

servan cristales de carbonato, que también se reconocen dispersos en la costra, su tamaño medio es de 2-4 micras, aunque también se han llegado a detectar agregados de cristales idiomorfos de 70 micras.

Localmente en la costra se observa un criptobandeado de morfología estromatolítica (fig. 2) dado por láminas algo más ricas en yeso, pero sin que llegue a presentarse una estructura claramente diferenciada en capas como la estudiada por Sáiz-Jiménez y García del Cura (1989) en la Catedral de Sevilla. En algunos puntos del granito próximos a la costra se reconocen restos de filamentos, en general, con disposición oblicua a la pared.

Los cristales de yeso que aparecen en la costra apenas son observables con el microscopio petrográfico, siendo su tamaño máximo de 0,07 mm. El yeso, en conjunto, presenta una textura afieltrada (fig. 3). En la costra aparecen algunos huecos y grietas rellenos de yeso microlenticular, en los que los cristales tienen tendencia a crecer perpendicularmente a las paredes. Al MEB se observan cristales idiomorfos y lenticulares de yeso (figs. 4 y 5) que constituyen frecuentemente agregados en forma de «rosas del desierto» (fig. 5).

La costra contiene además, algunos granos de cuarzo y minerales opacos del orden de 0,02 mm., así como algunas micas (moscovitas y biotitas de mayor tamaño). Las partículas esféricas

opacas (supuestos restos de combustión) presentan tamaños que oscilan entre 8 y 16 μ , son más abundantes en las proximidades del granito y allí donde la costra presenta menor espesor.

Discusión y conclusiones

Los procesos de sulfatación que afectan esencialmente a las fachadas de diferentes edificios se han estudiado, sobre todo, en materiales carbonáticos (Esbert y Marcos, 1983; Del Monte *et al.*, 1984; Lazzarini y Tabasso, 1984; Del Monte y Sabbioni, 1986; Aires-Barros y Alves, 1988; Sáiz-Jiménez y García del Cura, 1989).

La peculiaridad de las costras negras de la Catedral de Toledo, aún siendo éstas escasas, radica en que se desarrollan sobre material granítico. El hecho de que se precise una cierta humedad sobre la roca para que se generen «costras negras» podría explicar su escasez en las zonas con buena insolación. Dado que los lugares concretos donde se desarrollan las «costras negras» en la Catedral de Toledo no están relacionados con presencia de calizas, cabe pensar que el calcio que forma parte del yeso procede de la alteración de las plagioclasas, las cuales presentan un notable grado de alteración, incluso antes de su puesta en obra, tal como puede observarse en

muestras frescas procedentes de cantera. Respecto a la cuantificación del papel desempeñado por los procesos biológicos y por la contaminación atmosférica en la dinámica del azufre que constituye el yeso de las «costras negras», esperamos que los datos correspondientes a la composición isotópica de dicho azufre nos ayuden a realizarla.

Referencias

- Aire-Barros, L. y Alves, L. M. (1988): *Geosciences*, Aveiro, 3, 217-221.
- Del Monte, M.; Sabbioni, C. y Vittori, O. (1984): *The Science of the Total Environment*, 36, 369-376.
- Del Monte, M. y Sabbioni, C. (1986): *The Science of the Total Environment*, 50, 165-182.
- Esbert, R. y Marcos, R. (1983): *Las piedras de la Catedral de Oviedo y su deterioración*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias. Oviedo, 147 pp.
- Lazzarini, C. y Tabasso, M. C. (1986): *Il Restauro della Pietra*. CEDAM, Padova, 317 pp.
- López de Azcona, M. C. *et al.* (1989): *European Symposium «Science, Technology and European Cultural Heritage»*. Bologna, 13-16 Jun. (en prensa).
- Sáiz-Jiménez, C. y García del Cura, M. A. (1989): *European Symposium «Science, Technology and European Cultural Heritage»*. Bologna, 13-16 Jun. (en prensa).

Recibido el 1 de octubre de 1990
Aceptado el 26 de octubre de 1990

Las secuencias deposicionales del Eoceno medio y superior de las Sierras exteriores (Prepirineo meridional aragonés)

Middle and Upper Eocene depositional sequences in the Sierras 'Exteriores' (Southern Prepyrene of Aragón)

J. I. Canudo*, J. Malagón**, A. Meléndez**, H. Millán***, E. Molina* y J. J. Navarro***

Dept. de Ciencias de la Tierra (* Paleontología, ** Estratigrafía, *** Geodinámica). Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza.

ABSTRACT

The middle and upper Eocene marine sediments in the Sierras exteriores (Prepyrenes) are studied. Several depositional sequences are recognized: Calizas de Guara Formation (SD1, SD2 and SD3), Margas de Arguis Formation (SD4, SD5 and lower part of SD6) and Belsue-Atares Formation (SD6). Tentatively these sequences are correlated with the eustatic global cycles and their tectonic influence are analyzed.

Key words: depositional sequences, Eocene, Pyrenees.

Geogaceta, 9 (1991), 81-84.

Introducción

En este trabajo se estudian los materiales del Eoceno medio y superior que afloran en las sierras del Prepirineo aragonés (Formaciones calizas de Guara, Margas de Arguis y de Belsue-Atarés y se comparan con los de la Depresión Intermedia (sector de Jaca-Sabiñánigo-Yebra de Basa). Se han levantado 5 perfiles (Arguis, Sto. Domingo, La Peña, Latas y Vadiello) de los cuales, el de Arguis es el más completo y con mayor potencia de depósito. Se interpretan los diferentes ambientes sedimentarios, se establece su división secuencial, se datan las distintas secuencias con Foraminíferos Planctónicos y se correlacionan con las de macroforaminíferos. Por último, se comparan con las secuencias deposicionales descritas en otras áreas del Prepirineo aragonés, con los ciclos globales de Haq *et al.* (1987) y se discute sobre el origen eustático y/o tectónico de los límites de las secuencias.

La Bioestratigrafía del Eoceno medio y superior del Prepirineo aragonés ha sido estudiada recientemente en diversos trabajos: Molina (1986), Canudo y Molina (1988), Canudo *et al.* (1988), Canudo (1990). De los estudios sedimentológicos se pueden señalar los de Puigdefábregas (1975) y Molina *et al.* (1988). En otras áreas de la Cuenca Surpirenaica Central se han descrito secuencias deposicionales, así se pueden citar los trabajos de Remacha *et al.* (1986, 1987).

Descripción de las Secuencias Depositionales

SD1 (Luteciense inferior): La base de esta secuencia se ha situado provisionalmente en la base del Luteciense inferior, ya que por el momento no está bien conocida y está ausente en algunos perfiles de las Sierras Exteriores, puesto que por encima de los materiales de la Fm. Temp suelen encontrarse directamente los sedimentos de la SD2. En el Perfil de Arguis está constituida por calizas bioclásticas (wackestone-packestone) con macroforaminíferos (*Nummulites* y *Alveolina*), que según Samso (com. pers.) pertenece al Luteciense inferior. Su techo está representado de 5 a 10 metros de arcillas, margas arcillosas y li-

mos sobre los que se sitúa la SD2. El Luteciense inferior, según Cavalier y Pomerol (1986) correspondería a la Biozona *N. laevigatus* que se correlaciona con la mayor parte de la Biozona *H. nuttalli*, a su vez Haq *et al.* (1987) correlacionan esta Biozona con el ciclo 3.2, por lo que la SD1 podría estar relacionada con dicho ciclo.

SD 2 (Luteciense medio): La base queda situada en los niveles detríticos (pueden llegar a ser conglomerados cuarcíticos como en Vadiello), situados directamente sobre los materiales de la Fm. Tremp o sobre las arcillas y margas arcillosas de la parte superior de la SD1 (Luteciense inferior).

La parte baja de esta secuencia está compuesta fundamentalmente por areniscas, conglomerados y calizas bioclásticas (packstone-grainstone). Los niveles detríticos tienen bases planas con granoselección positiva o negativa y estructuras tractivas. En el perfil de Arguis, estos niveles se intercalan entre las calizas, mientras que en sectores más orientales (Vadiello) aparecen como conglomerados situados en la base del perfil. También suelen ser frecuentes las superficies ferrugizadas y las concentraciones de ostreidos. Este conjunto muestra la sedimentación en medios submareales de una rampa carbonatada poco profunda, con gran influencia de materiales provenientes del continente. Los niveles detríticos representan la llegada esporádica a la rampa de material terrígeno producto de la inestabilidad del área madre y de su redistribución por tormentas.

La parte media está compuesta por calizas, calizas nodulosas bioturbadas, de texturas generalmente wackestone que alternan con niveles de margas grises. Los macroforaminíferos son muy abundantes y suelen estar preelaborados, así por ejemplo los especímenes de *Alveolina* se orientan según láminas de estratificación cruzada. Estos depósitos son de alta energía, de acumulación de barras bioclásticas ocasionalmente cubiertas por facies micríticas. Reflejan condiciones de evolución en rampa de alta energía, cinturón de barras.

En la parte alta de esta Secuencia son abundantes las calcarenitas bioclásticas y biocalcarenitas con abundantes macroforaminíferos. También hay estratificación cruzada a mediana y a gran escala constituyendo cuerpos de acumulación tractiva. Son frecuen-

tes los niveles mono-específicos de *Nummulites* que se suelen situar en el «near shore» o tránsito de la plataforma interna a la plataforma abierta, también hay niveles margosos de la plataforma media (Molina *et al.*, 1988). Por tanto esta secuencia sería de muro a techo transgresiva, aunque son comunes las pequeñas recurrencias que enmascaran la tendencia general. La SD2 se depositó a lo largo del Luteciense medio, en concreto en el Perfil de Arguis corresponde a las Biozonas *Nummulites gratus* y *Nummulites sordensis* (Canudo *et al.*, 1988). Estas biozonas se pueden correlacionar con la P. 11 (*G. subconglobata*, en Cavalier y Pomerol, 1986) y parte de las Biozonas Subconglobata y Broedermanni-Index de Canudo (1990) y con el ciclo 3.3 de Haq *et al.* (1987).

SD3 (Luteciense superior): La base de la SD3 se ha situado en un tramo (8-10 metros) de arenisca con estratificaciones cruzadas, situado inmediatamente encima de la caliza con *Nummulites* de la SD3. En la vertical estas facies pasan a calizas con grandes *Nummulites*, para terminar la Secuencia con unas calizas con abundantes bivalvos de concha fina y escasos macroforaminíferos de pequeño tamaño (*Discocyclina*, *Operculina*, etc.), que podría corresponder a la parte más externa de la plataforma dentro de la zona fótica (Caus y Serra Kiel, 1984). Por tanto, esta secuencia es transgresiva, al igual que la SD1 y la SD2 y juntas configuran a las Calizas de Guara como una megasecuencia transgresiva.

La base de esta Secuencia tiene macroforaminíferos de la Biozona *N. herbi-N. aturicus* y *N. bullatus* (Luteciense superior). La base de la SD3 se correspondería con la parte más alta de la Biozona Higginsii (Luteciense superior *sensu* Canudo *et al.*, 1988) y, por tanto, la SD3 se puede considerar como Luteciense superior. La SD3 podría corresponder por la edad con el ciclo 3.4 de Haq *et al.* (1987).

SD4 (tránsito Luteciense-Bartoniense): La base de esta secuencia se ha situado en el techo de las Calizas de Guara y coincide con un nivel de acumulación de microfósiles (generalmente equinidos) y una superficie irregular. Litológicamente son 2 ó 3 metros de acrilas verdes, que en la vertical pasan a limos, margas limosas y areniscas de grano fino. En su

Tabla 1

EDAD	PISO	BIOZONACIONES			LITOLOGIA	FORMACIONES	SECUENCIAS DEPOSICIONALES		
		Foraminíferos Planctónicos		<i>Nummulites</i>			Este trabajo	Remacha et al., 1987	Haq et al., 1987
		Canudo, 1990	Toumarkine y Luterbacher, 1985	Canudo et al., 1988					
EOCENO SUPERIOR	PRIABONENSE					Fm. Campodarbe			
				<i>N. fabianii</i>		Fm. Belsué-Atarés			
EOCENO MEDIO	BARTONIENSE	Semiinvoluta	<i>G. semiinvoluta</i>	<i>N. brongniarti</i> <i>N. perforatus</i> <i>N. ptukhiáni</i> *		Fm. Margas de Arguis	SD6	JACA SE 9	4.1
		Pomeroli	<i>T. rohri</i>				SD5		3.6
			<i>O. beckmanni</i> *				SD4		3.5
		Higgins	<i>M. lehneri</i>				SD3		3.4
	LUTECIENSE	Higgins*	<i>M. lehneri</i> *	<i>N. herbi</i> <i>N. aturicus</i> <i>N. bullatus</i>		Fm. Calizas de Guara	SD2		3.3
		Broedermanni - Index *	<i>G. subconglobata</i> *	<i>N. sordensis</i> <i>N. gratus</i>					
		Subconglobata *					SD1		
		Praetopilensis *	<i>H. nuttalli</i> *	<i>N. laevigatus</i> *					BANASTON SE 8


 Calizas Arcillas Areniscas y Conglomerados Margas

base tienen pequeños fragmentos irregulares de caliza dispersos en las arcillas verdes. Es muy abundante la glauconita que suele estar en agregados esferoidales de menos de 1 mm.

La parte inferior de esta secuencia (arcillas con glauconita) no siempre está representada en las Sierras Exteriores, ya que los materiales limosos de la parte superior de la SD4 o incluso de la SD5 (en este caso falta toda la SD4) suelen encontrarse directamente encima de las Calizas de Guara. Estas arcillas con glauconita representan un incremento de la profundidad de sedimentación, que se manifiesta por el incremento de los microorganismos planctónicos, así como las condiciones distales de baja tasa de sedimentación. Puede interpretarse como serie condesada o superficie de condensación.

La parte media y superior de la SD4 coincide con un intervalo con escasos macro y microfósiles que po-

dría corresponder a los episodios distales de progradación arenosa, que corresponde con la Arenisca de Sabinánigo en la Cuenca de Jaca. El límite entre las Formaciones Calizas de Guara y las Margas de Arguis podría tener un origen tectónico, al que se le puede superponer el efecto de bajada eústica del nivel del mar, por lo que este límite entre estas dos formaciones es compleja. Las arcillas con glauconita tienen Foraminíferos Planctónicos de la Biozona Higgins y de la base de la Biozonas Pomeroli (límite Luteciense-Bartoniense) y el techo de la Biozona Pomeroli (Bartoniense), por tanto, podría corresponder al ciclo 3.5 de Haq et al. (1987).

SD5 (Bartoniense): La base de esta secuencia se encuentra a techo del primer nivel arenoso de la Formación Margas de Arguis en el Perfil de Arguis. La SD5 está formada por margas, margas calcáreas y limos calcáreos de colores grises o grises

azulados, corresponden a una sedimentación en una plataforma externa. Algunos niveles son más detríticos, lo que estructuran a las margas en secuencias estrato y granocrecientes. El límite superior de esta secuencia se ha situado a techo de unas areniscas con bioturbación, niveles de acumulación de bioclastos, macroforaminíferos, bivalvos, equinodermos, superficies ferruginizadas, laminación cruzada, ondulada y paralela. Estas areniscas se encuentran formando un importante resalte en el que se sitúa el pueblo de Arguis y constituyen un nuevo episodio de progradación de una plataforma siliciclástica sobre ambientes más externos.

Las margas de esta secuencia contienen Foraminíferos Planctónicos de la Biozona Pomeroli, de Canudo (1990), por tanto la SD5 tiene una edad Bartoniense y podría estar relacionada la parte superior del 3.6 de Haq et al. (1987).

SD 6 (*tránsito Bartonense-Priabonense*): Por el momento el límite superior no ha sido situado. El límite inferior en las areniscas del techo de la SD5. La SD6 son margas y margas limosas grises, calizas nodulosas con gran acumulación de macrofauna y en la parte más alta areniscas con estratificaciones cruzadas en surco.

La parte baja de esta secuencia tiene Foraminíferos Planctónicos del tránsito Bartonense-Priabonense. La parte media los contiene de la Biozona Semiinvoluta (Eoceno superior, Priabonense) y la parte alta, macroforaminíferos de la Biozona *Nummulites fabianii* (Priabonense). Por tanto, la SD6 se depositó desde la parte más alta del Bartonense hasta la parte baja el Priabonense y podría estar en relación con el ciclo 4.1 de Haq *et al.* (1987).

Conclusiones

La Formación Calizas de Guara en su conjunto presenta una evolución en un contexto de rampa carbonatada. La presencia en esta unidad de 2 posibles discontinuidades permite subdividirla en 3 secuencias deposicionales que se desarrollarían en el Luteciense

inferior (SD1), medio (SD2) y superior (SD3), respectivamente. Cada uno de estos ciclos muestra condiciones de evolución más abiertas. Corresponderían con la parte superior del Grupo de Hecho y las Margas de Arro-Fiscal en la Cuenca de Jaca.

La Fm. Margas de Arguis tiene distintos niveles arenosos que permiten subdividir esta unidad en 3 secuencias. La inferior (SD4) corresponde a un nivel de margas y arcillas glauconíferas que indica el máximo de profundización en un momento preciso (tránsito Luteciense-Bartonense). La parte alta de esta secuencia lo constituiría el primer tramo arenoso de la Fm. Margas de Arguis que sería el equivalente lateral y distal de la Arenisca de Sabiñánigo. La SD5 (Bartonense) comprende las margas infrayacentes de la Fm. Margas de Arguis, hasta el segundo nivel arenoso que se identifica en el pueblo de Arguis. La SD6 incluiría la parte alta de las Margas de Arguis y la Formación Belsué Atarés.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el proyecto del DGICYT núm.

PB88-0389-C02-01, por el proyecto PB-5/87 subvencionado por el CONAI y por el IEA.

Referencias

- Canudo, J. I (1991): Tesis, *Serv. Publ. Univ. Zaragoza* (en prensa).
- Canudo, J. I.; Molina, E.; Riveline, J.; Serra-Kiel, J. y Sucunza, M. (1988): *Revue de Micropaleontologie*, 31 (1), 15-29.
- Canudo, J. I. y Molina, E. (1988): *II Cong. Esp. Geol., Granada*, 1, 273-276.
- Caus, E. y Serra Kiel, J. (1984): *I Cong. Esp. Geol., Granada*, 1, 399-406.
- Cavelier, C. y Pomerol, Ch. (1986): *Bull. Soc. Geol. France*, 8 ser., II (2), 255-265.
- Haq, B. U.; Handenbol, J. y Vail, P. R. (1987): *Science*, 235, 1156-1166.
- Molina, E. (1986): *Mem. I Jorn. de Pal.*, 235-247.
- Molina, E.; Ortiz, N. y Serra-Kiel, J. (1988): *Rev. Esp. de Pal.*, 3, 45-47.
- Puigdefábregas, C. (1975): *Pirineos*, 104, 1-188.
- Remacha, E.; Rosell, J. y Zamorano, M. (1986): *XI Cong. Esp. Sedim.*, 144.
- Remacha, E.; Arbues, P. y Carreras, M. (1987): *Bol. Geol. Min. XCVIII-1*, 40-48.

Recibido el 1 de octubre de 1990
Aceptado el 26 de octubre de 1990

Estratigrafía del Plioceno de la costa de Cádiz entre Chiclana y Conil

Pliocene stratigraphy on the Cádiz coast between Chiclana and Conil

J. Aguirre Rodríguez (*)

(*) Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias. Universidad. 18071 Granada

ABSTRACT

The Pliocene sequence of the Cadiz coast between Chiclana and Conil is described. Three sedimentary units, separated by unconformities, can be distinguished. The two lower units are Lower Pliocene in age, according to micropaleontological data and regional correlations. The third unit, characterized by bioclastic and terrigenous sediments with abundant rhodoliths, is considered to be Upper Pliocene in age. These three units can also be recognized in the Bahía de Cadiz, which implies a change in stratigraphy up to now proposed for the area.

Key words: *Stratigraphic sequence, Pliocene, Cádiz coast.*

Geogaceta, 9 (1991), 84-87.

Introducción

En la provincia de Cádiz, el estudio del Plioceno ha quedado relegado a trabajos muy locales. Lo que más

intensamente se ha tratado es el límite Plio/Pleistoceno en los alrededores de la Bahía de Cádiz y la evolución paleogeográfica de la desembocadura del Guadalete en el tránsito Plio/Pleisto-

ceno (Gavala, 1927; Viguiet, 1974; Benkhelil, 1976; Zazo, 1979, 1980; Zazo *et al.*, 1977, 1981, 1983, 1985).

En torno a la Bahía de Cádiz, se han diferenciado a grandes rasgos dos