

# Evolución paleoambiental y paleogeográfica de la cuenca cámbrica de la Precordillera argentina

Oswaldo L. BORDONARO

CONICET (IANIGLA - CRICYT) Casilla de correo 131, 5500 Mendoza, Argentina.

E-mail: obordona@lab.cricyt.edu.ar

**RESUMEN.** El análisis espacial y temporal de las rocas cámbricas de la Precordillera argentina ha permitido elaborar una nueva interpretación del margen continental precordillerano. La litoestratigrafía y la bioestratigrafía son ensambladas en un modelo paleogeográfico no palinspástico coincidente con la actual distribución del basamento precámbrico expuesto en las Sierras Pampeanas Occidentales. La asociación de biofacies y litofacies reconocidas en toda la cuenca cámbrica precordillerana permiten interpretar una plataforma con margen y es posible distinguir tres grandes áreas que corresponden a una plataforma interna, una plataforma externa y una zona donde las dos anteriores se interdigitan con un talud superior y con una barrera marginal. Durante el Cámbrico inferior tardío se inició una etapa de *rifting* con sedimentación siliciclástica y evaporítica dentro de un graben intracontinental que evolucionó hacia una plataforma abierta. Se detecta un *hiatus* faunístico en el límite Cámbrico inferior-Cámbrico medio correlacionable con el evento regresivo Hawke Bay de Los Apalaches. En el Cámbrico medio tardío se instaló una plataforma restringida con *lagoon*, barreras internas, terrígenos internos y *sabkha* costero desarrollados en el E de la Precordillera, mientras que barreras marginales y una plataforma externa se desarrollaban en el O de la Precordillera. Durante el Cámbrico superior una amplia plataforma perimareal progradaba hacia el O limitada por barreras marginales en el S de la cuenca, mientras que en el N se manifestaba con una menor restricción. Cerca del límite Cámbrico-Ordovícico una nueva plataforma con margen retrogradaba hacia el E como consecuencia de un evento de inundación de la cuenca. Durante el Cámbrico superior comenzaba a manifestarse un colapso tectónico distensivo en el S de la cuenca que luego se generalizaría en toda la Precordillera durante el Ordovícico.

Palabras clave: *Estratigrafía, Bioestratigrafía, Paleogeografía, Cámbrico, Precordillera argentina*

**ABSTRACT.** *Paleoambiental and paleogeographic evolution of the cambrian basin of the Argentine Precordillera.* The Cambrian rocks of the Argentine Precordillera are analyzed in space and time to arrive at new interpretation of the precordilleran continental margin. The lithostratigraphy and biostratigraphy are incorporated into a nonpalinspastic paleogeographic model that accords with the structural distribution of the Precambrian basement, now exposed in the western Sierras Pampeanas. The lithofacies and biofacies assemblages recognized in all the precordilleran cambrian basins provide evidence to interpretate a rimmed platform. It is possible to distinguish three large areas corresponding to an inner platform, an outer platform and a mixed zone where both platforms interfinger with a rim and talus. In the later Early Cambrian, a mixed open platform was developed above underlying, localized rifting stage with siliciclastics and evaporites of the intracontinental graben system. A faunistic hiatus near the Lower-Middle Cambrian boundary is present in the all Precordillera wich appears to correlate with the Hawke Bay regressive event in the Appalachian area of North America. In the later Middle Cambrian a rimmed platform with lagoon, inner barriers, terrigenous and coastal sabkha facies developed at the eastern, and shoals or barriers were built at the western margin of the shelf, evolving seaward with an open subtidal platform. During the Late Cambrian, a broad peritidal platform prograded to the west, bounded by sand barriers mainly in the southern areas, meantime the northern areas remaining less restricted. Around the Cambrian-Ordovician boundary interval, a new rimmed platform was established but the platform margin retreated to the east as part of a flooding event. A distensive tectonic collapse of the carbonate platform began in the latest Cambrian in the southern areas.

Key words: *Stratigraphy, Biostratigraphy, Paleogeography, Cambrian, Argentine Precordillera*

## Introducción

Las rocas cámbricas de la Precordillera argentina, descubiertas en el siglo XIX, han sido motivo de numerosos estudios tanto estratigráficos, paleontológicos, sedimentológicos como también geotectónicos. Durante la última década y en la presente se generaron varios trabajos interpretativos relacionados con la evolución geotectónica del Terrane Precordillera donde se lo vin-

cula con un posible origen lauréntico como también gondwánico. Sin embargo fue muy escaso el avance sobre el conocimiento paleogeográfico y paleoambiental de la cuenca cámbrica precordillerana.

En este trabajo se actualiza el estado del Sistema Cámbrico de Precordillera y se analiza principalmente la evolución paleoambiental y paleogeográfica de la cuenca cámbrica utilizando los numerosos datos existentes sobre bioestratigrafía, litoestratigrafía y

sedimentología, los cuales han sido ensamblados en tiempo y espacio. Esta visión tridimensional de la cuenca cámbrica ha permitido elaborar un modelo paleogeográfico y paleoambiental que muestra una evolución armónica e interconectada del margen continental a lo largo de todo el tiempo cámbrico.

### Ubicación geográfica

Las rocas cámbricas de la Precordillera argentina están distribuidas a lo largo de 400 km N-S con un ancho máximo de 66 km E-O, ocupando el sur de la provincia de La Rioja, el centro de la provincia de San Juan y el norte de la provincia de Mendoza (Fig. 1). Dentro de esta extensión se pueden diferenciar los afloramientos de rocas de la plataforma interna en la mitad oriental (Precordillera Oriental y Central) cercanos a las Sierras Pampeanas Occidentales mientras que las rocas de la plataforma externa se ubican en la mitad occidental (Precordillera Occidental) cercanas a la Cordillera Frontal. En el extremo austral denominado Precordillera Mendocina se reconocen afloramientos mixtos de plataforma interna, externa y talud superior. En la figura 1 se mencionan 25 localidades donde se ubican perfiles clásicos o yacimientos paleontológicos fundamentales para la integración regional de la cuenca cámbrica precordillerana. Estas localidades son frecuentemente citadas en el desarrollo del trabajo.

### Estratigrafía

La figura 2 muestra una síntesis de la estratigrafía cámbrica de toda la Precordillera, actualizada según Bordonaro (2003), utilizando la cronología y la bioestratigrafía de América del Norte propuesta por Palmer (1998). La litoestratigrafía es agrupada en tres grandes áreas que responden a una plataforma interna en la Precordillera Central y Oriental de San Juan y La Rioja, una plataforma externa en la Precordillera Occidental de San Juan y la Precordillera Mendocina y una zona de plataforma mixta donde se intercalan tramos de plataforma interna con plataforma externa, con barrera marginal y con talud, en la Precordillera Mendocina. Es una completa sucesión estratigráfica, predominantemente carbonática, que abarca un rango cronoestratigráfico desde el Cámbrico inferior tardío hasta el Ordovícico inferior temprano. A continuación se da una actualizada y breve síntesis de las características que posee cada unidad integrante de esta sucesión.

#### Unidades autóctonas

Se mencionan en este apartado las unidades que tienen propiedades estratigráficas primarias tal como fue-

ron sedimentadas en la cuenca original y sin evidencias de resedimentación posterior.

*Formación Cerro Totorá* (Astini y Vaccari 1996): Aflora en el cerro Totorá, al oeste de Guandacol, Precordillera de La Rioja. Con un espesor de 340 m, está compuesta por pelitas y areniscas rojas, yeso laminado, bancos calcáreo-dolomíticos y arcilitas, limolitas y areniscas laminadas cíclicas. El tope de la formación contiene Olenellidos del Cámbrico inferior tardío de la Zona de *Olenellus* (Vaccari 1988).

*Formación La Laja* (Borrello 1962, emend. Bordonaro 1980): Se encuentra distribuida a lo largo del flanco occidental de las sierras de Villicum, Chica de Zonda y cerro Pedernal. La integran cuatro miembros nominados por Baldi y Bordonaro (1981) como El Estero, Soldano, Rivadavia y Juan Pobre (Fig. 2), que totalizan un espesor aproximado de unos 800 m con calizas, calizas arcillosas y margas. Bercowski *et al.* (1990) reconocieron 6 ciclos somerizantes hacia arriba que comienzan con *mudstones-wackestones* que pasan a *wackestones-packstones* bioturbados y finalizan con *grainstones* oolíticos de un sistema de barras. Originalmente la edad de esta unidad fue considerada como continua desde el Cámbrico inferior tardío (Dyerano) hasta el Cámbrico medio tardío (Marjumiano). Bordonaro (1999 y 2003) reconoce una interrupción faunística durante el Cámbrico Medio temprano, cuya extensión total aún no ha sido delimitada con exactitud, entre el Miembro El Estero y Soldano. Este *hiatus*, asimilable al Hiatus Hawke Bay, restringe la edad de la formación, por ahora, al Cámbrico inferior tardío y al Cámbrico medio tardío (Fig. 2).

*Formación Zonda* (Bordonaro 1980): Se halla distribuida en toda la Precordillera Oriental y también en los cerros La Silla y Potrerillos sobre el perfil del río Áspero en Jáchal (Fig. 1). Definida por una sucesión de 350 m de calizas dolomíticas y dolomías con estructuras sedimentarias de poca profundidad, con laminación microbial y estromatolitos. Arroqui Langer y Bordonaro (1996) reconocieron ciclos somerizantes originados en un ambiente hipersalino intermareal medio a superior con evidencias de exposición subaérea. Hasta el momento no se han hallado fósiles que permitan precisar su edad, pero por su ubicación estratigráfica se asigna al Cámbrico superior temprano.

*Formación Los Hornos*: Informalmente definida por Astini y Vaccari (1996) en la localidad del cerro Urcushum y cerro Totorá, al oeste de Guandacol, La Rioja (Fig. 1). Está formada por dolomías macizas blanquecinas correspondiente a depósitos de plataforma somera hipersalina. Si bien carece de fósiles, podría incluirse dentro del Cámbrico medio tardío por su posición estratigráfica sobrepuesta a la Formación Cerro Totorá, aunque por su litología también

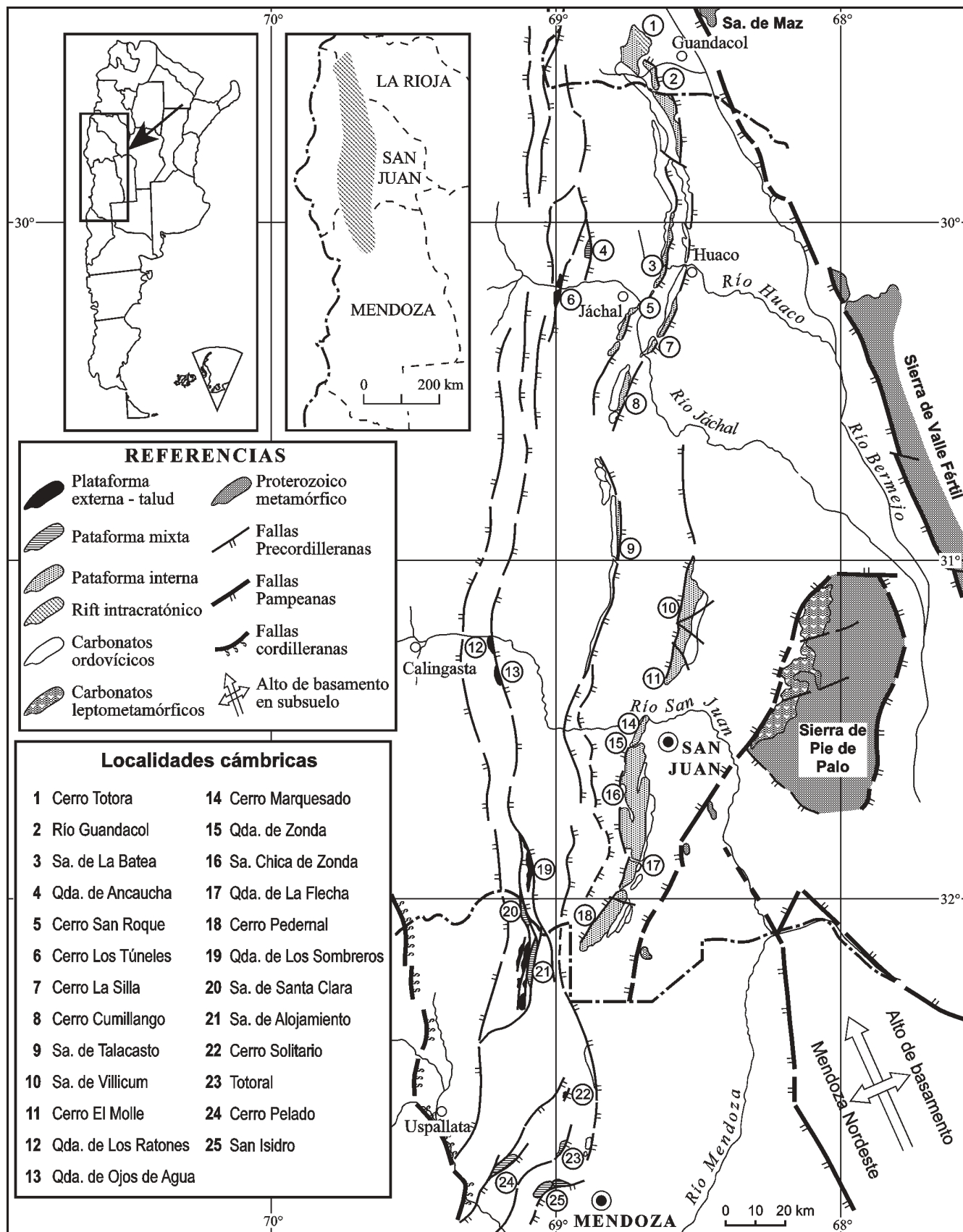


Figura 1: Mapa de ubicación de afloramientos y localidades cámbricas de la Precordillera argentina, diferenciadas en una plataforma interna, una plataforma externa y una plataforma mixta.

BIOZONAS TRILOBITES PLATAFORMA EXTERNA	PLATAFORMA EXTERNA		PLATAFORMA MIXTA	PLATAFORMA INTERNA		BIOZONAS TRILOBITES PLATAFORMA INTERNA	CRONOLOGÍA LAURÉNTICA		BIOMEROS
	SAN JUAN	MENDOZA		ZONDA - JACHAL - GUANDACOL			ORDOVÍCICO	IBEXIANO	
			lutitas negras	LA SILLA		Missisquoia			
Saukia			EL RELINCHO			Saukia	CÁMBRICO SUPERIOR	STEPTOEANO	SUNWAPTANO
Irvingella major				LA FLECHA					
Elvinia									
G. reticulatus				ZONDA		Aphelaspis			
Crepicephalus			CERRO PELADO			Crepicephalus	CÁMBRICO MEDIO	MARJUMIANO	PTEROCEPHALIDO
Cedaria				JUAN POBRE	LOS HORNOS				
L. laevigata		SOLITARIO		RIVADAVIA		Bolaspidella			
Bolaspidella		SAN MARTIN		SOLDANO		Ehmaniella			
P. atavus		SAN ISIDRO				Glossopleura	CÁMBRICO INFERIOR	DELAMARANO	CORYNEOXCHIDO
P. gibbus		SAN ISIDRO				Albertella			
Oryctocephalus		SAN ISIDRO				Plagiura Poliella			
Glossopleura	LOS RATONES	SAN ISIDRO				Olenellus			
	HIATUS	HAWKE BAY							
Olenellus	LOS TÚNELES	ANCAUCHA		EL ESTERO	CERRO TOTORA				OLENELLIDO

Figura 2: Cuadro estratigráfico del Sistema Cámbrico de la Precordillera argentina. Las unidades se agrupan en una plataforma interna, una plataforma externa y una plataforma mixta. Los bloques aislados representan olistolitos cuyos nombres provienen de las localidades donde afloran.

podría correlacionarse con la Formación Zonda del Cámbrico superior.

**Formación La Flecha** (Baldis *et al.* 1981): Aflora en la mayor parte de la Precordillera Oriental y Central de San Juan y de La Rioja. Con una potencia promedio de 500 m se caracteriza por una alternancia cíclica de calizas y dolomías con chert, con abundantes estructuras microbialíticas, estromatolíticas y trombolíticas con formas muy diversas (Armella 1994). Keller *et al.* (1989) detectan ciclos somerizantes hacia arriba que varían entre ambientes submareales a supramareales en una plataforma perimareal. La edad de esta formación se halla dentro del Cámbrico superior, entre el Steptoeano y el Sunwaptano, por la presencia de trilobites (Keller *et al.* 1994).

**Formación La Silla** (Keller *et al.* 1994): Se distribuye en gran parte de la Precordillera Oriental y Central de San Juan y de La Rioja, desde Guandacol hasta el ce-

rrero Pedernal. Está integrada por 400 m de calizas con intercalaciones de dolomías laminadas, *grainstones* peletoidales, *grainstones* intraclásticos y *mudstones*, con abundante bioturbación. No se reconocen ciclos sedimentarios. En la base contiene trilobites de la Zona de *Saukia* del Cámbrico superior (Sunwaptano) y el resto de la unidad contiene conodontes del Ibexiano (Keller *et al.* 1994).

**Formación Alojamiento** (Harrington 1971; *emend.* Banchig y Bordonaro 1997): Aflora en los cordones del Alojamiento y Santa Clara entre San Juan y Mendoza (Fig. 1) con un espesor de 600 metros. Está compuesta por calizas y dolomías con intercalaciones de areniscas, lutitas y brechas carbonáticas. Sus litofacies indican ambientes de plataforma externa hacia la base, con sectores de plataforma interna y de borde de plataforma en el resto de la unidad. Una edad cámbrica media (Marjumiano) se evidencia en la base por contener trilobites pertenecientes a las Zonas de



*Ptychagnostus gibus* y de *Oryctocephalus*. Se infiere una edad cámbrica superior para el techo de la unidad sólo por correlación litológica.

**Formación Cerro Pelado** (Heredia 1996): Aflorante en la cuchilla del cerro Pelado al oeste de la ciudad de Mendoza con 250 m de potencia. Hacia la base contiene conglomerados, areniscas, *wackestones* y *packstones* bioturbados, en el tramo medio tiene un gran desarrollo de *boundstones* microbiales con chert y hacia el techo posee *wackestones-packstones* bioturbados. La edad es en el techo, Steptoeano tardío con trilobites de la Zona de *Elvinia*, mientras que la edad de la base se desconoce por ausencia de fauna.

**Formación El Relincho** (Heredia 1996): Aflora en el cerro Pelado con 300 m de calizas micríticas oscuras y laminadas que alternan con pelitas oscuras. La edad de los tramos basales es del Cámbrico superior tardío (Sunwaptano), evidenciado por *Proconodontus tenuiserratus* (Heredia 1996) y por trilobites de la Zona de *Saukia* (Shergold *et al.* 1995), pero se desconoce la edad del techo donde predominan las pelitas negras.

**Unidad Innominada**: Nueva unidad reconocida por Bordonaro *et al.* (1999), que aún no ha sido formalmente definida, aflora en las inmediaciones de la quebrada del Totoral al oeste del cerro La Cal, Mendoza. Posee calizas macizas de plataforma interna hacia la base, calizas negras y calcipelitas de plataforma externa y talud superior en el tramo medio y lutitas negras en la parte superior. En la base de la unidad se reconocieron los trilobites *Bathyriscus* y *Bathyriscidella* que representan a la Zona de *Oryctocephalus* del Cámbrico Medio. Se desconoce la edad del tramo medio y superior, aunque se presume que puede ser Cámbrico Superior ya que hacia el techo pasa a lutitas negras graptolíticas de la Formación Empozada.

#### *Unidades alóctonas (olistolitos)*

En la Precordillera Occidental de San Juan y en la Precordillera Mendocina se identifican varios bloques alóctonos (olistolitos) que se hallan contenidos en olistostromas ordovícicos de las Formaciones Los Sombreros y Empozada (*sensu* Bordonaro *et al.* 1999). Algunos de estos bloques olistolíticos poseen tamaños pequeños que varían desde unos pocos decímetros hasta pocos metros. Otros en cambio, tienen tamaños que oscilan entre varias decenas de metros hasta un par de centenas de metros. Están reconocidos en el cuadro estratigráfico de la figura 2 con nombres que responden a las localidades donde se hallan aflorantes.

**Olistolito Ancaucha** (Astini y Thomas 1999a): Olistolito de tamaño mediano incluido en la Formación

Los Sombreros, aflora en la quebrada de Ancaucha, al norte del río Jáchal (Fig. 1) compuesto por areniscas cuarzosas y pelitas rojas y verdes, con niveles de *grainstones* bioclásticos con fauna de Olenellidos y *Salterella* del Cámbrico inferior tardío (Dyerano).

**Olistolito San Martín** (Bordonaro *et al.* 1993): Megabloque resedimentado en la Formación Empozada, que aflora en el área de San Isidro, Mendoza (Fig. 1). Compuesto por una alternancia de calizas, margas y lutitas negras depositados como fangos carbonáticos de periplataforma con agnóstidos del Cámbrico medio tardío.

**Olistolitos San Isidro** (Bordonaro *et al.* 1993): Bloques olistolíticos medianos, englobados en la Formación Empozada, aflorantes en el área de San Isidro, Mendoza. Integrados por margas, *packstones* y *grainstones* fosilíferos y calizas con oolitas y oncolitos. Hacia la base, contienen trilobites de la Zona de *Glossopleura* (Delamarano) y hacia el techo trilobites de la Zona de *Oryctocephalus* (Marjumiano).

**Olistolitos La Cruz** (Bordonaro 1992): Conjunto de pequeños y medianos olistolitos compuestos por *mudstones* oscuros de plataforma externa, incluidos dentro de la Formación Empozada aflorantes en San Isidro, Mendoza. Contienen una fauna de trilobites del Cámbrico superior indicadores de las Zonas de *Saukia*, de *Elvinia*, de *Glyptagnostus reticulatus* y de *Crepicephalus*.

**Olistolitos Los Sombreros** (Bordonaro y Banchig 1996): Conjunto de olistolitos carbonáticos detectados dentro de la Formación Los Sombreros, aflorantes en la localidad del río de Los Sombreros, sierra del Tontal (Fig. 1). Se reconocen grandes olistolitos de *mudstones* oscuros laminados, con trilobites de edades cámbrica media tal como *Tonkinella stephensis*, *Bathyriscus aff. rotundatus*, cámbrica superior con *Glyptagnostus reticulatus* e ibexiana con conodontes *Cordylodus proavus*. También se hallaron *grainstones* cuarzosos con agnóstidos *Ptychagnostus indet.* del Cámbrico medio *sensu lato*.

**Olistolitos Ojos de Agua** (Bordonaro y Banchig 1996): Conjunto de bloques pequeños y medianos aflorantes en el perfil de la quebrada Ojos de Agua, en el flanco este de la sierra del Tontal (Fig. 1), dentro de la Formación Los Sombreros. Forman bloques carbonáticos con facies de plataforma externa, con trilobites de *Tonkinella stephensis*, *Bathyriscus aff. rotundatus*, *Glossopleura aff. leona* del Cámbrico medio y *Pseudagnostus idalis* del Cámbrico superior.

**Olistolitos Los Ratones** (Bordonaro y Banchig 1996): Conjunto de pequeños bloques expuestos en el extremo

norte de la sierra del Tontal, sobre la quebrada de Los Ratonos (Fig. 1), dentro de la Formación Los Sombreros. Son un conjunto de olistolitos calcáreo-pelíticos de plataforma externa y de areniscas cuarzosas de borde de plataforma, con trilobites como *Kootenia* y *Glossopleura*, del Cámbrico medio.

*Olistolitos Los Túneles* (Bordonaro y Banchig 1996): Afloran en la sierra de Los Túneles sobre el río Jáchal (Fig. 1), dentro de la Formación Los Sombreros. Son dos grandes olistolitos carbonáticos de plataforma externa (Benedetto y Vacari 1992). El primero con una fauna de *Olenellus sp.* y *Sombrerella argentina* del Cámbrico inferior tardío y el segundo con *Chilometopus tunelensis*, *Ptychagnostus praecurrens*, del Cámbrico medio (Vaccari y Bordonaro 1993).

*Olistolito ? Solitario* (Bordonaro y Banchig 1996): Bloque mediano aflorante en el cerro Solitario al norte de Mendoza (Fig. 1), con calizas negras, intercaladas con calcipelitas negras de una periplataforma profunda. Contiene trilobites agnóstidos de edad cámbrica media tardía coincidente con la Zona de *Lejopyge laevigata*. Se considera que esta unidad posee las características de un cuerpo olistolítico por sus dimensiones y deformación sinsedimentaria, aunque como no es posible observar las relaciones con la roca que lo aloja, también podría tratarse de una escama tectónica.

## Bioestratigrafía

Se describen a continuación las unidades bioestratigráficas que se reconocen en toda la Precordillera siguiendo el concepto de bioestratigrafía dual de Ludvigsen *et al.* (1986) que considera a las biozonas como manifestaciones temporales dentro de las biofacies. En el cuadro estratigráfico de la figura 2, se las agrupa en biozonas de plataforma interna definidas con trilobites poliméridos endémicos laurénticos con escasos elementos cosmopolitas y en biozonas de plataforma externa con trilobites agnóstidos y poliméridos tanto endémicos laurénticos como también cosmopolitas.

### Biozonas de plataforma interna

*Zona de Olenellus* (Cámbrico inferior): Borrello (1963a, 1964) la detecta por la presencia de *Fremontella inopinata* Borrello, hallados en el extremo suroeste de la sierra de Villicum y noroeste de la Sierra Chica de Zonda. Posteriormente Borrello (1971) la asigna a la Zona de *Olenellus* Superior, limitada a la parte basal de la Formación La Laja. Los elementos originales mencionados por Borrello en esta biozona fueron: *Pagetides ? dubius* Hupe, *Laudonia sp.*, *Olenellus aff. brachycephalus* (Emmons), *Fremontella inopinata*

Borrello, *Eoptychoparia acuminata* Hupe, *Villicumia borrelloii* Hupe, *Zacanthoides sp.*, *Paedeumias ? sp.* y *Kootenia sp.*. Bordonaro (1986) reconoce la Zona de *Bonnia-Olenellus* en el Miembro El Estero por los hallazgos de *Olenellus zondaensis* Bordonaro, *Bonnia villicumica* Bordonaro, *Antagmus argentinus* Bordonaro y *Bristolia sp.*. Astini y Vaccari (1996) citan *Arcuolenellus megafontalis* Vaccari, característico de la parte alta de la Zona de *Olenellus*, en la Formación Cerro Totora, de La Rioja. Bordonaro y Banchig (1996) generalizan la Zona de *Olenellus* para todo el Cámbrico inferior tardío de la Precordillera de San Juan y La Rioja siguiendo el concepto de Palmer y Repina (1993). En el Olistolito de Ancaucha, Astini *et al.* (2000b) advierten *Olenellus* y *Salterella sp.*, que pertenecen a esta biozona.

*Zona de Ehmaniella* (Cámbrico medio): Mencionada en la Precordillera por Bordonaro y Banchig (1996) en la Formación La Laja, en reemplazo de la Zona de *Bathyuriscus - Elrathina* aplicada por Borrello (1971), siguiendo los conceptos de Sundberg (1994). Actualmente se la ubica en la mayor parte del Miembro Soldano de la Formación La Laja, identificada por una gran variedad de géneros de Ehmaniellidae (Bordonaro 1999).

*Zona de Bolaspidella* (Cámbrico medio): Fue hallada en la parte cuspidal de la Formación La Laja, en la quebrada de Zonda, por la presencia de *Modocia sp.* y *Asaphiscus sp.* (Baldis y Bordonaro 1985).

*Zona de Crepicephalus* (Cámbrico superior): Keller *et al.* (1994) la encuentran en la Formación La Flecha, cerca de Guadacol, La Rioja, con *Madarocephalus laetus* Rasetti, *Komaspidella laevis* Rasetti y *Crepicephalus cf. C. scillisis* Resser.

*Zona de Aphelaspis* (Cámbrico superior): Identificada por Keller *et al.* (1994) en la base de la Formación La Flecha, en la localidad de La Angostura, Guadacol, La Rioja, por la presencia de *Dytremacephalus strictus* Rasetti.

*Zona de Saukia* (Cámbrico superior): Keller *et al.* (1994) la ubican en la Formación La Flecha, en la quebrada de La Flecha, San Juan, con *Stenopilus convergens* (Raymond) y en Guadacol, La Rioja, con *Plethopeltis cf. P. armatus* Billing, también en la base de la Formación La Silla en su sección tipo, con *Plethopeltis obtusus* (Rasetti).

### Biozonas de plataforma externa

*Zona de Olenellus* (Cámbrico Inferior): Vaccari y Bordonaro (1993) la registran en el olistolito C1 de Los Túneles compuesta por *Olenellus ? sp.*,

*Prozacanthoides* sp. y *Sombrerella argentina* Vaccari y Bordonaro.

**Zona de *Glossopleura*** (Cámbrico medio): Identificada por Poulsen (1958) en la localidad de San Isidro, Mendoza, en base al hallazgo de *Glossopleura* sp., *Chilometopus parabolicus* Rusconi, *Asperocare argentinum* Poulsen, *Alokistocare elongatum* Poulsen, *Alokistocare australe* Poulsen, *Kistocare mendozanum* (Rusconi) entre otros. Bordonaro y Banchig (1990) describen la especie *Glossopleura* aff. *leona* Lochmann, en olistolitos de Ojos de Agua en la sierra del Tontal, San Juan y *Glossopleura* sp. en olistolitos de Los Ratones (Bordonaro y Banchig 1996).

**Zona de *Oryctocephalus*** (Cámbrico medio): Fue citada en la Precordillera de Mendoza, en las facies de plataforma externa. Bordonaro y Banchig (1995) revisaron algunas especies estudiadas por Poulsen en San Isidro, identificando a *Oryctocephalus burgessensis* Resser, *Bathyuriscus elegans* (Walcott), *Athabasquia anax* (Walcott), que resultan indicadores de la Zona de *Oryctocephalus*. Posteriormente Bordonaro y Banchig (1996) la mencionan en el Olistolito Los Sombreros con *Tonkinella stephensis* Kobayashi. También es referida en la Formación Alojamiento por Banchig y Bordonaro (1997) con especies de *Tonkinella*, *Bathyuriscus* y *Peronopsis*.

**Zona de *Bolaspidella*** (Cámbrico medio): Poulsen (1960) la reconoce en el cerro Solitario de Mendoza, documentada por *Williamsina* sp. Poulsen, *Talbotinella communis* Poulsen, *Bolaspidella lucieae* Poulsen, *Canotaspis aliena* Poulsen, *Goycoia brevicaudata* Poulsen, entre otros.

**Zona de *Ptychagnostus gibbus*** (Cámbrico medio): Referida por Banchig y Bordonaro (1997) en la base de la Formación Alojamiento por el hallazgo de *Ptychagnostus intermedius* Robison.

**Zona de *Ptychagnostus atavus*** (Cámbrico medio): Fue allada por Tortello y Bordonaro (1997) en olistolitos de San Isidro, por *Hypagnostus parvifrons* (Linnarsson) y *Ptychagnostus cuyanus* (Rusconi).

**Zona de *Ptychagnostus punctuosus*** (Cámbrico Medio): Presente en olistolitos de San Isidro, Mendoza, (Tortello y Bordonaro 1997) con *Homagnostus pehuenchensis* Rusconi, *Ptychagnostus cuyanus* (Rusconi) y *Tomagnostella exsculpta* (Angelin).

**Zona de *Lejopyge laevigata*** (Cámbrico medio): Fue detectada en las calizas del cerro Solitario, Mendoza y en olistolitos de Los Sombreros por Bordonaro y Liñán (1994). Los Agnóstidos acompañantes son *Agnostus exsulatus* Poulsen, *Clavagnostus canotensis* (Rusconi), *Oedorhachis australis* Poulsen, *Kormagnostus seclusus*

(Walcott), *Peronopsis tenuis* (Illing), *Tomagnostella exsculpta* (Angelin) y *Ptychagnostus aculeatus* (Angelin). Posteriormente Tortello y Bordonaro (1997) reconocen a la especie *Lejopyge laevigata* (Dalman), en el cerro Solitario.

**Zona de *Cedaria*** (Cámbrico superior): Borrello (1965) hace referencia a esta biozona en la localidad de El Total, Precordillera Mendocina, manifestada por restos de *Cedarina*, *Blountia*, *Olenoides* y *Maryvillia* ?. También Borrello (1971) la menciona con dudas en la quebrada Oblicua de San Isidro, Mendoza, documentada por *Blountia*? sp. y *Tricrepicephalus anarusconi* Rusconi.

**Zona de *Crepicephalus*** (Cámbrico superior): Borrello (1965) la menciona en San Isidro, Mendoza, con los géneros *Tricrepicephalus*, *Modocia* y *Coosia*. También es localizada por Bordonaro y Banchig (1996) en un bloque de los Olistolitos La Cruz en San Isidro documentada por *Tricrepicephalus texanus* (Shumard) y *Cedaria selwyni* Pratt.

**Zona de *Aphelaspis*** (Cámbrico superior): Bordonaro y Banchig (1996) la encuentran en la localidad de San Isidro, Mendoza, en bloques de los Olistolitos La Cruz evidenciada por la aparición del género *Aphelaspis*.

**Zona de *Glyptagnostus reticulatus*** (Cámbrico superior): Está representada en algunos olistolitos de Los Sombreros, en la sierra del Tontal, San Juan, por la simple presencia de *Glyptagnostus reticulatus* (Angelin), (Shergold *et al.* 1995). También esta especie fue identificada en los Olistolitos La Cruz, en el área de San Isidro, Mendoza (Bordonaro y Banchig 1996).

**Zona de *Elvinia*** (Cámbrico superior): Observada por Borrello (1971) en San Isidro, Mendoza, con *Elvinia oblicuoensis* Rusconi e *Irvingella jorusconi* Rusconi. Bordonaro y Banchig (1996) confirman esta Zona en los Olistolitos La Cruz de San Isidro, evidenciada por *Elvinia roemeri* (Shumard) e *Irvingella major* Ulrich y Resser. También Bordonaro *et al.* (1999) la mencionan en la Formación El Relincho en el cerro Pelado de Mendoza, con especies de *Elvinia* e *Irvingella*.

**Zona de *Saukia*** (Cámbrico superior): Reconocida por Borrello (1971) en las calizas La Cruz en San Isidro, Mendoza. Ese autor describe *Lotagnostus* sp., *Bienvillia* sp., *Parabolinella peladoensis* Borrello, *Hungaia puelchana* Rusconi y *Rasettia* sp. entre otros. Además en San Isidro está representada en Olistolitos La Cruz por *Lotagnostus* (*L.*) *peladensis* (Rusconi), *Lotagnostus trisectus* (Salter) y *Bienvillia corax* (Billings), (Shergold *et al.* 1995). Bordonaro *et al.* (1999) también la identifican en la Formación El Relincho de Mendoza con especies de *Hungaia* y *Saukia*.

## Hiatus Hawke Bay

En el límite entre el Cámbrico inferior y el Cámbrico medio es posible reconocer un *hiatus* faunístico generalizado para toda la Precordillera aunque con diferentes manifestaciones estratigráficas (Bordonaro 2003).

En el ámbito de la plataforma interna el *hiatus* se detecta entre el tope del Miembro El Estero y la base del Miembro Soldano de la Formación La Laja (Bordonaro 1986, 1999). Allí Keller (1999) distinguió una superficie transgresiva que marca un límite de secuencia que separa una sedimentación de plataforma mixta de otra francamente carbonática. En el Miembro El Estero hay una asociación de trilobites pertenecientes a la Zona de *Olenellus* con especies de *Olenellus*, *Antagmus*, *Bonnia*, *Fremontella*, *Bristolia* y Pagetidos, asociados frecuentemente con *Hyolithes* y *Salterella*. Estas faunas son muy diagnóstica del tramo medio de la Zona de *Olenellus* en Laurentia (Palmer y Repina 1993). En la base del Miembro Soldano, Bordonaro (1986) detectó una ausencia faunística en coincidencia con el inicio del Cámbrico medio. El Miembro Soldano se inicia con unos 20 m de margas con delgadas intercalaciones cíclicas de *wackestones* y *grainstones* glauconíticos, donde se manifiesta una sucesión de cinco ciclos transgresivos-regresivos, de unos 4 m de potencia cada uno, con arreglo general estratocreciente (Banchig y Bordonaro 2002). Los primeros trilobites registrados al terminar esta secuencia, se los ha identificado como Ehmaniellidos representantes de la Zona de *Ehmaniella* (sensu Sundberg 1994) que caracterizan al Biomero Marjumido del Cámbrico Medio tardío. Dentro de esos 20 metros basales del Miembro Soldano es en donde tendrían que concentrarse los representantes del Biomero Corynexochido del Cámbrico Medio temprano con las Zonas de *Plagiura-Poliella*, *Albertella* y *Glossopleura* (Fig. 2). Este espesor estratigráfico es insuficiente para contener tres biozonas de trilobites a menos que en él se registren intervalos condensados en los niveles glauconíticos de los ciclos reconocidos, tema que aún se está investigando.

Por otra parte Cañas (1988) describe un *hardground* con discordancia erosiva entre los carbonatos de la Formación Los Hornos y los siliciclásticos-carbonatos de la Formación Cerro Totorá. También Astini y Thomas (1999b), mencionan una discordancia erosiva entre las evaporitas y facies rojas de la Formación Cerro Totorá y las dolomitas de la Formación Los Hornos. Estos últimos autores describen una arenisca glauconítica de unos 2 m de potencia en la base de la Formación Los Hornos sobreyaciendo en discordancia erosiva sobre lutitas verdes del tope de la Formación Cerro Totorá con *Arcuolenellus megafontalis* como representante de la base de la Zona de *Olenellus* superior.

Los niveles glauconíticos de las Formaciones La Laja y Los Hornos estarían representando intervalos condensados vinculados con superficies de inundación asociadas a los ciclos transgresivos regresivos. Estos intervalos condensados podrían ser los responsables de

la ausencia faunística que se ha mencionado anteriormente, tema actualmente en estudio.

En el ámbito de la plataforma externa, aunque no se detecta un registro estratigráfico continuo, el *hiatus* se manifiesta por la total ausencia de fósiles del Cámbrico medio temprano (Zonas de *Plagiura-Poliella* y *Albertella*), mientras que sí están las biozonas colindantes a ellas. En el Olistolito Los Túneles está la asociación de *Olenellus* sp. y *Sombrerella argentina* (Vaccari y Bordonaro 1993) que indica el tramo medio de la Zona de *Olenellus*. En el Olistolito Ancaucha, Astini y Thomas (1999a) mencionan el hallazgo de *Olenellidos* y *Salterella* de la Zona de *Olenellus*. En los Olistolitos Los Ratonos y San Isidro se reconocen representantes de la Zona de *Glossopleura*.

El Evento Hawke Bay (Palmer y James 1984) es un intervalo de ausencia faunística que a veces tiene expresión estratigráfica y que afecta a toda la región apalachiana desde Newfoundland hasta Alabama. Toma el nombre de la formación más conspicua de aquella región (*Hawke Bay Sandstone*) y se lo atribuye a un evento regresivo. El mismo puede detectarse por la ausencia de 2 a 4 biozonas de trilobites laurénticos registradas entre el Cámbrico inferior tardío y el Cámbrico medio tardío como son las biozonas de *Plagiura-Poliella*, *Albertella*, *Glossopleura* y *Bathyriscus-Elrathina* y marca los límites de secuencias Sauk I y Sauk II (Palmer 1981). Es por esta razón que el *hiatus* faunístico mencionado en Precordillera para este mismo lapso es denominado Hiatus Hawke Bay ya que sólo puede verificarse por su fauna de trilobites que tienen afinidad lauréntica. Cabe aclarar que este evento tiene características mundiales y también se lo registra en Baltoscandia, en España, en Siberia, en Spitzbergen, en Gales, en Marruecos, en el Norte de China y en el Norte de Australia. En cada una de estas regiones también se percibe por diversos *hiatus* en las faunas endémicas de trilobites de cada región, faunas que no están en la Precordillera.

Es necesario aclarar que el Hiatus Hawke Bay de la Precordillera no puede correlacionarse con la Fase Tilcárca del Noroeste argentino. La Fase Tilcárca representa un evento tectónico con deformación, orogénesis, intrusividad y metamorfismo que se manifiesta con la discordancia angular entre la Formación Puncoviscana y el Grupo Mesón y ocupa una extensión temporal variable entre el Cámbrico inferior y el Cámbrico superior según diferentes autores. El Hiatus Hawke Bay es producto de un evento eustático. Por estas razones es obvio que se trata de dos eventos de características y duraciones muy diferentes e imposible de correlacionar entre sí.

## Paleogeografía y paleoambientes de la cuenca cámbrica

Las figuras 3 y 4 muestran la evolución paleogeográfica y paleoambiental de la cuenca cámbrica durante



lapsos de biozonas que poseen una buena documentación paleontológica, litofacial y estratigráfica como para ser ensambladas y correlacionadas en tiempo y espacio. Estas reconstrucciones se han realizado sobre la distribución actual de los afloramientos cámbricos ya que no se dispone de suficientes conocimientos tectónicos como para elaborar una reconstrucción palinspástica.

El análisis litofacial de las rocas cámbricas proporciona suficientes evidencias para definir a la cuenca cámbrica precordillerana como una plataforma con borde marginal (*rimmed platform* de James y Kendal 1992) para el sector central y oriental de la Precordillera, y como una plataforma externa (*open shelf* de Brady y Rowell, 1976) para el sector occidental y austral. Al mismo tiempo, las biofacies confirman este modelo litofacial y es fácilmente reconocible una biofacies de plataforma restringida de una biofacies de plataforma externa. Dentro de este modelo general, es posible identificar una plataforma interna restringida faunísticamente compuesta principalmente de trilobites poliméridos endémicos laurénticos con baja diversidad específica y escasos trilobites poliméridos pandémicos,

una barrera carbonática - arenosa intermedia con mayor diversidad específica de trilobites tanto poliméridos laurénticos como agnóstidos cosmopolitas y una plataforma externa y talud superior con alta diversidad específica de trilobites poliméridos y agnóstidos cosmopolitas.

A continuación se hace un análisis detallado de los diferentes paleoambientes reconocidos en todos los afloramientos cámbricos destacando las características lito y biofaciales que permiten determinar su ubicación paleogeográfica dentro de la cuenca.

*Depósitos de sinrift - graben*

En Guandacol aflora la Formación Cerro Totora que constituye el ciclo de sedimentación más antiguo del Cámbrico inferior tardío precordillerano con facies evaporíticas y de *red beds* (Astini y Vaccari 1996), originados como depósitos de llanura de marea mixta y plataforma hipersalina, con tendencia transgresiva hacia el techo. Estos ambientes se vinculan con una fase inicial de *sinrift* con evaporitas y estratos rojos, con un

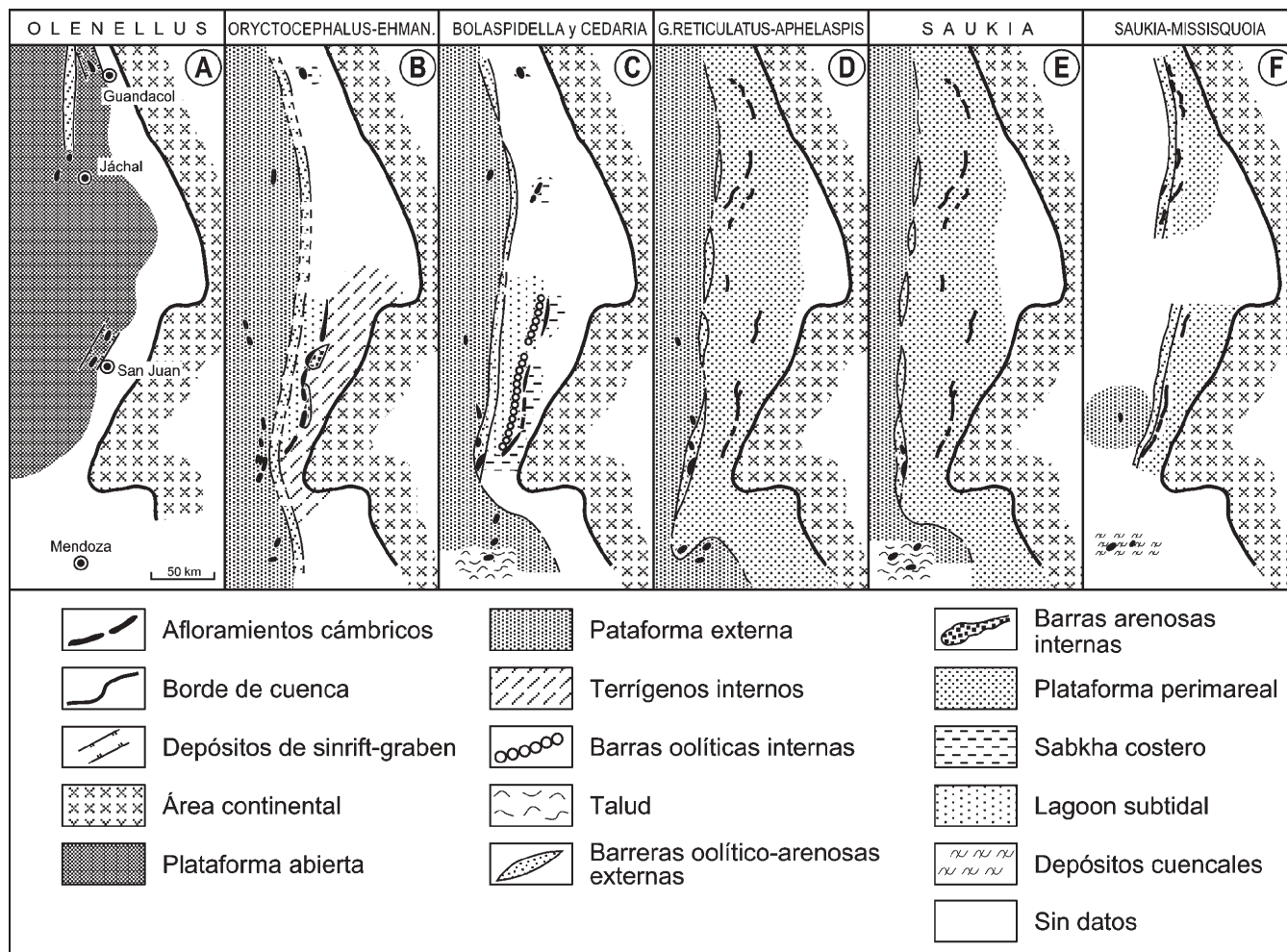


Figura 3: Evolución paleogeográfica de la cuenca cámbrica de la Precordillera argentina (ver explicación en el texto).

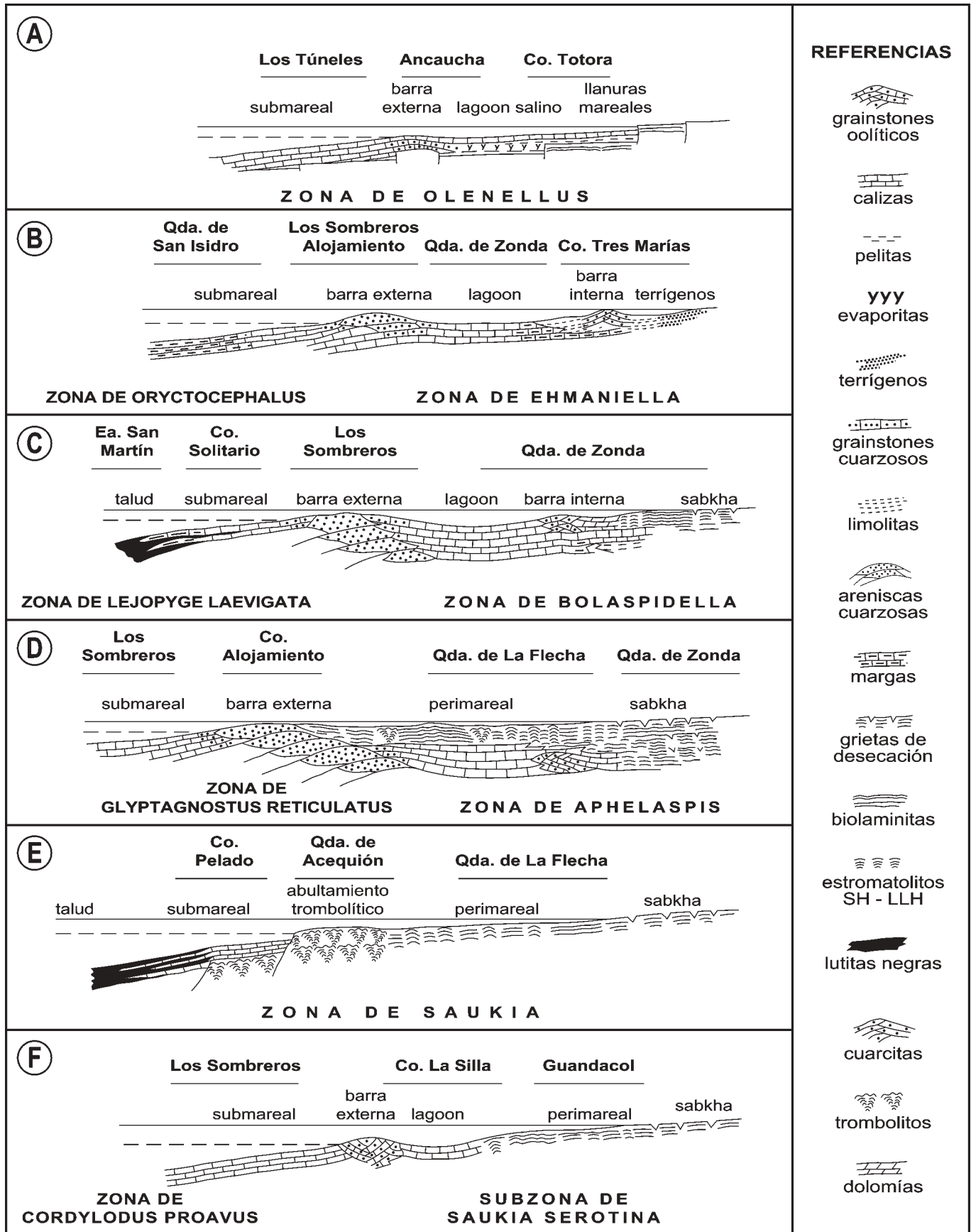


Figura 4: Evolución paleoambiental de la cuenca cámbrica de la Precordillera argentina (ver explicación en el texto).

posterior cese del *rifting* activo en las facies de cuarcitas y pelitas verdes (Astini *et al.* 1996). En cambio Keller *et al.* (1998) interpretan a los depósitos de la Formación Cerro Totora como pertenecientes a un sistema de graben intracontinental, por la notable ausencia de volcanismo de *rift*. Por otra parte Astini *et al.* (2000 a) al analizar los radios de isótopos de Sr detectaron que los niveles evaporíticos se corresponden con ambientes de salinas marinas parcialmente influenciados por aguas continentales. Según estos últimos autores estas salinas restringidas son consistentes con un sistema de bloques fallados productos del *rifting* continental que separó a Precordillera de Laurentia. Según Kendall (1992) las salinas marinas marginales se depositan como parte de un *sistem tract* transgresivo y de nivel de mar alto y ellas ocurren en depresiones tectónicas y detrás de barreras costeras.

En el perfil de la figura 4a se ubican a las evaporitas dentro de una depresión tectónica o *graben* limitado al oeste por un *horst* que habría actuado como barrera restrictiva de la circulación marina. Las evaporitas se habrían depositado en un *lagoon* hipersalino limitado por barreras marginales hacia el oeste y por llanuras de marea hacia el este. Sobre la elevación tectónica (*horst*) se habría construido una barrera arenosa - carbonática que estaría actualmente representada por el Olistolito de Ancaucha que posee facies arenosas de un ambiente marino marginal o de barreras (Astini y Thomas 1999a). En la base de la Formación La Laja, Miembro El Estero, aflorante en el cerro Marquesado, se hallan niveles de cuarcitas, areniscas sabulíticas rojizas y verdosas que estarían representando facies relictuales de otro sistema de *graben* intracontinental sin depósitos evaporíticos y en una posición más austral de la cuenca.

Los depósitos de *sinrift* - *graben* de la Formación Cerro Totora y del Miembro El Estero están ubicados en la posición más cercana al basamento precámbrico (Fig. 3a) y conforman los relictos de la sedimentación inicial de la cuenca cámbrica precordillerana.

#### Plataforma abierta

Los afloramientos carbonáticos del Cámbrico inferior tardío que están en el tramo cuspidal del Miembro El Estero forman una asociación de *mudstones-wackestones-packstones* con intraclastos y pelitas que contienen fósiles fragmentados de *Olenellidos*, *Antagmidos*, *Pagetidos*, *Hyolites* y *Salterella*. Éstos fueron depositados por debajo del nivel de olas de tormentas con esporádicas tempestitas manifestadas en los *packstones* con intraclastos derivados de aguas más someras (Keller 1999). Estas litofacies conforman un ambiente de plataforma abierta mixta inter a submareal (Figs. 3a y 4a).

En la parte cuspidal de la Formación Cerro Totora se destaca una progresiva profundización del ambiente

que marca una tendencia transgresiva (Astini y Vaccari 1996) generando ambientes de llanuras inter a submareales con salinidad normal que pueden atribuirse a una plataforma abierta donde las barreras restrictivas habrían perdido relieve permitiendo una mayor comunicación oceánica (Fig. 4a).

El Olistolito los Túneles con *Olenellidos*, *Antagmidos* y *Hyolites* (Vaccari y Bordonaro 1993) está integrado por pelitas, *mudstones* y *wackestones* fosilíferos oscuros. Estos depósitos indican condiciones submareales de baja energía con esporádicas tormentas (Cabaleri 1989).

Las litofacies antes descriptas más la presencia de *Olenellus* y *pagetidos* en ellas, se ajusta a un modelo de plataforma abierta con libre comunicación oceánica, ya que *Olenellus* es un género endémico que se dispersa ampliamente en toda la plataforma de Laurentia, en cambio los *pagetidos* son formas cosmopolitas que no debieron estar controlados por barreras efectivas en el borde de la plataforma. De esta manera la asociación de lito y biofacies habla en favor de una plataforma abierta con libre conexión oceánica, sin efectivas barreras restrictivas hacia el occidente, donde la fauna vive con acceso ilimitado hacia el océano.

#### Plataforma restringida con margen distal

En este ámbito paleoambiental se desarrollan las Formaciones La Laja, Los Hornos, Zonda y La Silla.

La fauna de trilobites del Cámbrico medio de la Formación La Laja se caracteriza principalmente por trilobites poliméricos endémicos con una baja diversidad específica, una gran abundancia de individuos en cada nivel fosilífero y una notable ausencia de agnóstidos aún en los *mudstones* oscuros que contiene. En forma subordinada se encuentran braquiópodos articulados e inarticulados, *Chancelloria* y *Hyolites*. Estas faunas sustentan la idea de una plataforma restringida con respecto al mar abierto según el modelo de Palmer (1973) y Robison (1976) o también como una plataforma-*lagoon* con margen (Read 1982) y dentro de ella es posible reconocer cuatro subambientes diferentes.

*Barras carbonáticas internas*: La Formación La Laja posee un arreglo litofacial en ciclos somerizantes (Bercowski *et al.* 1990; Keller 1999), en los cuales son comunes los depósitos de bajíos carbonáticos con *grainstones* y *packstones* fosilíferos, con condiciones ambientales de alta energía vinculados a barras de arenas intermareales. Hacia el techo del Miembro Juan Pobre se desarrollan unos 10 m de *grainstones* oolíticos con estratificación entrecruzada del tipo *herringbone* asignados a barras carbonáticas intermareales (Keller 1999). Esta barra oolítica del Miembro Juan Pobre es considerada como una barrera interna de la plataforma - *lagoon* y no como la barrera marginal que la separa del mar abierto (Figs 3c y 4c). Esto se

fundamenta en la sucesión de facies que hay por arriba y por debajo de la misma. Por debajo hay potentes depósitos de mudstones oscuros y bioturbados con esporádicas intercalaciones oolíticas y pelletoidales de plataforma - *lagoon* con faunas endémicas y restringidas de *Modocia*, *Asaphiscus* y *Alokistocare*. Por arriba hay facies supramareales dolomíticas del tipo *sabkha* (Figs. 3c y 4c). Por otra parte, el tramo medio del Miembro Juan Pobre posee una espesa sucesión de calizas oolíticas intercaladas entre *mudstones* y margas. Estas son fangos oolíticos-pelletoidales de la zona intermareal contiguo al *lagoon* o bien de bajíos interiores al *lagoon*.

**Lagoon:** El *lagoon* es un medio submareal protegido y tranquilo, con sedimentación fangosa, con salinidad normal que está ubicado detrás de la barrera marginal, aunque permanece comunicado con el mar abierto pero no en forma directa. La mayor parte de los sedimentos son fangos peletoidales aunque hay zonas influenciadas por el oleaje mayor con arenas esqueléticas. En su lado interno pueden desarrollarse barreras carbonáticas o terrígenas las que gradan hacia facies costeras o *sabkha* costero.

Los potentes *mudstones* bioturbados oscuros del Miembro Rivadavia y los del tercio superior del Miembro Juan Pobre, carentes de trilobites agnóstidos, sugieren un ambiente de *lagoon* submareal desconectado del mar abierto por barreras marginales, aunque de salinidad normal por su fauna de trilobites. El mismo fue sometido a frecuentes tormentas evidenciadas por esporádicos niveles de tempestitas con clastos aplanados provenientes de facies dolomíticas supramareales (Figs. 4b y c).

**Terrígenos internos:** Los notables niveles de margas y limolitas con *grainstones* oolíticos con abundantes bioclastos y granos de cuarzo, que se desarrollan en la base del Miembro Juan Pobre y en el techo del Miembro Soldano, pertenecen a un ambiente de plataforma submareal somero a intermareal, cercano a la costa con fuerte influencia de corrientes de marea y con un importante aporte de material terrígeno desde la costa. Estos niveles terrígenos forman parte de la llamada faja detrítica interna de Palmer (1973) y son los niveles más próximos a la costa como ya fue indicado por Baldis y Bordonaro (1985), (Figs. 3b y 4b), donde el material silicoclástico grueso es retenido en barras arenosas de la zona intermareal y el material fino es transportado hacia la zona submareal. Es precisamente en uno de estos paquetes margosos del techo del Miembro Soldano, donde se localiza un potente nivel de cuarcitas blanquecinas con pelitas carbonosas, en el cerro Tres Marías de la sierra de Marquesado (Fig. 1), las que fueron interpretadas por Banchig y Milana (1994) como una progradación deltaica desde el este. Astini y Thomas (2000), sugieren para estas cuarcitas un origen vinculado con barreras arenosas ocasionada

por fluctuaciones del nivel del mar. La continuidad lateral de estas cuarcitas halladas también entre las quebradas de La Laja y La Flecha apoya la interpretación de barras arenosas internas y paralelas a la línea costera (Figs. 3b y 4b). La fauna de trilobites que domina los niveles margosos superiores del Miembro Soldano se caracteriza por la Familia Ehmaniellidae con *Ehmaniella* y *Altiocculus* que son típicos integrantes del Biomero Marjumido y abundan en aguas someras de la plataforma interna de Laurentia (Sundberg 1994). También los niveles margosos de la base del Miembro Juan Pobre poseen una abundante fauna de *Glyphaspis* muy similar a la Fauna de *Glyphaspis tetonensis* de Alberta que caracteriza a facies de plataforma interna de la Formación Pika (Melzak y Westrop 1994).

**Sabkha costero:** La Formación Zonda presenta ciclos somerizantes hacia arriba desarrollados en ambientes someros inter a supramareales del tipo *sabkha* costero (Arroqui Langer y Bordonaro 1996). Allí se reconocen niveles microbialíticos laminados con esporádicos estromatolitos SH y aisladas estructuras de abultamientos microbialíticos. También son frecuentes los depósitos de conglomerados de clastos chatos, las estructuras de ojos de pájaro y las grietas de desecación, como también las brechas de disolución, estructuras en enrejado y cristales pseudomorfo de yeso. Este conjunto de estructuras sedimentarias indica ambientes intermareales alto a supramareales con períodos de exposición subaérea y con episodios de tormentas. El ambiente de *sabkha* de la Formación Zonda es confirmado por la sucesión de facies en el tope de la Formación La Laja, donde se aprecia un típico ciclo somerizante de clima árido acorde con Pratt *et al.* (1992). Hacia el techo del Miembro Juan Pobre se desarrollan litofacies de *mudstones* oscuros intensamente bioturbados de *lagoon* submareal que gradan hacia *grainstones* oolíticos con estratificación entrecruzada del tipo *herringbone* (Keller 1999) de barreras internas para luego dar lugar rápidamente a las facies inter y supramareales dolomíticas características de la base de Formación Zonda (Figs. 3c y 4c).

Si bien no existen estudios sedimentológicos adecuados de la Formación Los Hornos, en este trabajo se considera que, por el gran desarrollo de dolomías y su ubicación estratigráfica, ésta podría ser un equivalente paleoambiental de la Formación Zonda, aunque con una edad más extendida dentro del Cámbrico medio y del Cámbrico superior.

El modelo paleogeográfico propuesto en este trabajo para la Formación La Laja se grafica en las figuras 3b y c, donde se muestra una plataforma interna marginada hacia el oeste por una barrera arenosa (Formación Alojamiento) que durante la Zona de *Ehmaniella* generaba un *lagoon* submareal en su lado interior que gradaba hacia barras arenosas internas (cerro Tres Marías). Mien-



tras se consolidaba la barrera externa y migraba hacia el oeste durante el Cámbrico medio tardío, durante la Zona de *Bolaspidella* el *lagoon* submareal gradaba hacia una barrera oolítica interna por detrás de la cual se desarrollaba un *sabkha* costero en donde comenzaba a depositarse la Formación Zonda (quebrada de Zonda).

Durante el Cámbrico superior tardío y Ordovícico Inferior temprano, con la Formación La Silla, se vuelve a instalar un sistema depositacional de *lagoon* somero algo restringido, similar a las modernas áreas submareales de las Bahamas. Cañas (1995) interpreta a la Formación La Silla como un depósito de plataforma con borde con probables barreras restrictivas fundamentado en la ausencia de facies marinas abiertas. Ese último autor examina facies algo restringidas de biolaminitas y estromatolitos desarrollados en planicies intermareales altas a supramareales con estromatolitos LLH y SH de origen submareal. Facies de *mudstones*, *wackestones* limosos y *packstones*, bioturbados con gasterópodos, nautiloideos y trilobites con abundantes *Thalassinoides* que indican condiciones submareales en áreas protegidas de barreras restrictivas. También reconoce en la misma unidad facies de *packstones* y *grainstones* oolíticos que representan bajíos arenosos o barreras oolíticas arenosas formadas a lo largo del margen de la plataforma (Figs. 3f y 4f).

#### Plataforma perimareal

La Formación La Flecha representa los depósitos de una extensa plataforma perimareal bajo condiciones de restricción hipersalina (Keller *et al.* 1998). Posee una asociación de ciclos somerizantes de pequeña escala que varían desde una zona submareal con trombolitos, intraclastos y *grainstones*, una zona intermareal con abultamientos microbiofíticos, estromatolitos SH y LLH hasta laminitas microbiales para culminar con una zona supramareal con *mudstones* con estructuras de ojo de pájaro, grietas de desecación, conglomerados de clastos chatos, brechas de disolución y niveles de caliche (Keller *et al.* 1989). Los depósitos de la Formación La Flecha poseen similares características ambientales en todos sus afloramientos aunque Cañas (1985, 1998) y Keller (1999) reconocen en la región de Guandacol mayor cantidad de facies submareales con predominio de *mudstones* submareales en los ciclos como evidencia de una profundización en esa región.

Armella (1994) al describir ciclos trombolíticos-estromatolíticos de la Formación La Flecha descubre una marcada tendencia transgresiva hacia el techo, donde predominan las facies submareales con trombolitos, mientras están ausentes las facies inter-supramareales con estromatolitos. En el sector norte de la cuenca (Jáchal) se desarrollan potentes ciclos de 20 m de espesor con trombolitos arborescentes. El modelo depositacional de esta unidad corresponde a un complejo de montículos emergente, que delimitan lagunas

someras con predominio de ambiente submareal (Armella *et al.* 1996). En cambio en el sector austral de la cuenca (quebrada de La Flecha y cerro Pedernal) las construcciones trombolíticas son más delgadas y los ciclos son menos potentes y más frecuentes. Cada megaciclo profundo en el norte es equivalente a tres o más ciclos someros en el sur.

La diferencia geográfica en la frecuencia de los ciclos indica que la eustasia no fue un factor uniforme en toda la cuenca. Los ciclos más someros del Sur, probablemente en un área menos subsidente y de menor relieve dan lugar al modelo de islas mareales de Pratt y James (1986) en donde el sedimento perimareal se deposita sobre o alrededor de islas dispersas sobre una extendida plataforma, durante períodos en los cuales la velocidad de sedimentación fue similar al incremento del nivel del mar (Fig. 4d).

Esta plataforma perimareal nuevamente se profundiza en el norte de Mendoza, manifestada en los ciclos somerizantes del tramo medio de la Formación Cerro Pelado que posee un abundante contenido de estructuras trombolíticas características de una mayor profundidad (Fig. 4e).

El modelo paleogeográfico y paleoambiental de la Formación La Flecha durante las Zonas de *Aphelaspis* y *Saukia* del Cámbrico superior (Figs. 4d y e, 3d y e), destaca a los afloramientos de la quebrada de La Flecha y cerro Pedernal protegidos por barreras efectivas de la Formación Alojamiento en el borde de la plataforma, dando lugar a condiciones ambientales más someras y aptas para el desarrollo de islas mareales. En cambio en el sector norte de la Cuenca (Jáchal- Guandacol) no hay evidencias de barreras efectivas o bien éstas estarían interrumpidas dejando lugar para un mayor ingreso del mar abierto que crea condiciones de salinidad normal. No obstante, el complejo perimareal allí desarrollado tendría que estar parcialmente restringido por barreras marginales, aunque éstas sean discontinuas (Fig. 3d). Entre el norte de Mendoza y la quebrada de Acequión se habrían generado abultamientos trombolíticos que perdían eficacia como barreras restrictivas (Figs. 4e y 3d) y ya durante la Zona de *Saukia* en el cerro Pelado se iniciaba el ahogamiento tectónico de la plataforma (Fig. 4e).

#### Barreras o bajíos marginales carbonáticos-arenosos

Hacia el borde externo de la plataforma interna se habría desarrollado un sector de barreras o bajíos arenosos o carbonáticos oolíticos- cuarzosos, que restringían la entrada del mar abierto hacia el este. Estas barreras arenosas poseían una morfología discontinua e irregular dando lugar a bancos y bajíos con diversos diseños. Allí es donde las corrientes mareales y el oleaje alcanzan mayor velocidad formando oolitas, *pellets*, arenas carbonáticas y cuarzosas. En las áreas protegidas de estos cuerpos de arena se generan llanuras de marea

donde interactúan los depósitos hipersalinos perimareales con los depósitos arenosos.

En la Precordillera existen varias evidencias directas e indirectas de la presencia de estas barreras que se desarrollaron desde el Cámbrico inferior tardío hasta el Cámbrico superior.

Entre los Olistolitos Los Sombreros existen varios bloques de *grainstones* oolíticos-biolásticos y de areniscas cuarzosas con estratificación entrecruzada que están indicando un ambiente de barreras o bajíos calcáreo-arenosos que se habrían desarrollado en el margen de la plataforma. La aparición de estos niveles areniscosos en la Formación Los Sombreros fue descrito por Fernández *et al.* (1987) y Banchig *et al.* (1990) para la sierra del Tontal. Si bien en la quebrada de Los Sombreros hay varios bloques arenosos que carecen de fósiles, hay otros tantos integrados por *grainstones* oolíticos y cuarzosos que poseen fósiles del Cámbrico superior y del Cámbrico medio tardío. También entre los Olistolitos La Cruz y San Isidro, en San Isidro, Mendoza, es muy común encontrar calizas arenosas, oolíticas, oncolítica y *grainstones* cuarzosos con trilobites del Cámbrico medio y superior (Bordonaro *et al.* 1993). El Olistolito Ancaucha, al norte del río Jáchal contiene areniscas cuarzosas, pelitas y *grainstones* biolásticos con restos de *Olenellus sp.*, *Salterella sp.* y *Cruziana* (Astini *et al.* 2000b), cuyo ambiente sedimentario es compatible con un sistema de llanuras de mareas vinculados con islas y barreras carbonáticas - arenosas desarrolladas hacia la plataforma abierta. Otro caso lo conforman los Olistolitos Ojos de Agua con *Kormagnostus seclusus*, *Peronopsis tenuis* y *Baltagnostus sp.* (Bordonaro y Liñán 1994) en *grainstones* cuarzosos. Otros bloques de similar composición se hallan en la localidad de Los Sombreros con *Ptychagnostus sp.*, y bloques menores de areniscas cuarzosas se detectan en la localidad de Los Ratones. El gran tamaño de estos bloques indica un área de proveniencia cercana al talud ordovícico debido a su transporte por procesos de gravedad, dando evidencias de que la barrera arenosa no estaba muy alejada geográficamente del emplazamiento de los olistolitos.

La base de la Formación Alojamiento que aflora en el cordón de Santa Clara contiene *grainstones* y *packstones* fosilíferos con trilobites de la Zona de *Ehmaniella* que responden a un ambiente somero y próximo a la barrera marginal de la plataforma (Bordonaro y Banchig 2002). En el medio de la Formación Alojamiento hay un tramo de 200 m de composición dolomítica con laminación microbialítica y estructuras de ojos de pájaro que indican condiciones ambientales muy someras e hipersalinas, donde se intercalan niveles de calizas arenosas cuarzosas, como también 20 m de areniscas cuarzosas (Banchig y Bordonaro 1997). Estos niveles serían equiparables a los de la Formación Zonda, aunque en una posición cercana al borde de la plataforma perimareal, donde se ubican las barreras de arena y si fuesen de la misma

edad, marcarían una continuidad geográfica de los depósitos de llanuras mareales hipersalinas entre la sierra de Pedernal y el cordón del Alojamiento. El tramo superior de la Formación Alojamiento presenta un arreglo en ciclos somerizantes hacia arriba con lutitas, calizas, areniscas cuarzosas y dolomías con chert, revelando condiciones alternantes de alta y baja energía en un borde externo de la plataforma perimareal donde se acumulan los bancos de arenas. Estos niveles de areniscas cuarzosas y calizas arenosas representan episodios de somerización en un área de bajíos que aisló el sector austral de la ampliamente extendida plataforma perimareal durante todo el Cámbrico superior, tal como puede verse en las reconstrucciones de las figuras 3d y e, 4d y e.

La barrera arenosa podría continuarse hacia el sur hasta el cerro Pelado, donde la Formación Cerro Pelado contiene niveles arenosos en su tramo basal que indican condiciones ambientales similares a las de la Formación Alojamiento. Esto último es sólo posible si se asume una edad cámbrica superior (Zona de *Aphelaspis*) para la base de aquella unidad (Fig. 3d).

#### *Plataforma externa*

Hacia el lado oceánico de las barreras marginales de la plataforma interna se desarrollaba una plataforma externa, submareal, que se profundizaba progresivamente hacia el oeste con una suave pendiente que comienza desde la zona intermareal de las barreras restrictivas hasta alcanzar un ambiente de mayor profundidad en el talud continental.

Se reconocen lito y biofacies de esta plataforma externa en gran parte de los olistolitos que contienen las Formaciones Los Sombreros y Empozada, con edades que varían entre el Cámbrico medio y el Cámbrico superior. Estos olistolitos están integrados por *wackestones* y *mudstones* oscuros, algo bioturbados, sin estructuras sedimentarias y generalmente con laminación paralela. En los Olistolitos Los Sombreros se reconocen *mudstones* con agnóstidos y poliméridos articulados con alta diversidad específica y gran abundancia de individuos con características pandémicas. También en el Olistolito San Isidro se conservan delgados *mudstones* oscuros lenticulares intercalados entre margas y limolitas claras, con faunas de Oryctocephalidos, Dolichometopidos y Pagetidos, los que evidencian un hábitat oceánico semipandémico. Otra asociación facial característica son los *mudstones* oscuros finamente interestratificados entre limolitas oscuras con agnóstidos como contiene el Olistolito Solitario y la base de la Formación Alojamiento, ambas del Cámbrico medio tardío. También los *mudstones* oscuros de la base de la Formación El Relincho con agnóstidos Pseudagnostidae y Olenidos del Cámbrico Superior tardío de amplia dispersión mundial.

Este tipo de litofacies y biofacies anteriormente refe-

rido es característico de una plataforma abierta profunda (facies II de Wilson 1975), pero desarrollada en un margen externo por detrás de las barreras restrictivas. Estos depósitos son muy similares a los descritos por Brady y Rowell (1976) en el Cámbrico superior del Great Basin interpretados como una plataforma externa submareal de bajo relieve. En este tipo de ambientes, tanto la diversidad faunística de trilobites, espículas y braquiópodos inarticulados, como la abundancia de fangos calcáreos laminados indica condiciones estables y de baja energía con buena circulación pero con poca influencia terrígena.

En la Precordillera estos depósitos son muy comunes en los Olistolitos Los Túneles en Jáchal, en los Olistolitos Ojos de Agua y Los Sombreros en la sierra del Tontal, en la base de la Formación Alojamiento en el cordón del Alojamiento, en los Olistolitos La Cruz en San Isidro, en el Olistolito Solitario en Canota y en la base de la Formación El Relincho en el cerro Pelado (Fig. 1). Todos ellos están alineados sobre una franja que pudo haber estado muy cercana a la plataforma externa original. En base a estos afloramientos se han realizado las reconstrucciones paleogeográficas de las figuras 3b, c, d, e y f y 4b, c, d y f que muestran una plataforma externa que perduró desde la Zona de *Oryctocephalus* hasta la Zona de *Saukia*.

#### Talud continental

Las evidencias de ambientes de aguas más profundas se hallan en las sedimentitas del Olistolito Estancia San Martín, que posee *mudstones* oscuros y lutitas negras interestratificadas regularmente en forma rítmica, con laminación interna y total ausencia de estructuras sedimentarias de oleaje ni bioturbación. Es frecuente observar en ellas una deformación sinsedimentaria del tipo *slump*. Los escasos fósiles que contiene son agnóstidos muy pequeños de *Peronopsis* y espículas hexactinellidas que evidencian fondos blandos de periplataforma (Beresi y Heredia 1995). Estos depósitos se encuadran en los llamados fangos de periplataforma de Schlager y James (1978) y se depositan como fangos hemipelágicos en el borde externo de la plataforma y talud superior (Cook y Taylor 1977). Facies similares a las descritas también se reconocen en el tramo medio de la unidad innominada de la localidad de El Totoral, aunque carecen de fósiles.

En el tramo medio de la Formación El Relincho, Heredia (1996) describe calizas micríticas y pelitas oscuras, con laminación paralela muy fina que alternan con *packstones* y *mudstones* de colores oscuros finamente estratificados y con deformación sinsedimentaria asimilables con los sedimentos de clinofoma de Cook (1983). Esta unidad pasa transicionalmente a lutitas negras graptolíticas de posible edad ordovícica inferior (Fig. 2).

En las reconstrucciones paleogeográficas de las figu-

ra 3c y e, se puede apreciar que las facies de talud descriptas se desarrollan sólo en el sector austral de la cuenca cámbrica, en el norte de Mendoza. Durante el Cámbrico medio tardío (Zona de *Bolaspidella*), se habría generado una progresiva profundización hacia el sur (Figs. 3c y 4c), localizada en ese sector de la cuenca, quizás como consecuencia de una pronunciada inflexión topográfica hacia el este de toda la morfología de la plataforma. Durante el Cámbrico superior tardío, Zona de *Saukia* (Figs. 3e y 4e), se manifiesta nuevamente una brusca profundización de la cuenca con el desarrollo de facies de plataforma externa y talud evidenciado a lo largo de la sucesión de facies de la Formación El Relincho. Esta profundización de la cuenca es de origen tectónico (Heredia 1996, Keller 1999) y sería el preludio de la activación tectónica en estructuras de *horst* y *graben* que afectará a toda la plataforma ordovícica según el modelo de tectónica distensiva propuesto por Keller (1999).

Evidentemente el sector austral de la cuenca cámbrica es el sitio donde primero se habría desarrollado un margen continental tectónicamente activo, manifestado inicialmente en el Cámbrico medio tardío y luego activado fuertemente en el Cámbrico superior tardío, el que continuaría activado episódicamente durante el Ordovícico, cuyas evidencias se manifiestan en los olistostromas de la Formación Empozada (Bordonaro *et al.* 1993).

#### Conclusiones

El análisis precedente permite sintetizar los diversos estadios paleogeográficos y paleoambientales por los cuales evolucionó el margen continental de la Precordillera durante todo el Período Cámbrico,

En general se puede concluir que la historia de la cuenca comenzó en el Cámbrico inferior tardío con la apertura de un *rift* donde se instaló un *lagoon* hipersalino dentro de un graben intracontinental en el cual se depositaban evaporitas marinas marginales y estratos rojos que se interdigitaban hacia el Este con llanuras de mareas (Formación Cerro Totorá) y hacia el oeste con un alto estructural donde se desarrollaban barreras arenosas (Olistolito Ancaucha). Este ambiente evolucionó durante la Zona de *Olenellus* hacia una plataforma abierta que se profundizaba suavemente hacia el Oeste como resultado de una etapa transgresiva que inundó toda la cuenca (Formación Cerro Totorá superior y Miembro El Estero de Formación La Laja).

Durante el evento regresivo Hawke Bay (Cámbrico inferior tardío-Cámbrico medio temprano), se habría generado una ausencia faunística y sedimentaria en la plataforma externa y una ausencia faunística en secuencias condensadas en los niveles glauconíticos de la plataforma interna (base del Miembro Soldano de la Formación La Laja). Durante el Cámbrico medio tardío se desarrolló plenamente una plataforma restringida en

la Precordillera Oriental (Formación La Laja), con una barrera marginal que gradaba hacia una plataforma externa en la Precordillera Occidental y Mendocina. Ésta comenzó a construirse durante la Zona de *Glossopleura* en las facies distales (Olistolitos San Isidro y Los Ratonés). Durante la Zona de *Ehmaniella* un descenso relativo del nivel del mar ocasionó la progradación de depósitos terrígenos desde áreas continentales llegando a formar barras arenosas costeras (techo del Miembro Soldano). En el margen externo de la plataforma se formaron barreras restrictivas (Olistolitos Ojos de Agua, Los Sombreros y San Isidro y base de la Formación Alojamiento) y extensos carbonatos de plataforma externa (Olistolitos Los Sombreros, Ojos de Agua y San Isidro). Al comenzar la Zona de *Bolaspidella* una inundación de la plataforma restringida originó potentes *mudstones* oscuros y bioturbados en un *lagoon* submareal (Miembro Rivadavia). Mas tarde, en la base del Miembro Juan Pobre un nuevo descenso relativo del nivel del mar acumuló nuevamente terrígenos desde el continente con faunas de *Glyphaspis*. Durante el resto de la Zona de *Bolaspidella* se inició un ascenso relativo del nivel del mar formando los niveles oolíticos del tramo medio del Miembro Juan Pobre. Hacia fines de la Zona de *Bolaspidella* se manifiesta una somerización de los términos superiores de la Formación La Laja con barras oolíticas hasta culminar con los depósitos supramareales de *sabkha* costero de la Formación Zonda. Al mismo tiempo se formaban grandes barreras restrictivas en el margen de la plataforma y extensos depósitos de plataforma externa (Olistolitos Solitario y Los Sombreros), e inclusive ya se manifestaba un talud superior en la Precordillera Mendocina (Olistolito San Martín).

Durante el Cámbrico superior se mantuvo un nivel de mar alto que favoreció la instalación de extensas planicies primareales progradantes hacia el oeste (Formación La Flecha) con barreras restrictivas discontinuas en su margen exterior (Formación Alojamiento superior) y por detrás de ellas continuó depositándose una plataforma externa (Olistolitos La Cruz y Los Sombreros).

Luego entre el Cámbrico superior tardío y el Ordovícico inferior temprano (Zona de *Saukia* superior y Zona de *Missisquoia*) comenzó una progresiva subida del nivel del mar que permitió nuevamente la instalación de una plataforma-*lagoon* con una retrogradación de sus depósitos hacia el este en el sector septentrional y central de la cuenca (Formación La Silla). Simultáneamente perduraba un relicto de plataforma externa por detrás de las barreras restrictivas en la zona central de la cuenca (Olistolito Los Sombreros con *Cordylodus proavus*).

En el sur de la cuenca (Mendoza), durante el Cámbrico superior tardío (Zonas de *Elvinia* y *Saukia*) se inició una distensión tectónica que generó el ahogamiento de la plataforma carbonática (Formación Cerro Pelado) instalándose rápidamente sobre ella una plataforma externa, talud y cuenca (Formación El

Relincho). Este colapso tectónico fue el preludio del intenso tectonismo distensivo que afectó a toda la Precordillera durante los tiempos ordovícicos.

## Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a los colegas Aldo Banchig, Agustín Arroqui, Martín Keller, Brian Pratt, Pete Palmer y Richard Robison por el continuo intercambio de ideas y sugerencias acerca del Sistema Cámbrico de la Precordillera. También se reconoce a los árbitros de la revista por la revisión del trabajo y a CONICET y a la UNSJ por el aporte económico y logístico que permitió concretar estas investigaciones.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Armella, C., 1994. Thrombolitic-stromatolitic cycles of the cambro-ordovician boundary sequence, Precordillera oriental basin, Western Argentina. In: J. Bertrand-Sarfati and C. Monty (Eds): Phanerozoic Stromatolites 2: 421-441. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Armella, C., Cabaleri, N. y Valencio, S., 1996. Modelo paleoambiental de la Formación La Flecha (Cámbrico Superior) en el área de Jáchal, Provincia de San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 51 (2): 165-176.
- Arroqui Langer, A. y Bordonaro, O., 1996. Estratigrafía de la Formación Zonda (Cámbrico Superior) en la Sierra de Villicum-Zonda, Precordillera Oriental, San Juan, Argentina. Actas 6° Reunión Argentina de Sedimentología : 67-72. Bahía Blanca.
- Astini, R. y Thomas, W., 1999a. Un bloque Cámbrico Inferior en la Precordillera Occidental de San Juan con afinidad apalachiana: Nueva evidencia de la vinculación Precordillera-Laurentia. Actas 14° Congreso Geológico Argentino, 1: 56-57. Salta.
- Astini, R. and Thomas, W., 1999b. Origin and evolution of the Precordillera Terrane of western Argentina: A drifted Laurentian orphan. In: Ramos, V.A. and Keppie, J.D. (Eds.): Laurentia – Gondwana connections before Pangea. Geological Society of America 336:58-71. Boulder.
- Astini, R. and Thomas, W., 2000. Quarts-arenites in the Middle Cambrian limestones (La Laja Formation) of the Argentine Precordillera Terrane. Actas 2° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 8° Reunión Argentina de Sedimentología : 39-40. Mar del Plata.
- Astini, R. y Vaccari, E., 1996. Sucesión evaporítica del Cámbrico Inferior de la Precordillera: significado geológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 51(2): 97-106.
- Astini, R., Ramos, V., Benedetto, J., Vaccari, E. y Cañas, F., 1996. La Precordillera: un terreno exótico a Gondwana. Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 293-324. Buenos Aires.
- Astini, R., Thomas, W. and Denison, R., 2000a. Isotopically constrained Early Cambrian salinas along the conjugate rifted margins of southern Laurentia and the Argentine Precordillera. Actas 2° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 7° Reunión Argentina de Sedimentología: 40-41. Mar del Plata.
- Astini, R., Mángano, M.G. y Thomas, W., 2000b. El icnogénero Cruziana en el Cámbrico temprano de la Precordillera argentina: el registro más antiguo de Sudamérica. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 55 (1-2): 111-120.
- Baldis, B. y Bordonaro, O., 1981. Evolución de facies carbonáticas en la cuenca cámbrica de la Precordillera de San Juan. Actas 8 Congreso Geológico Argentino, 2: 385-397. San Luis.



- Baldis, B. y Bordonaro, O., 1985. Variaciones de facies en la cuenca cámbrica de la Precordillera argentina y su relación con la génesis del borde continental. *Actas 6º Congreso Latino Americano de Geología*: 31-42. Bogotá.
- Baldis, B., Bordonaro, O., Beresi, M. y Uliarte, E., 1981. Zona de dispersión estromatolítica en la secuencia calcáreo dolomítica del Paleozoico Inferior de San Juan. *Actas 8º Congreso Geológico Argentino*, 2: 419-434. San Luis.
- Banchig, A. y Milana, J., 1994. Reinterpretación de los depósitos clásticos de la plataforma cámbrica y su relación con el sistema depositacional y tectosedimentario regional. *Actas 5º Reunión Argentina de Sedimentología*: 295-300. Tucumán.
- Banchig, A. y Bordonaro, O., 1997. Formación Alojamiento: Una unidad carbonática - silicoclástica cámbrica de la Precordillera mendocina. *Actas 2º Jornadas de Geología de Precordillera*: 16-21. San Juan.
- Banchig, A. y Bordonaro, O., 2002. Hallazgo de trombolitos en el límite Cámbrico Inferior – Cámbrico Medio de la Precordillera de San Juan. *Actas 15º Congreso Geológico Argentino*, 1: 556-561. Calafate.
- Banchig, A., Milana, J. y Bordonaro, O., 1990. Litofacies clásticas de la Formación Los Sombreros (Cámbrico Medio) en la quebrada Ojos de Agua, sierra del Tontal, San Juan. *Actas 3º Reunión Argentina de Sedimentología*: 25-30. San Juan.
- Benedetto, J.L. y Vaccari, E., 1992. Significado estratigráfico y tectónico de los complejos de bloques cambro-ordovícicos resedimentados de la Precordillera occidental argentina. *Estudios Geológicos* 48: 305-313.
- Bercowski, F., Keller, M. y Bordonaro, O., 1990. Litofacies de la Formación La Laja (Cámbrico) en la Sierra Chica de Zonda, Precordillera sanjuanina, Argentina. *Actas 3º Reunión Argentina de Sedimentología*: 31-36. San Juan.
- Beresi, M. y Heredia, S., 1995. Asociación de espículas de poríferos cámbricos de la Formación Empozada, Precordillera de Mendoza. *Ameghiniana* 32 (4): 401-405.
- Bordonaro, O., 1980. El Cámbrico en la Quebrada de Zonda, Provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (1): 26-40.
- Bordonaro, O., 1986. Bioestratigrafía del Cámbrico Inferior de San Juan. *Actas 4º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 1: 19-27. Mendoza.
- Bordonaro, O., 1992. El Cámbrico de Sudamérica. En: Gutiérrez Marco, J.C., Saavedra, A. y Rábano, I. (Eds.): *Paleozoico Inferior de Ibero América*: 69-84. Universidad de Extremadura. Mérida.
- Bordonaro, O., 1999. Hiatus faunístico (evento Hawke Bay ?) entre el Cámbrico Inferior y el Cámbrico Medio en la Formación La Laja, Precordillera de San Juan. *Actas 14º Congreso Geológico Argentino*, 1: 45. Salta.
- Bordonaro, O., 2003. Review of the Cambrian Stratigraphy of the Argentine Precordillera. *Geológica Acta*, 1(1): 11-21.
- Bordonaro, O. y Banchig, A., 1990. Nuevos trilobites del Cámbrico Medio en la Quebrada Ojos de Agua, Sierra del Tontal, San Juan. *Actas 5º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 1: 31-37. Tucumán.
- Bordonaro, O. y Banchig, A., 1995. Trilobites laurénticos en el Cámbrico de la Precordillera argentina. *Actas 6º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*: 59-65. Trelew.
- Bordonaro, O. y Banchig, A., 1996. Estratigrafía de los olistolitos cámbricos de la Precordillera Argentina. *Actas 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 5: 471-479. Buenos Aires.
- Bordonaro, O. y Banchig, A., 2002. Trilobites cámbricos de la Formación Alojamiento, Precordillera de San Juan y Mendoza. *Actas 8º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*: 18. Corrientes.
- Bordonaro, O. and Liñan, E., 1994. Some Middle Cambrian Agnostoids from the Precordillera Argentina. *Revista Española de Paleontología*, 9 (1): 105-114.
- Bordonaro, O., Beresi, M. y Keller, M., 1993. Reinterpretación estratigráfica del Cámbrico del área de San Isidro, Precordillera de Mendoza. *Actas 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 2: 12-19. Mendoza.
- Bordonaro, O., Banchig, A. y Arroqui Langer, A., 1999. Síntesis estratigráfica de los depósitos del margen continental occidental paleozoico inferior de la Precordillera de Cuyo. *Actas 14º Congreso Geológico Argentino*, 1: 393-396. Salta.
- Borrello, A., 1962. Caliza La Laja (Cámbrico Medio de San Juan). *Notas Comité Investigaciones Científicas de Buenos Aires*, 2: 3-8. La Plata.
- Borrello, A., 1963a. *Fremontella inopinata* n. sp. del Cámbrico de Argentina. *Ameghiniana*, 3 (2): 51-55.
- Borrello, A., 1963b. Memoria de la división geológica del año 1962. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata.
- Borrello, A., 1964. Sobre la presencia del Cámbrico Inferior olenellidiano en la Sierra de Zonda, Precordillera de San Juan. *Ameghiniana*, 3 (10): 313-317.
- Borrello, A., 1965. Sobre el desarrollo bioestratigráfico del Cámbrico de la Precordillera. *Acta Geológica Lilloana*, 7: 39.
- Borrello, A., 1971. The Cambrian of South America. In: Holland (Ed.): *Cambrian of the New World*. Wiley Intersciences 1: 385-438. London.
- Brady, M. and Rowell, A., 1976. Upper Cambrian subtidal blanket carbonate of the miogeocline, eastern great Basin. *Geology Studies*, 23 (2): 153-163. Brigham Young University. USA.
- Cabaleri, N., 1989. Asociación faunística de la secuencia carbonato-clástica de la localidad de Los Túneles (Jáchal, San Juan). *Correlación Geológica*, 5: 137-144. Tucumán.
- Cañas, F., 1985. Análisis de las facies carbonáticas de la Formación Los Sapitos (Cámbrico ?- Tremadociano), en la quebrada del Río Guandacol, La Rioja. *Actas 1º Jornadas de Geología de Precordillera*, 1: 271-276. San Juan.
- Cañas, F., 1988. Facies perimareales del Cámbrico Inferior en el área de Guandacol. *Actas 2º Reunión Argentina de Sedimentología*: 46-50.
- Cañas, F., 1995. Early Ordovician carbonate platform facies of the Argentine Precordillera: Restricted shelf to open platform evolution. In: Cooper J., D., Droser, M. L. and Finney, S.C. (Eds.): *Ordovician Odyssey*. Pacific section Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Book 77: 221-224. Las Vegas.
- Cook, H., 1983. Ancient carbonate platform margins, slopes and basins. In: *Platform margin and deep water carbonates*. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist. Short course 15, 317 p. Tulsa.
- Cook, H. and Taylor, M., 1977. Comparison of continental slope and shelf environments in the Upper Cambrian and Lowest Ordovician of Nevada. In: Cook, H.E. and Enos, P. (Eds) *Deep-water carbonate environments*. Society Economic Paleontologist and Mineralogist. Special Publication, 25: 51-81. Tulsa.
- Fernández, A., Bercowski, F. y Cuerda, A., 1987. Litofacies y paleoambiente del Cámbrico Medio de la Formación Los Sombreros, sierra del Tontal, Precordillera de San Juan, Argentina. *Actas 10º Congreso Geológico Argentino*, 2: 143-146. Tucumán.
- Harrington, H., 1971. Descripción geológica Hoja 22 C Ramblón, Provincia de San Juan y Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 114, 81p.
- Heredia, S., 1996. El Cámbrico y Ordovícico de la cuchilla del cerro Pelado, Precordillera de Mendoza, Argentina. *Actas 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 1: 591-600. Buenos Aires.
- James, N., 1984. Shallowing upward sequences in carbonates. In: Walker, R. (Ed.): *Facies Models 2nd*. Geoscience Canada Reprint Series 1: 213-228. Ontario.
- James, N. and Kendal, A., 1992. Introduction to carbonate and evaporite facies models. In: Walker, R. and James, N. (Eds.): *Facies Models response to sea level change*. Geological Association of Canada: 265-276.

- Keller, M., 1999. Argentine Precordillera: Sedimentary and plate tectonic history of a Laurentian crustal fragment in South America. *The Geological Society of America, Special Paper* 341: 1-131.
- Keller, M., Buggisch, W. y Bercowski, F. 1989. Facies and sedimentology of Upper Cambrian shallowing upward cycles in the La Flecha Formation (Argentine Precordillera). *Zentralblatt für Geologie und Paleontologie*, 1: 999-1011.
- Keller, M., Cañas, F., Lehnert, O. and Vaccari, E., 1994. The Upper Cambrian and Lower Ordovician of the Precordillera (Western Argentina): Some stratigraphic reconsiderations. *Newsletters in Stratigraphy*, 31: 115-132.
- Keller, M., Buggisch, W. and Lehnert, O., 1998. The stratigraphic record of the Argentine Precordillera and its plate tectonic background. In: Pankhurst, R.J. and Rapela, C. (Eds.): *The proto-Andean margins of Gondwana*. Geological Society, Special Publication 142: 35-56. London.
- Kendall, A., C., 1992. Evaporites. In: Walker, R. and James, N. (Eds): *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada: 375-409.
- Ludvigsen, R., Westrop, S., Pratt, B., Tuffnell, P. and Young, G., 1986. Dual Biostratigraphy: Zones and biofacies. *Geoscience Canada*, 13 (3): 139- 154.
- Melzak, A. and Westrop, S.R., 1994. Mid-Cambrian (Marjumian) trilobites from the Pika Formation, southern Canadian Rocky Mountains, Alberta. *Canadian Journal Earth Science*, 31: 969-985.
- Palmer, A. R., 1973. Cambrian Trilobites. In: Hallam, A. (Ed.): *Atlas of Palaeobiogeography*. Elsevier : 3-11, New York.
- Palmer, A. R., 1981. Subdivision of the Sauk Sequence. In: Taylor, M. (Ed.): *Short papers for the Second International Symposium on the Cambrian System*. United States Geological Survey, Openfile Report 81- 743: 160-162.
- Palmer, A. R., 1998. A proposed nomenclature for stages and series for the Cambrian of Laurentia. *Canadian Journal Earth Science*, 35: 323-328.
- Palmer, A. R. and James, N., 1984. The Hawke Bay event: A circum-Iapetus regression near the Lower Middle Cambrian Boundary. In: Wones, D.R. (Ed.): *Proceedings Caledonides in the USA*. Polytechnic Institute and State Memoirs, 2: 15-18.
- Palmer, A.R. and Repina, L., 1993. Through a glass darkly: Taxonomy, phylogeny and biostratigraphy of the Olenellina. *The University of Kansas Paleontological Contribution*, 3 : 1-35.
- Poulsen, V., 1958. Contributions to the Middle Cambrian paleontology and stratigraphy of Argentina. *Museum Mineralogy Geology University Copenhagen, Communication Paleontology*, 103: 1-22.
- Poulsen, C., 1960. Fossils from the late Middle Cambrian Bolaspidella Zone of Mendoza, Argentina. *Museum Mineralogy Geology University Copenhagen, Communication Paleontology*, 113: 1-42.
- Pratt, B. and James, N., 1986. The Saint George Group (Lower Ordovician) of western Newfoundland: Tidal flat island model for carbonate sedimentation in shallow epeiric seas. *Sedimentology*, 33: 313-343.
- Pratt, B., James, N. and Cowan, C., 1992. Peritidal carbonates. In: Walker, R. and James, N. (Eds.): *Facies model response to sea level change*. Geological Association of Canada :303-322.
- Read, J.F., 1982. Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins. Types, characteristics and evolution. *Tectonophysics*, 81: 195-212.
- Robison, R. A., 1976. Middle Cambrian trilobite biostratigraphy of the Great Basin. *Geology Studies*, 23 (2): 99-110. Brigham Young University. USA.
- Schlager, W. and James, N., 1978. Low magnesian calcite limestones forming at the deep-sea floor, Tongue of the ocean, Bahamas. *Sedimentology*, 25: 675-702.
- Shergold, J., Bordonaro, O. and Liñan, E., 1995. Late Cambrian Agnostoid trilobites from Argentina. *Palaeontology*, 38 (2): 241-257.
- Sundberg, F., 1994. *Corynexochida* and *Ptychopariida* (Trilobita, Arthropoda) of the Ehmaniella Biozone (Middle Cambrian), Utah and Nevada. *Contributions in Science*, 446: 1-137.
- Tortello, F. y Bordonaro, O., 1997. Cambrian Agnostid trilobites from Mendoza: A systematic revision and biostratigraphic implications. *Journal of Paleontology*, 71: 74-86.
- Vaccari, E., 1988. Primer hallazgo de trilobites del Cámbrico Inferior en la Provincia de La Rioja (Precordillera septentrional). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 43 (4): 558-561.
- Vaccari, E. y Bordonaro, O., 1993. Trilobites en los olistolitos cámbricos de la Formación Los Sombreros (Ordovícico), Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, 30 (4): 383-393.
- Wilson, J. L., 1975. Carbonate facies in geologic history. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 471 p.

**Recibido:** 4 de diciembre, 2001

**Aceptado:** 13 de agosto, 2003