

Los pisos estratigráficos y la paleogeografía del Cámbrico en España: una vision retrospectiva

Stages and Palaeogeography of the Cambrian System in Spain: a retrospective vision

E. Liñán

Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza. 50009-Zaragoza. España.

ABSTRACT

The Cambrian biostratigraphy and chronostratigraphy of the Iberian Peninsula has been studied since the beginning of the past decade by the Spanish Working Group of the ICCP projects, 29 and 303, followed by palaeogeographical studies within the ICCP project 319. Numerous sections in Spain and Portugal have been sampled for trilobites, arceocyaths, acritarchs, small shelly fossils, microbotas and trace fossils. In this way a stratotype for the Precambrian/Cambrian boundary was proposed in Central Spain, and at the same time the former regional stages Ovetian, Marianiense and Bilbilian (and the new Cordubian Staged for the Lower Cambrian) were revised. The Leonian and Caesaraugustian stages have also been proposed for the Middle Cambrian while, a third and younger Middle Cambrian stage is now being studied in Northern Spain and Southern France. This Cambrian chronostratigraphical scale is now applied elsewhere in South Europe by foreign research groups. Studies in palaeoecology and event stratigraphy have permitted to subdivide the Spanish Lower Cambrian into transgressive/regressive sequences. They have been correlated with other events of similar age from other countries and continents. By means of both chronostratigraphic and event stratigraphy scales, it has been possible to summarize the Spanish Cambrian System into palaeogeographical maps and to establish this palaeogeographical evolution as related to a generalized rifting process.

Key words. Biostratigraphy, chronostratigraphy, palaeogeography, Cambrian.

Geogaceta, 20 (7) (1996), 1661-1664
ISSN: 0213683X

Introducción

El Sistema Cámbrico es el único sistema paleozoico que no ha sido aún dividido en Series y Pisos mundialmente reconocidos por la Comisión Estratigráfica Internacional (dependiente de la UNESCO y de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, IUGS). Frente a las antiguas Series/Epocas: Georgiense, Acadiense y Postdamiense, de límites imprecisos, la Subcomisión Internacional para la Estratigrafía del Cámbrico ha optado por las denominaciones más informales de Cámbrico Inferior, Cámbrico Medio y Cámbrico Superior (véase Cowie & Basset, 1989). La aparición al inicio de los tiempos cámbricos del fenómeno paleobiogeográfico de provincialidad en diferentes grupos guía, como los trilobites, ha complicado también la correlación de los primeros pisos propuestos y por consiguiente su aceptación a escala mundial. La respuesta de la comunidad científica a estos problemas fue la definición de escalas cronoestratigráficas de pisos de ámbito regional, que son de fácil aplicación en las correlaciones interregionales, quedando las correlacio-

nes intrarregionales pendientes de la aceptación de una escala cronoestratigráfica global.

Para solventar algunos de estos problemas, se creó en 1972 el Grupo de Trabajo Internacional para el límite Precámbrico-Cámbrico del que nacería el Proyecto de correlación Geológica (PICG) n° 29: "El límite Precámbrico/Cámbrico", al que seguiría el n° 303: "Estratigrafía de eventos del Precámbrico/Cámbrico", pensado éste con el fin de encontrar eventos generales de correlación, y del que surgiría más adelante el Proyecto PICG n° 319: "Paleogeografía global del Precámbrico tardío y del Paleozoico temprano" que trataría de preparar los primeros mapas paleogeográficos generales basados en grandes hitos de correlación.

Para dar respuesta científica a estos problemas, se creó en 1977 un grupo español de Cámbrico al que pertenecen una veintena de investigadores de las Universidades de Bilbao, Complutense, Extremadura, Oviedo, Salamanca, Sevilla, Valencia y Zaragoza; así como del C.S.I.C., del Instituto Tecnológico Geominero (Madrid) y de INGEMISA: Este grupo realizó trabajos de cartografía re-

gional, estratigrafía, paleontología taxonómica, paleoecología, petrología y sedimentología. También trabaja para poner a punto los pisos españoles y someterlos a la consideración de la Subcomisión Internacional de Estratigrafía, por si alguno pudiera ser considerado como unidad cronoestratigráfica a una escala global.

Los Pisos del Cámbrico español

En España, Szalay (1971a) definió los pisos Ovetiense, Marianiense y Bilbiliense para el Cámbrico Inferior y también los Pisos de Acadoparadoxides, Solenopleuropsidae y sin Solenopleuropsidae para el Cámbrico Medio. Respecto al Cámbrico Inferior más bajo sin trilobites se propuso después añadir otro piso: el Cordubiense (Liñán, 1984; Perejón 1986). Estos pisos fueron posteriormente precisados por Liñán *et al.*, (1993a), quienes cambiaron los nombres informales de Acadoparadoxides y Solenopleuropsidae por Leoniense y Caesaraugustiense, respectivamente y dieron el primer esquema de correlación litoestratigráfica del extenso Cámbrico español (Fig.1).

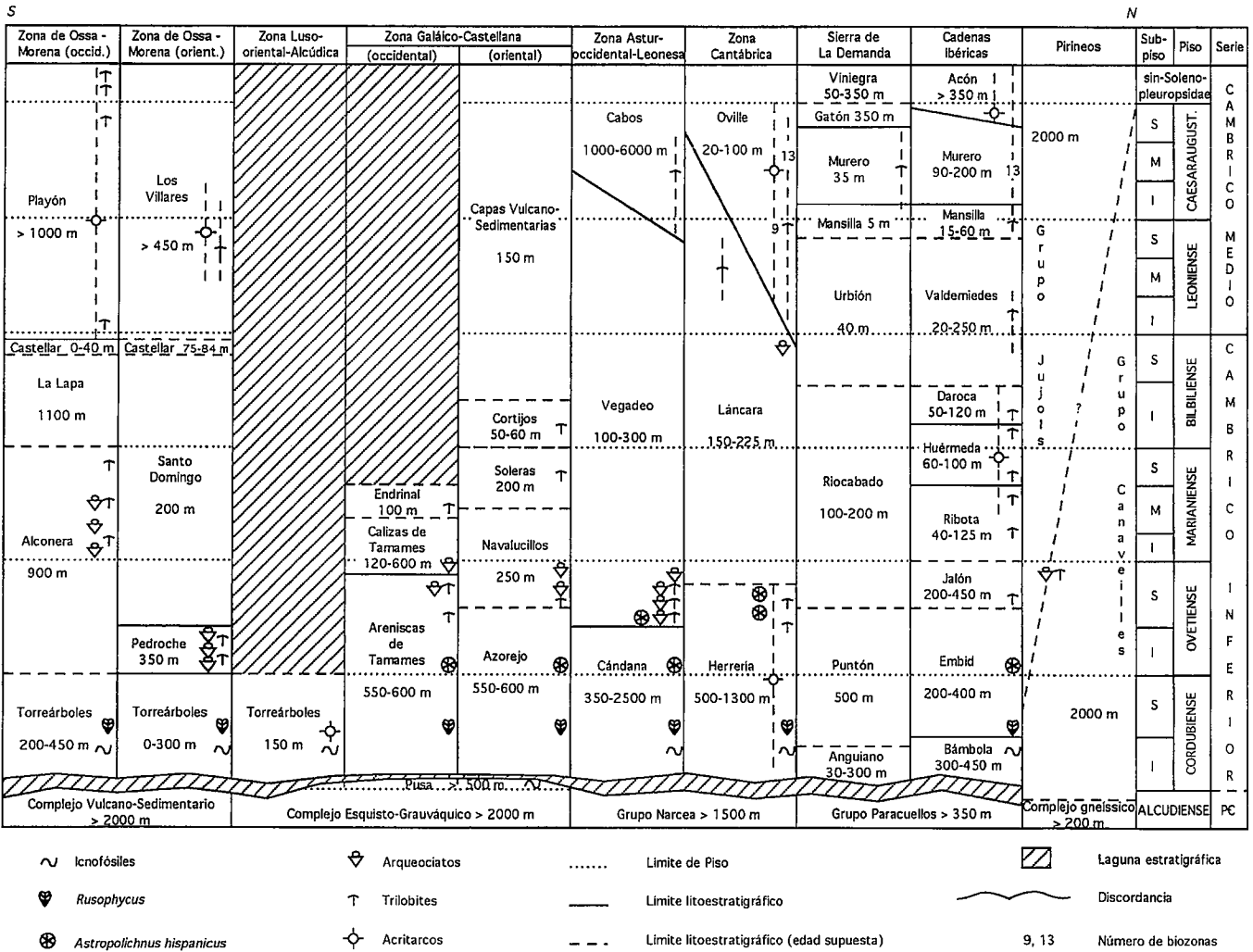


Fig.1.- Unidades cronoestratigráficas del Cámbrico Inferior y Medio en la Península Ibérica y sus correlaciones. Modificado de Liñán *et al.* (1993a). Las columnas de la Zona de Ossa-Morena están modificadas con datos de Palacios (1993), Gozalo *et al.* (1994) y Liñán *et al.* (1995).
 Fig. 1.- Lower to Middle Cambrian chronostratigraphic units for the Iberian Peninsula and their correlations. Modified from Liñán *et al.* (1993a). The columns of the Ossa- Morena Zone are modified after data from Palacios (1993), Gozalo *et al.* (1994) and Linán *et al.* (1995).

Algunos de estos pisos españoles están siendo aplicados ya en Portugal, Italia y Francia, y podrían ser también de aplicación directa a Alemania, República Checa, Turquía, Canadá y Estados Unidos (Avalonia) en el futuro. A continuación analizaremos de más antiguo a más moderno los pisos españoles, puntualizando los límites inferiores que son obviamente los límites superiores de los pisos infrayacentes.

El Piso Cordubiense se caracteriza por no contener trilobites y presentar facies terrígenas con numerosas pistas fósiles (resumidas recientemente en Liñán *et al.*, 1995) y algunos microfósiles conchíferos (Vidal, *et al.*, 1995). Para el límite inferior fue propuesta la aparición del icnogénero *Monomorphichnus* (Liñán *et al.*, 1984; Liñán *et al.*, 1993a) que viene a coincidir con la aparición de *Phycodes pedum* y otras pistas fósiles cámbricas como *Diplichmites*, *Cochlichnus*,

Dimorphichnus y *Treptichnus*, como pusieron de manifiesto Gámez-Vintaned *et al.*, (1995), que son características del límite Precámbrico/Cámbrico en su estratotipo internacional. Estos icnoeventos de aparición permiten correlacionar este Piso a nivel mundial. Hacia la mitad del Piso aparecen los primeros registros de *Rusophycus* y *Cruziana* que van a caracterizar el Cordubiense superior (Liñán *et al.*, 1993a; Alvaro *et al.*, 1993b).

El siguiente piso por orden estratigráfico es el Piso Ovetiense. El límite inferior viene definido por trilobites no identificados y por los arqueociatos de la zona I de Perejón (1986). El Ovetiense presenta facies mixtas de terrígenos y carbonatos en toda la península, y ha sido dividido en siete zonas de arqueociatos (Perejón, 1986, 1994). Una reciente revisión sistemática de los arqueociatos ha sido realizada por Moreno-Eiris (1987) y Perejón (1989), y de las algas por Moreno-Eiris

(1988), destacando el descubrimiento de los primeros arqueociatos en el Pirineo (Perejón *et al.*, 1994). Los arqueociatos presentes permiten correlacionar este Piso con Atdabaniense de Siberia, mientras que los trilobites (*Bigotina*, *Lemdadella*, *Serrania*, *Granolenus* y *Pararedlichia*) permiten su comparación con el Piso Issendaliense de Marruecos (Geyer y Landing, 1995). Los acritarcos han sido estudiados en la Cordillera Cantábrica por Palacios y Vidal (1992) y permiten una correlación con la Plataforma Oriental Europea. La pista fósil *Astropolichnus hispanicus* ha sido utilizada también en las corelaciones y reconstrucciones paleogeográficas correspondientes a este piso (Pillola *et al.*, 1994; Rodríguez-Alonso y Alonso Gavilán, 1995).

El Piso Marianiense es también un piso de facies mixtas. Su límite inferior viene marcado por los arqueociatos de las Zonas VIII y IX (Perejón, 1994) y correspondería a

parte del Botomiense de Siberia. Está también caracterizado por los géneros de trilobites *Delgadella*, *Serrodiscus*, *Andalusiana*, *Triangulaspis*, *Perrector*, *Eops*, *Rinconia*, *Alanisia*, *Atops*, *Hicksia*, *Termierella*, *Lusatiops*, *Saukianda* y *Gigantopygus*, que permiten su correlación con el Piso Baniense del Atlas de Marruecos. Se ha subdividido, en función de su contenido en arqueociatos y trilobites, en tres subpisos: Inferior, Medio y Superior. Destaca en este piso la presencia de géneros de trilobites tanto del Reino de los Ollenellidos (occidental) como del Reino de los Redlichiiidos (oriental). De ahí su utilidad en las correlaciones entre provincias paleobiogeográficas.

El Piso Bilbiliense se ha definido también para facies mixtas de terrígenos y carbonatos. Su límite inferior viene definido por el biohorizonte de aparición de los géneros de trilobites *Realaspis* y *Pseudolellus* (la fauna de los Cortijos de Malagón en Ciudad Real) que caracterizan el Bilbiliense inferior. Contiene, además, trilobites de los géneros *Alueva*, *Hamatolenus* y *Myopsolenus* de Marruecos, así como formas próximas a *Onaraspis* que son típicos de Australia, lo que permite correlacionarlo con la base del piso Tissafeniense del Atlas y Ordense de Australia. En él aparecen los últimos arqueociatos en sentido estricto (Debrenne y Zamarreño, 1970), que marcarían en España el evento de extinción en masa que caracterizó el límite Cámbrico Inferior-Medio (Debrenne, 1991; Liñán *et al.*, 1993b; Gámez-Vintaned y Mayoral Alfaro, 1992).

El Piso Leoniense es también un piso definido en facies mixtas. Su límite inferior es el biohorizonte de aparición del trilobite *Paradoxides mureoensis* (Sdzuy, 1971b; Liñán y Gozalo, 1986; Liñán *et al.*, 1993b). Utilizando las especies de *Paradoxides* se han definido las biozonas de *Paradoxides mureoensis*, *Paradoxides sdzuyi* y *Paradoxides asturianus* (Liñán *et al.*, 1993b; Alvaro *et al.*, 1993a; Gozalo y Liñán 1995). Son característicos del Leoniense los géneros de trilobites *Asturiaspis*, y *Acadolenus*. Nuevos datos de trilobites y pistas en Sierra Morena se encuentran en Liñán *et al.*, (1995) y de acritarcos en Palacios (1993).

El Piso Caesaraugustiense es también un piso característico de facies mixtas, pero con predominio de los terrígenos finos. El límite inferior viene definido por el biohorizonte de aparición del género *Badulesia*. Una división en 13 biozonas fue propuesta por Sdzuy (1971b) y revisada por Liñán y Gozalo (1986), Alvaro (1994) y Gozalo *et al.*, (1994). Las especies de los géneros de trilobites *Badulesia*, *Pardailhanina* y *Solenopleuroopsis* caracterizan este Piso y permiten su división en tres subpisos: Inferior, Medio y Superior. El límite superior está actualmente en revisión (Alvaro, 1996).

Cambios del nivel del mar

El conjunto del Cámbrico de la Península Ibérica se encuadra dentro de la llamada transgresión cámbrica, geoevento de alcance mundial que representa el inicio de la fase transgresiva del primer ciclo eustático fanerozoico (Vail *et al.*, 1991). El estudio de la evolución paleoecológica de los ecosistemas cámbricos en la Península Ibérica y de su estratigrafía secuencial ha permitido reconocer, dentro de esta gran tendencia transgresiva, tres episodios regresivos principales denominados regresión Córdoba (Cordubiense inferior), regresión Cerro del Hierro, (Ovetiense superior) y regresión Daroca (Bilbiliense inferior), y subdividir así la secuencia del Cámbrico Inferior en fases regresivo/transgresivas (Gámez *et al.*, 1991; Liñán y Quesada, 1990; Liñán y Gámez-Vintaned, 1993; Alvaro *et al.*, 1995). Una subdivisión del Cámbrico Medio en fases regresivo/transgresivas está siendo en estos momentos abordada por el grupo español.

La regresión Córdoba ha sido correlacionada con la regresión general que se produce en la base del Cámbrico en otras áreas. La regresión Cerro del Hierro, con la regresión Woodland de Gran Bretaña y la regresión Daroca con la regresión Hawke Bay de Norteamérica. La primera y la tercera son probablemente regresiones de primer orden, mientras que la segunda debió de tener efectos geográficos más limitados según la evolución del proceso de "rifting" cámbrico.

Mapas paleogeográficos

Dentro del proyecto 319 se han utilizado los cronohorizontes de límite entre pisos y subpisos, así como los cambios del nivel del mar, para presentar mapas paleogeográficos de la Península Ibérica durante diferentes lapsos temporales dentro del Cámbrico Inferior (Liñán y Gámez-Vintaned 1993; Gámez-Vintaned y Liñán, 1993), límite Cámbrico Inferior y Medio (Alvaro *et al.*, 1993a; Gozalo *et al.*, 1993) y Cámbrico Medio y Superior; de modo que los mapas pudieran ser incorporados con sus memorias al informe final del proyecto 319 que se desea publicar. De acuerdo con Liñán y Gámez-Vintaned (1993), la evolución paleogeográfica del Cámbrico comienza con una fase de depósitos sublitorales sinorogénicos seguidos de un levantamiento generalizado de la placa de Iberia lo que representa la última expresión de la orogenia Cadomiense en la península. A continuación, en el Cordubiense superior comenzó un proceso extensivo responsable de la partición de los márgenes continentales y del volcanismo, más acentuado en el sur. Esta fase de rifting cámbrico continua-

ría a lo largo de todo el Cámbrico y sería responsable de la regresión Cerro del Hierro en el Ovetiense superior, pero no necesariamente de la regresión Daroca (Bilbiliense superior) que sería un evento más generalizado. En el Cámbrico Medio, después de la extinción causada por el evento Valdemiedes, se produjo un segundo pulso transgresivo generalizado con ligeras recurrencias, pasando la península a constituir una plataforma generalmente abierta con conexiones con la costa atlántica de Norteamérica, Turquía, Marruecos, Francia, Alemania, Bohemia y Cerdeña, donde se encuentran especies comunes. El Cámbrico Superior por el contrario representó una fase mayoritariamente regresiva que bien pudo en algunos puntos dar lugar a discordancias locales.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Proyecto DGICYT PB93 -0591 y del Proyecto PICG 319. Agradezco a los miembros del Grupo Español del Cámbrico (PICG/ UNESCO-IUGS) su cooperación para conseguir un favorable clima de trabajo en equipo, así como su valiosa contribución científica personal, que han venido posibilitando que la representación española en los foros internacionales no pase desapercibida.

Referencias

- Alvaro, J. (1994): *Tes. Doct.* Univ. Zaragoza, 215 pp. Inéd.
- Alvaro, J. (1996): *Rev. Esp. Pal.*, 11 (1), 75-82.
- Alvaro, J.; Gozalo, R.; Liñán, E. y Sdzuy, K. (1993a): *Bull. Soc. géol. France*, 164 (6), 843-850.
- Alvaro, J.; Liñán, E.; Gozalo, R. y Gámez-Vintaned, J.A. (1993b): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 18, 147-162.
- Alvaro, J.J., Liñán, E., Venin, E. y Gozalo, R. (1995): *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 9, 521-540.
- Cowie, J. W. y Basset, M.G. (1989): *Episodes* 12 (2).
- Debrenne, F. (1991): *Hist. Biol.*, 5, 95-106.
- Debrenne, F. y Zamarreño, I. (1970): *Brev. Geol. Ast.*, 14 (1), 1-11.
- Gámez, J.A. Fernández-Nieto C. Gozalo, R. Liñán E. Mandado J. v Palacios. T. (1991): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 16, 251-271.
- Gámez-Vintaned, J. A. y Liñán (1993): 2 ann. *Meet. IGCP Proj. 319*. Liverpool, 3 pp.
- Gámez-Vintaned, J.A.; Liñán, E. y Palacios, T. (1995): *Guía de Campo Exc. Pre-Conf. XIII Reun. Geol. Oeste Pen.*, 38-44.
- Gámez-Vintaned y Mayoral Alfaro, E. (1992): *Geogaceta*, 12, 100-102.
- Geyer, G. y Landing, E. (1995): *Beringeria*, n° ext, 2, 7-46.

- Gozalo, R.; Alvaro, J.; Liñán, E.; Sdzuy, K. y Trujols, J. (1993): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 18, 217-230.
- Gozalo, R. y Liñán, E. (1995): *Beringeria*, n° ext, 2, 169-171.
- Gozalo, R.; Liñán, E. y Alvaro, J. (1994): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*: 89 (1-4), 43-54.
- Liñán, E. (1984). *Cuad. Geol. Lab. Xeol. Laxe*, 8, 283-314.
- Liñán, E.; Fernández-Nieto, C.; Gámez, J.A.; Gozalo, R.; Mayoral, E.; Moreno-Eiris, E.; Palacios, T. y Perejón, A. (1993b): *Rev. Esp. Pal.*, n° ext., 26-39.
- Liñán, E. y Gámez-Vintaned, J.A. (1993): *Bull. Soc. géol. France*, 164 (6), 831-842.
- Liñán, E.; Gámez-Vintaned, J.A.; Palacios, T.; Alvaro, J.; Gozalo, R.; Mayoral, E.; Moreno-Eiris, E.; Quesada, C. y Sánchez García, T. (1995). *Guía de Campo Exc. Pre-Conf., XIII Reun. Geol. Oeste Pen.*, 9-21
- Liñán, E. y Gozalo, R. (1986): *Mem. Mus. Pal. Un. Zaragoza.*, 2, 104 pp.
- Liñán, E.; Palacios, T. y Perejón, A. (1984): *Geol. Mag.*, 121, 221-228
- Liñán, E.; Perejón, T. y Sdzuy, K. (1993a): *Geol. Mag.*, 130, 817-833.
- Liñán, E. y Quesada, C. (1990): Springer-Verlag. 259-266
- Moreno-Eiris, E. (1987): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 82 (1-4), 185-209.
- Moreno-Eiris, E. (1988): *Pub. esp. Bol. Geol. Min.*, VU, 127 pp.
- Palacios, T. (1993): *Ter. Nov. Abs.*, 6, 3
- Palacios, T. y Vidal, G. (1992): *Geol. Mag.*, 129, 421-436
- Perejón, A. (1986). *Cuad. Geol. Ib.*, 9, 212-266. 1984
- Perejón, A. (1989): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 84 (3-4), 143-247.
- Perejón, A. (1994): *Sond. CFS-Cour.*, 341-354
- Perejón, A.; Moreno-Eiris, E. y Abad, A. (1994): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 89 (1-4), 55-95.
- Pillola, L.; Gámez-Vintaned, J.A.; Dabard, M.P.; Leone, F.; Liñán, E. y Chauvel, J.J. (1994): *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, Sp. Vol. 2, 253-267.
- Rodríguez-Alonso, M.D. y Alonso Gavilán, G. (1995): *Guía de Campo Exc. Post-Conf. XIII Reun. Geol. Oeste Pen.*, 120 pp.
- Sdzuy, K. (1971a): *I Cong. Hisp.Lu. Am. Geol. Ec.*, II, 753-766
- Sdzuy, K. (1971b): *I Cong. Hisp.Lu. Am. Geol. Ec.*, II, 769-782
- Vail, P.R., Audemard, F., Bowman, S.A., Eisner, P.N., y Pérez-Cruz, C. (1991): Springer-Verlag, 617-659
- Vidal, G.; Palacios, T.; Moczydlowska, M. y Alvarez, S. (1995): *Com. xln Reun. Geol. Oeste Pen.*, 166-167