

# Microfacies carbonáticas de la Formación San Juan (Ordovícico: zonas de conodontos *Oepikodus evae* y *Oepikodus intermedius*), Niquivil, Precordillera Central, Provincia de San Juan (Argentina)

Tatiana Soria<sup>(1)</sup>, Matilde Beresi<sup>(2)</sup>, Ana Mestre<sup>(1)</sup>, Susana Heredia<sup>(1)</sup> y María Cecilia Rodríguez<sup>(2)</sup>

(1) CONICET - Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones Mineras, Urquiza y Libertador, 5400 San Juan, Argentina. [tsoria@unsj.edu.ar](mailto:tsoria@unsj.edu.ar), [amestre@unsj.edu.ar](mailto:amestre@unsj.edu.ar), [sheredia@unsj.edu.ar](mailto:sheredia@unsj.edu.ar)

(2) CONICET - CCT - MENDOZA, Av. Ruiz Leal s/nº, Parque Gral. San Martín, 5500 Mendoza, Argentina. [mberesi@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:mberesi@mendoza-conicet.gov.ar)

## RESUMEN

En la presente contribución se realiza la descripción e interpretación de las microfacies carbonáticas de la Formación San Juan (Ordovícico) en la sección de Niquivil, considerando el intervalo estratigráfico comprendido entre las zonas de conodontos *Oepikodus evae* y *Oepikodus intermedius*. El análisis de las microfacies y los conodontos asociados permiten el reconocimiento de diferentes subambientes carbonáticos dentro de la rampa carbonática desarrollada durante el Floiense tardío de la Precordillera Central. Se reconocieron cinco microfacies que, de base a techo, son: M1 *Mudstone-Wackestone* bioclástico; M2 *Wackestone* bioclástico-peloidal; M3 *Wackestone* intra-bioclástico; M4 *Packstone* intra-bioclástico; M5 *Grainstone* peloidal. La interpretación vertical de estas microfacies indica una tendencia hacia la somerización de la rampa carbonática en la sección de Niquivil para el lapso temporal estudiado. El que se correspondería con un ambiente de rampa media de baja energía sin efecto de acción de olas que evoluciona hacia a un ambiente de rampa media-interna, con mayor energía por acción de oleaje y desarrollo de tempestitas.

Palabras claves: carbonatos, Floiense, microfacies, Niquivil, Precordillera

## ***Carbonate microfacies of the San Juan Formation (Ordovician: *Oepikodus evae* and *Oepikodus intermedius* conodont zones), Niquivil, Central Precordillera, Province of San Juan (Argentina)***

## ABSTRACT

*This contribution presents the description and interpretation of carbonate microfacies of the San Juan Formation (Ordovician) at the Niquivil section, considering the stratigraphical interval between the *Oepikodus evae* and *Oepikodus intermedius* conodont zones. The distribution of the microfacies and the conodont assemblages allow us to identify different sub-environments within the late Floian carbonate ramp of the Central Precordillera. Five microfacies were recognized from the base to the top: M1 Bioclastic mudstone-wackestone; M2 Bioclastic-peloidal wackestone; M3 Intra-bioclastic wackestone; M4 Intra-bioclastic packstone; M5 Peloidal grainstone. The vertical distribution of these microfacies indicates a shallowing trend of the carbonate ramp in the Niquivil section for this temporal interval, which suggests a middle ramp environment with low energy, without wave action, and that evolved towards the middle-inner ramp environment with more energy by wave action and development of tempestites.*

Keywords: carbonate, Floian, microfacies, Niquivil, Precordillera

## ABRIDGED ENGLISH VERSION

### Introduction

The San Juan Formation is the most widespread of all the Palaeozoic carbonate successions in Argentina. These outcrops appear like a belt from the south of La Rioja province to the northern Mendoza province (Fig. 1). It is composed of a variety of carbonate rocks that cover the entire range of carbonate textures (Keller, 1999). The Niquivil section is matter of interest due to the good exposures of this formation. Several contributions have been carried out on different subjects such as conodont biostratigraphy and carbonate petrography. The first contribution on conodont biostratigraphy of the San Juan Formation was carried out by Lehnert (1993), recording from the *Prioniodus elegans* zone to probably the "*Eoplacognathus*" *variabilis*/*Microzarkodina flabellum* subzone.

Albanesi et al. (2003, 2006) proposed the Niquivil section as a possible stratotype for the base of the Middle Ordovician Series by the FAD of the conodont *Cooperignathus aranda* (Cooper). An alternative key conodont for this series is *Texania heligma Pohler*, which co-occurred with *C. aranda*.

In the Precordillera, *C. aranda* appears in association with *Oepikodus evae* (Lindström) and *Oepikodus intermedius Serpagli*, among other species, which are considered as typical late Lower Ordovician conodont fauna.

The carbonate microfacies of the San Juan Formation in the Niquivil section have been studied by several authors. Cañas (1995, 1999, 2002) registered five facies associations for the San Juan Formation, in the Cerros La Silla and Niquivil which are: 1, sponge-algal reef-mounds and patch reef facies; 2, skeletal-intraclastic facies; 3, bio-intraclastic and oncolite grainstone facies; 4, nodular limestones facies; and 5, parted and flaggy limestones facies. This author interpreted these facies as representing environments from tidal and agitated shoal environments to deeper, sub-storm wave base, basinal settings, distributed along an open-shelf to the ramp.

The main goals of this contribution are the study and analysis of the carbonate microfacies in the Niquivil section (San Juan Formation) (Fig. 1) in the stratigraphic interval between the *Oepikodus evae* and *Oepikodus intermedius* zones (Fig. 3).

### Stratigraphy

The dominant lithology of the San Juan Formation in the Niquivil section corresponds to limestone of varied textures with abundant macrofauna. The section begins with 36 m of mudstone interbedded with marly wackestone with abundant small fauna, such as crinoids, bryozoans, gastropods, fragments of trilobites and sponges, strongly burrowed and containing nodules of medium size (up to 5 cm). These beds are followed by 40 m of bioclastic wackestone interbedded with bioclastic packstone, which were interpreted as tempestites. The marly carbonate and the macrofauna participation into the succession decrease toward the top. The section finishes with 8 m of peloidal grainstone-packstone (Fig. 2).

### Analysis of carbonate microfacies

The descriptions of polished thin sections allow the association of carbonate microfacies definition and the interpretation of the sub-environments within the carbonate ramp. We recognized five microfacies in the studied section which are (from base to the top) (Fig. 4): M1 bioclastic mudstone-wackestone; M2 bioclastic-peloidal wackestone; M3 intra-bioclastic wackestone; M4 intra-bioclastic packstone; M5 peloidal grainstone.

In the base of the studied section the *Oepikodus evae* Zone is recorded, comprising the samples A to B1 and the microfacies 1. The conodont *O. evae* is characterized by shallow environment preferences, suitable to the precipitation of carbonate mud. The presence of slightly reworked fauna indicates an environment of low energy on the middle ramp within the photic zone and far away from the influence of waves. Conodonts from the *Oepikodus intermedius* Zone are recognized from the samples C1 + up to Ka2 +. This part of the section is dominated by the 2, 3, 4 and 5 microfacies; suggesting a mid-inner ramp environment with increase of energy, development of tempestite beds and a decrease in the fauna.

The shallowing trend finishes with grainstone from the inner ramp environment (M5), where the fine sediment is washed by constant agitation of the waves (Fig. 5). This facies is composed of grain, peloids and some intraclasts, which indicates high energy in the subtidal environment.

## Introducción

La Precordillera es una unidad morfoestructural que se extiende a lo largo de las provincias de San Juan y Mendoza. Está caracterizada por sedimentitas marinas del Paleozoico Inferior y depósitos continentales del Paleozoico Superior, Triásico y Cenozoico. Por sus características estratigráficas y estructurales la Precordillera se divide en Precordillera Occidental (Baldis *et al.*, 1982), Central (Baldis and Chebli, 1969) y Oriental (Ortiz and Zambrano, 1981). La Precordillera Central se caracteriza principalmente por exhibir extensos afloramientos de rocas carbonáticas de plataforma de edad ordovícica temprana.

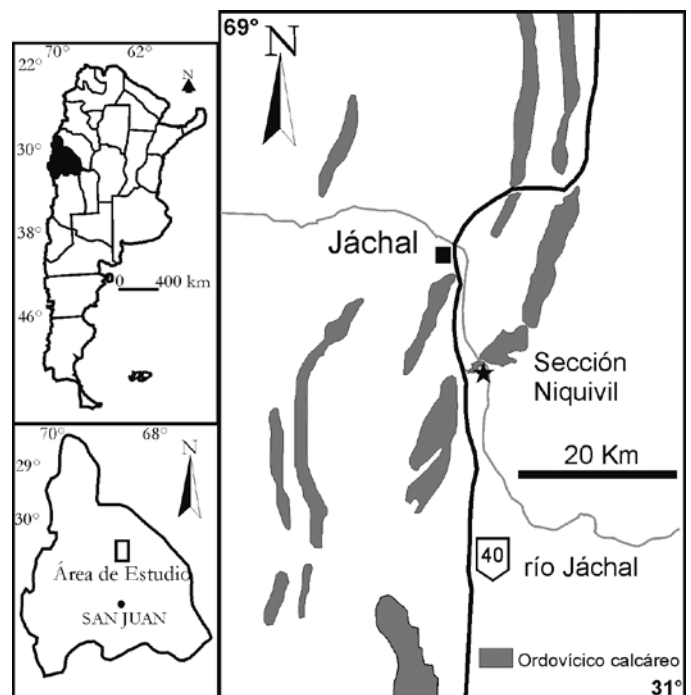
La sección de Niquivil se ubica aproximadamente a 124 km al noroeste de la ciudad de San Juan, en el cordón de La Silla, en la Precordillera Central Sanjuanina (Fig. 1). En esta sección, la Formación San Juan ha sido ampliamente estudiada en sus aspectos bioestratigráficos por varios autores. Lehnert (1993) reconoce las asociaciones de conodontos pertenecientes a las zonas *Prioniodus elegans*, *Oepikodus evae* y *Oepikodus intermedius*. Albanesi and Carrera (2001) y Albanesi *et al.* (2003, 2006) proponen a la sección de Niquivil como el estratotipo para la base del Ordovícico Medio, considerando el FAD del conodonto *Cooperignathus aranda* (Cooper), como la especie guía del inicio del Dapingiense. Este lapso que incluiría el límite Ordovícico Inferior y Medio fue interpretado por Cañas (1999) como el registro de un ambiente de rampa media, representado por *wackestone* esqueletales y niveles de *grainstone* intraclásticos.

Las faunas de braquiópodos en la sección de Niquivil fueron descritas por Herrera and Benedetto (1991) y Benedetto (1998, 2002). Según estos autores, la Zona de *Huacoella radiata* es aproximadamente coincidente con la Zona *O. evae* y la Zona de *Niquivilia extensa* sería equivalente a la Zona de *O. intermedius*. Cech and Carrera (2002) realizaron un análisis paleoecológico de las comunidades de organismos desarrolladas durante el Ordovícico Inferior-Medio, proponiendo cuatro comunidades diferentes incluidas en las Zonas de *Huacoella* y *Niquivilia*.

Las litofacies de la Formación San Juan han sido agrupadas en forma general por Cañas (1995, 1999, 2002) en cinco asociaciones de facies, las cuales indican ambientes de mar abierto. En una contribución posterior, Cañas and Carrera (2003) reconocieron arrecifes de microbialitos-*Zondarella-Calathium* que aparecen en una sucesión de *grainstone* intraclásticos de pelmatozoos en las clásicas secciones de La Silla, Niquivil y San Roque, y cuya edad se asignó a la Zona de *Baltoniodus navis* (Albanesi *et al.*, 2003),

sin brindar mayores precisiones sobre las relaciones verticales, temporales y laterales de estas facies.

Esto motiva que en la presente contribución se tome como referencia el lapso estratigráfico comprendido entre las Zonas de *O. evae* y *O. intermedius*, pues es durante este intervalo que se verifica un cambio sedimentario en la cuenca de Precordillera, quedando ejemplificado en esta típica sección, siendo el principal objetivo de este trabajo el estudio de detalle y análisis de la distribución vertical de las microfacies carbonáticas de la Formación San Juan en la sección de Niquivil en el intervalo comprendido entre dichas biozonas.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la zona de estudio, sección de Niquivil, Precordillera Central, Provincia de San Juan.

**Figure 1.** Location map of the study area, Niquivil section, Central Precordillera, Province of San Juan.

## Estratigrafía

Las calizas de la Formación San Juan exhiben variadas texturas carbonáticas que abarcan desde *mudstone* a *grainstone* con macrofauna indicativa de mar abierto (Cañas, 1995). Este autor reconoce cinco asociaciones de facies, en forma general, distribuidas en toda la Precordillera, correlativas regionalmente: 1, *facies de montículos arrecifales-algales*, que están compuestas por *rudstone*, *grainstone* y *packstone*

con pequeños biohermos de composición biótica variada, desarrollados en un ambiente de rampa interna; 2, *facies intraclásticas-esqueletales*, consiste en *wackestone* esqueletales, conglomerados intraclásticos y *packstone-grainstone* intraclásticos, estas litologías fueron depositadas en un rampa media; 3, *facies de grainstone biointraclástico y oncolítico*, son capas de *rudstone* y *grainstone* con oncoides, *Girvanella* e intraclastos retrabajados, depositadas en un ambiente de rampa interna; 4, *facies de calizas nodulares*, compuesta por *wackestone* depositados en aguas quietas, en ambiente marino abierto por debajo de la base de olas de tormentas; y 5, *facies de calizas bandeadas*, compuesta por *wackestone* bioclástico en parte *packstone* y *grainstone*, la misma ocurre en el intervalo transicional (transfacies de Baldis and Beresi, 1981) entre los carbonatos de rampa de la Formación San Juan y la base de las pelitas negras de la Formación Gualcamayo, y representaría la transición a facies de rampa distal.

Cañas (1995) interpretó la distribución de estas facies como la evidencia de un aumento de la profundidad en la base de la Formación San Juan, concomitantemente con un cambio en la configuración de la cuenca, que podría estar relacionado con un ascenso eustático del nivel del mar o también con un evento de tectónica extensional a nivel regional. Estas asociaciones de facies registran una secuencia transgresiva-regresiva-transgresiva para la Formación San Juan.

### Metodología y materiales

Se realizó un perfil estratigráfico de 82 m de espesor (Fig. 2), con la recolección de 22 muestras carbonáticas, con pesos aproximadamente de 3 kg para conodontos, láminas delgadas y secciones pulidas, tomando como referencia las muestras y nomenclaturas utilizadas por Albanesi et al. (2006). Las muestras se procesaron químicamente con ácido fórmico al 10 %, y sus residuos se separaron con tamices 40, 80 y 120 mallas (ASTM). La recuperación de conodontos se realizó mediante "picking" bajo lupa binocular. Se reconocieron además de conodontos, espículas de poríferos, fragmentos de valvas de braquiópodos, artejos de crinoideos y foraminíferos glauconizados. El color de los conodontos recuperados corresponde a un valor de 2-3 del CAI (Color Alteration Index de Epstein et al., 1977). La conservación de los conodontos es buena, en algunos casos presentan la textura superficial alterada. Los conodontos recuperados son ejemplares frágiles y de pequeño tamaño, lo que nos ha llevado a considerar si estos se

corresponderían con elementos juveniles exclusivamente (*nursery*), o son formas de pequeño tamaño debido al estrés ambiental. Los conodontos se han depositado en la colección del INGEO (Universidad Nacional de San Juan) bajo las siglas INGEO-MP y se fotografiaron con Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) en el MEBByM, CCT-Mendoza.

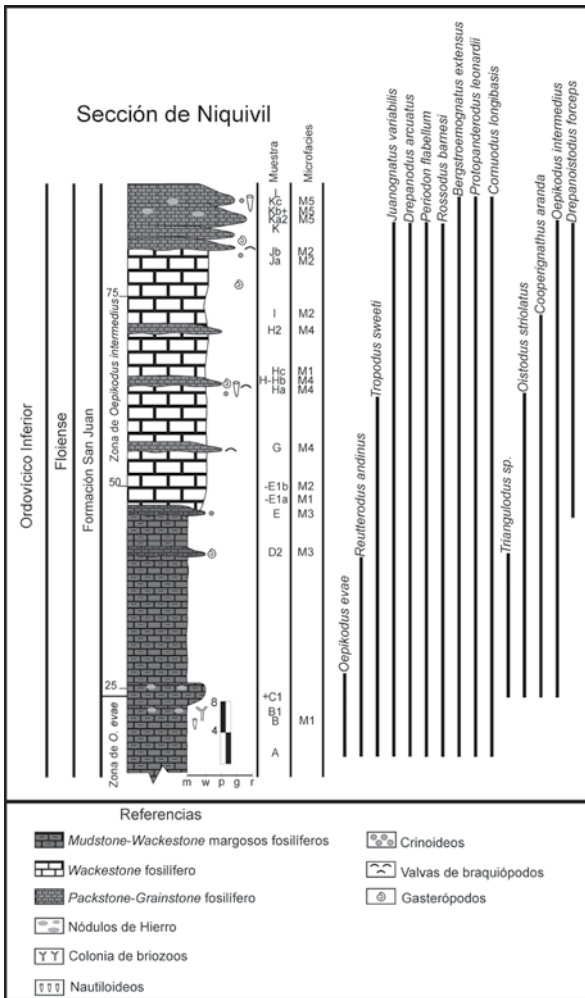
Las muestras recolectadas para la descripción de secciones pulidas y láminas delgadas se identificaron con su correspondiente orientación. Las microfotografías fueron tomadas con Microscopio óptico. Se analizaron 20 muestras con su correspondiente sección pulida y lámina delgada. Se fotografiaron con microscopio petrográfico y se eligieron los niveles más representativos.

### Descripción del perfil

El perfil comienza con 36 m de *mudstone* intercalados con niveles de *wackestone* margosos, con abundante fauna de pequeño tamaño, principalmente se observaron artejos y placas de crinoideos, secciones de briozoos, gasterópodos, fragmentos de trilobites y espículas de poríferos. Los estratos presentan abundante bioturbación, además contienen nódulos de hierro de hasta 5 cm. Estos niveles corresponden a las muestras A, B1, C, C1+, D2 y E. Por encima de estos niveles continúan 40 metros de *wackestone* bioclásticos con algunos niveles más gruesos hacia el techo, representados por *packstone* con concentraciones bioclásticas; se observó un aumento de la cantidad de gasterópodos entre las muestras H y J. A lo largo del perfil se reconocen niveles intraclásticos de 2 a 5 cm (muestras G, H, H2, I, J), similares a los identificados en la quebrada de Talacasto (Soria et al., 2013). El perfil culmina con *grainstone-packstone* peloidales de 8 metros de espesor. El contenido margoso disminuye hacia el techo, como así también la cantidad de macrofauna, muestras K, Ka2, Kb+, Kc, y L (Fig. 2).

### Consideraciones preliminares sobre la bioestratigrafía de conodontos

Lehnert (1993) presenta la primera contribución sobre bioestratigrafía de conodontos en la sucesión carbonática de la Formación San Juan en la sección de Niquivil, registrando desde la Zona de *P. elegans* hasta posiblemente la subzona de "*Eoplacognathus*" *variabilis*/*Microzarkodina flabellum*. Es conveniente destacar que en Baltoescandinavia, la especie *Microzarkodina flabellum* (Lindström) aparece en el intervalo



**Figura 2.** Sección estratigráfica de la Formación San Juan con distribución de las especies de conodontos y microfacies carbonáticas asociadas.

**Figure 2.** Stratigraphic section of the San Juan Formation, distribution of the conodont species and associated carbonate microfacies.

comprendido por las zonas de *B. triangularis*, *B. navis* y *Paroistodus originalis* (Löfgren and Tolmacheva, 2008) indicando una edad Dapingiense, por lo que no aparece en asociación con *Lenodus variabilis* del Darriwiliense inferior.

Como ya se expresó, Albanesi et al. (2003, 2006) consideran a la sección de Niquivil como posible estratotipo de la base del Ordovícico Medio por la primera aparición del conodonto *Cooperignathus aranda*, llevando a cabo un pormenorizado análisis de la conodontofauna en el intervalo de aparición de esta especie. La distribución vertical de *C. aranda* en otras regiones fuera de la Precordillera ha sido motivo de estudio en la contribución de Albanesi et al. (2003). En Baltoscandinavia, *C. aranda* aparece en la parte superior de la Zona *O. evae*, o en la Zona *Trapezognathus diprion* según Bagnoli and Stouge (1997). En la Cuenca Amadeus, centro de Australia, *C. aranda* se registra en las zonas de *O. evae* y *Baltoniodus triangularis* – *B. "navis"* (Cooper, 1981). En el sur de China, *C. aranda* se encuentra desde la parte superior de la Zona de *O. evae* hasta la parte inferior de la Zona de *B. triangularis* en la Formación Dawan (Wang et al., 2003). La primera aparición de *C. aranda* junto con *T. heligma* se verifica dentro de la Zona de *Isograptus victoriae lunatus* en Terranova occidental (Johnston and Barnes, 1999).

Si bien *C. aranda* es considerada una especie guía y su primer registro coincide, en Precordillera, aproximadamente con *O. intermedius*, el número de ejemplares es escaso por kilo de roca a diferencia de *O. intermedius* que es una especie más abundante en el registro de este intervalo. De hecho se reconoce como definitorio del lapso temporal la Zona de *O. intermedius* (Albanesi, 1998; Albanesi et al., 2003, 2006).

Series	Pisos	China (Li et al., 2010)	Baltoscandinavia (Bagnoli and Stouge, 1997)	Newfoundland (Johnston and Barnes, 1999)	Norte América (Landing, 1976)	Argentina	
						Cordillera Oriental (Carlorosi et al., 2013)	Precordillera (Soria et al., 2013)
Ordovícico Inferior	Floiense	<i>B. cf. B. triangularis</i>	<i>Microzarcodina</i> sp. A	<i>Oepikodus evae</i>	<i>Reutterodus andinus</i>	<i>B. cf. B. triangularis</i>	<i>Oepikodus intermedius</i>
		<i>Trapezognathus dripion</i>	<i>Trapezognathus dripion</i>			<i>Trapezognathus diprion</i>	
		<i>Oepikodus evae</i>	<i>Oepikodus evae</i>			<i>Oepikodus evae</i>	
		<i>Oepikodus communis</i>	<i>Prioniodus elegans</i>	<i>Prioniodus elegans</i>	<i>Oepikodus communis</i>		

**Figura 3.** Cuadro bioestratigráfico de conodontos del Floiense de Precordillera.

**Figure 3.** Floian Conodonts biostratigraphical chart of Precordillera.

## Conodontos

La fauna de conodontos recuperada en la sección de Niquivil está compuesta por las siguientes especies: *Bergstroemognathus extensus* Serpagli (Graves and Ellison), *Cornuodus longibasis* (Lindström), *Cooperignathus aranda*, *Drepanodus arcuatus* Pander, *Drepanoistodus forceps* (Lindström), *Juanognathus variabilis* Serpagli, *Oepikodus evae*, *Oepikodus intermedius*, *Oistodus striolatus* Serpagli, *Periodon flabellum* (Lindström), *Protopanderodus leonardii* Serpagli, *Reutterodus andinus* Serpagli, *Rossodus barnesi* Albanesi, *Tropodus sweeti* (Serpagli) y *Triangulodus* sp.

El FAD del conodonto guía *O. intermedius* (Fig. 4), en la muestra C1+, es indicativo de una edad Floiense tardía para la Formación San Juan en el tramo considerado del perfil, dando comienzo a la biozona homónima. La especie *C. aranda* aparece en asociación con *O. evae*, *O. intermedius*, *B. extensus* y *R. andinus*, que representan la fauna típica del Ordovícico Inferior tardío (Floiense) en Precordillera.

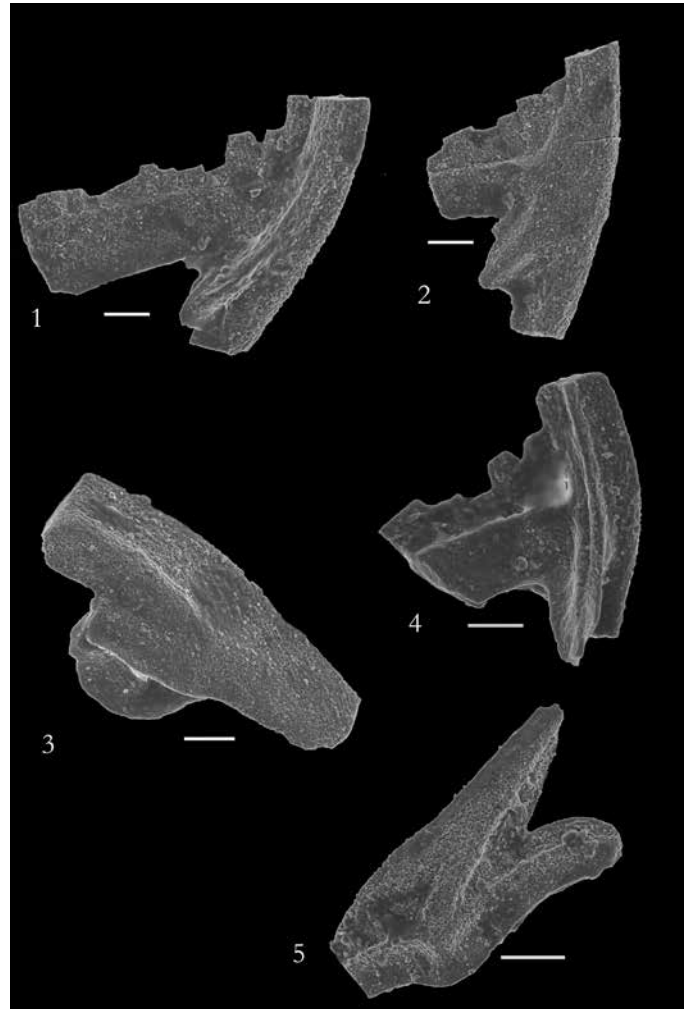
## Microfacies carbónicas: descripción e interpretación

El término microfacies comprende un conjunto de criterios sedimentológicos y paleontológicos, generalmente determinados a través del estudio petrográfico de pulidos y secciones delgadas, con objeto de obtener una interpretación paleoambiental y de la historia genética de la roca carbonática.

En la petrología sedimentaria moderna de rocas carbonáticas, la clasificación de las mismas se hace en función de los elementos texturales que la componen y de la fábrica de éstas. Las clasificaciones más conocidas y usadas son las de Folk (1962), Dunham (1962) y su modificada de Embry y Klovan (1971).

La clasificación de Dunham (1962), empleada en esta contribución, utiliza como criterio de clasificación los porcentajes relativos de granos (aloquímicos, intraclastos y terrígenos) y de barro (micrita) y la disposición de estos elementos (fábrica), no hace referencia al tamaño de los granos ni al tipo de estos. Esta clasificación presenta como ventaja su fácil utilización en terreno, debido a que los nombres son colocados dependiendo de la textura depositacional de la roca, y tienen connotaciones en cuanto a la energía del medio sedimentario.

La descripción de secciones pulidas y láminas delgadas permite analizar la asociación de microfacies e interpretar los subambientes carbonáticos dentro de la rampa carbonática. Se reconocieron y se agruparon cinco microfacies a lo largo de la sección estudiada, que se describen de base a techo del perfil (Fig. 5).



**Figura 4.** Microfotografías de Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de conodontos de la Formación San Juan. El segmento indica en las figuras 1 a 4 50µm y en 5 100µm. 1-4, *Oepikodus intermedius* Serpagli. 1, Elemento Sd, vista lateral, muestra G. INGEO-MP 3534 (3). 2, Elemento Sc, vista lateral, muestra G. INGEO-MP 3534 (4). 3, Elemento M, vista lateral, muestra G. INGEO-MP 3534 (5). 4, Elemento Pb, vista lateral, muestra G. INGEO-MP 3534 (6). 5, *Cooperignathus aranda* (Cooper), elemento M, vista lateral, muestra +C1. INGEO-MP 3512 (4).

**Figure 4.** Microphotographs of Scanning Electron Microscope of conodonts of the San Juan Formation. The bar indicates in figures 1 to 4, 50 µm and in 5, 100 µm. 1-4, *Oepikodus intermedius* Serpagli. 1, Sd element, lateral views, sample G. INGEO-MP 3534 (3). 2, Sc element, lateral views, sample G. INGEO-MP 3534 (4). 3, M element, lateral views, sample G. INGEO-MP 3534 (5). 4, Pb element, lateral views, sample G. INGEO-MP 3534 (6). 5, *Cooperignathus aranda* (Cooper), M element, lateral views, sample +C1. INGEO-MP 3512 (4).

## **Microfacies 1: Mudstone - Wackestone bioclástico (Muestras A, B, B1, C+, D2, E, -E1a, E1c, Jb)**

Compuesta por matriz micrítica fina de color pardo claro a oscuro (80%), con desarrollo de cemento

esparítico en forma de parches (20%). Los componentes aloquímicos (7 a 15%) están constituidos por bioclastos (45%) y en menor proporción por intraclastos (25%), peloides (15%) y ooides (15%). Los bioclastos son principalmente artejos de crinoideos (30%), de secciones circulares y pentagonales, algunos reemplazados por esparita, secciones transversales de algas calcáreas (*Halysis moniliformis* Høeg, 1932) (20%), valvas articuladas de ostrácodos aisladas (15%) y valvas articuladas y aisladas de braquiópodos (10%) (Fig. 5 A), fragmentos de trilobites (10%), gasterópodos reemplazados por cemento esparítico (10%) y conodontos (5%), además de restos no identificables. Los intraclastos están micritizados. Los ooides contienen núcleos terrígenos. Se observan además venas de relleno dolomítico y de pirita secundaria.

**Interpretación.** Esta microfacies se caracteriza por la abundante presencia de fango micrítico, el que aparece representado por niveles de *mudstone* que se alternan con *wackestone*, indicando fluctuaciones cíclicas del nivel del mar. La presencia de algas calcáreas (*Halysis moniliformis*), indicaría condiciones dentro de la zona fótica. La fauna está poco retrabajada y la matriz micrítica es homogénea, lo que manifiesta condiciones de baja energía y circulación moderadas, propias de un ambiente de rampa media, alejadas de la influencia de olas.

### **Microfacies 2: Wackestone bioclástico-peloidal (Muestra -E1b, I)**

Compuesta por matriz micrítica fina de color gris oscuro (80%), con desarrollo de cemento esparítico en mosaico drúsico (20%). Los componentes aloquímicos (15%) están constituidos en su mayoría por bioclastos (40%) y en menor proporción por peloides (30%), ooides (10%), e intraclastos (10%) y formas esféricas indeterminadas (10%).

Los bioclastos dominantes corresponden a valvas de ostrácodos (40%), de braquiópodos articulados, algunas con espinas (20%) (Fig. 5 G), artejos y tallos de crinoideos (10%), algas calcáreas (*Halysis moniliformis*) (10%), espículas de esponjas monoaxonas (5%), fragmentos de briozoarios coloniales (5%), trilobites (5%) (Fig. 5 F) y gasterópodos (5%).

La mayoría de los bioclastos y ooides se presentan recristalizados. Como componentes accesorios se observaron cristales aislados de dolomita de pequeño tamaño y parches de micrita peloidal. En algunos sectores existe una mayor concentración y agrupación de peloides.

**Interpretación.** Los peloides pueden ser producidos directamente por algas y cianobacterias, también

son considerados como cementos formados por la participación microbiana, y caracterizan ambientes someros de rampa media con baja energía, por debajo del nivel de base de ola. Los ooides se habrían formado por el movimiento de vaivén de partículas carbonáticas o terrígenas por acción del oleaje. Los tipos de bioclastos asociados son indicativos de aguas submareales (principalmente espículas de esponjas, crinoideos) pero están presentes en baja proporción, lo que sumado al predominio de valvas de ostrácodos se interpreta que han sido redepositados en ambientes más someros donde se han preservado peloides y ooides.

### **Microfacies 3: Wackestone intra-bioclástico (Muestra D2 y E)**

Esta microfacies se caracteriza por una matriz micrítica de color pardo oscuro (70%) y en menor proporción por cemento esparítico en mosaico drúsico (30%). Los componentes aloquímicos (20%) son principalmente bioclastos (40%) e intraclastos (40%) y en menor proporción peloides (20%) (Fig. 5 D).

Los bioclastos están constituidos en un elevado porcentaje por secciones transversales de algas calcáreas (*Halysis moniliformis*) (30%), valvas de ostrácodos (20%), valvas sueltas de braquiópodos (20%), fragmentos de trilobites (10%) (Fig. 5 B), artejos de crinoideos (10%) (Fig. 5 C) y gasterópodos (10%).

Los intraclastos se presentan micritizados y ferruginizados; algunos incluyen valvas de ostrácodos. Como componente accesorio se observó la presencia de dolomita en cristales aislados, de pequeño tamaño. En las secciones pulidas se identificaron elementos conodontales indeterminables.

**Interpretación:** Los intraclastos son comunes en ambientes someros caracterizados por regímenes dominantes de olas y mareas que continuamente retrabajan el fondo (Flügel, 2010) y fragmentan los bioclastos, pero pueden ser transportados hacia ambientes más profundos o más someros. La presencia de intraclastos y bioclastos, así como los fragmentos de algas calcáreas, indican un ambiente somero con energía de olas y mareas, propio de una rampa media proximal.

### **Microfacies 4: Packstone intra-bioclástico (G, H, Hb, H2)**

Microfacies compuesta por matriz micrítica de color gris oscuro (50%), con desarrollo de cemento esparítico (50%). Los componentes aloquímicos (50%)

están constituidos en su mayoría por intraclastos (40%), bioclastos (20%) y en menor proporción por peloides (15%), ooides (15%) y agregados de granos (10%).

Los bioclastos corresponden a secciones de algas calcáreas (*Halysis moniliformis*) (30%) (Fig. 5 E), valvas de ostrácodos (20%), artejos de crinoideos (20%), fragmentos de trilobites (10%), valvas de braquiópodos con espinas (10%) y gasterópodos micritizados (10%). Los bioclastos e intraclastos están micritizados. Los ooides presentan núcleo terrígeno. La muestra H tiene una mayor cantidad de bioclastos, principalmente valvas de braquiópodos, mientras que las muestras Hb y H2, además de bioclastos, tienen mayor porcentaje de intraclastos.

*Interpretación.* Los intraclastos son fragmentos removilizados en la cuenca y luego depositados, indicando acción de olas o mareas. Los bioclastos asociados a intraclastos, peloides y ooides indicarían transporte a ambientes más someros y de mayor energía, típico de rampa interna.

#### **Microfacies 5: Grainstone peloidal (K, +Ka2, +Kb, Kc, L)**

Microfacies compuesta predominantemente por cemento esparítico tipo inequigranular (100%) rellenando los espacios entre granos. Los componentes aloquímicos están constituidos principalmente por peloides (70%) cuyos tamaños oscilan en 200µm y en menor proporción bioclastos (30%), con escasos artejos de crinoideos, valvas aisladas de braquiópodos, gasterópodos glauconizados y secciones de *Nuia* (Fig. 5 H). En la muestra +Ka2 se observaron únicamente intraclastos.

*Interpretación:* Este depósito compuesto por granos, principalmente peloides, y en algunos casos por intraclastos, indican alta energía en ambiente del límite entre rampa interna y media, sujeto a la constante agitación de las olas y remoción del sedimento fino de la matriz (Beresi *et al.*, 2012). Estos depósitos forman barras mecánicamente construidas. Teniendo en cuenta el tamaño de los peloides se los puede considerar como producto de la actividad bioerosional a partir de organismos (Flügel, 2010). Muchos *grainstone* de ambientes de rampa marina tienen una escasez de constituyentes bióticos o contienen una biota específica indicando condiciones inadecuadas para muchas especies con respecto a la salinidad y el sustrato. La presencia de glauconita es característica de ambientes con bajas tasas de sedimentación asociada generalmente a niveles condensados dentro de los ciclos de variación del nivel del mar. Se forma en la zona de interfase sedimento-agua del mar y está

asociada a microambientes que poseen condiciones reductoras (Fernández-Bastero *et al.*, 2000). La porosidad y la microfisuración controlan la formación de la glauconita (Di Paola and Spiegelman, 1984).

#### **Interpretación paleoambiental**

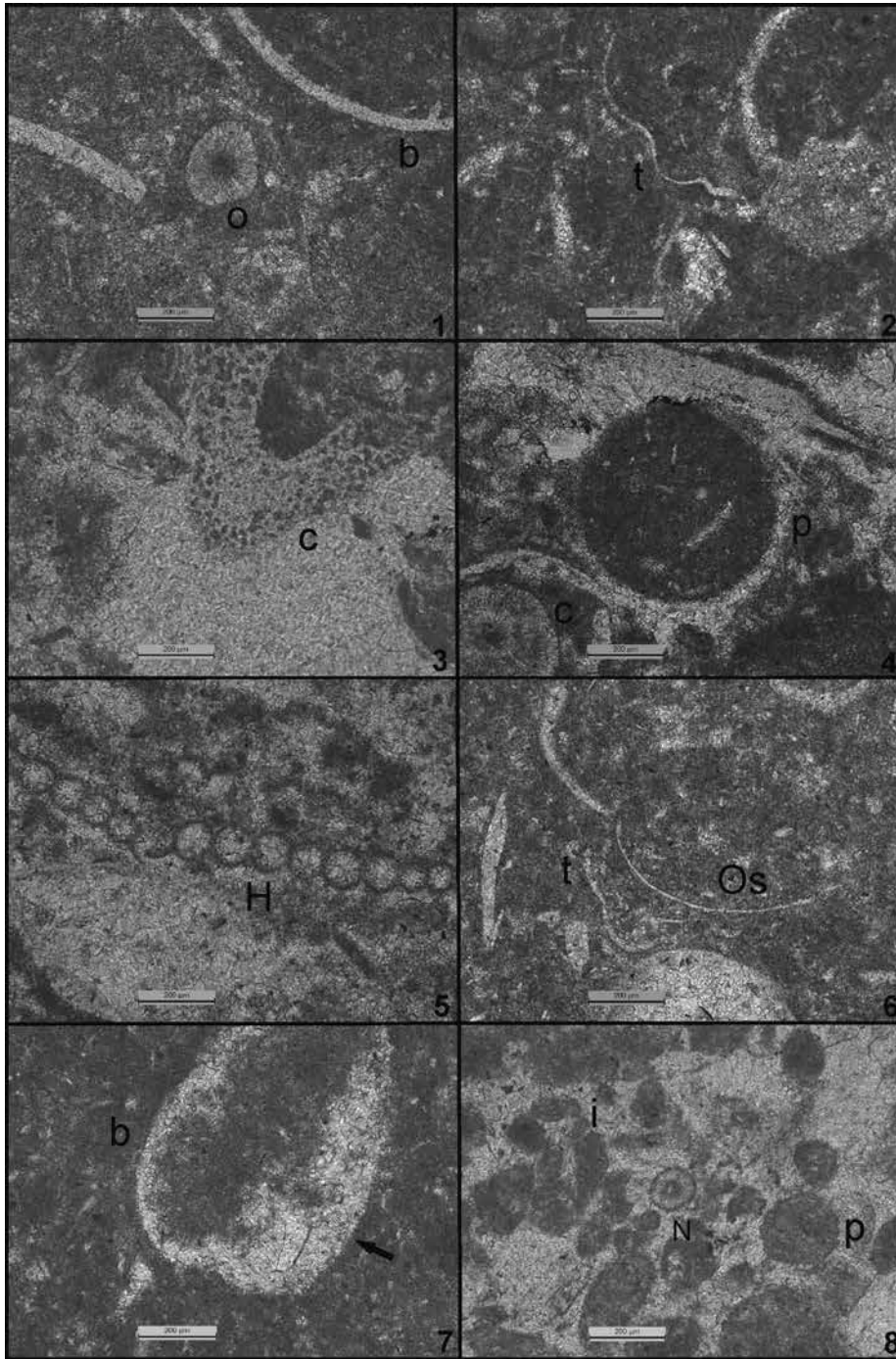
La evolución vertical de las microfacies refleja una alternancia de periodos de sedimentación normal con otros que son producto de sedimentación por la acción de olas de tormentas. Durante la sedimentación normal, se desarrolla la facies M1, en la cual predomina lodo micrítico con fauna poco retrabajada y la presencia de algas calcáreas. Estas características indican un ambiente de rampa media de baja energía dentro de la zona fótica y alejada de la influencia de las olas, donde el único movimiento de las aguas sería producido por las mareas (Cabaleri *et al.*, 2002). El retrabajo de las olas produce acumulación de intraclastos, peloides y ooides (M2 y M3) en un ambiente de rampa media proximal. La sucesión culmina con *packstone - grainstone* de un ambiente de rampa media-interna (M4 y M5) de alta energía y sujeta a la constante agitación de las olas, dando lugar a la formación de barras construidas mecánicamente (Fig. 6). Esta tendencia a la somerización de la rampa carbonática en la sección de Niquivil coincide con los cambios globales del nivel del mar propuestos por Nielsen (2011) para el Ordovícico Inferior alto, donde globalmente se registra una fuerte caída del nivel del mar.

#### **Discusión**

Actualmente existen pocos trabajos sobre microfacies carbonáticas que traten temas de detalle y aspectos puntuales como el propuesto en esta contribución. Entre ellos se pueden citar a modo de ejemplo, pero para otro lapso temporal, los de Mestre (2010, 2011).

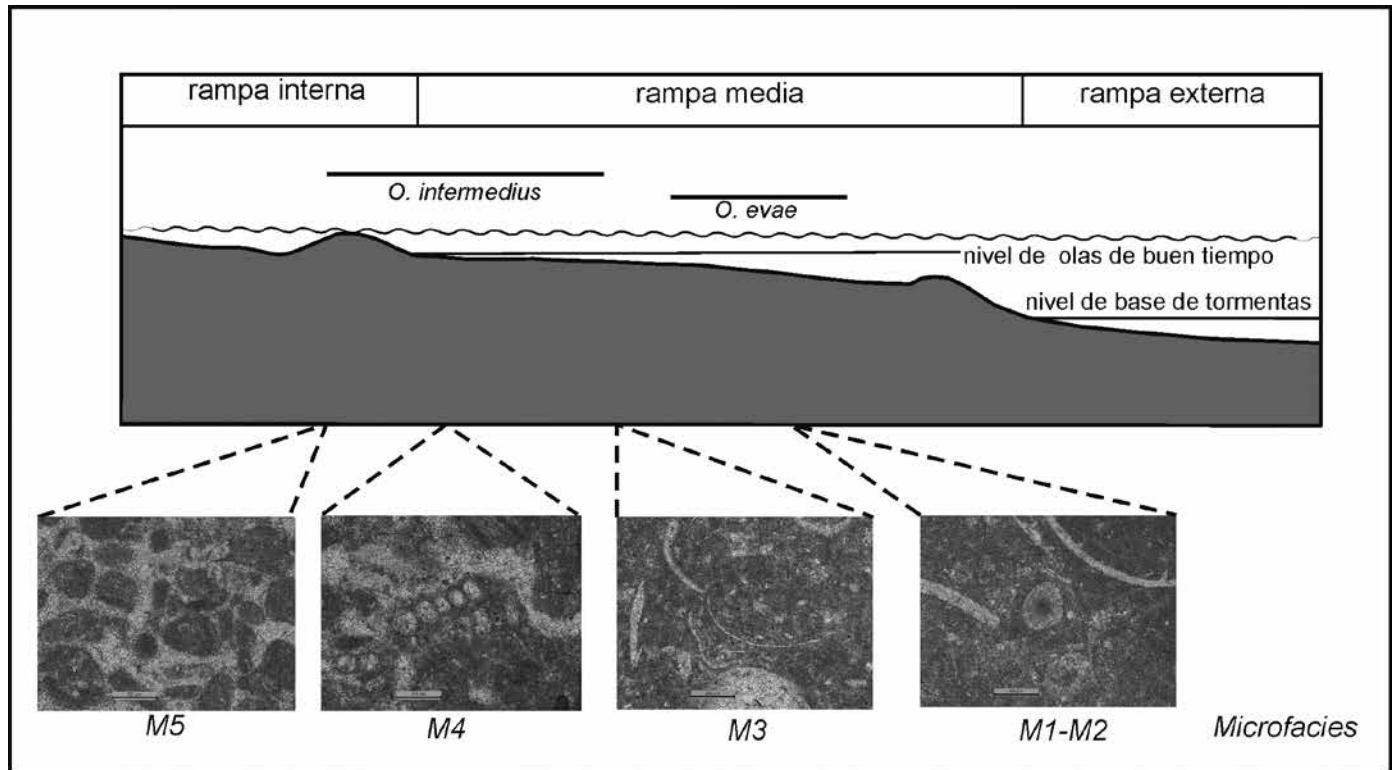
Heredia *et al.* (2009) realizaron un estudio bioestratigráfico y sedimentológico sobre los términos de la Formación San Juan aflorante en la sección de Salagasta (Mendoza), registrando el lapso temporal que involucra el pase entre la zonas de *O. evae* y *O. intermedius*, el que se verifica en el último metro de dicha unidad. Estos autores reconocen para estos niveles de la Formación San Juan una asociación de microfacies que permite proponer un ambiente desde intertidal bajo a subtidal somero, de aguas bien oxigenadas con desarrollo de barras frontales bioconstruidas. En esta sección la Formación San Juan pasa





**Figura 5.** Microfotografías de láminas delgadas de la Sección de Niquivil. 1. *Mudstone-Wackestone* bioclástico, muestra C+. Detalle de valva de braquiópodo (b), sección de ooides (O) inmersos en una matriz micrítica. 2-4, *Wackestone* intra-bioclástico, muestra E. 2, Sección de trilobites (t). 3, placa de crinoideo (C), en forma de luna. 4, artejo de crinoideo (C) y peloides micritizado (p). Se observa un mayor contenido de cemento esparítico. 5, *Packstone* intra-bioclástico, muestra H. Sección de alga *Halysis moniliformis* (H) (Høeg, 1932). 6-7, *Wackestone* bioclástico peloidal, muestra I. 6, Sección de trilobites (t) y valvas de ostrácodos (Os). 7, Valva de braquiópodo con detalle de relleno geopetal (b). 8, *Grainstone* peloidal, muestra K. Intraclastos (i), peloides (p) y problemática alga *Nuia* (N), rodeadas de cemento esparítico.

**Figure 5.** Microphotographs of thin sections of the Niquivil Section. 1, *Bioclastic mudstone-wackestone*, sample +C1. Detail of brachiopod shell (b), section of ooids (O) in micritic matrix. 2-4, *Intra-bioclastic wackestone* sample E. 2, trilobite section (t). 3, plate of crinoid (C), in moon-shaped. 4, crinoid (C) and peloid micritized (p). A higher content of sparitic cements observed. 5, *Intra-bioclastic packstone*, sample H. alga *Halysis moniliformis* (H) (Høeg, 1932) section. 6-7, *Bioclastic peloidal wackestone*, sample I. 6, trilobite section (t) and ostracods shells (Os). 7, Brachiopod shell detail geopetal fabric (b). 8, *Peloidal grainstone*, sample K. Intraclasts (i), peloids (p) and problematic alga *Nuia* (N), surrounded sparry calcite cement.



**Figura 6.** Evolución de la rampa carbonática para el Ordovícico Inferior de la Precordillera en la sección de Niquivil.  
**Figure 6.** Evolution of the carbonate ramp for the Lower Ordovician of the Precordillera in the Niquivil section.

de forma transicional a la Formación Gualcamayo de edad Floiense-Dapingiense.

Heredia *et al.* (2009) interpretan el punto de máxima somerización representado por las barras de *grainstone* con crinoideos con las brechas de flanco, dentro de la parte mas alta de la Zona de *O. evae* y la base de *O. intermedius*. Estas interpretaciones presentan cierta correspondencia con lo registrado en la sección de Niquivil, con la diferencia que en la sección de Salagasta, se registra el pase estratigráfico con los niveles basales de la Formación Gualcamayo que se corresponden con un ambiente de baja energía y poco oxigenado. Este pase marca el inicio de ingreso de materiales clásticos muy finos en suspensión a la cuenca que ahoga la fábrica carbonática hacia fines del Ordovícico Inferior en este sector de la Precordillera, sin representar necesariamente, un importante cambio en la profundidad de la rampa.

Carrera (2001) mediante el análisis de la distribución vertical y lateral de un conjunto de biofacies definidas para la Formación San Juan, realiza una interpretación de las variaciones de las curvas del nivel del mar, reconociendo 3 ciclos transgresivos (TST) y 2 regresivos (RST). El primer ciclo transgresivo comienza en la base de la Formación San Juan y

presenta su máximo (MSF) en el pase de las zonas de *O. evae* y *O. intermedius*, le sigue el primer ciclo regresivo que llega a su máximo en la base de la Zona de *B. navis*. Albanesi *et al.* (2006) ratifica estas conclusiones sobre el estudio de las conodontofaunas en la sección de Niquivil, inferidos en la figura 10 de Albanesi *et al.* (2006, tomada de Carrera, 2001).

Estas interpretaciones resultan contradictorias al ser contrastadas con los datos aportados por este estudio bioestratigráfico y de microfacies carbonáticas. Como ya se mencionó para la presente contribución se muestrearon y procesaron los mismos niveles señalados en la sucesión estudiada por Albanesi *et al.* (2006).

Nuestras observaciones de campo permiten ubicar el máximo de nivel de mar alto (HST) en la parte media de la Zona *O. evae* (20 metros por debajo de la muestra A) y no en la base de la Zona de *O. intermedius*. Esta última biozona registra en la Precordillera una tendencia somerizante que presenta su máxima expresión con el desarrollo de barras construidas mecánicamente que probablemente quedarían restringidas al Floiense alto como sucede en la sección de Talacasto (Soria *et al.*, 2013).

## Conclusiones

El estudio de la sucesión carbonática de la Formación San Juan en Niquivil, ha permitido diferenciar un total de 5 microfacies (M1-M5) en el lapso comprendido entre las zonas de *O. evae* y *O. intermedius*. El análisis detallado de las mismas, ha hecho posible agruparlas según su textura carbonática. En función de sus componentes ortoquímicos y aloquímicos, se ha podido interpretar y diferenciar las microfacies que son producto de la sedimentación normal, de aquellas producidas durante la sedimentación por acción de olas, registrando una tendencia somerizante en la sucesión. Además, con el apoyo de la bioestratigrafía de conodontos, se precisa y establece una relación de las especies que son índice de las zonas de *O. evae* y *O. intermedius* para los subambientes carbonáticos. La especie *O. evae* se caracteriza por preferir ambientes poco profundos de rampa media, de baja energía sin efecto de acción de olas, apropiada para la precipitación de lodo carbonático, mientras que la especie *O. intermedius* muestra preferencia por un ambiente de rampa media-interna con mayor energía por acción del oleaje, e incluso con desarrollo de niveles tempestíticos.

## Agradecimientos

Las autoras desean agradecer al CONICET, a la Téc. Quím. M. González por las tareas de laboratorio y al servicio de MEB del CCT-Mendoza. A la Lic. Cintia Kaufmann por su colaboración en las tareas de campo. A la Dra. Graciela Sarmiento y al Dr. Sergio Rodríguez por sus valiosas sugerencias sobre el manuscrito. En memoria de nuestra colega Lic. Cecilia Rodríguez.

This paper is a contribution to the International Geoscience Programme (IGCP) Project 653 – The onset of the Great Ordovician Biodiversification Event.

## Referencias

Albanesi, G. 1998. Taxonomía de conodontes de las secuencias ordovícicas del Cerro Potrerillo, Precordillera Central de San Juan, República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, 12, 99-253.

Albanesi, G. y Carrera, M. 2001. Niquivil Section of Central Precordillera, Argentina. Proposed as the Global Stratotype for the base of the Middle Ordovician Series. *Geological Society of America Annual Meeting*, Boston. Abstracts, A446.

Albanesi, G., Carrera, M., Cañas, F. y Saltzman, M. 2003. The Niquivil Section, Precordillera of San Juan, Argentina. Proposed GSSP for the Lower/Middle Ordovician

boundary. In G. Albanesi, M. Beresi and S. Peralta (eds). *Ordovician from the Andes*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on the Ordovician System, San Juan, Argentina. *Serie de Correlación Geológica*, 17, 33-40.

Albanesi, G., Carrera, M., Cañas, F. y Saltzman, M. 2006. A proposed Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Middle Ordovician Series: The Niquivil section, Precordillera of San Juan, Argentina. *Episodes*, Beijing, 29 (1), 1-15.

Bagnoli, G. y Stouge, S. 1997. Lower Ordovician (Billingenian-Kunda) conodont zonation and provinces based on sections from Horns Udde, Nothöland, Sweden. *Bollettino de lla Società Paleontologica Italiana*, 35 (2), 109-163.

Baldis, B. y Chebli, G. 1969. Estructura profunda del área central de la Precordillera sanjuanina. *IV Jornadas Geológicas Argentinas*, Actas, 47-66.

Baldis, B. y Beresi, M. 1981. Biofacies de culminación del ciclo deposicional calcáreo del Arenigiano en el Oeste de Argentina. *Anais do II Congresso Latinoamericano de Paleontología*, Porto Alegre, Brazil, 2, 11-16.

Baldis, B., Beresi, M., Bordonaro, O. y Vaca, A. 1982. Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. *V Congreso Latinoamericano de Geología*, 4, 399-445.

Benedetto, J. 1998. Early Paleozoic brachiopods and associated shelly faunas from western Gondwana: their bearing on the geodynamic history of the pre-Andean margin. In: Pankhurst, R.J. and Rapela, C.W. (eds.), *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. *Geological Society of London*, Special Publication, 142, 57-83.

Benedetto, J. 2002. The Ordovician brachiopod faunas of Argentina: Chronology and biostratigraphic succession. In: Aceñolaza, G. (ed.), *Aspects on the Ordovician System of Argentina*. Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán. *Serie Correlación Geológica*, 16, 87-106.

Beresi, M.S., Cabaleri, N.G., Buitrón Sánchez, B.E., Rodríguez, M.C., Heredia, S.E. y Tortello, M.F. 2012. Microfacies, biota y paleoambientes sedimentarios del Ordovícico temprano-medio del Cerro Salazar, Sonora Central, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, 330-345.

Cabaleri, N., Armella, C., Cagnoni, M., Panarello, H., Ramos, A. y Valencio, S. 2002. Microfacies y condiciones paleoambientales durante la depositación de la sección superior de la Formación San Juan (Llanvirniano temprano) en la región de Huaco, San Juan, Argentina. *XV Congreso Geológico Argentino*, 776-781.

Cañas, F. 1995. Early Ordovician Carbonate platform facies of the Argentine Precordillera: restricted shelf to open platform evolution. In: Fullerton, Cooper, J.D., Drosser, M.K. and Finney, S.C. (eds.), *VII International Symposium on the Ordovician System*. Book 77, Society for Sedimentary Geology, Fullerton, California, 221-224.

Cañas, F. 1999. Facies and sequences of late Cambrian-early Ordovician carbonates of the Argentina Precordillera: A stratigraphic comparison with Laurentia platforms. In: Keppie, D. and Ramos, V. (eds.), *Laurentia-Gondwana connections before Pangea*. Geological Society of America Special paper, 336, 43-62.

- Cañas, F. 2002. Selected sections of Lower to Middle Ordovician carbonate sedimentation of the Argentine Precordillera: The La Silla and San Juan formations at Cerros La Silla and Niquivil. *Miscelánea*, 8, 5-20.
- Cañas, F. y Carrera, M. 2003. Precordilleran reefs. In: Benedetto, J.L. (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 131-142.
- Carlorosi, J., Heredia, S. y Aceñolaza, G. 2013. Middle Ordovician (early Dapingian) conodonts in the Central Andean Basin of NW Argentina. *Alcheringa*, 37, 1-13.
- Carrera, M. 2001. Análisis de la distribución y comparación de las biofacies de la Formación San Juan (Ordovícico temprano), Precordillera Argentina. *Ameghiniana*, 38, 169-184.
- Cech, N. y Carrera, M. 2002. Dinámica de las comunidades arenigianas de la Formación San Juan (Ordovícico), Precordillera argentina. *Ameghiniana*, 39, 21-40.
- Cooper, B. 1981. Early Ordovician conodonts from the Horn Valley Siltstone, central Australia. *Palaeontology*, 24 (1), 147-183.
- Di Paola, E. y Spiegelman, A. 1984. Facies glauconíticas de formaciones terciarias y cretácicas de la Cuenca Malvinas, Argentina. *IX Congreso Geológico Argentino*, S.C. de Bariloche, 5, 285-298.
- Dunham, R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir* 1, 108-121.
- Embry, A.F. y Klovan, J. E. 1971. Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geologische Rundschau*, 61, 672-686.
- Epstein, A.G., Epstein, J.P. y Harris, L. 1977. Conodont Alteration - An Index to Organic Metamorphism. *United State Geological Survey Professional Paper*, 995, 1-27.
- Fernández-Bastero, S., Velo, A., García, T., Gago-Duport, L., Santos, A., García-Gil, S. y Vilas, F. 2000. Las glauconitas de la plataforma continental gallega: Indicadores geoquímicos del grado de evolución. *Journal of Iberian Geology*, 26, 233-247.
- Folk, R. 1962. Spectral subdivision of limestone type. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir* 1, 62-84.
- Flügel, E. 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. 2<sup>nd</sup> Edition. Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg, 984 pp.
- Heredia, S., Beresi, M., Mestre, A. y Rodríguez, C. 2009. El Ordovícico en la Sierra de La Higuera (Mendoza): conodontes y microfacies. *Serie Correlación Geológica*, 24, 65-76.
- Herrera, Z. y Benedetto, J.L. 1991. Early Ordovician brachiopod faunas from the Precordillera basin, Western Argentina: biostratigraphy and paleobiogeographical affinities. In: MacKinnon, D.I., Lee, D.E. and Campbell, J.D. (eds.), *Brachiopods through Time*. Balkema, Rotterdam, 283-301.
- Høeg O. A. 1932. Ordovician algae from the Trondheim area. In: Kiær, J. (ed.), *The Hovin Group in the Trondheim area, II, Paleontological part*. Skr utgift Nor Vidensk Akad Oslo Matem-Naturv Kl, 1927, 63-96.
- Johnston, D. y Barnes, C. 1999. Early and Middle Ordovician (Arenig) conodonts from St. Pauls Inlet and Martin Point, Cow Head Group, western Newfoundland, Canada; 1-2. Biostratigraphy and paleoecology. *Geologica et Palaeontologica*, 33, 21-70.
- Keller, M. 1999. Argentine Precordillera. Sedimentary and Plate Tectonic History of a Laurentian Crustal Fragment in South America. *Geological Society of America, Special Paper*, 341, 1-131.
- Landing, E. 1996. Avalon – Insular continent by the latest Precambrian. In: Nance, C. and Thompson, M. (eds.), *Avalonian and related peri-Gondwanan terranes of the circum-North Atlantic*. Geological Society of America, Special Paper, 304, 27-64.
- Lehnert, O. 1993. Bioestratigrafía de los conodontes arenigianos de la Formación San Juan en la localidad de Niquivil (Precordillera Sanjuanina, Argentina) y su correlación intercontinental. *Revista Española de Paleontología*, 8 (2), 153-164.
- Li, Z., Stouge, S., Chen, X., Wang, C., Wang, X. y Zen, G. 2010. Precisely compartmentalized and correlated Lower Ordovician *Oepikodus evae* Zone of the Fuluioian in the Huanghuachang section, Yichang, Hubei Province. *Acta Palaeontologica Sinica*, 49, 108-124.
- Löfgren, A. y Tolmacheva, T. 2008. Morphology, evolution and stratigraphic distribution in the Middle Ordovician conodont genus *Microzarkodina*. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 99, 27-48.
- Mestre, A. 2010. *Estratigrafía y bioestratigrafía de conodontes de la "Transición Cuspidal" de la Formación San Juan al sur del paralelo 30°, Precordillera de San Juan*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan, 330 pp.
- Mestre, A. 2011. Brechas intraclásticas (tsunamitas?) en el tope de la Formación San Juan (Darriwiliano), Precordillera de San Juan, Argentina. Microfacies y Conodontes. *Serie Correlación Geológica*, 27 (1), 28-35.
- Nielsen, A.T. 2011. A re-calibrated revised sea-level curve for the Ordovician of Baltoscandia. In: Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I. and García-Bellido, D. (eds.), *Ordovician of the World*. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 399-402.
- Ortiz, A. y Zambrano, J.J. 1981. La Provincia Geológica Precordillera Oriental. *VIII Congreso Geológico Argentino*, San Luis, 3, 59-74.
- Soria, T., Heredia, S., Mestre, A. y Rodríguez, C. 2013. Conodontes floianos de la Formación San Juan en la quebrada de Talacasto, Precordillera de San Juan. *Serie Correlación Geológica*, 29 (1), 93-106.
- Wang, X., Chen, X., Li, Z. y Wang, C. 2003. The Conodont succession from the proposed GSSP for the Middle Ordovician base at Huanghuachang Section Yichang, China. In: Albanesi, G., Beresi, M. and Peralta, S. (eds.), *Ordovician from the Andes*. Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán. Serie Correlación Geológica, 17, 161-166.

Recibido: julio 2015

Revisado: octubre 2015

Aceptado: mayo 2016

Publicado: marzo 2017