

# Nanofósiles calcáreos, duración y origen de ciclos caliza-marga (Jurásico tardío de la Cuenca Neuquina)

Roberto A. SCASSO<sup>1,2</sup> y Andrea CONCHEYRO<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria 1428 Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

<sup>3</sup>IAA, Instituto Antártico Argentino.

**ABSTRACT.** *Calcareous nannofossils, duration and origin of limestone-marl cycles (Late Jurassic, Neuquén Basin).* A nannofossil association corresponding to Zone NJ20b was defined in the rhythmically interbedded limestones and marls of the Los Catutos Member, Vaca Muerta Formation. It confirmed the Late Middle Tithonian age, previously assigned on the basis of ammonites, to the beds which crop out in the locality of Zapala, Neuquén Province, Neuquén Basin. The stratigraphical resolution of the nannoflora was no better than that of the ammonite fauna, but a good correlation between zones can be established. This represents a powerful and useful tool for future biostratigraphical studies in the Neuquén Basin. On the basis of the ammonite and nannofossil zones, a period of 1 my was estimated for the deposition of the 25 m thick sequence of limestones and marls. From these data a high sedimentation rate (5 m/ka on average) was calculated. As a consequence, the duration of the individual limestone-marl cycles is about 20 ka on average, in good agreement with the precession period of the earth axis. Thus, rhythmic changes in sedimentation would be related to climatic changes driven by orbital forcing.

## Introducción

En la Cuenca Neuquina afloran calizas litográficas y sublitográficas tithonianas en las cercanías de Zapala. Corresponden al Miembro Los Catutos de la Formación Vaca Muerta (Leanza y Zeiss 1990). Esta unidad contiene amonites que han sido estudiados en detalle (Leanza y Zeiss 1990, 1992) y asignados al Tithoniano medio. Los microfósiles calcáreos eran prácticamente desconocidos a excepción del hallazgo de dos especies de nanoplancton calcáreo señalado por Leanza y Zeiss (1990).

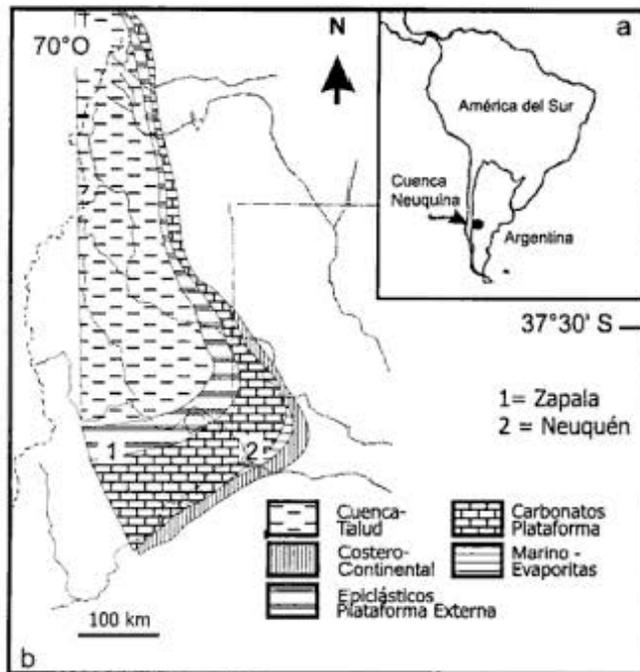
Las referencias sobre nanofósiles calcáreos del Jurásico de Argentina son muy escasas. Se conocen dos estudios que consideran las asociaciones del Pliensbachiano-Toarciano y del Caloviano de la Cuenca Neuquina (Angelozzi 1988, Simeoni 1995). En el mundo son pioneros los trabajos de Deflandre (1939, 1952), Noël (1957, 1959, 1965, 1973), Medd (1982), Grün y Zweili (1980), entre los más conocidos. Recientemente, Bown (1987), Crux (1987) y Bralower *et al.* (1989), presentaron los primeros esquemas biozonales estándar para el Jurásico, de Kaenel y Bergen (1993) y de Kaenel *et al.* (1996), Bown y Cooper (1998) realizaron una muy completa zonación para las regiones del Thetys y Boreal, siendo aún incompleta una zonación que involucre las regiones australes. Wise y Wind (1977) y Bown (1992) analizaron las asociaciones australes en el ámbito del Plateau de Malvinas y en el noroeste de

la Plataforma Australiana, y propusieron la existencia de un Reino Austral, basándose en la ausencia de algunos taxa característicos del Tethys.

En este trabajo se da a conocer la asociación de nanofósiles recuperados en las calizas y margas, junto con los cuadros de distribución de las especies, que permitieron asignar una edad tithoniana media al intervalo muestreado y compararlo con la zonación de amonites. A partir de las zonas de nanofósiles calcáreos y de amonites se pudo estimar la duración total del intervalo analizado. En función de ésta se calculó el tiempo involucrado en la sedimentación de cada uno de los pares marga-caliza que constituyen las calizas litográficas y sublitográficas. Conocer con precisión la edad y duración de los intervalos involucrados en la depositación de las ritmitas es crítico para la interpretación de las condiciones ambientales que dan origen a la ritmicidad y su relación con los cambios en la órbita del planeta.

## Marco Geológico

La Cuenca Neuquina constituye un amplio engolfamiento alargado en dirección SE-NO (engolfamiento Neuquén-Aconcagua de Legarreta y Uliana 1996), abierto hacia el oeste al Océano Pacífico, que se rellena con una espesa secuencia de sedimentos del Triásico tardío al Terciario temprano. El emplazamiento



**Figura 1:** a, Mapa de ubicación de la Cuenca Neuquina. b, Mapa paleogeográfico para el Tithoniano Tardío (de Legarreta y Uliana 1996), aplicable con ligeras modificaciones al Tithoniano Medio alto.

tectónico durante el Jurásico superior fue el de una cuenca ubicada entre un antepaís sudamericano, en una amplia y suave depresión, con un arco volcánico desarrollándose al oeste (Legarreta y Uliana 1996).

Casi la totalidad del área de la cuenca fue ocupada por el mar, que mostró un nivel máximo, durante el Tithoniano y el Berriasiano Temprano (Fig. 1b), intervalo en el cual se depositaron las pelitas oscuras con calizas intercaladas de la Formación Vaca Muerta. Estas engranan lateralmente con las facies clásticas y carbonáticas de plataforma de la Formación Quintuco (equivalente al Miembro Los Catutos) y con facies terrígenas continentales de la Formación Bajada Colorada (Legarreta y Gulisano 1989). De acuerdo con las reconstrucciones paleogeográficas (Legarreta y Uliana 1991; Leanza y Zeiss 1990) el área de Zapala estaría situada a unos 100 km al noroeste de la costa sudeste del golfo neuquino para el Tithoniano. Durante el Jurásico y el Cretácico inferior la cuenca observó una posición persistente dentro de la faja infratropical sur (Legarreta y Uliana 1996). En líneas generales la formación de terrazas carbonáticas dentro de la cuenca muestra un marcado ajuste con los ascensos del nivel del mar (Legarreta y Uliana 1996). Esto se manifiesta claramente durante la sedimentación de los carbonatos tithonianos, que es además acompañada por una extendida anoxia en gran parte de la cuenca y, especialmente, en sectores profundos de la misma. Los depósitos laminados fangosos y margosos de la Formación Vaca Muerta muestran altos contenidos de materia orgánica (2% a 12% COT) y demuestran la persistencia de un balance

hidrológico positivo para la cuenca con el desarrollo de una columna de agua estratificada que controló las condiciones de fondo anaeróbicas a disaeróbicas (Legarreta y Uliana 1996).

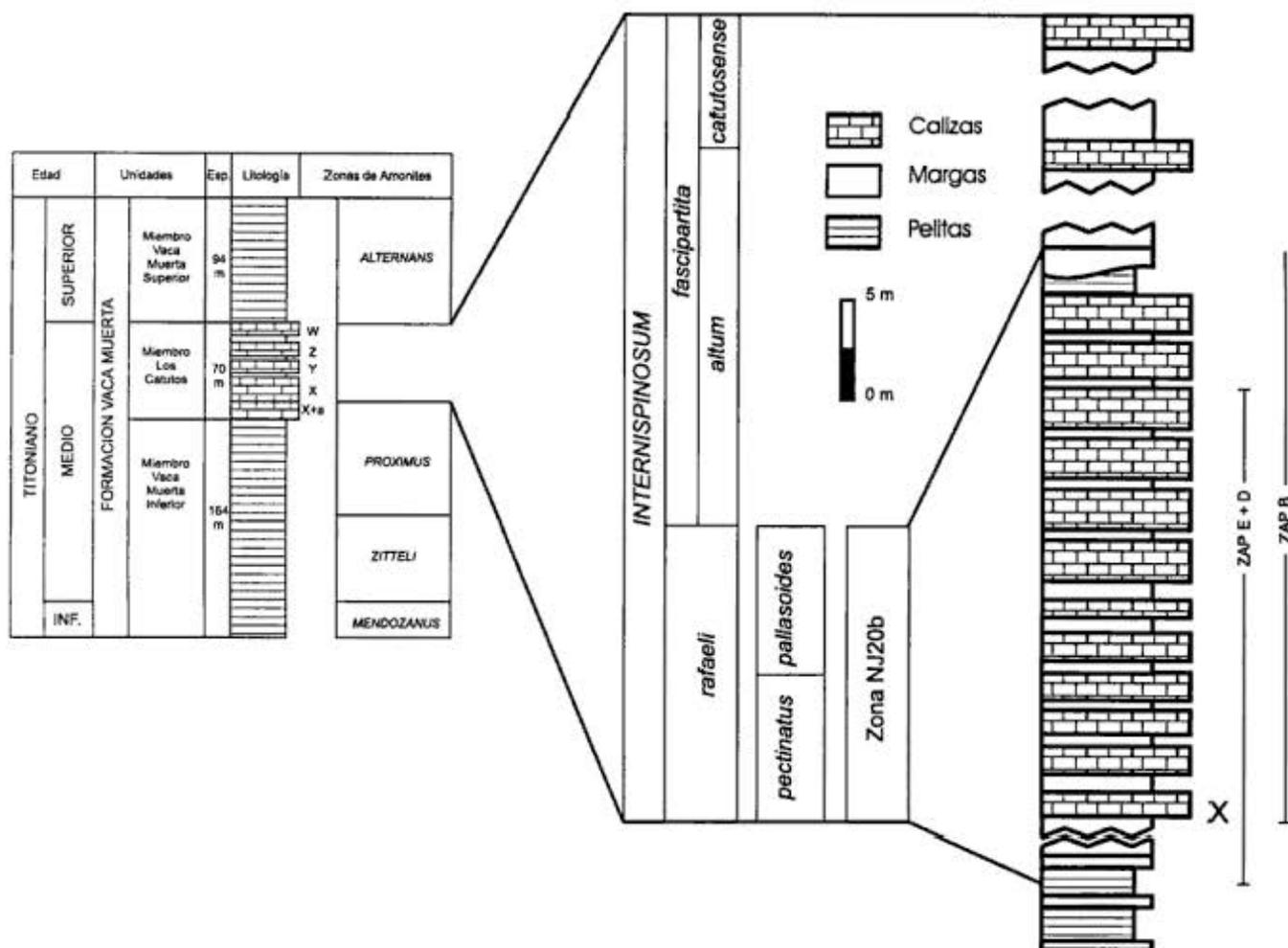
En la zona de Zapala (Fig. 1) la secuencia tithoniana alcanza un espesor total de 420 m, que incluye a las Formaciones Vaca Muerta y a la parte inferior de la Formación Picún Leufu dentro de la cual se registra un pasaje transicional al Berriasiano (Leanza y Hugo 1977, Leanza y Zeiss 1990). Dentro de esa zona, la localidad de Los Catutos se encuentra en el extremo sur del flanco este del gran anticlinal de la Sierra de Vaca Muerta (Lambert 1956). Localmente las capas muestran un amplio sinclinal que hacia el NE continúa en un anticlinal más apretado, en cuyo flanco este se sitúa la cantera El Ministerio, localidad tipo del Miembro Los Catutos. Allí se exponen las calizas, con margas y pelitas intercaladas, alcanzando un espesor máximo de 70 m (Fig. 2). En el área, la Formación Vaca Muerta es cubierta por la Formación Picún Leufu (Leanza 1973) de edad tithoniana tardía a berriasiana temprana.

En la cantera El Ministerio, el Miembro Los Catutos es muy fosilífero, con una interesante asociación de cefalópodos, reptiles y peces (Cione *et al.* 1987, Gasparini *et al.* 1987). En esta localidad, se distinguen cinco horizontes con amonites (Leanza y Zeiss 1990, 1992), de los cuales los tres inferiores correlacionan bien con la zona de *Windhausenicerias internispinosum*, del Tithoniano Medio más alto, aunque el más bajo de los tres podría alcanzar la zona inmediata inferior de *Aulacosphinctes proximus*, algo más antigua (Fig. 2). El quinto nivel, más joven, podría extenderse hasta el límite entre el Tithoniano Medio y Superior.

### Características del perfil de Los Catutos

La sección relevada en la cantera Los Catutos y en la Cementera Loma Negra es una sucesión de alrededor de 25 m de espesor de una alternancia rítmica de calizas y margas. Las calizas, de color castaño-amarillento y azul cuando están muy frescas, forman bancos de 30-40 cm de espesor promedio, aunque hacia el techo alcanzan potencias mayores de 1 metro y ocasionalmente desarrollan buena laminación interna. Las margas son más potentes cerca de la base, 15-20 cm en promedio, y alcanzan un espesor máximo de 50 cm en la parte media del perfil. Hacia el techo su espesor disminuye, reduciéndose a pequeñas intercalaciones de 5 cm dentro de potentes bancos de caliza.

Las calizas se apoyan sobre una secuencia mayormente clástica, bien expuesta por unos 30 metros en la cantera de Los Catutos. La misma se compone de pelitas de color chocolate y gris, a veces margosas, con escasas intercalaciones delgadas de margas de color castaño amarillento y gris, que portan restos fragmentarios de amonites.



**Figura 2:** A la izquierda se muestra la zonación de amonites realizada por Leanza y Zeiss (1992) para la Formación Vaca Muerta en el área de Zapala. Se amplía la Zona de *internispinosum* para mostrar su correlación con la Zona NJ20b, cuya presencia ha sido constatada en este trabajo. A la derecha se ilustra el perfil litológico esquemático y los intervalos estratigráficos muestreados correspondientes a los perfiles ZAPB y ZAPE+D. Es una sucesión de alrededor de 25 m de espesor de una alternancia rítmica de calizas y margas. Las calizas forman bancos de 30-40 cm de espesor promedio, pero hacia el techo alcanzan potencias 1 m. Las margas son más potentes cerca de la base, 15-20 cm en promedio, y alcanzan un espesor máximo de 50 cm en la parte media del perfil. Hacia el techo se reducen a pequeñas intercalaciones de 5 cm.

El intervalo principal de calizas es cubierto por pelitas verdosas y grandes lentes de margas rellenas de formas erosivas del tipo de paleocanales, labradas sobre las pelitas. Este intervalo se encuentra bien expuesto por unos 15 m de espesor en la cantera centro de la Cementera. Estratigráficamente más arriba, en la zona de Los Catutos, afloran alrededor de 40 m de sedimentos en los que se destacan dos bancos duros de calizas intercalados con rocas friables (posiblemente pelitas) muy cubiertas, que se representan en el perfil de la Fig. 2.

Las calizas litográficas de Neuquén se habrían depositado en condiciones marinas abiertas a profundidades de entre 30 y 50 m aproximadamente (Leanza y Zeiss 1990). Entre la fauna registrada se observan muy pocos organismos bentónicos. El clima habría sido cálido con bajo aporte clástico y gran aporte de miocrita.

## Nanofósiles calcáreos

### Materiales y métodos

En el presente estudio se analizaron 40 muestras en búsqueda de nanofósiles calcáreos. Estas, corresponden a tres perfiles estratigráficos realizados por uno de los autores (R.A.S) en el área de las canteras Los Catutos (Muestras ZAPD y ZAPE) y Loma Negra Sur (Muestras ZAPB), situadas unos 20 km al sudoeste de la localidad de Zapala. Los perfiles ZAPD y ZAPE integrados cubren el espesor total del Miembro Los Catutos, al igual que el perfil ZAPB. En casi todos los tipos litológicos se recuperaron nanofósiles calcáreos y, con excepción de unas calizas muy induradas, 33 muestras resultaron ser fértiles (Tablas 1 y 2).

Para el procesamiento del material se utilizó la técnica de frotis ("smear slides"), las observaciones se re-

**Tabla 1:** Especies de nanoplancton calcáreo determinadas en el perfil ZAPB. Se adjunta la posición estratigráfica con relación a la base del intervalo X (véase Fig. 2).

Posición estratigráfica (m s/nivel X)	Espesor del banco (m)	Litología	Muestras (Perfil ZAPB)	Preservación	Abundancia	<i>Crepidolithus crassus</i>	<i>Cyclagelosphaera margereli</i>	<i>Diazomalolithus lehmanii</i>	<i>Ellipsagelosphaera britannica</i>	<i>Etmorhabdus gallicus</i>	<i>Miravetesina favula?</i>	<i>Podorhabdus sp</i>	<i>Polycostella beckmanii</i>	<i>Schizosphaerella punctulata</i>	<i>Watznaueria barnesae</i>	<i>Watznaueria biporta</i>	<i>Watznaueria fossacincta</i>	<i>Watznaueria ovata</i>	<i>Zeughrabdotus erectus</i>	<i>Zeughrabdotus embergerii</i>
26,50	1,10	F	104	P	R		F	R					R		R				R	
25,40	0,30	F	103	P	R		R	R							R					
25,10	0,60	F	102	P	R		R	R							R					
24,50	0,60	F	101	M	F		F	F							F					
23,90	0,30	F	100	M	A		A	F		R		R			F				R	
23,03	1,00	C	82	P	F			R							R	R				
10,26	0,07	M	70	M	F			F							F	F				
10,19	0,27	C	69																	
9,91	0,26	M	68																	
9,62	0,04	C	89-3																	
9,58	0,04	C	89-2	P	R				R						R					
9,54	0,04	C	89-1	M	F	R	F		F		R				F				R	
9,54	0,04	C	89	P	R										R					
9,50	0,04	C	88	P	R				R						R					
9,46	0,04	C	87	P	R		R		R						R					
9,42	0,04	C	86	P	R				R						R					
9,38	0,04	C	85	M	F		F		F							F	R			
9,34	0,04	CL	84	P	R		R		R						R	R				
9,30	0,04	CL	83	P	R		R		R						R					
9,26	0,04	M	66	M	F		F		F						F	R			R	
8,17	0,06	M	64	M	R		R		R						R			R	R	R
8,11	0,78	C	63	P	R				R											
6,80	0,63	C	60	P	R				R											
6,17	0,11	M	59	P	R		R		R						R					
5,47	0,09	M	56	P	R			R	R						R			R		
5,06	0,45	C	54																	
4,61	0,18	C	53	P	R				R											
4,09	0,05	M	51	P	R		R		R						R			R		
3,20	0,34	C	46	P	R				R						R					
2,87	0,18	C	45	P	R		R		R						R					
2,69	0,14	C	44	P	R		R		R											
2,25	0,17	M	41	M	A		F	R	A				R		A				R	
2,09	0,39	C	40	M	R		R		R						R					
0,55	0,42	C	32																	
0,13	0,13	M	31	M	F		R		F				R	R	F		R			R

alizaron con un fotomicroscopio II Zeiss, de 1250 aumentos, con luz paralela y plano polarizada. Las fotografías se efectuaron mediante el microscopio óptico. Se confeccionaron los cuadros de distribución de las especies correspondientes. Asimismo, se efectuó un estudio semicuantitativo, reconociendo y contabilizando

las especies en por lo menos dos recorridos sucesivos transversales del preparado. Para la abundancia se definió el siguiente criterio: A: abundante = se reconoce más de 1 espécimen por cada campo de observación al microscopio; C: común = un espécimen cada 2 a 10 campos; F: escaso = un espécimen cada 11 a 50 cam-

**Tabla 2:** Especies de nanoplancton calcáreo determinadas en los perfiles ZAPD+E. Se adjunta la posición estratigráfica con relación a la base del intervalo X (véase Fig. 2), el espesor del banco muestreado, la litología (M = margá; C = caliza; CL = caliza laminada; F = fangolita), abundancia (A = abundante; C = común; F = escaso; R = raro) y preservación (P = pobre; M = moderada).

Posición estratigráfica (m s/nivel X)	Espesor del Estrato (m)	Litología	Muestras (Perfil ZAPB+ZAPE)	Preservación	Abundancia	<i>Cyclagelosphaera margereli</i>	<i>Diazomatolithus lehmanii</i>	<i>Ellipsagelosphaera britannica</i>	<i>Microstaurus</i> sp.	<i>Nannoconus</i> sp.	<i>Polycostella beckmanii</i>	<i>Watznaueria barnesae</i>	<i>Watznaueria fossacincta</i>	<i>Zeughrabdotus erectus</i>	<i>Zeughrabdotus embergerii</i>
16,05	0,38	C	163	P	R										
10,16	0,03	M	153	P	R	F	F	R	R		F				
10,13	0,38	CL	152	P	F	R		R			R	R			
9,01	0,22	M	146	P	F	R	R	F		R	F	R			
5,21	0,22	C	196	P	R	R		R			R				
1,46	0,05	M	180	M	F	F	R	F			F	R			
0,29	0,04	M	173	M	F	F		F			F	R	R		
-7,00	5,6	F	206	M	F	F		F			F		R		

pos; R: raro = un espécimen cada más de 51 campos.

Para la preservación de los ejemplares se consideró: P: pobre, si las evidencias de disolución fueran pronunciadas, tales como disolución casi completa de alguno de los escudos, márgenes de los escudos festoneados, elementos parcialmente fragmentados, elevada birrefringencia e indefinición de los elementos diagnósticos de la especie debidos a la recristalización. En tales condiciones resulta muy dificultoso el reconocimiento de la especie. M: moderada, si existieran rasgos de disolución parcial en el cocolito, pero la especie considerada resulta perfectamente identificable. G: buena, si las evidencias de disolución o recristalización fueran mínimas y se reconoce con claridad la especie bajo estudio.

### Bioestratigrafía

Se recuperó una asociación poco diversificada de nanofósiles calcáreos, constituida principalmente por *Watznaueria barnesae*, *Ellipsagelosphaera britannica*, *Cyclagelosphaera margerelii* y *Polycostella beckmanii*, todas especies muy resistentes a la disolución; esta última especie indica una edad tithoniana media (Fig.

3). Menos abundantes fueron: *Etmorhabdus gallicus*, *Crepidolithus crassus* y *Schizospaherella punctulata*, restringidas al Jurásico.

La preservación del material es en general pobre, se advierte un importante grado de disolución y recristalización, manifiesto en la corrosión parcial de los escudos o de las estructuras que componen el área central y por cierto grado de recristalización visible en los placolitos.

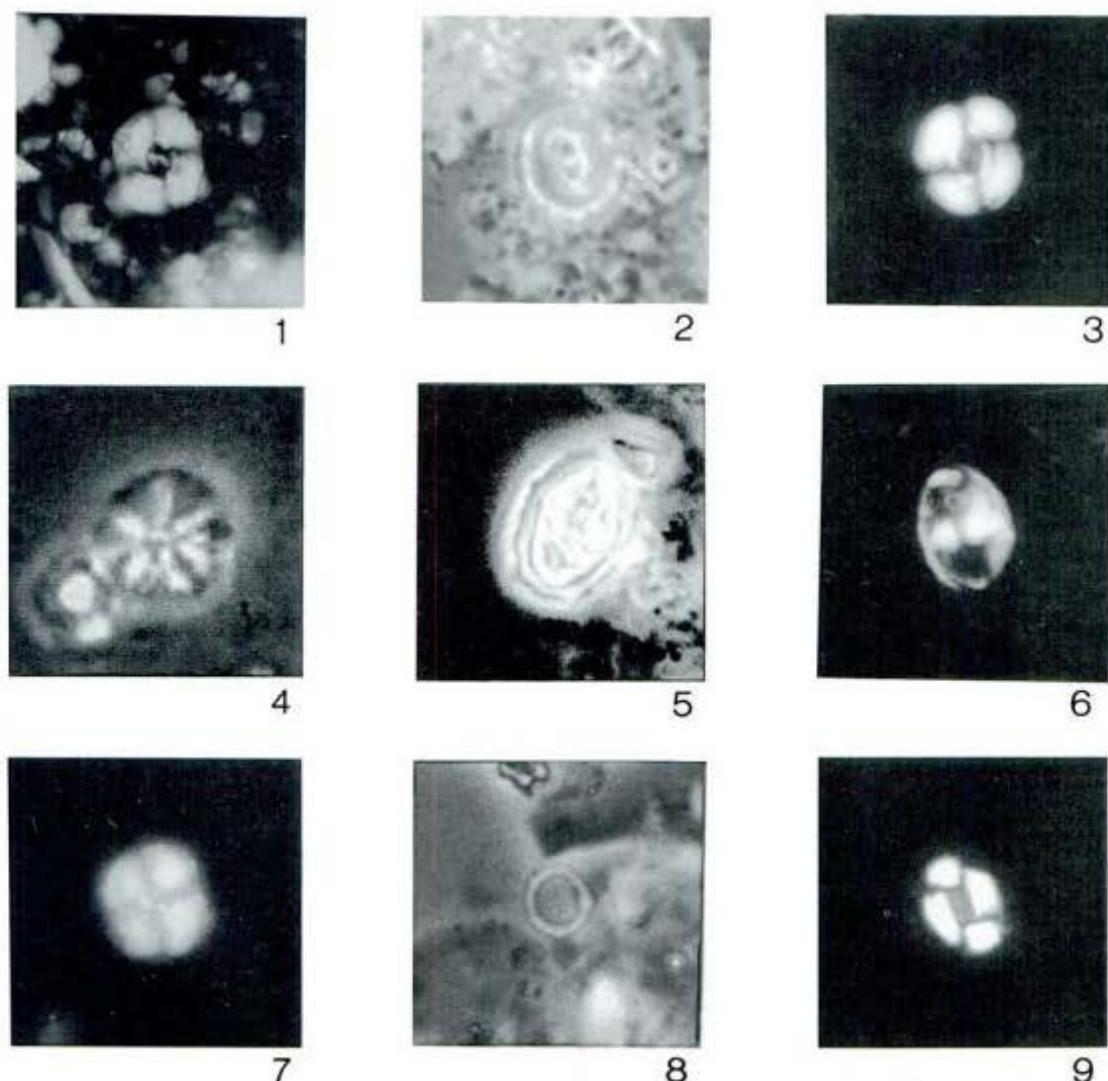
La presencia de *Polycostella beckmanii* en dos de los tres perfiles estudiados (muestras ZAPB 31, 41, 104, y muestra ZAPD 146), permitió asignar a las sedimentitas una edad tithoniana media. *Polycostella beckmanii* es una especie que presenta su primera aparición (F.O) en el Tithoniano medio, y permite subdividir la Zona (NJ20) de *Conusphaera mexicana* del Tithoniano inferior y medio (Bralower et al. 1989), en las Subzonas NJ20a y NJ20b; esta última Subzona representa el Tithoniano medio (Fig. 2).

La Subzona NJ20b queda definida entre la primera aparición de *Polycostella beckmanii* (Fig. 3) y la primera aparición de *Helenea chiasta* (Bralower et al. 1989 Bown y Cooper 1998). La resistencia a la disolución que posee *Polycostella beckmanii*, permite considerarla una especie diagnóstica confiable en muestras de afloramiento (Bown y Cooper 1998). *Helenea chiasta* no ha sido reconocida en las muestras estudiadas.

En los tres perfiles analizados se advirtió un incremento de ejemplares de la familia *Ellipsagelosphaera*, con un predominio de *Watznaueria barnesae* respecto a *Ellipsagelosphaera britannica* en los niveles superiores del perfil, (a partir de la muestra ZAPB 80 y en el perfil ZAPE). Bown y Cooper (1998) advierten un incremento en la cantidad de ejemplares del género *Watznaueria* en el Tithoniano inferior y medio para el dominio boreal (Volgiano). Ultimamente se ha focalizado la atención en la relación entre *Watznaueria barnesae* y *Ellipsagelosphaera britannica*, la cual tiende a aumentar en el Tithoniano (Wise com. verb. 1998).

*Miravetesina favula* fue encontrada sólo en el perfil ZAPB (muestra ZAPB 89-1, Tabla 1), posiblemente debido a su escaso potencial de preservación. Se trata de una especie que tiene su primera aparición en el Tithoniano medio y ha sido registrada en los Sitios 391C y 534A del Océano Atlántico Septentrional (Bralower et al. 1989) y se la encuentra hasta el Valanginiano.

Otras especies que confirmaron la edad jurásica fueron: *Etmorhabdus gallicus* y *Crepidolithus crassus*. *Etmorhabdus gallicus* está restringida al Jurásico y no supera el límite superior del Tithoniano, aparece por primera vez en el Pliensbachiano y disminuye progresivamente en abundancia durante el curso del Tithoniano. *Crepidolithus crassus*, registrada en el perfil ZAPB (muestra 89-1), es una especie muy característica del Jurásico inferior pero que extiende su biocrón hasta el Portlandiano. *Diazomatolithus lehmanii*, una especie que se encuentra distribuida en los tres perfiles estudiados, es frecuentemente encontrada en



**Figura 3:** 1, *Ellipsagelosphaera britannica*, nicoles cruzados, X 2500. Perfil ZAPB, muestra 89-1. 2, *Ellipsagelosphaera britannica*, luz paralela, X 2500. Perfil ZAPB, muestra 89-1. 3, *Watznaueria fossacincta*, nicoles cruzados, X 2500. Perfil ZAPB, muestra 85. 4, *Polycostella beckmanni*, luz paralela, X 4000. Perfil ZAPB, muestra 41. 5, *Zeugrhabdotus embergeri*, nicoles cruzados, X 2000. Perfil ZAPB, muestra 64. 6, *Zeugrhabdotus erectus*, nicoles cruzados, X 2500. Perfil ZAPB, muestra 89-1. 7, *Cyclagelosphaera margerelii*, nicoles cruzados, X 3000. Perfil ZAPB, muestra 100. 8, *Diazomatolithus lehmanii*, luz paralela, X 4000. Perfil ZAPB, muestra 41. 9, *Watznaueria ovata*, nicoles cruzados, X 2500. Perfil ZAPB, muestra 51.

asociaciones del Jurásico superior y del Cretácico inferior.

Los nanofósiles recuperados, aunque en general escasos, permitieron asignar a la asociación una edad tithoniana media e incluirla en la Zona NJ20b (Bralower *et al.* 1989, Bown y Cooper 1998).

#### Duración de los ciclos marga-caliza y su relación con ciclos climáticos controlados por cambios de la órbita terrestre

De acuerdo con Leanza y Zeiss (1990, 1992) las calizas representan la parte más alta del Tithoniano Medio. Siguiendo a estos autores, en Neuquén esto corres-

ponde a la Zona de *Windhausenicerias internispinosum*, la más alta de las tres en que se divide el Tithoniano Medio. Dentro de esta zona, el intervalo principal de margas y calizas corresponde a la Subzona de *Catutosphinctes rafaelli*, la estratigráficamente inferior de las dos propuestas. Dicho intervalo sedimentario ha sido muestreado banco por banco, aunque los extremos superior e inferior del perfil alcanzarían a las zonas inmediatamente por encima y por debajo. La duración del Tithoniano medio puede ser estimada en alrededor de 3 ma (Gradstein *et al.* 1995). Por lo tanto, el tercio superior del Tithoniano Medio, coincidente con una Zona, tendría una duración aproximada de 1 ma. Coincidentemente, los diversos intentos realizados para estimar la duración de los pisos del Jurásico en función de la bioestratigrafía, indican una duración promedio de

aproximadamente 1 ma para cada zona (Gradstein *et al.* 1995 y referencias allí citadas). Por otra parte, si se calcula independientemente la duración de las subzonas del Jurásico, ésta promediarían los 0,45 ma, lo que coincide muy bien con la duración de 0,5 ma que surge al dividir la Zona de *internispinosum* en dos.

En función de la discusión del párrafo anterior, y si tomamos en cuenta el espesor de 25 m que se atribuye en promedio al "manto principal" (nombre que recibe el intervalo principal de calizas y margas en explotación), podemos calcular una tasa de sedimentación aproximada de alrededor de 50 m cada millón de años (5 cm/ka). Es interesante destacar que esta es una velocidad de sedimentación relativamente alta para plataformas carbonáticas. El rango de valores conocido para ellas se extiende entre 3 y, justamente, 50 m cada millón de años (Ricken 1991). La existencia de altas tasas de sedimentación se ve confirmada por la muy buena preservación de los restos fósiles, hasta el extremo de que se conserven delicadas mudas de callianásidos (Aguirre-Urreta y Scasso 1998), muy difíciles de hallar aún en ambientes de baja energía. El proceso de fosilización se vio favorecido por el rápido sepultamiento de estos restos por una fina lluvia de carbonato. La existencia de tasas de sedimentación alta y la ausencia de discontinuidades marcadas hace que esta secuencia sea especialmente apta para calcular la duración de los ciclos marga-caliza. En efecto, en estas condiciones de sedimentación el tiempo representado físicamente por los bancos será mucho mayor que el tiempo representado por las discontinuidades (Miall 1997, cap. 12).

Dentro de los 25 m de espesor del "manto principal" de calizas se reconocieron entre 26 y 29 ciclos compuestos por pares de marga-caliza (en dos perfiles, ZAP B y ZAP D-E respectivamente). Es de destacar que los pares son claramente visibles en la parte inferior de la columna y hacia el techo son menos marcados debido al poco desarrollo de las margas. Allí, en no más de tres casos, "faltan" los niveles de margas intercalados, dando lugar a la superposición de bancos de caliza. En estos casos se consideró al banco de caliza como representante de un ciclo trunco y se lo incluyó dentro del número de ciclos total. Si consideramos un número promedio por par de alrededor de 18200 años (18,2 ka), que se encuentran dentro de la banda de frecuencias de los ciclos de Milankovitch.

Ciclos de duraciones cercanas a los 20 ka se relacionan con la duración del movimiento de precesión del eje terrestre (*e.g.* Fischer 1991, Schwarzacher 1991) que presenta modas entre 19 ka (P1) y 24 ka (P2) ka. Según estos autores, el efecto de la precesión sería por sí mismo incapaz de generar cambios perceptibles en el registro sedimentario del planeta, pero retroalimentado por factores atmosféricos y oceánicos generaría cambios climáticos que a su vez se reflejan en el tipo de aporte sedimentario a la cuenca. Esto ha sido estudiado en particular para las alternancias de margas y ca-

lizas por numerosos autores (una síntesis puede consultarse en Einsele y Ricken 1991) y puede aplicarse a nuestro caso (Alonso y Scasso 1998). En consecuencia, los cambios en la sedimentación habrían sido controlados por cambios en la órbita del planeta (*orbital forcing*). En ciclos de margas y calizas compactas de plataforma externa, talud, mares epicontinentales o profundos, las periodicidades observadas más frecuentemente para este tipo de ciclos se encuentran típicamente los 10 y los 50 ka (Einsele y Ricken 1991). Por otra parte las tasas de sedimentación suelen variar entre 0,5 y 4 cm/ka. En las calizas y margas del miembro Los Catutos ambos parámetros (periodicidad = 18,2 ka; tasa de sedimentación = 5 cm/ka) son comparables a los de la literatura, con una periodicidad muy próxima a la de precesión del eje terrestre.

## Conclusiones

Mediante nanofósiles calcáreos se confirmó la edad tithoniana media tardía de las rocas carbonáticas correspondientes al Miembro Los Catutos de la Formación Vaca Muerta.

A partir de las zonas de nanofósiles calcáreos y de amonites se estimó la duración total del intervalo analizado: 1 ma sería el lapso involucrado en la sedimentación del manto principal de calizas, de 25 metros de espesor. De ello deriva la alta tasa de sedimentación (5 m/ka promedio) calculada para la columna. Esta tasa de sedimentación alta es también indicada por la buena preservación de restos fósiles muy delicados.

Los ciclos marga-caliza estudiados, presentan una duración individual cercana a los 20 ka, lo que permitió asignarlos a cambios climáticos vinculados al movimiento de precesión del eje terrestre, que a su vez se reflejan en el tipo de aporte sedimentario.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado mediante un subsidio de la Fundación Antorchas. Agradecemos a Loma Negra S. A. la autorización para trabajar en sus canteras de Zapala, a A. Giusiano, W.M. Bausch, P. Bosch y H. Lippai su ayuda en las tareas de campaña, a Sherwood Wise por las valiosas sugerencias taxonómicas de nanofósiles calcáreos. También agradecemos a los Departamentos de Geología de la Florida State University, en donde se prepararon y observaron las muestras micropaleontológicas, y de las Universidades de Buenos Aires y Erlangen en donde se elaboraron los restantes aspectos. Las revisiones de M.B. Aguirre-Urreta, H. Leanza, N. Malumán y A. Riccardi contribuyeron para mejorar este trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre-Urreta, M.B. y Scasso, R.A., 1998. Callianásidos (Crustacea, Decapoda) de la Formación Vaca Muerta (Tithoniano) del Neuquén. 7° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Resúmenes, p. 95. Bahía Blanca.
- Alonso, M. S. y Scasso, R.A., 1998. Asociaciones de arcillas en ciclos marga-caliza del Jurásico superior de Neuquén. Actas 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, 1, p. 213. Buenos Aires.
- Angelozzi, G., 1988. Nanofósiles toarcianos en la Formación Los Molles del perfil Picun-Leufú, cuenca del Neuquén. República Argentina. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 3: 137-144. Mendoza.
- Bown, P.R. 1987. Taxonomy, evolution and biostratigraphy of late Triassic-early Jurassic calcareous nannofossils. *Special Papers in Paleontology*, 38:1-118.
- Bown, P., 1992. Late Triassic-Early Jurassic calcareous nannofossils of the Queen Charlotte Islands, British Columbia. *Journal of Micropaleontology*, 11(2): 177-188. London.
- Bown, P. y Cooper, M. K., 1998. Jurassic. En: Bown, P., (Ed.): *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, p. 34-85. Kluwer Academic Publishers. Cambridge.
- Bralower, T., Monechi, S. y Thierstein, H., 1989. Calcareous Nannofossils zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the Geomagnetic Polarity Time scale. *Marine Micropaleontology*, 14: 153-235.
- Cione, A., Gasparini, Z., Leanza, H. y Zeiss, A., 1987. Marine oberjurassische Plattenkalke in Argentinien (Ein erster Forschungsbericht). *Archaeopteryx*, 5: 13-22.
- Crux, J., 1987. Early Jurassic calcareous nannofossil biostratigraphic events. *Newsletters on Stratigraphy*, 17 (2):79-100.
- de Kaenel, E. y Bergen, J., 1993. New Early and Middle Jurassic coccolith taxa and biostratigraphy from the eastern proto-Atlantic (Morocco, Portugal and DSDP Site 547 Eclogae Geologicae Helveticae, 66 (3): 861-903.
- de Kaenel, E., Bergen, J. y Von Salis Perch-Nielsen, K., 1996. Jurassic calcareous nannofossil biostratigraphy of western Europe. Compilation of recent studies and calibration of bioevents. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167(1): 15-28.
- Deflandre, G., 1939. Les stéphanolithes, représentants d'un type nouveau de coccolithes du Jurassique supérieur. *Comptes Rendus (Hebdomadaires des Séances) de l'Académie des Sciences*, 208: 1331-1333.
- Deflandre, G., 1952. Classes des coccolithophorides. En: Grassé, P. P. (Ed.): *Traité de Zoologie*, 1, Mason and Cie: 439-470. Paris.
- Einsele, G. and Ricken, W., 1991. Limestone-marl alternations-an overview. En: Einsele, G., Ricken, W. y Seilacher, A., (Eds.): *Cycles and events in stratigraphy*, p. 23-47. Springer Verlag, Berlín.
- Fischer, A.G., 1991. Orbital cyclicity in Mesozoic strata. En: Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (Eds.): *Cycles and events in stratigraphy*, Springer-Verlag, p. 48-62. Berlín.
- Gasparini, Z., Leanza, H. y Garate Zubillaga, J. I., 1987. Un Pterosaurio en las calizas litográficas tithonianas de Los Catus, Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*, 25: 23-34.
- Gradstein, F., Agterberg, F., Ogg, J., Hardenbol, J., Van Veen, P., Thierry, J. y Huang, Z., 1995. A Triassic, Jurassic and Cretaceous time scale. En: Berggren, W. A., Kent, D.V., Aubry, M. V. y Hardenbol, J., (Eds.): *Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM Special Publication 54, p. 95-126. Tulsa, EE.UU.
- Grün von, W. y Zweili, F., 1980. Das kalkige nannoplankton der Dogger-Malm-Grenze im Berner Jura bei Liesberg. *Jahrbuch Geologischen Bundesanstalt*. B-A Band 123, Heft 1: 231-341.
- Lambert, L.R., 1956. Descripción geológica de la Hoja 35b Zapala, Territorio Nacional del Neuquén. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 83: 1-93. Buenos Aires.
- Leanza, H., 1973. Estudio sobre los cambios faciales de los estratos limítrofes Jurásico-Cretácicos entre Loncopué y Picún Leufú, provincia del Neuquén, Rep. Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28: 97-132.
- Leanza, H.A. y Hugo, C.A., 1977. Sucesión de ammonites y edad de la Formación Vaca Muerta y sincrónicas entre los paralelos 35° y 40° l.s. Cuenca Neuquina-Mendocina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 32: 248-264.
- Leanza, H. y Zeiss, A., 1990. Upper Jurassic Lithographic Limestones from Argentina (Neuquén Basin): Stratigraphy and Fossils. *Facies*, 22:169-186.
- Leanza, H. y Zeiss, A., 1992. On the ammonite fauna of the Lithographic Limestones from the Zapala region (Neuquén province, Argentina), with the description of a new genus. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Teil 1, H.6: 1841-1850.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A., 1989. Análisis estratigráfico de la Cuenca Neuquina (Triásico superior - Terciario inferior), Argentina. En: Chebli, G.A. y Spalletti, L.A. (eds.): *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Serie de Correlación Geológica 6: 221-244. Tucumán.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A., 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: MacDonald, D.I.M (Ed.): *Sedimentation, Tectonics and Eustasy*. Special Publication of the International Association of Sedimentologists, 12: 429-450. Amsterdam.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A., 1996. The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleogeology*, 120: 303-330. Amsterdam.
- Medd, A. W. 1982. Nannofossil zonation of the English middle and upper Jurassic. *Marine Micropaleontology*, 7(1): 43-95.
- Miall, A.D., 1997. *The geology of stratigraphic sequences*. Springer, 427 p., Berlin, Heidelberg, New York.
- Noël, D., 1957. Coccolithes des terrains Jurassiques de l'Algérie. *Publications du Service de la carte Géologique de l'Algérie (Nouvelle Série)*, Bulletin 8: 303-385. Paris.
- Noël, D., 1959. Etude des coccolithes du Jurassique et du Cretacé inférieur. *Publications du Service de la carte Géologique de l'Algérie (Nouvelle Série)*, Bulletin 20: 155-196. Paris.
- Noël, D., 1965. Sur les coccolithes du Jurassique Européen et d'Afrique du Nord. *Edition du Centre National de la Recherche Scientifique*: 1-209. Paris.
- Noël, D., 1973. Nannofossiles calcaires de sédiments jurassiques finement laminés. *Bulletin du Musée National d'Histoire Naturelle*, 3e serie, (75): 95-156. Paris.
- Ricken, W., 1991. Time span assessment - an overview. En: Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (eds.): *Cycles and events in stratigraphy*, Springer-Verlag, p. 773-794. Berlín.
- Schwarzacher, W., 1991. Milankovitch cycles and the measurement of time. En: Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (eds.): *Cycles and events in stratigraphy*, Springer-Verlag, p. 855-863. Berlín.
- Simeoni, M., 1995. Microfósiles calcáreos marinos jurásicos de la Formación Lotena en Picún Leufú (Neuquén), Argentina. 6° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas: 255-264. Trelew.
- Wise, S. y Wind, H., 1977. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP Leg 36 drilling on the Falkland Plateau, SW. Atlantic Sector of the Southern Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 36: 269-491. Washington.

Recibido: 19 de junio, 1999

Aceptado: 26 de noviembre, 1999