

Un modelo sobre el control orbital de la sedimentación en medios de plataforma: el Albiense-Cenomaniense del Puerto del Remolcador (Maestrazgo, Castellón)

A model on the orbital forcing on platform sedimentation: The Albian-Cenomanian of the Puerto del Remolcador (Maestrazgo, Castellón)

J.F. García-Hidalgo (*), A. García (***) y M. Segura (*)

(*) Dpto. Geología. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. gjsmsr@geol. alcala.es
 (***) Dpto. Estratigrafía. Universidad Complutense. 28040 Madrid

ABSTRACT

There are many papers dealing with orbital forcing on sedimentation, mainly on deep facies. The study of orbital forcing on platform sediments, however, depends on the development of accurate models, which can be contrasted with sediments.

A cyclic model on the superimposition of three different orders of sedimentary cycles has been elaborated to explain sedimentation in the Upper Albian - Cenomanian times in the Iberian Ranges, and it has been used in order to check the Puerto del Remolcador section looking for orbital forcing signals. The model allow the determination of the different cycles duration (1,2 m.a, 240 ka and 48 ka), which is close to those of orbital forced cycles, mainly with the 41 ka obliquity cycles. Using the duration of the cycles, both the temporal extension of the distinct lithostratigraphic units and the sedimentary rate of limestones and marls can also be estimated.

Key Words: orbital forcing, platform sediments, Upper Albian, Cenomanian

*Geogaceta, 20 (5) (1996), 1074-1077
 ISSN:0213683X*

Introducción

El origen de la ciclicidad en los materiales sedimentarios es uno de los temas que suscita un amplio debate en Estratigrafía. Uno de los mecanismos de ciclicidad más aceptados son los ritmos orbitales, descritos en primer lugar por Milankovitch (1941). Estos ritmos se relacionan con variaciones en los parámetros orbitales de la Tierra que cambian periódicamente (Fig. 1).

Entre otros periodos, del Cretácico existe una amplia literatura acerca del control orbital de la sedimentación en diferentes Pisos y cuencas, por ejemplo, entre los trabajos más recientes cabe mencionar los del Valanginiense de la Fosa Vocontiense (Giraud *et al.*, 1995), el Barremiense en el SE de Francia (Quesne y Ferry, 1995) y el Cenomaniense en diversas cuencas de Europa occidental (Gale, 1995).

En plataformas sedimentarias, el principal problema para el estudio de los mecanismos de control orbital es la presencia de discontinuidades estratigráficas que implican la existencia de no deposición o incluso erosión, lo que elimina parte del registro. Para el estudio del control

orbital en plataformas son necesarios por un lado, estudiar secciones lo más completas posibles, en las que existan el menor número de pérdida de sedimentos, lo que se cumple normalmente en las columnas más marinas; y, por otro lado, el desarrollo de modelos que permitan integrar los datos y contrastarlos con el registro sedimentario. Los modelos pueden ser matemáticos, cuando la sucesión es o se considera continua, pero este tipo de modelos no son válidos sobre plataformas donde existen interrupciones que a primera vista son difícilmente valorables. Los modelos alternativos se deben basar en la Estratigrafía secuencial, que permite reconocer en el registro la presencia de secuencias y parasecuencias de órdenes muy diferentes (al menos de 1° a 5° orden), cuyo depósito estuvo en relación con ciclos de caídas y ascensos eustáticos (secuencias y parasecuencias de 3°, 4° y 5° orden), ciclos que pudieron tener un control orbital.

Por todo ello se ha estudiado desde un punto de vista secuencial una columna relativamente completa dentro del intervalo Albiense superior - Cenomaniense medio, la columna del Puerto del Remolcador (Fig. 2, derecha) y sobre ella se ha

aplicado un modelo de sedimentación cíclica (Fig. 2, centro).

Situación geológica

La columna del Puerto del Remolcador se haya situada en las proximidades de Lucena del Cid (Maestrazgo, Castellón). Durante el Cretácico, este área fue una zona de surco abierta al Tethys en la que se acumularon importantes espesores de sedimentos, estando muy bien representada la mayor parte del Cretácico, que en otras regiones de la Cordillera Ibérica presenta importantes discontinuidades.

Sobre los niveles arenosos (Areniscas del Maestrazgo, Canerot, 1982), equi-

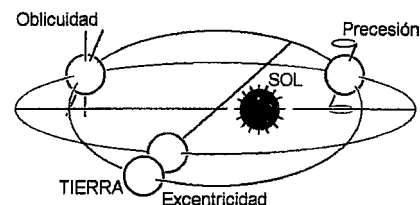


Fig. 1.- Variaciones orbitales que pueden tener reflejo en el registro sedimentario

Fig. 1.- Orbital changes which can be reflected on the stratigraphic record

valentes de las arenas de Utrillas de algunas zonas de la Cordillera Ibérica, aflora la serie carbonatada del Cretácico Superior, que se extiende hasta el Maastrichtiense (Canerot, 1982). La porción estudiada en el Puerto del Remolcador comprende 450 m de sedimentos carbonatados (calizas, dolomías y margas), en los que Schroeder *et al.* (1993) han distinguido un conjunto inferior formado por calizas en la base (Mb. Calizas de Cuarto Pelado) y por alternancias de calizas y margas a techo (Mb. Calizas de Pinarueco, Capa de Margas de Chera, Mb. Calizas de Alatoz y Mb. Margas de Pinarueco). Sobre los niveles anteriores se sitúan las calizas y dolomías del Puerto de Villaroya (Fm. Villa de Ves) que, en esta columna, se ponen en contacto con el Senonense mediante un contacto tectónico.

La edad de la base de la sucesión es Albiense Superior s.s. y el techo Cenomaniense medio en base a Foraminíferos bentónicos (Schroeder *et al.*, 1993).

Secuencias, parasecuencias y Ciclos

La organización secuencial del registro sedimentario de las plataformas del Albiense - Cenomaniense se ha ido obteniendo a partir de estudios locales, regionales y a escala de toda la cuenca sedimentaria (cabe citar como trabajos más recientes, entre otros García *et al.*, 1989; García *et al.*, 1993; Segura *et al.*, 1994; Carenas *et al.*, 1994).

Schroeder *et al.* (1993) distinguían a lo largo de esta columna la presencia de 4 secuencias deposicionales; sin embargo, estudios más detallados, ponen de manifiesto la presencia de 5 secuencias deposicionales de 3er orden (Fig. 2), que son claramente correlacionables (García *et al.*, 1993) con los ciclos UZA 1.5 a 2.4 de la escala de ciclos de Haq *et al.* (1988).

Las secuencias están compuestas por una capa de margas en la base (con excepción de la secuencia basal, que presenta arenas), que se interpretan como facies litorales depositadas en relación con caídas del nivel del mar (García *et al.*, 1993), al igual que otras facies similares (Decoinck y Strasser, 1987), y un conjunto calizo o dolomítico a techo, que se interpretan como diversas facies de plataforma carbonatada (shoal, lagoon, etc.) depositadas en momentos de nivel del mar alto (García *et al.*, 1993).

A una escala menor se reconocen parasecuencias de 4º y 5º orden (Fig. 2, derecha), cuya ordenación interna, en muchos casos es similar a las secuencias de 3er orden, margas en la base y calizas o

dolomías a techo, aunque a una escala sucesivamente menor. En ocasiones las margas están ausentes y se pueden reconocer como parasecuencias de somerización con calizas submareales (calcarenitas con HCS, calizas bioturbadas) que pasan a calizas estromatolíticas, que culminan en una superficie rubefactada que denota una interrupción en la sedimentación; en este caso puede existir amalgamación de parasecuencias. Por último, en las capas de margas las parasecuencias son difíciles de distinguir, correspondiendo a parasecuencias condensadas.

Las parasecuencias de 5º orden están, a su vez, compuestas por secuencias sedimentarias elementales. Las parasecuencias de 4º y 5º orden se pueden correlacionar a lo largo del Surco Ibérico (García *et al.*, 1993), por lo que su mecanismo de control se puede considerar alocíclico; mientras que las secuencias sedimentarias elementales no se pueden correlacionar de una zona a otra, pues su número varía con las facies, siendo su mecanismo de control puramente sedimentológico, por la dinámica de la propia cuenca sedimentaria.

Modelo de control orbital

La presencia de tres órdenes de secuencias y parasecuencias deposicionales indica la presencia de una superposición de mecanismos cíclicos que condujeron al depósito de los materiales por cambios en la posición del nivel del mar relativo. Cada ciclo de caída y subida del nivel del mar origina una secuencia o parasecuencia, dependiendo del orden que estemos observando (3º a 5º orden, Fig. 2 centro).

El origen de los ciclos es eustático, no existen datos que indiquen la presencia de una tectónica activa, más que la mera subsidencia térmica de la fase postrift, en la que se encuadra la sedimentación de los materiales. El hecho de que las parasecuencias de 5º orden se puedan correlacionar entre afloramientos distantes (García *et al.*, 1993), cruzando accidentes tectónicos, apoya la idea de su origen eustático.

Si existe un control cíclico sobre la sedimentación, implica necesariamente que la relación entre ciclos de alta y baja frecuencia debe mantenerse constante con el tiempo. Para obtener esta relación entre ciclos, es necesario tener en cuenta aquellos ciclos que presentan el mayor número de ciclos del orden inmediatamente inferior (Fig. 2, centro). A partir de los datos de la columna del Puerto del Remolcador se infiere una relación 5/5/1 entre ciclos de 5º/4º/3º orden. Esto es,

por cada ciclo de 3º orden existieron 5 de 4º orden y 25 de 5º orden.

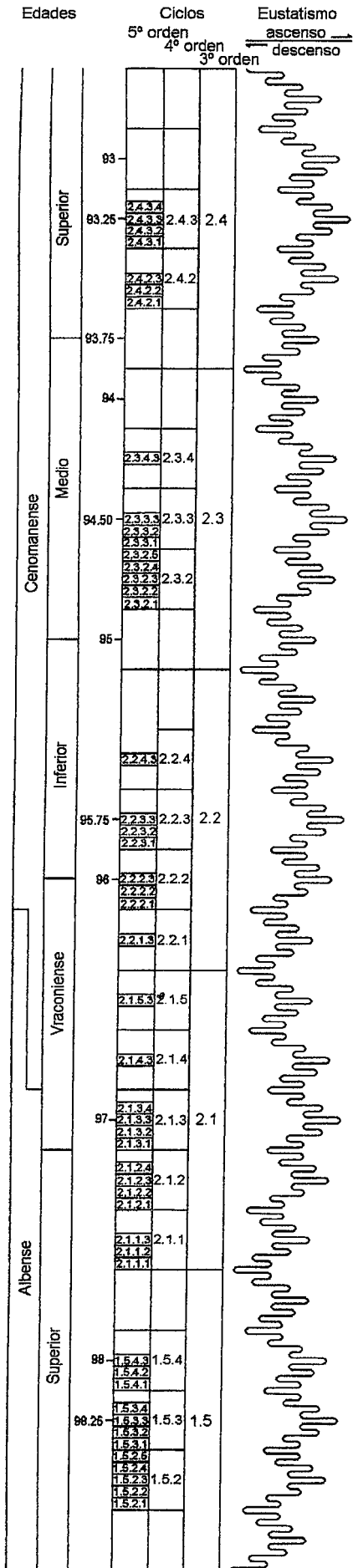
Esta relación no implica que, por un lado, estos valores se deban mantener constantes en otros intervalos de tiempo; aunque es de resaltar la similitud con valores obtenidos por otros autores como Borer y Harris (1991) que mencionan una relación 4/5/1 entre ciclos de 5º/4º/3º orden en el Pérmico de Estados Unidos, y Goldhammer *et al.* (1990) que cita relaciones 4/1 o 5/1 entre ciclos de 5º/4º orden en el Trías alpino.

Por otro lado, no todos los ciclos deben estar necesariamente representados por secuencias de depósito. Todos los ciclos de 3er orden están representados por secuencias deposicionales (Fig. 2, izquierda), como se pone de manifiesto por la excelente correlación de las secuencias presentes con los ciclos descritos por Haq *et al.* (1988). Sin embargo, diversos ciclos de 4º y 5º orden, no tienen representación como parasecuencias deposicionales (Fig. 2, izquierda). Algunas parasecuencias podrían haber desaparecido por erosión (poco probable en nuestro caso, al no observarse grandes superficies erosivas). Otras parasecuencias no habrán quedado registrados como sedimentos porque corresponden a momentos de caída del nivel del mar y esta expuso la plataforma, no habiendo sedimentación (caso frecuente). Finalmente, otras parasecuencias, aunque se depositaron, sus sedimentos son de muy poco espesor y no serán distinguibles porque se encuentran en secuencias condensadas (también frecuente).

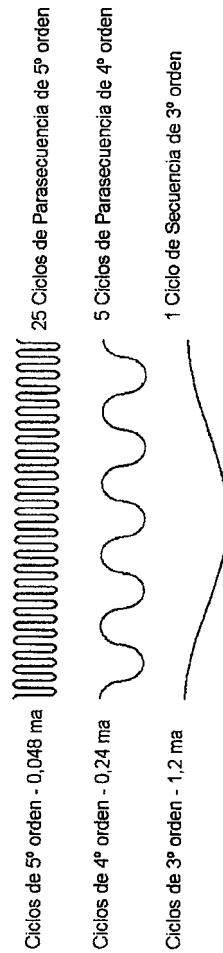
Uno de los principales problemas para el modelo es la determinación del tiempo de duración de la sedimentación. Su determinación se ha realizado a partir de la carta de ciclos de Haq *et al.* (1988); puesto que en el Puerto del Remolcador están representados los ciclos UZA 1.5 a 2.4, como referencia se ha usado la edad de la base del ciclo UZA 1.5 (99 m.a.) y la edad del techo del ciclo UZA 2.4 (93 m.a.). Esto no quiere decir necesariamente que la sedimentación de los materiales del Puerto del Remolcador se extendiera a lo largo de esos 6 m.a., puesto que pueden faltar sedimentos tanto por la base, como por el techo. Sin embargo, para un modelo en el que lo que se estima es la duración de los ciclos, no importa que estos no estén totalmente representados por depósitos.

La extensión temporal de los ciclos se obtiene dividiendo la edad total (6 m.a.) por el número de ciclos (5 de 3º orden, 25 de 4º orden y 125 de 5º orden), lo que da unas edades respectivamente de 1,2 m.a.,

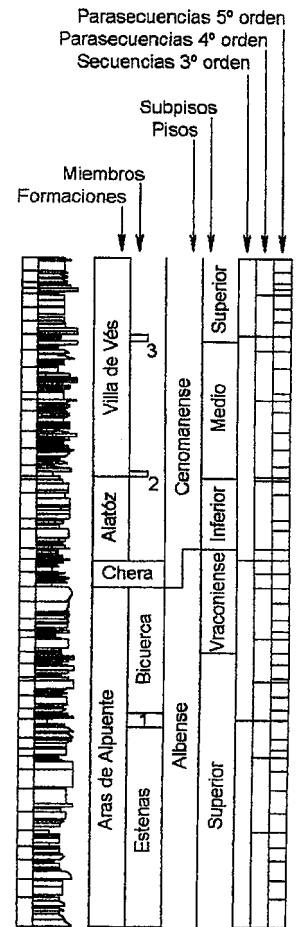
TABLA CICLOESTRATIGRÁFICA



MODELO DE CICLICIDAD



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



3 Margas de Pozuel
2 Margas de Pinarueco
1 Margas de Losilla

Fig. 2.- Columna del Puerto del Remolcador mostrando (derecha) las unidades litoestratigráficas, cronoestratigráficas y las secuencias deposicionales reconocidas. El modelo de ciclicidad (centro) aplicado se basa en la presencia de cinco parasecuencias de 4° orden en cada secuencia de 3er orden y en la presencia de otras cinco parasecuencias de 5° orden en una de 4° orden. En la Izquierda aparece desarrollado el modelo sobre las secuencias y parasecuencias presentes; a partir de él se puede estimar la duración de las diferentes unidades y discontinuidades presentes.

Fig. 2.- Puerto del Remolcador section showing (right) lithostratigraphic and chronostratigraphic units, and depositional sequences. A model (centre) based on the presence of five 4th order parasequences in each 3rd order sequence, and five 5th order parasequence for each 4th order parasequence has been applied to the section (left), and thus an estimation of the length of lithostratigraphic units and discontinuities.

240.000 y 48.000 años para los ciclos de 3°, 4° y 5° orden.

A partir de estos datos se pueden establecer comparaciones con los obtenidos por otros autores que han usado muy diferentes métodos. Así, Schwarzacher (1993) cita la presencia a lo largo del Cretácico de ciclos orbitales con una periodicidad de 2 m.a.; mientras que Fischer (1991) menciona la presencia de ciclos de 1,3 m.a. de duración controlados por variaciones en la excentricidad.

Los ciclos de 4° orden son los que peor aproximación tienen a los datos publicados. Sin embargo, Beach y Ginsburg (1978) mencionan ciclos de 213.000 años durante el Plioceno-Pleistoceno y Heckel (1986) menciona ciclos de 235.000 - 393.000 en el Carbonífero.

Por último, los ciclos de 5° orden si tienen una clara periodicidad en el rango de valores totalmente admitidos para ciclos de origen astronómico, siendo muy similares a los ciclos de oblicuidad de 41.000 años (Weedon, 1995).

Si el modelo se considera correcto, se puede usar para estimar la duración de determinados intervalos sedimentarios e incluso de las discontinuidades. Así, por ejemplo, la Capa de Margas de Chera comprende 3 parasecuencias (ciclos) de 4° orden (Fig. 2, izquierda), lo que significa un intervalo de depósito de unos 720.000 años para sus aproximadamente

28 m. Ello da una tasa media de sedimentación de 0,3 cm/100 años. Por otro lado, el Mb. Alatoz, suprayacente, comprende 2 parasecuencias (ciclos) de 4° orden (Fig. 2, izquierda), esto es unos 480.000 años y presenta un espesor de unos 48 m, con una tasa media de sedimentación de 1 cm/100 años. Estos valores son inferiores a los considerados normales para el Cuaternario (10 cm/100 años, Tucker y Wright, 1990), pero son superiores a los valores de periodos más antiguos (0,4 cm/100 años en el Cretácico Superior de las Bahamas; 0,5 cm/100 años para el Barremiense-Aptense de las Cadenas Subalpinas, Tucker y Wright, 1990).

Por último, la discontinuidad en el techo de Alatoz, asociada a la cual se depositan las Margas de Pinarueco, corresponde a la ausencia de tres parasecuencias de 4° orden y dos de 5° orden, lo que corresponde a unos 816.000 años.

Conclusiones

Existe numerosa literatura científica que implican un control orbital sobre la sedimentación, especialmente en facies profundas. El estudio del control orbital en facies de plataforma depende del desarrollo de modelos que puedan ser contrastados con los sedimentos.

La elaboración de un modelo cíclico para el desarrollo de la plataforma Albiense Superior - Cenomaniense Medio en el Puerto del Remolcador ha permitido extrapolar datos acerca de la duración de los diferentes rangos de ciclos presentes. La duración de dichos ciclos es próxima a lo que diversos autores consideran como de control orbital; esto es especialmente claro para los ciclos menores de 5° orden, cuya duración (48.000 años) es similar a los ciclos de oblicuidad de 41.000 años.

El desarrollo del modelo permite extrapolar los datos de extensión temporal de los ciclos y obtener los rangos temporales de sedimentación de las diferentes unidades, pudiendo derivarse sus velocidades medias de sedimentación que están situadas en los valores normales para las plataformas carbonatadas.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos PB90-0086 y PB93-0191 de la D.G.I.C.Y.T.

Referencias

- Beach, D.K.; Ginsburg, R.N. (1978): *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 64: 1634-1642
- Borer, J.M.; Harris, P.M. (1991): *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 75: 726-779
- Canerot, J. (1982): In: *El Cretácico de España. Ed. Univ. Complutense*
- Carenas, B.; Segura, M.; García, A.; García-Hidalgo, J.F.; Ruiz, G.; Bravo, C. (1994): *Cuad. Geol. Ibérica*, 18: 241-269
- Deconinck, J.F.; Strasser, A. (1987): *Ecologae Geol. Helv.*, 80: 753-772
- Fischer, A.G. (1991): In: *Cycles and Events in Stratigraphy*, 48-62, Springer-Verlag,
- Gale, Á.S. (1995): In: *Orbital Forcing timescales and Cyclostratigraphy. Geol. Soc. Secc. Publ.*, 85: 177-197
- García, A.; Segura, M.; Calonge, A.; Carenas, B. (1989): *Rev. Soc. Geol. España*, 2: 303-333
- García, A.; Segura, M.; García-Hidalgo, J.F.; Carenas, B. (1993): *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Spec. Publ.*, 56: 255-269
- Giraud, F.; Beaufort, L.; Cotillo, P. (1995) In: *Orbital Forcing timescales and Cyclostratigraphy. Geol. Soc. Secc. Publ.*, 85: 143-163
- Goldhammer, R.K.; Dunn, P.A.; Hardie, L.A. (1990): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102: 535-562
- Haq, B.U.; Hardenbol, J.; Vail, P.R. (1988): *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ.*, 42: 71-108
- Heckel, P.H. (1986): *Geology*, 14: 330-334
- Milankovitch, M. (1941): *Akad. Royale Serbe*, 133, 633 pp
- Quesne, D.; Ferry, S. (1995) In: *Orbital Forcing timescales and Cyclostratigraphy. Geol. Soc. Secc. Publ.*, 85: 165-177
- Schroeder, R.; García, A.; Cherchi, A.; Segura, M. (1993): *Geogaceta*, 14: 69-72
- Schwarzacher, W. (1993): *Developments in Sedimentology*, 52, 225 pp.
- Segura, M.; Carenas, B.; García-Hidalgo, J.F.; García, A.; Soria, N.; Gil, J. (1994): *Cuad. Geol. Ibérica*, 18: 217-240
- Tucker, M.E.; Wright, V.P. (1990): *Carbonate Sedimentology*, 482 pp. Blackwell Sci. Publ.
- Weedon, G.P. (1995): In: *Sedimentology Review*, 1, 31-50. Blackwell Sci. Publ.