas producidas por artrópodos tipo trilobites; incluso, la mayor parte de aquéllas que aparecen también por encima de los primeros cuerpos metazoos de trilobites, braquiópodos y arqueociatos (GLAESSNER, 1969; ACEÑOLAZA y DURAND, 1973; ALPERT, 1977). Otros (FYN y GALESSNER, 1979) opinan que ni siquiera está demostrada la edad precámbrica de Skolithos y otras huellas fósiles paleozoicas que se han citado en materiales precámbricos.

Respecto a Ossa Morena, en la Sierra de Córdoba existen icnofósiles en la parte superior de la Formación Torreárboles, producidos por artrópodos, que están actualmente en estudio. Estos icnofósiles se sitúan por debajo de la Formación Pedroche que contiene trilobites muy antiguos (LIÑAN y SDZUY, 1979). En las pro-

ximidades de Fuente de Cantos (Badajoz), como hemos visto, existen también huellas fósiles producidas por artrópodos tipo trilobites en la parte superior de la Formación Torreárboles y por debajo de materiales carbonatados (Capas de Zafra); en esta localidad, existen además, Planolites y Skolithos por debajo de la asociación anterior. Icnofósiles frecuentes en el Paleozoico han sido reconocidos también por los autores en los afloramientos de la Formación Torreárboles de Alconera, Usagre y La Atalaya.

Si consideramos la presencia de huellas de artrópodos como indicativas, a lo sumo, de una edad Cámbrico, la parte superior del miembro Julia sería Cámbrico inferior bajo; pero si consideramos que Skolithos y otros taxones paleozoicos como Gyrolithes también lo son, tendremos que incluir en esta edad hasta la parte superior del miembro Tierna. Por otra parte ya hemos indicado anteriormente que la Formación Torreárboles es una formación transgresiva y que los icnofósiles vienen controlados por el tipo de facies, por lo que no es recomendable utilizar en este caso el criterio negativo de desaparición de fauna para situar el límite en la parte superior del miembro Tierna, ya que éste pudiera ser correlacionable con sedimentos en facies distintas que contuvieran icnofósiles paleozoicos. Otro de los criterios utilizados en el pasado para el límite fué el comienzo de un período transgresivo, que se dá en Ossa Morena en la base de la Formación Torreárboles.

Un hecho a destacar es la dificultad de correlacionar con precisión estos materiales con otros bien conocidos paleontológicamente como los del Tommotiense de la URSS, debido a la lejanía para faunas bentónicas y a la diferencia de facies que es la causa de la penuria en el registro fósil de acritarcos y microfósiles de caparazón orgánico, tan frecuentes en otras regiones. La datación de esta formación y de otras similares es un problema que se plantea para gran parte de la Península Ibérica: Asturias y León (CRIMES et al., 1977), Aragón (SEQUEIROS y LIÑAN, 1980) y Montes de Toledo (BRASIER et al., 1980), y en nuestra opinión justifica la creación en el futuro de un nuevo piso situado por debajo del Ovetiense que incluya el período de tiempo en que se

depositaron estos materiales. Su creación estaría al margen de que en su momento sea incluido en el Cámbrico o en el Precámbrico cuando se defina el estratotipo y se fije su límite por la Subcomisión Estratigráfica correspondiente. Particularmente, los autores opinan que este nuevo piso y los materiales que representa en la Península Ibérica debieran ser incluidos en el Cámbrico.

Además de la Formación Torreárboles, podrían ser incluidas en esta edad, al menos parcialmente, otras formaciones ya correlacionadas con ella como la Cuarcita de Bámbola, las Capas de Anguiano (NE de España), La Cuarcita de Cándana, Las Areniscas de Herrerías (NO de España) y las Areniscas del Azorejo de los Montes de Toledo.

#### IV. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS

El análisis de la disconformidad existente entre la Formación Torreárboles y las series inferiores (precámbricas) indica la existencia de un periodo erosivo entre uno y otro depósito, que produciría un paleorrelieve ondulado, que ya existiría en muchas áreas debido al vulcanismo andesítico producido en los últimos momentos. Esta erosión explicaría el porqué la Formación Torreárboles se deposita unas veces sobre la Formación San Jerónimo y otras sobre formaciones precámbricas más inferiores (discordancia cartográfica y erosiva).

El estudio del paleorrelieve y de la línea de isopacas sugieren que cuando se inicia el depósito de la Formación Torreárboles las diferencias de cota no serían superiores a los 400 m y que el relleno total se produce con las formaciones carbonatadas del Cámbrico inferior bajo (Ovetiense). Estas diferencias de cota explicarían el porqué no se deposita la Formación Torreárboles en los máximos relieves, sino que es la Formación Pedroche la que se apoya directamente sobre las rocas precámbricas, como ocurre en el área de las Ermitas de Córdoba (LUÑAN, 1979; LIÑAN y SCHMITT, 1981). La proximidad a estas máximas elevaciones vienen indicadas por una disminución de espesor de la Formación Torreárboles y un cambio a facies conglomeráticas con pérdida de las características estratigráficas de sus dos miembros. Las isopa-



cas ponen de manifiesto que los máximos relieves corresponderían a los extremos del Dominio Córdoba-Alanís; al E, en las Ermitas de Córdoba y al O en Assumar (GONÇALVES, et al., 1978).

La Formación Torreárboles representa el inicio de la transgresión general cámbrica que da lugar en la parte norte de Ossa Morena al depósito de conglomerados y areniscas inmaduras, frecuentemente de color rojo. Este tipo de facies está muy extendida en la subprovincia mediterránea, donde se ha citado en una gran parte de la Península Ibérica por numerosos autores y en el Anti-Atlas marroquí (región de Anzi) por CHOUBERT (1953). La génesis de esta transgresión es discutida: para unos (HARLAND y RUDWICH, 1964) sería debida a un cambio climático a partir de una glaciación producida en el Proterozoico superior. Para otros autores (SLOSS, 1963; SLOSS y SPEED, 1974) sería consecuencia de fenómenos tectónicos. COWIE & CRIBB (1978) en base a dataciones radiométricas de muestras muestran que el periodo de glaciación del Proterozoico superior que tiene una edad Véndico medio (Varangiense) está demasiado alejado del inicio de la transgresión cámbrica; por todo ello, MATTHEWS & COWIE (1979) opinan que ésta no se puede interpretar como resultado de un cambio glacioeustático tal y como sucede en las glaciaciones cuaternarias, al no existir datos de glaciaciones más próximas en el tiempo, y se inclinan por una génesis tectónica de la misma. No obstante, esta explicación no excluye el hecho de que con dicha transgresión se diera un aumento de la temperatura de las aguas lo que explicaría los depósitos de glauconita y phosphorita en este tiempo y la diversidad de organismos de capacidad fosfática en los mares (BRASIER, 1979 y 1980); aumento de la temperatura que podría ser propiciado por fenómenos tectónicos de amplia extensión. En Sierra Morena, la disconformidad existente descarta que la transgresión sea consecuencia de una etapa tectónica fuerte.

El estudio de las facies y fundamentalmente de la composición de los cantos (andesita, cuarcita, pizarra, lidita, rocas volcánicas ácidas y básicas) sugiere la existencia de áreas continentales próximas con relieves importantes erosionándose, al iniciarse la transgresión.

La sucesión de facies apunta hacia un relativo aumento de la profundidad con frecuentes oscilaciones de la línea de costa que no alterarían el sentido final de la transgresión.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Gonçaves la colaboración prestada durante su visita a los afloramientos de Portugal.

Este trabajo es una contribución al proyecto 29 (Precambrian-Cambrian boundary), dentro del Programa Internacional de Correlación Geológica (PICG) patrocinado por la UNESCO-IUGS.

## BIBLIOGRAFIA

- ACEÑOLAZA, F.G. y DURAND, F. (1973).- "Trazas fósiles del basamento cristalino del noroeste argentino". Ass. Geol. Córdoba. Bolm., 2, p. 45.
- ALPERT, S.P. (1977).- "Trace fossils and the basal Cambrian boundary". In Crimes y Harper (eds.): Trace fossils 2. Geol. J. Spec. Iss., 9, p. 1-8.
- ARRIOLA, A.; EGUILUZ, L.; FERNANDEZ-CARRASCO, J.; GARROTE, A.; PORTERO, J.M. y SANCHEZ-CARRETERO, R. (1980).- "Hoja 1:50.000, n° 876 (Fuente de Cantos) del Mapa Geológico de España (M.A.G.N.A.)". Inst. Geol. y Min.
- ARRIOLA, A.; EGUILUZ, L.; FERNANDEZ-CARRASCO, J. y GARROTE, A. (1981).- " Individualización de diferentes dominios y unidades en el Anticlinorio de Olivenza-Monesterio". III Reunión G.O.M.
- BERGSTROM, J. (1970).- "Rusophycus as an indication of early Cambrian age". In T.P. Crimes y Harper (eds.): Trace fossils. Geol. J. Spec. Iss., 3, p. 35.
- BRASIER, M.D. (1979).- "The Cambrian radiation event". In House, M.R. (Ed.): The origin of Major Invertebrate Groups. Syst. Ass. Spec. Vol., 12, p. 103-159.
- BRASIER, M.D. (1980).- "The Lower Cambrian transgression and glauconite-phosphate facies in western Europe". J. Geol. Soc. London; 137, p. 695-703.
- BRASIER, M.D.; PEREJON, A. y SAN JOSE, M.A. de (1980).- "Discovery of an important fossiliferous Precambrian-Cambrian sequence in Spain". Estudios Geol., 35, p. 379-383.
- CRIMES, T.P. (1975).- "The stratigraphical significance of trace fossils". In Frey, R.W. (ed.): The study of trace fossils, p. 109-130, Springer-Verlag, New York.

- CRIMES, T.P.; LEGG, I.; MARCOS, A. & ARBOLEYA, M. (1977).- "?Late Precambrian-low Lower Cambrian trace fossils from Spain". In Crimes y Harper (ed.). Trace fossils 2, 2. Geol. J. Spec. Iss., 9, p. 91-138.
- COWIE, J.W. (1978).- "IUGS/IGCP Project 29 Precambrian-Cambrian Boundary Working Group in Cambridge". Geol. Mag. 115, p. 151-152.
- COWIE, J.W. & CRIBB, S.J. (1978).- "The Cambrian System". In: Contributions to the geologic time scale. Studies in Geology, 6, p. 355-362.
- CHOUBERT, G. (1953).- "Introduction stratigraphique". In Hupé: Contribution a l'étude du Cambrien inferieur et du Pre cambrien III de l'Anti-Atlas marocain. Notes Mém., 103, p. 1-39.
- DAILY, B. (1972).- "The base of the Cambrian and the first Cambrian faunas". Spec. Pap., 1, p. 13-42.
- FØYN, S. y GLAESSNER, M.F. (1979).- "Platysolenites, other animal fossils, and the Precambrian-Cambrian transition in Norway". Norsk Geol. Tidssk., 59, p. 25-46.
- FREY, R.B. & SEILACHER, A. (1980).- "Uniformity in marine invertebrate ichnology". Lethaia, 13(3), p. 183-207.
- GLAESSNER, M.F. (1969).- "Trace fossils from the Precambrian and basal Cambrian". Lethaia, 2(4), p. 369-393.
- GONÇALVES, F. (1971).- "Subsidios para o conhecimento geologico do nordeste alentejano". Mem. Serv. Geol. Portugal (nova serie), 18, 62 p.
- GONCALVES, F.; PERDIGAO, J.C.; COELHO, A.V.P. e MUNHA, J.M. (1978).- "Noticia explicativa da folha 33-A (Assumar)". Carta Geol. Portugal, E. 1:50.000, 37 p.

- HARLAND, W.B. \* RUDWICH, M.J.S. (1964).- "The great Infra-Cambrian ice age". *Scient. Am. Calif.*, 211, p. 28-36.
- LIÑAN, E. (1979).- "Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba". *Tes. Doct. Univ. Granada*. 191, 212 p.
- LIÑAN, E. (1980).- "Los icnofósiles de la Formación Torreárboles (¿Precámbrico?-Cámbrico) en los alrededores de Fuente de Cantos, Badajoz". *II Reunión G.E.O.M.*
- LIÑAN, E. y PEREJON, A. (1981).- "El Cámbrico inferior de la Unidad de Alconera, Badajoz (SW de España)". *Bol. R. Soc. Hist. Nat. (Geol.)*, 79, p. 125-148.
- LIÑAN, E. y SDZUY, K. (1979).- "A trilobite from the Lower Cambrian of Córdoba (Spain) and its stratigraphical significance". *Senckenbergiana lethaea*, 59(4/6), p. 387-399.
- LOTZE, F. (1956).- "Das Prakambrium Spaniens". *Neues Jb. Geol. Palaont. Mn.*, 8, p. 373-380, Stuttgart. Traducción por J. Gómez de Llarena: *El Precámbrico de España. Not. Com. Inst. Geol. Min. España*, 60, p. 227-240. Madrid, 1960.
- MACPHERSON, J. (1879).- "Estudio geológico y petrográfico del norte de la provincia de Sevilla". *Bol. Com. Mapa Geol. España*. 7, p. 97-268.
- MATTHEWS, S.C. & COWIE, J.W. (1979).- "Early Cambrian Transgression". *J. Geol. Soc. London*. 136(2), p. 133-135.
- SEILACHER, A. (1956).- "Der Beginn des Kambriums als biologische Wende". *N. Jahrb. Geol. Palaont. Abh.*, 103, p. 155-180.
- SEILACHER, A. (1967).- "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geol.* 5, p. 413-428.
- SEQUEIROS, L. y LIÑAN, E. (1980).- "Paleontología del Paleozoico de la Cordillera Ibérica. Síntesis de los trabajos existentes". *14 Curso Geol. Práct. Teruel*, p. 119-137.

- SLOSS, L.L. (1963).- "Sequences in the cratonic interior of North America". Bull. Geol. Soc. Am., 74, p. 93-114.
- SLOSS, L.L. & SPEED, R.C. (1974).- "Relationships of cratonic and continental margin tectonic episodes". In Dickinson, W.R. (ed.): Tectonic and sedimentation. Spec. Publs. Soc. Econ. Paleont. Miner. Tulsa, 22, p. 98-119.
- PEREJON, A. (en prensa).- "Problemática paleontológica del límite Precámbrico-Cámbrico en España". R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., Curso de Conferencias Programa Intern. Correl. Geol. (PICG), Madrid.