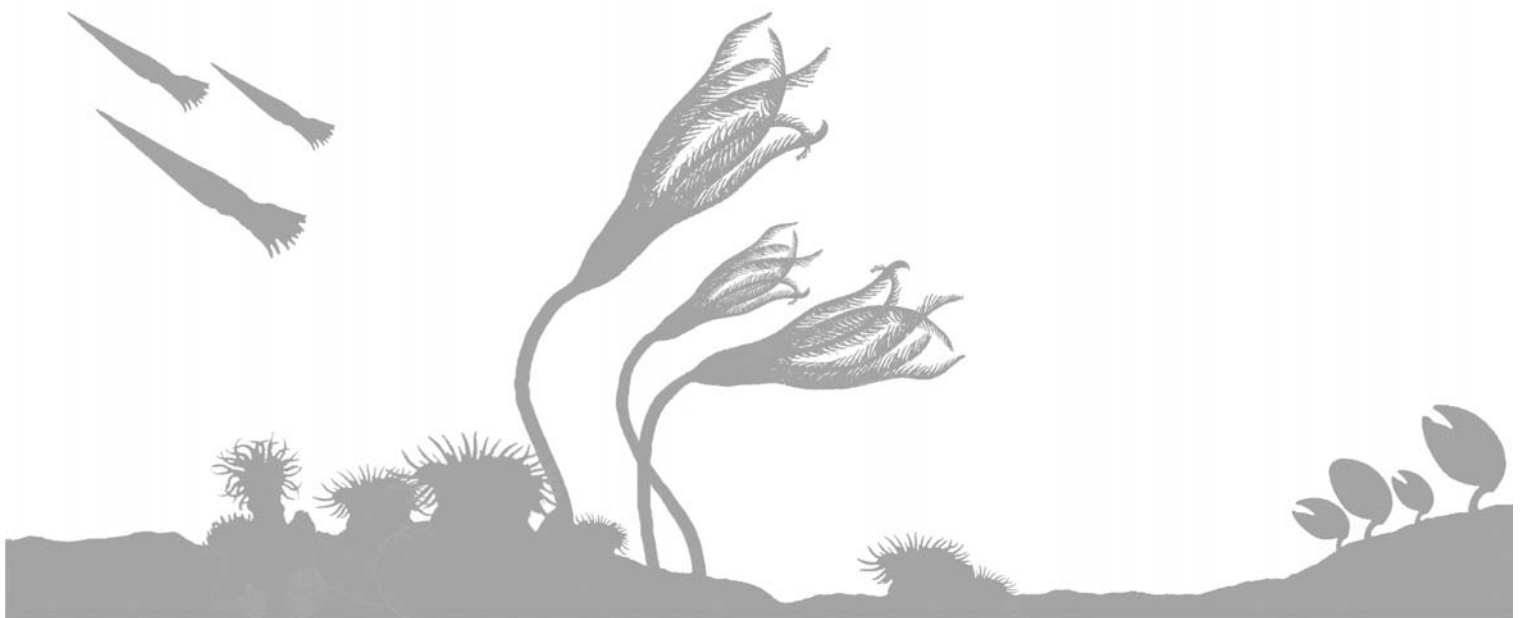

PROTEROZOICO SUPERIOR Y PALEOZOICO INFERIOR



Los fósiles del Proterozoico Superior y Paleozoico Inferior de Argentina



Juan L. BENEDETTO*, Guillermo F. ACEÑOLAZA, Guillermo L. ALBANESI, Marta B. ALFARO, Edsel D. BRUSSA, Luis A. BUATOIS, Marcelo G. CARRERA, Norma CECH, Susana B. ESTEBAN, Susana HEREDIA, M. Gabriela MÁNGANO, Gladys ORTEGA, Eduardo G. OTTONE, Claudia RUBINSTEIN, María J. SALAS, Teresa M. SÁNCHEZ, Blanca A. TORO, M. Franco TORTELLO, N. Emilio VACCARI y Beatriz G. WAISFELD

Abstract. UPPER PROTEROZOIC AND LOWER PALEOZOIC FOSSILS OF ARGENTINA. This chapter aims to synthesize the current state of knowledge on the Proterozoic and Lower Paleozoic fossils of Argentina. A wide range of taxonomic groups are considered, especially those from marine environments. First, the paleoecological and evolutionary significance of the Vendian-Lower Cambrian ichnofaunas is analyzed in order to understand the early colonization of marine substrate and the role played by the microbial communities in the ecologic structure. Paleocology of Ordovician faunas has been the focus of numerous studies, both at community and at biofacies scale. Some regional, basin-scale interpretations have also been proposed, mainly in the Lower-Mid Ordovician carbonate platform of the Precordillera basin. Studies on Silurian and Devonian assemblages are still scarce. Comparative studies among different Ordovician basins allowed to recognize different type-assemblages defined on the basis of the overall taxonomic diversity, alpha diversity and ecospace utilization. It is believed that the nature of these assemblages was largely controlled by environmental dynamics at each geodynamic setting coupled with the latitudinal position of the basins. The Evolutionary Faunas model has been critically analyzed from the evidence of Gondwanan assemblages, suggesting that it is not entirely applicable at global scale. Paleobiogeographic analysis of Cambrian and Ordovician faunas from Argentina led to propose that the Precordillera is a Laurentian-derived terrane accreted to Gondwana by the Mid-Late Ordovician. A considerable progress has been made in the biostratigraphic analysis of the rich Lower Paleozoic conodont, graptolite, trilobite and palynomorph assemblages from the Upper Cambrian, Ordovician and Silurian of Argentina, leading to establish accurate biostratigraphic schemas.

Palabras clave. Proterozoico Superior. Paleozoico Inferior. Argentina. Bioestratigrafía. Paleoecología. Biogeografía.

Key words. Upper Proterozoic. Lower Paleozoic. Argentina. Biostratigraphy. Paleocology. Biogeography.

La colonización de los fondos marinos en la transición Proterozoico-Cámbrico (M.G. Mángano y L.A. Buatois

El lapso comprendido entre el Ediacariano y el Cámbrico Temprano representa uno de los momentos claves en la historia evolutiva de los invertebrados. En Argentina este lapso puede analizarse en dos unidades que presentan extensos afloramientos en la región noroeste: la Formación Puncoviscana (Ediacariano a Nemakitiano-Daldyniano) y el Grupo Mesón (Cámbrico Inferior tardío a Medio). La información paleobiológica clave en estas unidades está representada por trazas fósiles. La icnofauna de la Formación Puncoviscana fue descrita originalmente en una serie de estudios publicados principalmente en las décadas del 70 y 80 (*e.g.*, Mirrè y Aceñolaza,

1972; Aceñolaza y Durand, 1973, 1986; Durand y Aceñolaza, 1990; véanse citas en Buatois y Mángano, 2003a). En los últimos años nuevos trabajos se han focalizado en el análisis de las implicancias paleobiológicas, paleoecológicas y evolutivas de esta icnofauna, incluyendo reasignaciones taxonómicas (*cf.* Buatois y Mángano, 2003a, 2003b, 2004; Seilacher *et al.*, 2005). Por su parte, la icnofauna del Grupo Mesón fue documentada en una serie de estudios (*e.g.*, Alonso y Marquillas, 1981; Aceñolaza *et al.*, 1982; Manca, 1986, 1989) y recientemente fue re-evaluada desde una óptica paleoecológica y paleoambiental (Mángano y Buatois, 2003, 2004a; véanse citas en este último).

Los ecosistemas ediacarianos

Si bien la Formación Puncoviscana contiene rocas del Ediacariano, las asociaciones de trazas fósiles

*Coordinador, jbenedetto@arnet.com.ar

les descritas corresponden al Cámbrico basal (Buatois y Mángano, 2005). Por lo tanto, nuestro conocimiento de los ecosistemas ediacarianos se basa principalmente en otros registros. Estos ecosistemas están caracterizados por estilos de vida vinculados al desarrollo de tapetes microbiales que estabilizan el sedimento, volviéndolo resistente a la erosión (Seilacher, 1999 y trabajos allí citados). Estos estilos incluyen los encrustadores de tapetes (*mat encrusters*) que fijan a los tapetes microbiales, raspadores de tapetes (*mat scratchers*) que pastan en el tope de los mismos, adherentes de tapetes (*mat stickers*) que crecen en los tapetes microbiales, y minadores subtapetes (*undermat miners*) que elaboran túneles de alimentación por debajo de los tapetes. Entre los raspadores podemos distinguir aquellos relacionados con la actividad de organismos vermiformes, representado por pistas simples de pastoreo, tales como *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis* y *Gordia* (Seilacher *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2006), que reflejan actividades de pastoreo subsuperficiales en conexión con tapetes microbiales extendidos en los fondos marinos, tanto en ambientes marinos someros como profundos (Gehling, 1999; Seilacher *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2006; véanse citas en Mángano y Buatois, 2007). Estas estructuras simples poseen relevancia pues representan la evidencia más firme de organismos triploblásticos en el Neoproterozoico (Seilacher, 1989).

La información icnológica indica que durante el Ediacariano fueron colonizados tanto los ambientes marinos someros como los profundos. Si bien la mayoría de los registros icnológicos corresponden a aguas someras (*e.g.*, Flinders Ranges, White Sea, Namibia, Sudáfrica), existen ejemplos de icnofaunas en depósitos marinos profundos (*e.g.*, North Carolina, Mackenzie Mountains, España) (Mángano y Buatois, 2007). La incipiente colonización de los fondos marinos profundos durante el Ediacariano es también indicada por el registro de cuerpos fósiles (Narbonne, 1998, 2005; Narbonne y Gehling, 2003; Clapham *et al.*, 2003; Grazhdankin, 2004; véanse citas en Narbonne, 2005). Hacia fines del Ediacariano se registró un incremento de la complejidad en estructuras de alimentación con la aparición de sistemas tridimensionales (*Treptichnus*) y un aumento de tamaño (Jensen *et al.*, 2000; Jensen y Runnegar, 2005; véase referencias en Buatois *et al.*, 2007). Mientras que las pistas de pastoreo ocurren tanto en ambientes marinos someros como profundos, las estructuras vinculadas a Dickinsonidos y a *Kimberella* sólo se conocen en depósitos someros. Las pistas de pastoreo morfológicamente complejas, las huellas de artrópodos y las estructuras verticales de habitación, en cambio, están ausentes.

A.P.A.Publicación Especial 11, 2007

Los ecosistemas del Cámbrico basal

La icnofauna de la Formación Puncoviscana permite evaluar las características de los ecosistemas desarrollados con posterioridad al Ediacariano, pero aún previos a la revolución agronómica que tuvo lugar durante el Tommotiano-Atdabaniano (Mángano y Buatois, 2004b, 2006). Cabe señalar que las interpretaciones paleoecológicas de la biota de la Formación Puncoviscana se basan en su contenido icnológico ya que las estructuras descritas previamente como impresiones de cuerpos blandos han sido recientemente reinterpretadas como pseudofósiles (Buatois y Mángano, 2004). Contrariamente a las primeras interpretaciones, la Formación Puncoviscana comprende asociaciones de trazas de ambientes tanto marinos someros como profundos. La asociación marina somera incluye una gran diversidad de patrones morfológicos, incluyendo pistas meandriformes guiadas (*Psammichnites saltensis*, *Psammichnites cf. gigas*), pistas de pastoreo simples (*Archaeonassa fossulata*, *Cochlichnus anguineus*, *Helminthopsis tenuis*, *Helminthoidichnites tenuis*), excavaciones tridimensionales poco profundas (*Treptichnus pollardi*, *cf. T. pedum*, *Saerichnites* *isp.*), sistemas de redes (*Multina* *isp.*), huellas de artrópodos (*Diplichnites* *isp.*, *Tasmanadia cachii*), trazas horizontales aplanadas (*Curvolithus* *isp.*), excavaciones horizontales de habitación (*Palaeophycus tubularis*), trazas en roseta (*Volkichnium volki*) y estructuras de alimentación complejas (*Oldhamia alata*, *Oldhamia geniculata*, *cf. Heliochone* *isp.*) (figura 1) (Buatois y Mángano, 2004; Seilacher *et al.*, 2005). En general, el escalonamiento de las comunidades marinas someras exhibe un desarrollo relativamente pobre. La mayoría de las estructuras biogénicas se formaron en interfases litológicas y cerca de la interfase agua-sedimento. Sin embargo, algunos icnotaxones (*e.g.*, *Treptichnus*, *Saerichnites*, *Multina*) indican una incipiente explotación del ecoespacio infaunal (Buatois y Mángano, 2004). La mayor profundidad de bioturbación (8 cm) ha sido observada en *Multina* *isp.* De todos modos, la restricción de estas estructuras a interfases litológicas impidió un incremento significativo en el grado de bioturbación. Si bien localmente se presentan estructuras vinculadas a tapetes microbiales (*e.g.*, *Oldhamia alata*), éstas no son muy comunes, sugiriendo que la actividad biogénica fue lo suficientemente importante como para disturbar los tapetes. En términos de icnofacies arquetípicas, la asociación marina somera constituye uno de los ejemplos más antiguos de la icnofacies de *Cruziana*.

La asociación marina profunda comprende una menor diversidad de patrones morfológicos y está dominada por estructuras de alimentación complejas asignadas a varias icnoespecies de *Oldhamia*. Esta

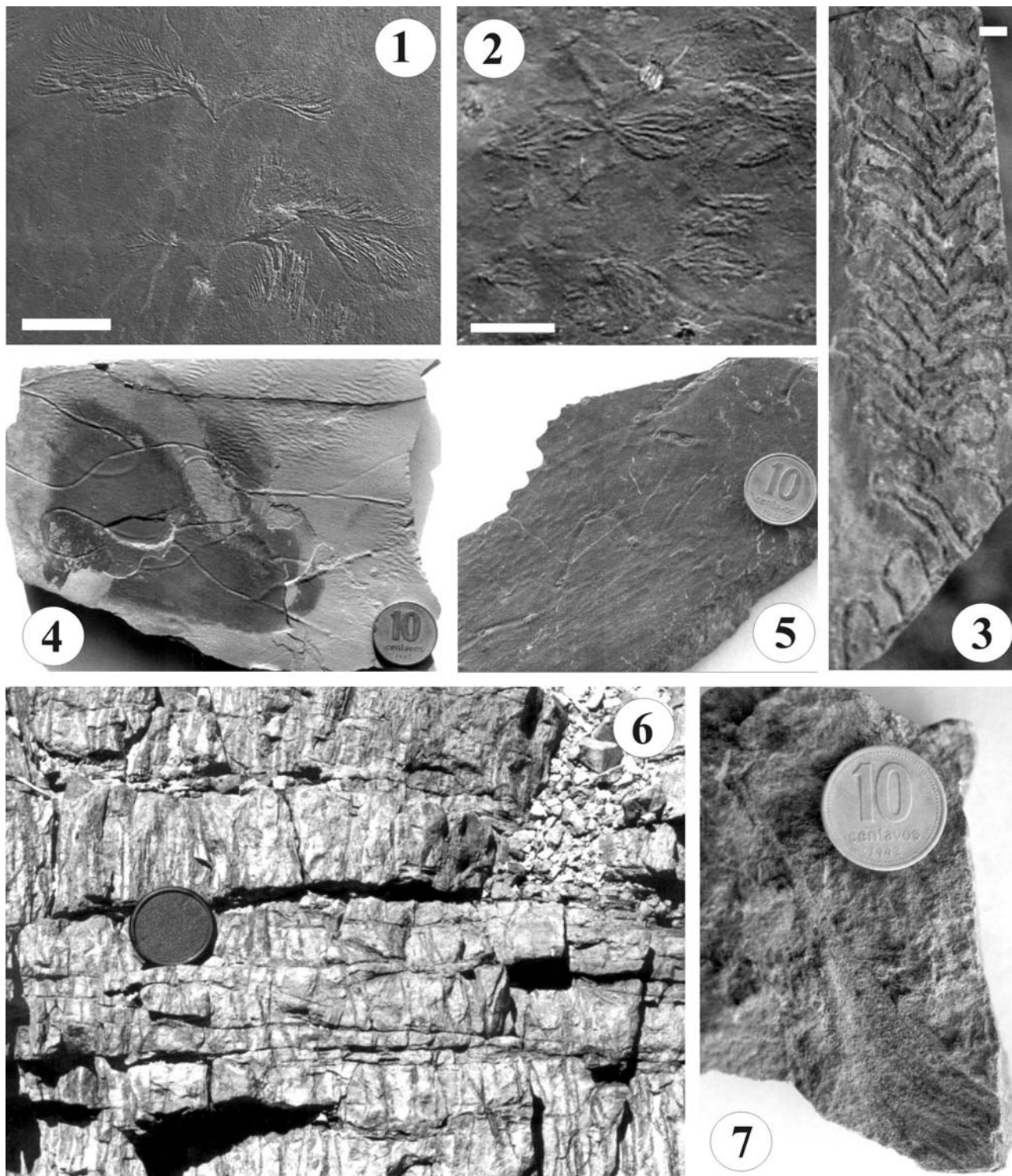


Figura 1. Icnofaunas de las formaciones Puncoviscana y Campanario / *icnofaunas from the Puncoviscana and Campanario formations*. **1,** *Oldhamia alata*, El Mollar (quebrada del Toro), Formación Puncoviscana / *Oldhamia alata*, El Mollar (quebrada del Toro), Puncoviscana Formation / **2,** *Oldhamia flabellata*, San Antonio de Los Cobres, Formación Puncoviscana / *Oldhamia flabellata*, San Antonio de Los Cobres, Puncoviscana Formation. **3,** *Psammichnites saltensis*, Cachi, Formación Puncoviscana / *Psammichnites saltensis*, Cachi, Puncoviscana Formation. **4,** *Helminthopsis abeli* asociadas a superficies corrugadas indicadoras de tapetes microbiales, San Antonio de Los Cobres, Formación Puncoviscana / *Helminthopsis abeli* associated with wrinkle marks suggestive of microbial mats, San Antonio de Los Cobres, Puncoviscana Formation. **5,** *Treptichnus pollardi*, Campo Quijano (quebrada del Toro), Formación Puncoviscana / *Treptichnus pollardi*, Campo Quijano (quebrada del Toro), Puncoviscana Formation. **6,** *Syringomorpha* isp. formando icnofábricas tipo "pipe rock", Angosto del Morro de Chucalezna, Formación Campanario / *pipe rock* ichnofabric formed by *Syringomorpha* isp., Angosto del Morro de Chucalezna, Campanario Formation. **7,** *Syringomorpha nilssoni*, Cerdón de Alfarcito, Formación Campanario / *Syringomorpha nilssoni*, Cerdón de Alfarcito, Campanario Formation. Barra = 1 cm. Moneda = 1,8 cm / Bar = 1 cm. Coin = 1,8 cm.

asociación incluye a su vez pistas de pastoreo simples (*Cochlichnus anguineus*, *Helminthopsis tenuis*, *Helminthoidichnites tenuis*), huellas de artrópodos (*Diplichnites* isp.) y excavaciones horizontales de habitación (*Palaeophycus tubularis*). Al igual que las comunidades marinas someras, las marinas profundas muestran una estructura de escalonamiento de desarrollo moderado, con las estructuras biogénicas concentradas cerca de la interfase agua-sedimento. La mayor profundidad de bioturbación (3 cm) corresponde a *Palaeophycus tubularis*, presente tanto en la base arenosa de capas turbidíticas como formando excavaciones postdeposicionales. A diferencia de la asociación marina somera, la profunda muestra invariablemente una vinculación con tapetes microbiales, indicando el carácter relicto de los ecosistemas marinos profundos (Buatois y Mángano, 2003b, 2004). Esta asociación de aguas profundas difiere marcadamente de la icnofacies de *Nereites* que caracteriza ambientes similares a lo largo del Fanerozoico, ilustrando de este modo las peculiaridades de los ecosistemas marinos profundos del Cámbrico. La evidencia icnológica sugiere que las primeras comunidades marinas profundas de aspecto moderno (icnofacies de *Nereites*) se establecieron durante el Ordovícico, si bien los niveles de diversidad y complejidad en la estructura ecológica fueron menores (Mángano y Droser, 2004).

Los ecosistemas del Cámbrico Temprano-Medio

Los ecosistemas de esta edad (post Nemakitiano-Daldyniano) representan los cambios acaecidos durante la revolución agronómica. Estos ecosistemas pueden ser analizados en el Grupo Mesón del noroeste de Argentina, particularmente en la Formación Campanario (Mángano y Buatois, 2004a), la que corresponde a un sistema macromareal con desarrollo de extensas planicies arenosas y acción subordinada de tormentas (Sánchez y Salfity, 1999; Mángano y Buatois, 2003, 2004b; véanse citas en este último). En el marco de este modelo, las formaciones Lizoite y Chalhualmayoc corresponden a complejos de barras arenosas submareales de alta energía disectados por canales submareales. Los depósitos de la Formación Campanario están dominados por domicilios verticales de suspensívoros o predadores pasivos de la icnofacies de *Skolithos* (figura 1). El icnogénero *Syringomorpha*, una traza de alimentación típica del Cámbrico Inferior, también es abundante en estos depósitos. Tanto éste como *Skolithos* suelen formar asociaciones de alta densidad (*pipe rocks*) (Mángano y Buatois, 2004a). Los elementos de la icnofacies de *Cruziana* son escasos y restringidos a ocurrencias aisladas de *Rusophycus leifeirikssoni* (Mángano y Buatois, 2003; véase cita en Mángano y Buatois, 2004b). Los depósitos de planicie mixta contienen elementos tanto de la icnofacies de *Skolithos* como de *Cruziana*. Las trazas de la icnofacies de *Skolithos* representan una colonización oportunista de las capas de tormenta asociadas. La icnofacies de *Cruziana* está representada por *Rusophycus leifeirikssoni*, *Cruziana problemática*, *Rusophycus carbonarius*, *Rusophycus* isp., *Diplichnites* isp., *Planolites* isp., *Palaeophycus tubularis*, *Helminthoidichnites tenuis* y *Bergaueria* cf. *B. perata* (Mángano y Buatois, 2004a). *Rusophycus leifeirikssoni* es el icnotaxón más conspicuo y se dispone formando agrupamientos (Mángano y Buatois, 2003). Los depósitos de planicie fangosa se encuentran escasamente bioturbados y las trazas son raras, encontrándose sólo ejemplares aislados de *Planolites* isp.

Mángano y Buatois (2004a) analizaron el potencial informativo de las trazas de la Formación Campanario para la comprensión de los ecosistemas intermareales cámbricos. Debido a la ausencia de vegetación terrestre, las cadenas tróficas intermareales cámbricas estuvieron casi enteramente basadas en una fuente de producción marina. A pesar de esto, los ecosistemas intermareales de inicios del Fanerozoico se habrían asemejado a los modernos en el hecho de que ambos funcionaron como sitios de reproducción y protección. A diferencia de lo observado en la Formación Puncoviscana, la profundidad y grado de bioturbación revela colonización de un espacio infaunal relativamente profundo (Mángano y Buatois, 2002; véase cita en Mángano y Buatois, 2004a). Probablemente la innovación evolutiva más significativa haya sido el establecimiento de una comunidad de suspensívoros y predadores pasivos de la icnofacies de *Skolithos*. Este cambio pone en evidencia el advenimiento de una dinámica ecológica moderna caracterizada por la presencia de predadores y un eficiente acoplamiento entre plancton y bentos (Butterfield, 2001; cita en Mángano y Buatois, 2004a). La abundancia de estructuras de artrópodos en zonas intermareales indica que los representantes de la Fauna Evolutiva Cámbrica colonizaron ambientes marinos marginales tempranamente en el Fanerozoico.

Las asociaciones faunísticas marinas del Ordovícico y Silúrico (B.G. Waisfeled, M.G. Carrera, N. Cech, M.J. Salas y T.M. Sánchez)

Los estudios paleoecológicos se han centrado fundamentalmente en el Ordovícico. Comparativamente, los ecosistemas desarrollados en sucesiones silúricas han recibido menor atención. La disparidad de conocimientos entre los dos sistemas se debe, en parte, a la relevancia que tienen los estudios de los

ecosistemas ordovícicos para la comprensión de la mayor diversificación de la biota marina en la historia de la vida, conocida como la Gran Radiación Ordovícica. Esta radiación fue acompañada por una significativa reorganización de los ecosistemas marinos a escala global, originando la Fauna Evolutiva Paleozoica, que reemplazó a la Fauna Evolutiva Cámbrica y fue sucedida, a partir del Triásico, por la Fauna Evolutiva Moderna (Sepkoski y Sheehan, 1983; cita en Waisfeld *et al.*, 2003). Los mecanismos ecológicos, evolutivos, ambientales y/o biogeográficos que dispararon esta radiación son aún motivo de intenso debate. En este escenario, la investigación de los ecosistemas ordovícicos de Argentina ha aportado nuevos elementos de análisis. Los estudios se focalizaron en la Precordillera (plataforma carbonática de margen pasivo y aguas templadas a cálidas), el Sistema de Famatina (plataforma volcánicla ubicada en latitudes intermedias) y la Cordillera Oriental (plataforma silicoclástica ubicada en latitudes intermedias). Los ecosistemas desarrollados en estas regiones exhiben rasgos distintivos en virtud de las condiciones tectono-sedimentarias y latitudes dispares en las que se desarrollaron estas cuencas. Esta peculiaridad convierte a las asociaciones del Ordovícico argentino en un interesante caso de estudio de estos controvertidos eventos y, en años recientes, permitió caracterizar patrones particulares para la región andina de Gondwana y elaborar los primeros modelos para explicarlos (Waisfeld *et al.*, 2003 y referencias adicionales allí citadas)

Los ecosistemas ordovícicos estuvieron compuestos por organismos distintos y tuvieron una diversidad y estructuración dispar en cada una de las regiones arriba mencionadas. Las formas bentónicas incluyen braquiópodos rinconelliformes y linguliformes, trilobites, ostrácodos, moluscos (bivalvos, rostroconchos, gastrópodos), poríferos, briozoos, equinodermos (cistoideos, eocrinoideos, crinoideos), hio-lítidos, así como una variada gama de trazas fósiles. El registro se completa con diversos organismos nectobentónicos, nectónicos y pelágicos tales como nautiloideos, graptolitos, cariocáridos y conodontes. Hasta el presente los estudios se centraron principalmente en asociaciones de trilobites, braquiópodos rinconelliformes y moluscos bivalvos dado que son elementos que están presentes invariablemente en las tres cuencas analizadas y, a su vez, son los principales referentes de las Faunas Evolutivas Cámbrica, Paleozoica y Moderna.

Asociaciones bentónicas ordovícicas

Noroeste Argentino. Las asociaciones bentónicas preservadas en el Grupo Santa Victoria (Cámbrico

Superior-Floiano) están dominadas esencialmente por trilobites. No existen aún estudios paleoecológicos en la Formación Santa Rosita y equivalentes (Cámbrico Superior-Tremadociano). Sus asociaciones bentónicas están dominadas por trilobites olénidos y sólo en el Tremadociano superior comienzan a predominar los asáfidos. Los braquiópodos linguliformes son frecuentes, mientras que los rinconelliformes son localmente abundantes en concentraciones de origen mecánico formadas en ambientes proximales. A partir del Tremadociano medio-superior y hasta el Floiano inferior se desarrolló una asociación muy peculiar, la Fauna de *Thysanopyge*. Esta fauna habría habitado ambientes submareales, de baja energía, por debajo del nivel de base de las olas de tiempo normal. Las asociaciones muestran una diversidad alfa (dentro del *habitat*) muy baja. El predominio de una única familia (Asaphidae) sugiere poca diferenciación ecológica y un rango limitado de estrategias alimenticias y de ocupación del ecoespacio. Sectores de la cuenca con mayores niveles de oxigenación (*e.g.*, Formación San Bernardo) habrían favorecido el desarrollo de asociaciones algo más diversas en las que, además de asáfidos, participaron calyménidos y shumárdiidos, así como otros grupos (ostrácodos, braquiópodos, bivalvos, gastrópodos (Waisfeld *et al.*, 2006). En el Floiano superior se produjo el reemplazo de la Fauna de *Thysanopyge* por la Fauna de *Famatinolithus*. Esta última es considerablemente más diversa que su predecesora e incluyó un variado elenco de asáfidos y otros trilobites (Trinucleidae, Pliomeridae, Telephiniidae, Nileidae, Calymenidae, Olenidae, Raphiphoridae), braquiópodos, bivalvos, ostrácodos, gastrópodos y equinodermos. La fauna de *Famatinolithus* se desarrolló en fondos bien oxigenados, ocupando un amplio espectro de ambientes, desde la plataforma distal hasta el *shoreface* proximal. Su estructura indica una mayor utilización del ecoespacio y un incremento de la complejidad ecológica en relación a la Fauna de *Thysanopyge*. El disparador de este recambio faunístico habría sido una marcada progradación deltaica sobre una plataforma relativamente restringida con influencia de tormentas, con importantes cambios en la energía del medio, patrones de circulación y aporte de nutrientes (Waisfeld y Astini, 2003; Astini, 2003; véase cita en este último). Este drástico cambio habría causado la eliminación de los habitats de baja energía ocupados por la Fauna de *Thysanopyge*, conduciendo a su extinción. La Fauna de *Famatinolithus* desaparece en el tope de la Formación Acoite coincidiendo con un evento de caída relativa del nivel del mar en toda la cuenca y el desarrollo de cortejos transgresivos (Formación Alto del Cóndor y unidades equivalentes, *cf.* Astini *et al.*, 2004a). En esta unidad, de origen estuarino, se ha preservado una asociación compuesta por el trilobite *Ogyginus*, bivalvos y trazas

del ichnogénero *Cruziana* pertenecientes al grupo *rugosa* (Astini *et al.*, 2004a, Mángano y Waisfeld, 2004). La asociación de bivalvos constituye el registro más antiguo del clado en ambientes de baja salinidad (Sánchez y Benedetto, 2007).

Las pelitas verdes de plataforma abierta depositadas durante la subsecuente inundación ("Formación Sepulturas" de Astini *et al.*, 2004a, Formación Santa Gertrudis y Formación Capillas, Sandbiano) contienen asociaciones de baja diversidad dominadas por el asáfido *Hoekaspis*, variados bivalvos y escasos braquiópodos (Waisfeld y Henry, 2003; véase cita en Waisfeld y Vaccari, 2003).

Famatina. Aún no se cuenta con estudios paleoecológicos de detalle en esta región. En la Formación Bordo Atravesado (Tremadociano superior bajo), expuesta en la región sur de Famatina, Tortello y Esteban (2003) documentaron una asociación dominada por trilobites de plataforma externa con bajos niveles de oxigenación, la que incluye formas nadadoras mesopelágicas (ciclopígidios), formas bentónicas ciegas o de ojos reducidos, así como otras cuyos exoesqueletos reflejarían adaptaciones a condiciones deficitarias en oxígeno. Estos autores refirieron esta asociación al *atheloptic assemblage* definido por Fortey y Owens (1987; véase cita en Tortello y Esteban, 2003), desarrollado probablemente cerca del límite inferior de penetración de la luz. En los depósitos de plataforma distal, pobres en oxígeno, las asociaciones son de baja diversidad y están dominadas por trilobites.

Las asociaciones de alta diversidad presentes en las unidades volcanosedimentarias del Floiano (Formaciones Suri y Molles) están compuestas esencialmente por braquiópodos rinconelliformes, trilobites y bivalvos. Es destacable la diversificación de grupos funcionales entre los braquiópodos y su elevado endemismo (Benedetto, 2003a; Waisfeld *et al.*, 2003) así como el registro de distintos grupos de trilobites que evidencia una gama relativamente amplia de estrategias adaptativas (*cf.* Waisfeld y Vaccari, 2003). En sectores costeros se registra la biofacies de *Neseuretus*, con una diversidad algo más elevada que la que posee en otras regiones gondwánicas. Resulta destacable, además, la diversificación taxonómica de los bivalvos en este sector, teniendo en cuenta su escasa representación en otras zonas ambientales.

Precordillera. Los estudios paleoecológicos en la Precordillera de Cuyo se han centrado principalmente en los depósitos calcáreos del Ordovícico Inferior, en particular en la Formación San Juan (Tremadociano-Darriwiliano). En las unidades mayormente silicoclásticas del Caradociano y Ashgiliano las asociaciones fosilíferas están restringidas espacial y temporalmente por lo que los estudios paleoecológicos son escasos. El Ordovícico Inferior (Formaciones La

Silla y San Juan) incluye una variada gama de facies carbonáticas que corresponden a ambientes de plataforma restringida hasta abierta (Cañas, 1999; véase cita en Cañas y Carrera, 2003). El límite entre las formaciones La Silla y San Juan marca un cambio mayor en la configuración de la plataforma carbonática, con el pasaje de facies de plataforma restringida a facies de plataforma abierta y geometría de rampa carbonática. Este cambio litofacial estuvo acompañado por un importante recambio faunístico. Las asociaciones de la Formación La Silla (Cámbrico Superior-Tremadociano) incluyen trilobites poco diversos (Biofacies de *Plethopeltis*, Vaccari, 1995a), escasos gastrópodos, nautiloideos, conodontes y abundantes trazas, además de estructuras trombolíticas. Las calizas de plataforma abierta de la Formación San Juan se inician con una secuencia transgresiva en cuya base se desarrolló un horizonte arrecifal constituido por calcimicrobios y esponjas (Cañas y Carrera, 1993; 2003; véase cita en este último). Un segundo horizonte arrecifal formado por microbialitos, receptaculítidos (*Calathium*) y estromatoporoideos (*Zondarella*) se desarrolló cerca de la base del Ordovícico Medio. Entre ambos niveles biohermales se acumularon depósitos de mar alto -mayormente wackestones esqueletales bioturbados- en un marco de estabilidad ambiental, lo que permitió el desarrollo de ricas comunidades submareales dominadas por suspensívoros, especialmente braquiópodos y gastrópodos macluritáceos (Cech y Carrera, 2002). En esta etapa los braquiópodos experimentaron una importante diversificación, especialmente los leptellínidos, cuya conchilla cóncavo-convexa representa una innovación en la estrategia de vida del clado (Carrera *et al.*, 1999; véase cita en Sánchez *et al.*, 2003; Carrera y Cech, 2003). En las calizas correspondientes a la secuencia depositacional superior los braquiópodos fueron el clado dominante, sólo equiparados en importancia por la notable diversificación de las demosponjas (Carrera, 1997a, 2000, 2001; véanse citas en Carrera, 2003). En esta etapa la configuración de la cuenca cambió debido al desarrollo de depocentros en los sectores septentrional y meridional en los que se depositaron pelitas y calizas en la rampa distal y pelitas negras con graptolitos (formaciones Gualcamayo y Los Azules) en la cuenca profunda. En estas litofacies dominaron los trilobites mientras que en sectores topográficamente más elevados continuó la sedimentación carbonática (*e.g.*, Formación Las Chacritas) lo que permitió el desarrollo de una fauna comparable a la de la Formación San Juan. El cambio faunístico más notable se produjo a partir del Sandbiano-Katiano, en un marco geotectónico en el que dominaron las sucesiones silicoclásticas (formaciones La Cantera y Trapiche) o mixtas (Formación Las Aguaditas). Las esponjas son escasas y predominan briozoos, braquiópodos y trilobites

(Carrera, 1997b, véase cita en Sánchez *et al.*, 2003; Sánchez *et al.* 2002). En las sucesiones clásticas del Hirnantiano se reconoció la comunidad de *Hirnantia-Modiolopsis* (véase citas en Sánchez, 2003) desarrollada en aguas someras y compuesta por elementos típicos de la Fauna de *Hirnantia* característica de regiones templadas a frías.

Asociaciones tipo: un patrón para el oeste de Argentina

El estudio de detalle de las asociaciones bentónicas floianas del oeste argentino permitió caracterizar un mosaico de cinco "asociaciones-tipo" definidas sobre la base de: 1) arreglo de taxa mayores en base a patrones de diversidad a nivel de géneros y familias, 2) composición taxonómica a nivel de familias o categorías mayores y 3) utilización del ecoespacio. Las asociaciones-tipo y las biofacies que incluyen se muestran en la figura 2. La asociación-tipo de rampa interna y media de demosponjas-rinconelliformes es exclusiva de la Precordillera y se destaca por sus elevados niveles de ocupación del ecoespacio y diversificación de los suspensívoros. En ambientes equivalentes de la cuenca de Famatina se destacan la riqueza de bivalvos, los elevados niveles de diversificación taxonómica y ecológica de los braquiópodos y trilobites, y la escasez de esponjas. En la Cordillera Oriental, en cambio, dominaron los trilobites en todas las zonas batimétricas, mientras que los braquiópodos fueron poco diversos y las esponjas están ausentes.

Si bien el control más evidente sobre la diversidad y la estructura de las asociaciones es el gradiente de temperatura, otros factores (directa o indirectamente ligados a la posición paleogeográfica) tales como la disponibilidad de nutrientes, estacionalidad y patrones de circulación, también son cruciales. En particular, la estacionalidad en la fuente de recursos (continua en los trópicos y progresivamente más estacional o esporádica a mayores latitudes) asociada a la profundidad y movimiento del agua, podrían ser los factores determinantes de las diferencias entre asociaciones bentónicas de distinta latitud (Valentine, 1983; Allmon y Ross, 2000, véanse citas en Waisfeld *et al.*, 2003). Durante el Floiano habría existido un gradiente en la disponibilidad de nutrientes y estacionalidad entre la Precordillera (ubicada a bajas latitudes) y Famatina y Cordillera Oriental (localizadas a latitudes intermedias-altas). Así, las asociaciones-tipo de demosponjas-braquiópodos que florecieron en las plataformas carbonáticas habrían estado sujetas a un régimen térmico uniforme, no estacional, que habría asegurado un aporte de nutrientes estable y elevada productividad primaria, favoreciendo el desarrollo

de organismos suspensívoros. En el otro extremo del gradiente latitudinal, las asociaciones-tipo de trilobites de la Cordillera Oriental florecieron en toda la plataforma, mientras que la asociación-tipo de rinconelliformes-trilobites estuvo restringida a ambientes proximales. Los suspensívoros habrían estado confinados a sustratos de granulometría más gruesa y aguas más oxigenadas. Las peculiaridades de las asociaciones-tipo de aguas someras en Famatina (elevada diversidad alfa, diversificación de bivalvos y trilobites, endemismo de los braquiópodos) serían el resultado de las particularidades del ambiente volcánico. Si bien la relación entre el efecto del vulcanismo submarino y la biota es materia de debate, el endemismo de algunos grupos asociados a estos ambientes es un patrón documentado frecuentemente (*e.g.*, Botting, 2002, véase cita en Waisfeld *et al.*, 2003). Vermeij (1995; véase cita en Waisfeld *et al.*, 2003) enfatizó el rol del vulcanismo submarino en las grandes diversificaciones a través de la elevación de la temperatura, transgresiones e incremento en la disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, la naturaleza heterogénea de los procesos volcánicos puede haber provisto de mayor disponibilidad de sitios para el establecimiento de larvas y favorecido la especiación alopatrica.

Faunas Evolutivas: un modelo regional

Las cuencas ordovícicas de Argentina, por sus diferencias en posición paleogeográfica e historias tectono-sedimentarias, representan un excepcional caso de estudio para: 1) analizar comparativamente las predicciones de los modelos globales de evolución de faunas, permitiendo testear las hipótesis en regiones de latitudes disímiles, y 2) evaluar críticamente el modelo de evolución global de faunas bajo la óptica de faunas gondwánicas (*e.g.*, Cordillera Oriental), tomando en consideración que los modelos llamados "globales" fueron originalmente confeccionados con una base de datos casi exclusiva del paleocontinente de Laurentia. Sólo las asociaciones del Ordovícico temprano de la Precordillera son comparables a las de los modelos laurénticos, debido a su original posición como parte de ese continente y a su posterior migración a través de aguas cálidas. En la Precordillera se reconocieron pulsos de recambio faunístico de diferente magnitud, radiaciones locales, eventos de inmigración y desfases temporales en los pulsos de diversificación de ciertos clados respecto de los picos de las curvas globales (Waisfeld y Sánchez, 1996; Waisfeld *et al.*, 1999; véanse citas en Sánchez *et al.*, 2003). En particular, la distribución ambiental y geográfica de los tres clados analizados (figura 2) permitió encuadrar la asociación tipo de demosponjas-rin-

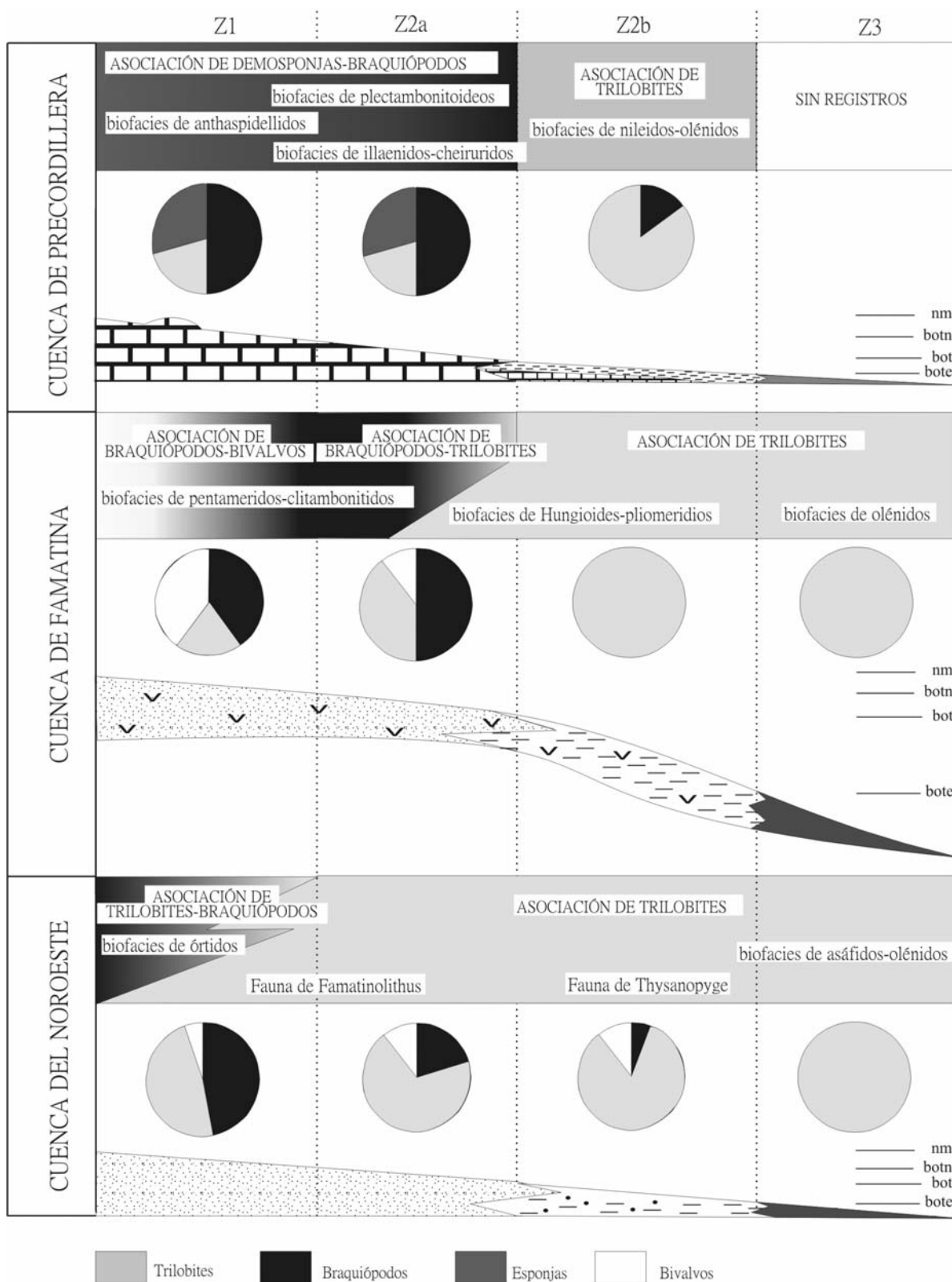


Figura 2. Distribución ambiental de las asociaciones tipo del Floiano reconocidas en el oeste argentino. Los gráficos circulares muestran la abundancia relativa de cada grupo fósil en los distintos ambientes. **Z1, Z2a, Z2b, Z3** representan zonas ambientales definidas en sentido amplio para sedimentación clástica y carbonática en relación al nivel de base de las olas normales y de tormenta (**Z1**: nearshore - rampa interna, **Z2a**: plataforma interna proximal - rampa media, **Z2b** plataforma interna distal - rampa externa, **Z3**: plataforma externa) / distribution of Floian type assemblages recognized in W Argentina across environmental zones; pie diagrams show proportion of higher taxa. **Z1**: nearshore - inner ramp, **Z2a**: proximal inner platform - middle ramp, **Z2b** distal inner platform - outer ramp, **Z3**: outer platform/basin margin.

conelliformes en la Fauna Evolutiva Paleozoica (FEP), y la asociación tipo dominada por trilobites de rampa distal en la Fauna Evolutiva Cámbrica (FEC). Las asociaciones de la Cordillera Oriental, dominadas por trilobites en todo el perfil batimétrico, se encuadran en la FEC (Waisfeld *et al.*, 1999; véase cita en Sánchez *et al.*, 2003). En contraste, las asociaciones tipo de rinchonelliformes-trilobites de plataforma interna de Famatina podrían ser indistintamente referidas a la FEC o a la FEP. La asociación tipo de *nears-hore*, con elevada participación de bivalvos, se aproxima más a la Fauna Evolutiva Moderna, semejante a la documentadas por Sepkoski y Sheehan (1983) y Jablonski *et al.* (1983) (véanse citas en Waisfeld *et al.*, 2003), en ambientes proximales del Ordovícico tardío e indicaría que ésta habría comenzado su expansión aún más temprano. Las asociaciones tipo reconocidas ponen en evidencia los controles regionales sobre la megaestructura (predominio de determinados clados) y la macroestructura (composición taxonómica dentro de cada clado o taxon mayor, biofacies) que, en definitiva, es lo que les otorga el aspecto "Cámbrico", "Paleozoico" o "Moderno". La disponibilidad de alimento habría jugado un rol clave como regulador de la megaestructura de las comunidades, siendo el contexto geodinámico y la posición latitudinal los controles de primer orden sobre esta variable. La macroestructura de las asociaciones habría estado controlada por factores de segundo orden tales como los cambios relativos del nivel del mar globales y locales, las peculiaridades locales de cada paleoambiente (*e.g.*, sustrato, turbidez, luz, oxigenación), o las posibilidades de intercambio faunístico entre regiones próximas (Waisfeld *et al.*, 2003).

Asociaciones bentónicas silúricas

A pesar de la amplia distribución de las sucesiones silúricas de Argentina y de su extenso registro paleontológico, los estudios paleoecológicos son aún escasos. Las asociaciones bentónicas de la Precordillera (Grupo Tucunuco) están dominadas por rinchonelliformes cuya abundancia y diversidad se incrementan hacia el tramo medio superior de la unidad. En el tramo inferior, depositado en un ambiente de plataforma externa, se reconocieron tres asociaciones distintas que se habrían desarrollado en forma relativamente contemporánea (Sánchez *et al.*, 1991): La comunidad de *Harringtonina* de baja diversidad (dominada casi exclusivamente por el taxón homónimo), la comunidad de *Australina* (dominada por este género asociado a otras cinco especies de braquiópodos, raros gastrópodos y trilobites) y una asociación de trazas de la icnofacies de *Nereites*, en la que los cuerpos fósiles están virtualmente ausentes. En el tra-

mo medio-superior de la Formación Los Espejos se reconocieron las comunidades de *Harringtonina* de alta diversidad y de *Coelospira*, ambas asociadas a intervalos pelíticos intercalados entre capas de tormentas en sectores de plataforma media. Finalmente, en el tramo cuspidal de la Formación Los Espejos, en depósitos de aguas someras y de alta energía se registra la asociación de *Clarkeia*, donde este taxón es dominante. En la Formación Lipeón (Llandoveriano, Sierras Subandinas) se reconocieron las asociaciones de *Heterorthella* y de *Ancillotoechia*, desarrolladas en un ambiente marino relativamente restringido, en condiciones de baja energía y elevada tasa de sedimentación. El contraste ambiental (plataforma dominada por tormentas en la Formación Los Espejos, plataforma distal restringida en la Formación Lipeón) habría sido la causa de las marcadas diferencias en composición y estructura de las asociaciones bentónicas de la Precordillera y Sierras Subandinas.

Significado paleogeográfico de las faunas marinas bentónicas del Paleozoico inferior (J.L. Benedetto y N.E. Vaccari)

Aunque la Tectónica de Placas se instaló como paradigma geológico a fines de los '60 y principios del '70, en nuestro país recién tuvo influencia a partir de la década del '80. El primer trabajo 'movilista', referido a la aloctonía del terreno Chilena fue presentado por Ramos *et al.* (1984). Este artículo y los dos subsiguientes (Ramos *et al.*, 1986; Ramos, 1988; véanse citas en Benedetto, 1993) contribuyeron a instalar la hipótesis de que América del Sur es un mosaico de placas tectónicas acrecionadas durante el Proterozoico tardío y Paleozoico luego de una compleja historia colisional. En estos modelos, los fósiles jugaron un papel importante en la identificación de posibles conexiones continentales. Por ejemplo Bond *et al.* (1984; véase cita en Benedetto, 1993) presentaron una innovadora reconstrucción paleogeográfica para el Neoproterozoico-Cámbrico en la que el oeste de Sudamérica forma el margen pasivo conjugado del este de Laurentia. Estos autores notaron que las plataformas carbonáticas cambro-ordovícicas de los Apalaches y la Precordillera argentina tuvieron no sólo una historia de subsidencia comparable sino también faunas de trilobites olenéllidos muy similares. Tales afinidades ya habían sido puestas de manifiesto por Poulsen (1958) y en dos trabajos de Borrello (1963, 1965) publicados en la primera etapa de *Ameghiniana* (véanse citas en Benedetto, 1993). Los trabajos arriba citados plantearon un nuevo enfoque de la historia de las cadenas antiguas de nuestro país y actuaron como catalizadores para el desarrollo de nuevas hipótesis geodinámicas. En esta apretada síntesis se considerarán primero las afinidades de

las faunas de cada una de las principales cuencas sedimentarias del Paleozoico inferior de Argentina y al final se discutirán brevemente sus posibles implicaciones paleogeográficas (mayor información en Benedetto *et al.*, 1999, Benedetto 2003b, 2004).

Noroeste Argentino (NOA). La cuenca del NOA representa la prolongación austral de la vasta cuenca Andina Central e incluye los afloramientos de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas. Las primeras faunas de invertebrados paleozoicos fueron publicadas por Kayser (1876). Con posterioridad nuevos taxones fueron dados a conocer por Kobayashi (1935) y Harrington (1937, 1938; véanse citas en Harrington y Leanza, 1957). En la obra clásica de Harrington y Leanza (1957) sobre los trilobites ordovícicos de Argentina se remarcaron las afinidades "Atlántico-Europeas" -en particular con Gran Bretaña y región Escandinava-de las faunas del Tremadociano y el provincialismo más marcado de las asociaciones arenigianas, las que fueron referidas informalmente a la "provincia Andina". Tales afinidades "Atlántico-Europeas" corresponden en realidad a la biofacies de olénidos de amplia distribución para el Cámbrico Superior-Tremadociano. Recientemente se ha señalado la presencia de *Amzasskiella* en la Formación Casayoc (Tremadociano temprano) en Jujuy. Este taxón, junto con *Onychopyge*, *Leios-tegium* y *Australoharpes*, indica una estrecha relación entre las faunas de la Puna occidental y la Cordillera Oriental. De esta manera también queda evidenciada una conexión de las faunas del margen gondwánico de América del Sur con el sector cálido de Gondwana (Vaccari *et al.*, 2006). En las facies proximales del Floiano se encuentran elementos típicos de Gondwana occidental tales como *Neseuretus*, *Colpocoryphe* y *Ogyginus*. En los ambientes más profundos se observa un marcado endemismo, evidenciado por los géneros *Thysanopyge*, *Australopyge*, *Branisaspis*, *Hoekaspis*, *Kayseraspis*, *Pliomeridius* y *Famatinolithus*. Esta fauna se encuentra asociada también a formas de amplia distribución geográfica como *Hypermeaspis*, *Porterfieldia*, *Bienvillia*, *Psilocara*, *Ampyx*, *Rhombampyx* y *Pytine* (Vaccari *et al.* 2006, y citas adicionales allí).

Los braquiópodos rinconelliformes de la cuenca Andina Central experimentaron a partir del Cámbrico Superior y durante el Tremadociano una importante radiación, principalmente los Plectorhoidea (Benedetto, 2007). Además de la aparición de formas endémicas (*Protorthisina*, *Lesserorthis*, *Nothorthisina*) es significativa la diversificación temprana del género *Kvania*, cuyos registros se circunscriben a Bolivia y a la región Bohémica, y de *Euorthisina*, también presente en estas regiones pero además en la provincia "Anglo-Welsh" y en el sur de China. La ocurrencia de *Astraborthis* en el Tremadociano supe-

rior del NOA sugiere afinidades con las faunas de Inglaterra (Benedetto y Carrasco, 2002), mientras que *Incorthis*, documentado en estratos del Arenigiano de Bolivia y Marruecos, constituye uno de los géneros más distintivos del sector templado-frío de Gondwana (Benedetto y Sánchez, 1996a). Los bivalvos experimentaron una importante radiación en la cuenca del NOA durante el lapso Tremadociano-Dapingiano, con aparición de varias formas endémicas tales como *Cienagomya*, *Intihuarella*, *Ucumaris*, *Ucumaropsis*, *Lipanella*, *Konduria*, *Pseudoredonia* y *Pucamya* (Sánchez y Vaccari, 2003; véase cita en Sánchez, 2003; Sánchez y Benedetto, 2007). El registro de *Coxiconchia* y *Redonia* en el Floiano del NOA señala afinidades con Bolivia, Bohemia, Ibero-Armórica y sur de Francia.

Las graptofaunas floianas de la Cordillera Oriental se caracterizan por la coexistencia de elementos de las provincias Atlántica y Pacífica, con numerosas especies endémicas y otras de distribución más restringida, como *Baltograptus turgidus* (Lee) y *B. kunmingensis* (Ni) presentes sólo en la provincia china de Yangtsé, además de numerosas formas comunes con Baltoscandia, sugiriendo que la cuenca Andina Central estuvo localizada en latitudes intermedias (Toro, 1999).

La presencia en el Sandbiano (Formaciones Capillas y Santa Gertrudis) del bivalvo *Cadomia typa* de Tromelin es significativa pues su registro se circunscribe al Macizo Armoricano (Sánchez, 1986; véase cita en Sánchez, 2003). *Zaplaella*, si bien es un género endémico, pertenece a los Glyptarcoidea, grupo típico de Gondwana (véase Sánchez, 2003). El hallazgo del braquiópodo *Drabovinella* en la misma formación también revela afinidades con la provincia Mediterránea (Macizo Armoricano, Cuenca de Praga, Cordillera Centro-Ibérica, Marruecos). En Bolivia este género integra una asociación típicamente bohémica que incluye *Heterorthis*, *Destombesium*, *Eorhipidomella* y *Aegiromena* (Havlíček y Branisa, 1980; véase cita en Benedetto, 2003a). En la Formación Santa Gertrudis está presente el trilobite *Huemacaspis gallinatoensis* Waisfeld y Henry. El género *Huemacaspis*, si bien está restringido a la cuenca Andina Central, pertenece a una subfamilia (*Kerfornellinae*) registrada sólo en la provincia Mediterránea (Waisfeld y Henry, 2003; véase cita en Waisfeld y Vaccari, 2003). Las faunas del Hirnantiano del NOA (Formación Zapla) se limitan al género cosmopolita *Dalmanitina*.

El Silúrico del NOA (Formación Lipeón y equivalentes) contiene ricas faunas de bivalvos, braquiópodos y trilobites, además de graptolites, gastrópodos, nautiloideos y cnidarios. Los braquiópodos incluyen los géneros *Heterorthella*, *Clarkeia*, *Leangella*, *Harringtonina*, *Castellaroina?* y *Ancillotoechia*. Con excep-

ción de este último, los restantes están presentes alternativamente en la Precordillera de Cuyo y en diversas localidades de Bolivia, Paraguay, Brasil y noroeste de África (Guinea, Senegal), constituyendo una asociación característica del dominio Afro-Sudamericano (Benedetto y Sánchez, 1996b, y referencias allí citadas). De esta misma unidad proviene el bivalvo *Dualina* registrado en Bolivia, noroeste de África y centro de Europa, además del subsuelo de Florida, región que es considerada por sus faunas como parte del noroeste de Gondwana.

La fauna de trilobites silúricos del NOA incluye géneros de amplia distribución geográfica tales como *Trimerus*, *Dalmanites*, *Calymene* y *Lichas* asociados a formas endémicas como los calmónidos acastomorfos *Jujuyops* y *Australoacaste*, grupo que experimentó una amplia radiación durante el Devónico (Dominio Malvinocáfrico).

Puna Occidental. En la Faja Eruptiva de la Puna Occidental las localidades fosilíferas son relativamente escasas. Al sudoeste del Salar del Rincón la Formación Las Vicuñas contiene braquiópodos y trilobites del Cámbrico Superior-Tremadociano inferior (Moya *et al.*, 1993; Malanca *et al.*, 1998; Vaccari y Waisfeld, 2000; Benedetto, 2007; véanse citas en este último). Los braquiópodos incluyen *Kvania lariensis* Benedetto, relacionada filogenéticamente con *Kvania? primigenia* Benedetto, presente en la Zona de *Parabolina* (*N.*) *frequens argentina* de la Cordillera Oriental. Los trilobites están representados por géneros de amplia distribución geográfica como *Conophrys*, *Leiostegium* y *Asaphelus*. Sin embargo se constata la presencia de elementos de Gondwana Oriental como *Amzasskiella*, ampliamente registrado en China, Australia y Nueva Zelanda, como así también en los bloques de Kazakhstan, Siberia y, recientemente, en la Cordillera Oriental (Vaccari *et al.*, 2006).

La fauna de braquiópodos presente en las rocas volcanoclásticas de la Formación Aguada de la Perdiz, del Floiano, tiene afinidades más estrechas con las de Famatina y la Precordillera que con las de la cuenca Andina Central, tal como lo revela la presencia de los géneros *Hesperonomia*, *Tritoechia*, *Oligorthis?*, *Pinatotoechia* y *Rugostrophia*. Este último y *Jaanussonites* son taxones distintivos de la provincia Céltica, a la cual fueron referidas las faunas de braquiópodos de Famatina (Benedetto, 2003a). En la sierra de Lila, al sur del salar de Atacama, en el sector chileno de la Faja Eruptiva Occidental se encontró una asociación poco diversa formada por *Paralenorthis* sp., *Monorthis* cf. *transversa* Benedetto y *Mollesella?* sp., indicando afinidades estrechas con Famatina (Benedetto *et al.*, 2007). Los trilobites de la Formación Aguada de la Perdiz incluyen elementos de amplia distribución geográfica como *Illaenus*,

Annamitella, *Ampyx*, presentes tanto en Precordillera como en Famatina. Sin embargo, la presencia de *Gogoella*, *Protostygina* y un dikelokefalínido indeterminado señalan una relación más estrecha con la fauna de la región central de Famatina (Vaccari, 2003).

Sierra de Famatina. La Formación Volcancito contiene faunas del Cámbrico Superior y Tremadociano inferior dominadas por trilobites de la biofacies de olénidos de amplia distribución geográfica (*Parabolina*, *Parabolinella* y *Jujuyaspis*) asociados a formas como *Onychopyge* y *Australoharpes*, afines al sector oriental de Gondwana. Los trilobites del Tremadociano superior (Formación Bordo Atravesado) son formas características de aguas profundas (Tortello y Esteban, 2003). Cabe destacar que los niveles inferiores de la Formación Volcancito contienen las algas calcáreas *Nuia* y *Giroanella*, típicas de ambientes carbonáticos de aguas cálidas (Astini, 2001a; véase cita en Astini, 2003).

La variada fauna de las formaciones Suri y Molles se compone de braquiópodos, bivalvos, rostroconchos, trilobites y graptolites, además de otros grupos aún poco estudiados (nautiloideos, gastrópodos, equinodermos). Los braquiópodos, representados por alrededor de 20 géneros (referencias en Benedetto, 2003b), son distintivos de la provincia Céltica (*Ffynnonia*, *Monorthis*, *Rugostrophia*, *Famatinothis*, *Skenidioides*, *Ahtiella*). Esta región paleobiogeográfica se desarrolló principalmente en latitudes altas e intermedias de Gondwana, tanto en arcos insulares como en terrenos interiores al Océano Iapetus (Neuman y Harper, 1992; véase cita en Benedetto, 2003b). El análisis de agrupamiento reveló que los braquiópodos de Famatina tienen mayor afinidad con las faunas de Gales y de Terranova Central. *Incorthis* es una de las escasas formas comunes con la cuenca del NOA. Los bivalvos son comparativamente diversos, especialmente en depósitos de aguas someras, y se caracterizan por su marcado endemismo (*Catamarcaia*, *Suria*, *Famatinaadonta*, *Notonychia*) (Sánchez, 2003; y referencias adicionales allí). *Goniophorina* está presente en la Cordillera Oriental, al igual que *Redonia*. Este último indica afinidades con las plataformas de aguas frías de Gondwana. La presencia de *Ribeira spinosa* Babin y *Branisa* (Rostroconchia) en Famatina, Cordillera Oriental del NOA y sur de Bolivia también indica conexión faunística entre las cuencas de Famatina y Andina Central. La fauna de trilobites de la Formación Suri contiene formas con claras afinidades peri-Gondwánicas, tanto de Gondwana Oriental (*Gogoella*, *Hungiooides*) como Occidental (*Neseuretus*, *Salterocoryphe*), asociadas a formas de amplia distribución como *Ampyx*, *Illaenus*, *Annamitella*, *Carolinites* y otras sólo compartidas con la cuenca Andina Central como *Pliomeridius* y *Famatinolithus* (Vaccari *et al.*, 1993, Vaccari, 1995a; Waisfeld y Vaccari, 2003).

Sierras Pampeanas. Recientemente se descubrió la primera fauna conchífera de las Sierras Pampeanas en las metacuarcitas de la Formación La Cébila expuesta en la sierra de Ambato, provincia de Catamarca (Verdecchia *et al.*, 2007). Los fósiles son braquiópodos (*Ffynnonia* sp.) y restos indeterminables de trilobites asáfidos y bivalvos. El registro de *Ffynnonia* es significativo por cuanto este género está presente en Anglesey (Gales), una de las localidades típicas de la provincia Céltica, y en las formaciones Suri y San Juan de las cuencas de Famatina y de la Precordillera, respectivamente. Su presencia en la Formación La Cébila sugiere una conexión paleogeográfica entre ese sector de las Sierras Pampeanas Orientales, la cuenca de Famatina y el terreno de Precordillera. En ese tiempo este último habría estado en vías de acrecionarse a Gondwana (figura 3).

Precordillera. A partir de la monografía de Poulsen (1958), numerosos estudios taxonómicos han confirmado las fuertes afinidades laurénticas de los trilobites cámbricos de Precordillera (Borrello, 1971; Vaccari, 1988, 1994, véanse citas en Astini *et al.*, 1995; Vaccari, 1995a). En el Cámbrico Inferior (Formación Cerro Totorá) se encuentra un típico olenelloideo (*Arcuolenellus*), exclusivo de Laurentia. Otros elementos de este paleocontinente se registran en la Formación La Laja, tanto en el Cámbrico Inferior (*Bolbolenellus*, *Bonnima*, *Zacanthopsis*) como en el Cámbrico Medio (*Glossopleura*, *Prozaccantoides*, *Ehmaniella*, entre otros) (Vaccari, 1988; Foglia y Vaccari, 2006a; 2006b; Bordonaro *et al.*, 2006). Es importante señalar que los taxones mencionados están restringidos a ambientes marinos marginales o de plataforma, tanto en Precordillera como en Laurentia. En el Cámbrico Superior (Formación La Flecha), en las facies subtidales de los ciclos de somerización, se encuentran asociaciones de trilobites exclusivos de Laurentia como *Crepicephalus*, *Madarocephalus*, *Pemphigaspis*, *Cheilocephalus*, *Plethopeltis*, *Stenopilus*, entre otros (Vaccari, 1994, 1995a; véanse citas en este último). Por otra parte, en las facies de plataforma externa y talud del Cámbrico se encuentran formas de amplia distribución geográfica como agnóstidos y oryctocefálicos (Bordonaro, 2003, y citas adicionales allí). Los braquiópodos linguliformes de los olistolitos del Cámbrico Medio y Superior (formaciones Los Sombreros, Cerro Pelado y El Relincho) (Holmer *et al.*, 1999; véase cita en Benedetto, 2004) incluyen nueve géneros, principalmente de acrotretidos, todos presentes en Laurentia. De ellos, *Curticia* constituye el primer registro del género fuera de ese paleocontinente. *Picnotreta*, *Neotreta* y *Stilpnotreta*, en cambio, son taxones de amplia distribución geográfica (Antártida, Australia, Nueva Zelanda, Siberia y Kazajistán). El conocimiento de los braquiópodos rinconelliformes cámbricos es apenas incipiente

A.P.A.Publicación Especial 11, 2007

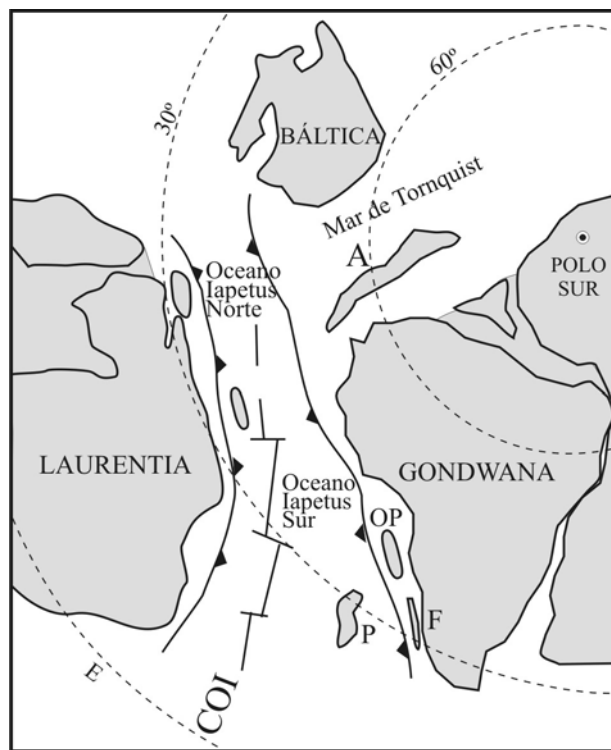


Figura 3. Reconstrucción paleogeográfica del oeste de Gondwana durante el Ordovícico medio. A, Avalonia; COI, Cordillera Meso-Océánica del Iapetus Sur; F, Famatina; P, terreno Precordillera; PO, Puna Occidental (simplificado de Benedetto, 1998) / mid Ordovician paleogeographic reconstruction of western Gondwana. A, Avalonia; COI, South Iapetus Mid-Ocean ridge; F, Famatina; P, Precordillera terrane; PO, Western Puna (simplified from Benedetto, 1998).

(Benedetto, 2003c). En la Zona de *Olenellus* se ha identificado el kutorgínido *Nisusia*, probables obolélidos y protórtidos. El registro de *Nisusia* se circunscribe a continentes que en el Cámbrico ocuparon bajas latitudes (Dominio Tropical), tales como Siberia, Laurentia y Australia. El descubrimiento de *Salterella* (Agmata) en las calizas cámbricas de la Precordillera es interesante pues estos pequeños organismos calcáreos en forma de cono habitaron las plataformas de aguas cálidas y someras periféricas a Laurentia. Los registros de la especie *Salterella maccullochi* (Murchison), presente en la Precordillera, abarcan América del Norte, Groenlandia, Escocia y Svalbard (Astini *et al.*, 2004b).

Las afinidades biogeográficas de las faunas del Ordovícico de la Precordillera han sido objeto de numerosos trabajos (véase síntesis en Benedetto, 2003b). Los poríferos fueron un componente frecuente de las comunidades bentónicas de la Formación San Juan. Del punto de vista paleobiogeográfico, lo más saliente es la presencia en el Floiano-Dapingiano de géneros apalachianos, tales como *Allosacus*, *Eospongia*, *Rhopalocoelia*, *Psarodictyum* y *Hudsonospongia* y algunas formas endémicas de la Precordillera (por ejem-

plo, *Nexospongia*). Estas últimas se incrementan en el Darriwiliano, al igual que los géneros extra-apalachianos (Carrera y Rigby, 1999; véase cita en Carrera, 2003). Los braquiópodos son particularmente abundantes en las calizas de la Formación San Juan y en las sucesiones carbonáticas y clásticas suprayacentes (Benedetto, 1987; 2001; 2002; Benedetto y Herrera, 1986, 1987, 1993; Herrera y Benedetto, 1987, 1989; Benedetto *et al.*, 2003; Benedetto y Cech, 2006; véanse citas en Benedetto, 2003d y Benedetto y Cech, 2006). Los niveles basales de la Formación San Juan, del Tremadociano superior, están caracterizados por los géneros *Archaeorthis*, *Nothorthis*, *Orthidium* y *Tritoechia*, todos de amplia distribución, y los pentaméridos *Parallelostrophia* (endémico) y *Syntrophia*, este último restringido a Laurentia. El análisis de agrupamiento de las faunas de braquiópodos del Ordovícico Inferior remarca las afinidades de las faunas de la Precordillera con la Provincia lauréntica Toquima Table-Head. Sin embargo, los taxones de signatura céltica y báltica se incrementan gradualmente hacia los niveles superiores de la Formación San Juan (Biozona de *Ahtiella argentina*) llegando a constituir cerca del 40 % de la fauna del Darriwiliano. Los depósitos volcanoclásticos con faunas célticas (Terranova central, Maine, etc.) fueron interpretados por Neuman (1976; véase cita en Benedetto, 2003b) como islas volcánicas interiores al Océano Iapetus. Los elementos más conspicuos son *Inversella* (*Reinversella*), *Ffynnonia*, *Rugostrophia*, *Skenidioides*, *Ranorthis*, *Productorthis* y *Ahtiella*. Las asociaciones del Darriwiliano superior y Sandbiano presentes en las formaciones Las Plantas y La Pola incluyen alrededor de 22 géneros (Benedetto, 1995a, 1998b, véanse citas en Benedetto, 2003e), entre los cuales se destaca un conjunto de formas de afinidades "Anglo-Galesas" (Anglo-Welsh) y Mediterráneas, tales como *Bicuspina*, *Howellites*, *Tissintia*, *Aegiromena* y *Drabovia*. Los tres últimos géneros están presentes también en rocas contemporáneas de Bolivia (Havlíček y Branisa, 1980; véase cita en Benedetto, 2003e). *Destombesium*, registrado en la suprayacente Formación Trapiche (Ordovícico Superior), está presente en Marruecos, donde se asocia a faunas mediterráneas. El Ordovícico culmina con la fauna hirnantiense de la Formación Don Braulio (Levy y Nullo, 1974; Benedetto, 1986, 1990; Astini y Benedetto, 1992; véanse citas en Benedetto, 2003e). La misma corresponde a la Provincia Kosov, de latitudes altas e intermedias. Las asociaciones de braquiópodos del Llandoveryano inferior presentes en la base de la Formación la Chilca están dominadas por *Hindella* y otras formas de amplia distribución geográfica, pero se diferencian de otras asociaciones coetáneas por la ausencia de pentaméridos, atribuible a la alta latitud de la cuenca precordillerana en ese tiempo. En el ter-

cio inferior de la Formación La Chilca (Rhuddaniano-Aeroniano inferior) aparecen los primeros taxones Afro-Sudamericanos (*Heterorthis* y *Anabaia*) (Benedetto, 1995b; véanse citas en Benedetto y Sánchez, 1996b). En el Wenlockiano se produjo una extensa transgresión en las cuencas andinas que coincide con un importante recambio faunístico que involucró la extinción de la mayor parte de los taxones del Llandoveryano y la aparición de elementos distintivos del Dominio Afro-Sudamericano, tales como *Harringtonina*, *Clarkeia*, *Australina*, *Amosina*, *Castellaroina* y *Dedzetina* (*Notodedzetina*) (Benedetto y Sánchez, 1996b).

Los trilobites de los biohermos de la parte inferior de la Formación San Juan incluyen elementos típicos de Laurentia como los bathyúridos *Peltabellia* y *Urumistrum* (Vaccari, 1995a; Waisfeld y Vaccari, 2003) y *Leiostrigium*. Algunas formas laurénticas se registran hasta el Sandbiano (*Ceratocara*, *Frenocrinuroides*, *Stenoblepharum*). A partir del Floiano aparecen algunas formas endémicas (*Benedettia*) asociadas a géneros bálticos (*Platillaenus*) o de amplia distribución geográfica (*Iliaenus*, *Annamitella*). En el Darriwiliano se registran taxones característicos tanto del sector oriental de Gondwana (*Prosopiscus*, *Pliomerina* y *Lehnertia*) como del occidental (*Pateraspis*). Por lo tanto, la sucesión de faunas de trilobites del Floiano al Darriwiliano evidencian un libre intercambio de faunas con otros terrenos y paleocontinentes (Vaccari *et al.*, 2006, y citas adicionales allí). Los trilobites silúricos de la Formación Los Espejos, como *Trimerus*, *Paciphacops*, *Calymene* y *Kazachstania*, son elementos de amplia distribución geográfica (Waisfeld *et al.*, 1988; Edgecombe y Ramsköld, 1994).

Los ostrácodos están bien representados en la cuenca precordillerana, especialmente en el Darriwiliano-Sandbiano (formaciones Las Aguaditas y Las Chacritas; Salas, 2003 y referencias allí citadas). Los ostrácodos del suborden Binodicopa incluyen géneros endémicos y otros comunes con Australia, mientras que de los once géneros del suborden Podocopa, tres son endémicos y el resto son cosmopolitas; solamente el género *Berdanellina* indica afinidades con la región báltica.

Respecto de los bivalvos, en el Floiano de la Precordillera se registra una especie indeterminada de Ambonychiidae, grupo que experimenta una importante radiación en el Ordovícico Tardío de América del Norte (Sánchez, 1999; véase cita en Sánchez, 2003). En el Sandbiano, lo más sobresaliente es el marcado endemismo de los bivalvos: de los diez géneros presentes en bloques de la Formación la Pola contenidos en la diamictita glaciogénica del Hirnantiano, ocho son endémicos, lo que fue interpretado como un indicio de aislamiento de esta cuenca durante un intervalo de aguas relativamente cálidas.

das (Sánchez, 1999; véase cita en Sánchez, 2003), como lo demuestra su asociación con algas solenoporáceas (Astini, 2001b; véase cita en Benedetto, 2003c). Las faunas del Silúrico, en cambio, son más cosmopolitas. Las diferencias taxonómicas entre las asociaciones de Precordillera, NOA y Bolivia obedecerían mayormente a controles ambientales (Sánchez *et al.*, 1991).

Inferencias paleogeográficas. Las trilobitofaunas cámbricas de la Precordillera indican que esta región fue originalmente parte del margen pasivo de Laurentia. Por otra parte no hay evidencias paleontológicas que sostengan el origen gondwánico de este terreno postulado por Finney (2007). La disminución de formas bentónicas con afinidades laurénticas (esponjas, braquiópodos, bivalvos, ostrácodos, trilobites) y el correlativo incremento de taxones gondwánicos que se verifica en la cuenca precordillerana a través del Ordovícico fue explicado mediante la "hipótesis microcontinental", que considera a la Precordillera como un terreno alóctono fragmentado de Laurentia en el Cámbrico Medio-Tardío, el que posteriormente derivó a través del Océano Iapetus desde latitudes ecuatoriales a latitudes altas para colisionar finalmente con el margen proto-Andino de Gondwana (Benedetto, 1993, 1998, 2004; Astini *et al.*, 1995; Benedetto *et al.*, 1999 y referencias citadas en estos trabajos) (figura 3). A partir del Wenlockiano las faunas precordilleranas son indiferenciables de las del resto de Gondwana. En las cuencas del Ordovícico inferior asociadas a los arcos volcánicos perigondwánicos (Famatina, Puna Occidental) se desarrollaron faunas afines a Gondwana y regiones insulares del Océano Iapetus, aunque muestran un endemismo relativamente alto.

Bioestratigrafía del Paleozoico inferior (G.

Ortega, G.F. Aceñolaza, G. Albanesi, M.B. Alfaro, J.L. Benedetto, E.D. Brussa, S.B. Estebab, S. Heredia, E. Ottone, C. Rubisntein, M.F. Tortello, B.A. Toro, N.E. Vaccari y B.G. Waisfeld)

Graptolitos (G. Ortega, E.D.Brussa, B.A.Toro y M.B. Alfaro)

Tremadociano (G.O.). Las graptofaunas tremadocianas se encuentran distribuidas en la Cordillera Oriental, Puna y Sistema de Famatina (Ortega y Albanesi, 2005 y bibliografía allí citada). Las zonas de *Rhabdinopora flabelliformis parabola*, *Anisograptus matanensis* y *R. f. anglica* del Tremadociano temprano, o asociaciones equivalentes, están representadas en la Cordillera Oriental y Sistema de Famatina. Graptolitos de las zonas de *Adelograptus tenellus*,

Bryograptus kjerulfi, *Aorograptus victoriae*, *Kiaerograptus supremus*, *Araneograptus murrayi* y *Hunnegraptus copiosus*, del Tremadociano tardío, se registran en la Cordillera Oriental y, parcialmente, en la Puna.

Floiano y Dapingiano (B.T.). En la Formación Acoite, Cordillera Oriental, se registran las zonas de *Tetragraptus phyllograptoides*, *T. akzharensis* y *Baltograptus "deflexus"* (Floiano temprano) y la de *Didymograptellus bifidus* (Floiano tardío) (Brussa *et al.*, 2003; Toro y Maletz, 2007). Asociaciones similares fueron descritas en las formaciones La Alumbreira y Suri, en Famatina (Toro y Brussa, 2003). Estas graptofaunas presentan marcada afinidad con las de Baltoescandinavia durante el Floiano temprano. Su desarrollo en regiones peri-gondwánicas de latitudes intermedias resulta consistente con la mezcla de afinidades atlánticas y pacíficas presentes en la Zona de *D. bifidus*. Los graptolitos floianos de la Precordillera están restringidos a las secuencias olistostrómicas del área de San Isidro (Mendoza) y de la sierra del Tontal (San Juan) (Brussa *et al.*, 2003, y trabajos allí citados). Por su parte, los graptolitos correspondientes al Dapingiano de la Precordillera, han sido asignados a las zonas de *Isograptus victoriae maximus*, *Oncograptus upsilon* y *Cardiograptus morsus*, reconocidas en la Formación Gualcamayo. Estos corresponden a formas de aguas profundas, desarrolladas en zonas de bajas latitudes y presentan fuertes afinidades con las asociaciones de Australasia y Laurentia (Brussa *et al.*, 2003) (figura 4).

Darriwiliano (M.B.A.). En la Precordillera un amplio registro de graptolitos permite determinar las zonas de *Undulograptus austrodentatus* (subzonas de *Arienigraptus zhejiangensis* y *Undulograptus sinicus*) (Da1 de la sucesión australiana), de *U. dentatus* (Da2), de *Holmograptus lentus* (Da2-Da3), de *Pterograptus elegans* (Da4a) y de *Hustedograptus teretiusculus* (Da4b) en las formaciones Gualcamayo, Los Azules y sierra de La Invernada (Albanesi y Ortega, 2002; Brussa *et al.*, 2003; Peralta *et al.*, 2003). Estas faunas representan, en general, asociaciones de aguas profundas (de tipo pacífico). Faunas del Darriwiliano temprano y tardío se registran en la Puna Oriental (Albanesi y Ortega, 2002; Brussa *et al.*, 2003 y bibliografía allí citada) (figura 4).

Sandbiano-Katiano (G.O.). Los graptolitos del Sandbiano y Katiano (Ordovícico Superior) de Argentina están presentes en la Precordillera y bloque de San Rafael (Peralta y Finney, 2002; Albanesi y Ortega, 2002; Toro y Brussa, 2003; Ortega *et al.*, 2007 y bibliografía allí citada). Los mismos corresponden a las zonas de *Nemagraptus gracilis* y *Climacograptus bicornis* (Sandbiano), distribuidas en ambas cuencas. Las zonas de *Diplacanthograptus caudatus* y *Climacograptus tubuliferus* (Katiano temprano) se re-

MILLONARIOS	SISTEMA GLOBAL	SERIES BRITAN. N AMER.	PISOS GLOBAL	CONODONTES				GRAPTOLITOS				
				MIDCONTINENT N AMERICA	N ATLANTICA	PRECORDILLERA ARGENTINA	NW ARGENTINA	N AMERICA	BALTOSCANDIA	PRECORDILLERA ARGENTINA	NW ARGENTINA	
443			ASHGILL	<i>shatzeri</i>	ordovicicus	ordovicicus		<i>persculptus</i>		<i>persculptus</i>		
				<i>divergens</i>					<i>extraordinarius</i>		<i>extraordinarius</i>	
				<i>grandis</i>					<i>pacificus</i>			
				<i>robustus</i>	superbus	superbus		<i>ornatus</i>		<i>ornatus</i>		
				<i>velicuspis</i>					<i>complanatus</i>	<i>complanatus</i>	<i>complanatus</i>	
				<i>confluens</i>					<i>manitoulinensis</i>	<i>linearis</i>	<i>tubuliferus</i>	
				<i>tenuis</i>	alobatus	tvaerensis		<i>pygmaeus</i>				
				<i>undatus</i>					<i>spinaferus</i>	<i>clingani</i>	<i>caudatus</i>	
				<i>compressa</i>					<i>ruedemanni</i>			
				<i>quadridactylus</i>	tvaerensis	tvaerensis		<i>americanus</i>				
				<i>aculeata</i>					<i>bicornis</i>	<i>foliaceus</i>	<i>bicornis</i>	
				<i>sweeti</i>					<i>gracilis</i>	<i>gracilis</i>	<i>gracilis</i>	
				<i>anserinus</i>	<i>anserinus</i>	<i>anserinus</i>						
				<i>friendsvillensis</i>	<i>serra</i>	<i>serra</i>	Intervalo no nominado	<i>teretiusculus</i>	<i>teretiusculus</i>	<i>teretiusculus</i>		
				<i>polonicus</i>	<i>suecicus</i>	<i>suecicus</i>		<i>distichus</i>				
				<i>holodentata</i>	<i>pseudoplanus</i>	<i>pseudoplanus</i>		<i>elegans</i>	<i>elegans</i>	<i>elegans</i>		
				<i>crassus</i>	<i>variabilis</i>	<i>variabilis</i>		<i>fasciculatus</i>		<i>lentus</i>		
				<i>variabilis</i>	<i>parva</i>	<i>parva</i>		<i>dentatus</i>		<i>dentatus</i>	<i>dentatus</i>	
				<i>sinuosa</i>	<i>navis</i>	<i>navis</i>		<i>lensus</i>				
				<i>altifrons</i>	<i>navis</i>	<i>navis</i>	<i>navis</i>	<i>austrudentatus</i>		<i>austrudentatus</i>	<i>austrudentatus</i>	
				<i>flabellum/laevis</i>	<i>laevis</i>	<i>laevis</i>		<i>hirundo</i>				
				<i>andinus</i>	<i>evae</i>	<i>evae</i>	<i>evae</i>	<i>Cardiograptus</i>				
					<i>intermedius</i>	<i>intermedius</i>		<i>Oncograptus</i>				
					<i>old.</i>	<i>old.</i>		<i>m.-divergens</i>				
					<i>var.</i>	<i>var.</i>		<i>maximus</i>				
					<i>com.</i>	<i>com.</i>		<i>victoriae</i>				
					<i>swe.</i>	<i>swe.</i>		<i>lunatus</i>				
					<i>elegans</i>	<i>elegans</i>		<i>elongatus</i>				
					<i>com.</i>	<i>com.</i>		<i>densus</i>				
					<i>swe.</i>	<i>swe.</i>		<i>fruticosus</i>				
					<i>elong./delt.</i>	<i>elong./delt.</i>		<i>balticus</i>				
					<i>proteus</i>	<i>proteus</i>		<i>akzharensis</i>				
					<i>gracilis</i>	<i>gracilis</i>		<i>approximatus</i>	<i>phylograptoides</i>	<i>approximatus</i>	<i>phylograptoides</i>	
					<i>Tripodus</i>	<i>Tripodus</i>		<i>victoriae</i>				
					<i>borealis</i>	<i>borealis</i>		<i>copiosus</i>				
					<i>amoenus</i>	<i>amoenus</i>		<i>murrayi</i>				
					<i>deltifer</i>	<i>deltifer</i>		<i>supremus</i>				
					<i>deltifer</i>	<i>deltifer</i>		<i>honnebergensis</i>	<i>honnebergensis</i>	<i>honnebergensis</i>	<i>honnebergensis</i>	
					<i>pristinus</i>	<i>pristinus</i>		<i>f. socialis/</i>	<i>f. socialis/</i>	<i>f. socialis/</i>	<i>f. socialis/</i>	
					<i>angulatus</i>	<i>angulatus</i>		<i>f. parabola</i>	<i>f. parabola</i>	<i>f. parabola</i>	<i>f. parabola</i>	
					<i>angulatus</i>	<i>angulatus</i>						
					<i>lapetognathus</i>	<i>lapetognathus</i>						

Figura 4. Bioestratigrafía del Ordovícico de Argentina en base a conodontes y graptolitos / Ordovician biostratigraphy of Argentina based on conodonts and graptolites.

conocen en las sierras de La Invernada y del Tigre, Precordillera de San Juan y las zonas de *Dicellograptus complanatus* y *D. ornatus* (Katiano tardío) en la precordillera de Mendoza. El marcado empobrecimiento de las faunas en las tres últimas asociaciones, posiblemente vinculado a factores paleoclimáticos, contrasta con la diversidad y abundancia de taxones en las biozonas más antiguas.

Hirnantiano (E.D.B.). La síntesis de las contribuciones relacionadas con la bioestratigrafía del Hirnantiano y del Silúrico basada en graptolitos puede ser consultada en Rubinstein y Brussa (1999), Albanesi y Ortega (2002), Brussa *et al.* (2003), Toro y Brussa (2003) y Albanesi *et al.* (2006b) y trabajos allí citados. En la precordillera Argentina fueron recono-

cidas las zonas de *Normalograptus extraordinarius* y *Persculptograptus persculptus* del Hirnantiano. En ambos casos se trata de zonas de asociación con la presencia de la especie guía. La primera se registra en la Formación Alcaparrosa, Precordillera Occidental. Asociaciones de graptolitos pertenecientes a la Zona de *P. persculptus* fueron identificadas para la Formación La Chilca en los Baños de Talacasto (Precordillera Central), en la sección del río Escondido (flanco occidental del cerro del Fuerte) y en la Formación Don Braulio (sierra de Villicum).

Silúrico (E.D.B.). Las graptofaunas silúricas que permiten definir zonas de asociación con presencia de alguna de las formas guías están referidas al Grupo Tucunuco (formaciones La Chilca y Los Espejos) y

sus equivalentes en la Precordillera. Se reconocen las zonas de *Parakidograptus acuminatus* (Rhuddaniano temprano, Llandoveryano temprano), *Atavograptus atavus* (Rhuddaniano medio, Llandoveryano temprano), *Demirastrites triangulatus* (Rhuddaniano tardío-Aeroniano temprano, Llandoveryano medio) y asociaciones comprendidas entre las zonas de *Spirograptus turriculatus* y *Stimulograptus sedgwickii* (Aeroniano tardío-Telychiano temprano, Llandoveryano medio-tardío). Las asociaciones más jóvenes identificadas en Argentina corresponden a monográptidos que indican una edad ludloviana temprana equivalente a las zonas de *Lobograptus scanicus-Neodiversograptus nilssoni* (Gorstiano medio, Ludloviano temprano). En las cuencas del Noroeste argentino, se mencionan asociaciones asignadas a las zonas de *acuminatus-atavus* del Llandoveryano temprano para la Formación Lipeón en las Sierras Subandinas, mientras que para esta misma unidad en la quebrada de Chamarra, Cordillera Oriental, fueron reconocidos graptolitos de edad llandoveryana media equivalentes a las zonas de *Demirastrites convolutus* y *Stimulograptus sedgwickii* (figura 5).

Conodontes (G.L. Albanesi y S. Heredia)

Cámbrico (S.H.). Los registros más antiguos de Argentina corresponden al Cámbrico Superior de la precordillera, donde las calizas que han brindado conodontes de esta edad se remiten a olistolitos calcáreos incluidos en rocas silicoclásticas más jóvenes (Lehnert, 1995; Heredia y Hünicken, 1995; Heredia, 1999 y bibliografía allí citada). La Zona de *Proconodontus tenuiserratus* se definió en la Formación Estancia San Isidro y la de *Eoconodontus notchpeakensis* en los estratos más bajos de la Formación El Relincho, precordillera de Mendoza. A ellos se suma la presencia de proto y paraconodontes. Elementos de la Zona de *Cordylodus proavus* han sido citados por Lehnert (1995) en olistolitos de la Formación Los Sombreros, San Juan. En sucesiones autóctonas de la Precordillera, una asociación portadora de *Clavohamulus hintzei* y *Cordylodus intermedius* (Lehnert, 1995) presente en la Formación La Silla, permitió referir los tramos inferiores de la misma al Cámbrico Superior. La sección clástico-calcárea de la Formación Volcancito de Famatina reviste interés por involucrar el límite Cámbrico-Ordovícico. Allí, Albanesi *et al.* (2005) definieron las zonas de *Cordylodus proavus*, *C. intermedius* y *C. lindstromi* del Cámbrico Tardío y la Zona de *Iapetognathus*, del Ordovícico Temprano. En la Cordillera Oriental se describieron las Zonas de *Cordylodus caboti*, *C. intermedius* y *C. lindstromi* en las formaciones Lampazar y Cardonal del Cámbrico Superior alto, registrándose

además elementos de proto y paraconodontes (Rao, 1999 y bibliografía allí citada).

Ordovícico (G.A.). Las zonas de conodontes ordovícicos de Argentina fueron definidas y reconocidas en numerosas contribuciones desde los trabajos pioneros de Younquist e Iglesias, Hünicken y Serpagli, en las décadas de 1950 a 1980. Los esquemas bioestratigráficos y citas bibliográficas se encuentran en Lehnert (1995), Albanesi *et al.* (1998, 2005), Albanesi y Ortega (2002) y Ortega y Albanesi (2005).

La Zona de *Iapetognathus* fue definida en la Formación Volcancito del Sistema de Famatina, La Rioja, por la primera aparición de *I. aengensis*. La especie *I. fluctivagus* que define el límite Cámbrico-Ordovícico (y la base del Piso Tremadociano) a escala global aún no fue registrada en las cuencas argentinas.

La Zona de *Cordylodus angulatus* fue reconocida en la Cordillera Oriental, Sistema de Famatina y Precordillera. En particular, la aparición de *Rossodus manitouensis* en la parte superior de este intervalo podría correlacionarse con la zona homónima de otras regiones.

La Zona de *Paltodus deltifer* está ampliamente documentada en Argentina, con alta diversidad taxonómica en todas las cuencas y afinidad específica con el dominio lauréntico en Cuyania. En particular, en las cuencas del noroeste es posible dividirla en dos subzonas, identificadas por *Paltodus deltifer pristinus* (inferior) y *P. d. deltifer* (superior). La Zona de *Paroistodus proteus-Acodus deltatus* fue identificada en la precordillera de San Juan y en la Cordillera Oriental de Salta y Jujuy a partir de las especies nominales. Siguiendo el esquema de biozonación baltoescandinavo, la base del Piso Floiano se encuentra en la parte superior de este intervalo. La forma documentada de *A. deltatus s.l.* es más afín a la forma lauréntica que a la baltoescandinava (figura 4).

En la precordillera, el Floiano está representado por las zonas de *Prioniodus elegans* y *Oepikodus evae*, y sus respectivas subzonas, definidas por las especies epónimas. La Zona de *O. evae* también se registra en la Cordillera Oriental y en el Sistema de Famatina. La base del Ordovícico Medio, que coincide con la primera aparición de *Baltoniodus triangularis* a nivel global, correspondería con la base de la Zona de *O. intermedius* (Albanesi *et al.*, 2006a) Esta biozona y la siguiente, identificada por *Baltoniodus navis*, representan al Dapingiano.

El Darriwiliano coincidiría en la Precordillera con las zonas de *Microzarkodina parva*, *Lenodus variabilis*, *Eoplacognathus pseudoplanus-Dzikodus tablepointensis*, *Eoplacognathus suecicus*, *Pygodus serra* (y respectivas subzonas), y la parte inferior de la Zona de *P. anserinus*, según los esquemas propuestos y las contribuciones recientes (*e.g.*, Heredia *et al.*, 2005)

Sistema	Series	Pisos	Biozonas			
			Conodontes Precordillera	Graptolitos		
				Precordillera	NW Argentina	
Silúrico	Pridoli					
	Ludlow	Ludfordiano				
		Gorstiano	v. <i>variabilis</i>	Interv. no nom.		
	Wenlock	Homeriano				
		Sheinwoodiano				
	Llandovery	Telychiano		Intervalo no nominado		
		Aeroniano			Interv. no nom.	
		Rhuddaniano		triangulatus		
				kentuckyensis	atavus	atavus
			acuminatus		acuminatus	

Figura 5. Bioestratigrafía del Silúrico de Argentina en base a conodontes y graptolitos / *Silurian biostratigraphy of Argentina based on conodonts and graptolites.*

que reconocen subdivisiones en estas unidades. En la Zona de *L. variabilis* se produce la máxima diversificación de faunas de conodontes del Ordovícico en la precordillera (Albanesi y Bergström, 2004). Un intervalo correlacionable con la Zona de *Pygodus serrra* fue reconocido en ambientes marinos someros de la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas donde dominan los géneros *Erraticodon* y *Erismodus* (figura 4).

Las biozonas que caracterizan al Ordovícico Superior en la Precordillera, *i.e.*, parte superior de *Pygodus anserinus*, *Amorphognathus toaerensis*, *A. superbus* y *A. ordovicicus*, son definidas por especies de aguas frías.

Silúrico (G.A.). La faunas de conodontes silúricos de la precordillera están representadas por especies de distribución pandémica. Lehnert *et al.* (1999) identifican la Zona de *Distomodus kentuckyensis* del Rhuddaniano-Aeroniano (Llandoveryano) en la Formación La Chilca, incluyendo *Dapsilodus*, *Ozarkodina* y *Panderodus*. En la parte superior de la suprayacente Formación Los Espejos se reconoció la Zona de *Kockelella v. variabilis* de edad gorstiana media (Ludlow), con *Kockelella*, *Coryssognathus* y *Oulodus*, entre otros (Albanesi *et al.*, 2006) (figura 5).

Braquiópodos (J.L. Benedetto)

El uso de los braquiópodos en la bioestratigrafía del Paleozoico inferior es poco frecuente. En nuestro país la primera zonación fue propuesta por Herrera y Benedetto (1991; véase cita en Benedetto, 2003d) para el Ordovícico carbonático de la precordillera de San Juan y La Rioja. En la Formación San Juan se reconocieron cinco zonas de asociación (*assemblage zo-*

nes) nominadas, de abajo hacia arriba, *Archaeorthis*, *Huacoella*, *Niquivilia*, *Monorthis* y *Ahtiella*. Estas zonas, aunque de alcance regional, probaron ser útiles para efectuar correlaciones a escala de la cuenca precordillerana. Posteriormente Benedetto (2002; citado en Benedetto, 2003d) propuso un esquema más detallado basado en los rangos estratigráficos de las especies. En ese trabajo se incluyeron además dos nuevas biozonas para la plataforma calcárea ordovícica (zonas de *Ranorthis niquivilensis* y de *Skenidioides* sp. nov.) y se amplió la biozonación a la totalidad del Ordovícico y al resto de las cuencas argentinas, incluyendo las facies clásticas de la Precordillera, Sierra de Famatina y Noroeste de Argentina. El estudio taxonómico de los braquiópodos de la Cordillera Oriental permitió elaborar un esquema bioestratigráfico para la cuenca del NOA basado en filozonas (*lineage biozones*, *phylozones*) (Benedetto, 2005; 2007). El linaje evolutivo se inicia con *Protorthisina simplex* en el Cámbrico Superior (Zona de *Parabolina* (N.) *frequens*) y culmina con *Nanorthis grandis* en el Floiano. En este lapso se reconocieron diez filozonas, cuya resolución temporal es comparable a la de los conodontes y graptolitos. En el Silúrico-Devónico (Wenlockiano-Lochkoviano temprano) de la precordillera (Formación Los Espejos y equivalentes), se han reconocido cuatro asociaciones sucesivas de braquiópodos (Benedetto *et al.*, 1992): (1) *Dedzetina* (*Notodedzetina*) *silurica*-*Leangella* (*Leangella*) *mutabilis*, (2) *Amosina fuertensis*-*Salopina jachalensis*, (3) *Coelospira extensa*-*Amosina poedicularum* y (4) *Orthostrophia*-*Molongella*. En el Devónico (Formación Talacasto y equivalentes) Herrera (1993) reconoció diversas asociaciones de braquiópodos que se extienden desde el Lochkoviano no basal hasta el Emsiano.

Trilobites (N.E. Vaccari, B.G. Waisfeld, M.F. Tortello, S.B. Esteban y G.F. Aceñolaza)

Famatina (M.F.T, S.B.E., G.F.A). El Cámbrico Superior-Ordovícico Inferior del Sistema de Famatina contiene diversas faunas de trilobites de importancia bioestratigráfica. El Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito aflora sobre la vertiente oriental de la sierra de Famatina, en el río Volcancito. En la parte inferior del miembro se documenta una asociación de trilobites dominada por agnóstidos y olénidos, junto a asáfidos, ceratopígidos, shumárdidos richardsonélidos y hapalopléuridos. Los registros de *Lotagnostus*, *Strictagnostus*, *Pseudorhaptagnostus*, *Gymnagnostus* y *Parabolina frequens* indican una edad cámbrica tardía (Furongiano) [Biozona de *P. frequens argentina*, Subzona de *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus)-Gymnagnostus*]. Por su parte, la parte superior del miembro Filo Azul contiene el olénido *Jujuyaspis keideli*, taxón guía del Ordovícico basal (Tremadociano inferior bajo, Subzona de *J. keideli*) (véase Tortello y Esteban, 1999, en prensa, y referencias allí citadas).

La Formación Bordo Atravesado aflora en el extremo sur de la sierra de Famatina, sobre la quebrada del Portezuelo de la Alumbreira. En el tramo superior de la unidad se documentan trilobites pelágicos de la Familia Ciclopygidae, asociados a agnóstidos, nileidos, hapalopléuridos, eulominos, olénidos y shumárdidos. El registro de ciclopígidos primitivos (*Prospectatrix*, *Sagavia durandi*), asociados a *Proteuloma* y *Hapalopleura*, indican una edad tremadociana tardía (Esteban, 1996; Tortello y Esteban, 2003). Por su parte, la Formación Suri está expuesta en el sector norte del Sistema de Famatina (área del río Chaschuil) y sobre el flanco oriental de la sierra de Famatina (zona de los ríos Cachiyuyo y Saladillo Chico). En la primera región, la unidad contiene una diversa fauna de trilobites compuesta por leiostégidos, asáfidos, telefínidos, rafiofóridos y calyménidos. La asociación *Carolinites genacinaca* Ross-*Oopsites*, así como las afinidades de *Merlinia megacantha* (Harrington y Leanza) y *Neseuretus chaschuilensis* Vaccari y Waisfeld sugieren una edad floiana para la parte superior de la formación (Zona de *M. megacantha*). Asimismo, los registros de *M. megacantha* y *Annamitella longulosa* Vaccari y Waisfeld (entre otros taxones) revelan la presencia de la biozona homónima en los ríos Cachiyuyo y Saladillo (véase Vaccari y Waisfeld, 1994; Waisfeld y Vaccari, 2003; citas en este último).

Cordillera Oriental (B.G.W, N.E.V.). Harrington (en Harrington y Leanza, 1957) sintetizó la información estratigráfica y paleontológica documentada hasta ese momento en las cuencas ordovícicas de Argentina y propuso un esquema bioestratigráfico

basado en trilobites que representó un progreso excepcional para la época en la comprensión de la estratigrafía de las unidades involucradas. Desde ese momento, y por cerca de cinco décadas, este esquema fue utilizado para las correlaciones regionales y aún intercontinentales. Sólo en años recientes comenzó a ser revisado críticamente tanto desde el punto de vista de la taxonomía de las especies involucradas como de su distribución estratigráfica y geográfica, revelando aspectos problemáticos en su aplicación por lo que en la actualidad se está trabajando en la elaboración de un nuevo esquema (véase síntesis en Waisfeld y Vaccari, 2003). La redefinición de biozonas incluye la identificación de nuevos taxones de valor bioestratigráfico, la reevaluación de aquellas definidas en 1957 y la calibración de edades a partir de datos cronológicos independientes. Asimismo, el nuevo esquema requiere un estricto control ecológico-ambiental (dado la naturaleza esencialmente bentónica de los trilobites) y la consideración de la complejidad estratigráfica y estructural de la cuenca. La siguiente síntesis incluye la reevaluación de las biozonas definidas en el esquema de 1957.

Biozona de *Parabolina (Neoparabolina) frequens argentina*. Ha sido documentada por diversos autores en numerosas localidades de Cordillera Oriental. Si bien originalmente fue referida al Tremadociano temprano (Harrington y Leanza, 1957), su edad cámbrica tardía (furongiana) fue señalada por numerosos autores (véase síntesis en Tortello *et al.*, 2002). En la Formación Lampazar expuesta en la Sierra de Cajas y Angosto del Moreno *P. (N.) frequens argentina* está asociada a conodontes de la Subzona de *Hirsutodontus hirsutus* de la Zona de *Cordylodus proavus* (Moya y Albanesi, 2000).

Biozona de *Jujuyaspis keideli*. El género *Jujuyaspis* posee amplia distribución geográfica y es indicadora del Tremadociano basal (Aceñolaza y Aceñolaza, 1992). Ha sido documentada en numerosas localidades de la Cordillera Oriental (véase cita y síntesis en Tortello *et al.*, 2002).

Biozona de *Kainella meridionalis*. Si bien esta clásica biozona del Tremadociano inferior ha sido mencionada para numerosas localidades de la Cordillera Oriental, algunos de estos registros se basan en asignaciones erróneas de la especie *K. meridionalis*. En consecuencia, su distribución geográfica y rango estratigráfico se encuentra actualmente en revisión. Por el momento, su registro se restringe a las localidades de Santa Victoria y área de Pascha-Incamayo. Cabe mencionar que estudios recientes en esta última región, localidad tipo de *K. meridionalis* Kobayshi, indican que esta especie y la asociación de trilobites clásica de esta biozona provienen de bloques resedimentados incluidos en las formaciones Cardonal y Devendeus (Waisfeld y Vaccari, 2003).

Biozona de *Triarthrus tetragonalis-Shumardia minutula*. Esta biozona fue adjudicada por Harrington (en Harrington y Leanza, 1957) al Tremadociano tardío. De acuerdo a los datos disponibles hasta el momento, no se ha podido constatar la coexistencia de estas especies y por lo tanto, la validez de esta biozona requiere revisión.

Biozona de *Notopeltis orthometopa*. Hasta el momento ha sido reconocida con certeza en la quebrada de Coquena y en la quebrada de Humacha. En esta última Zeballo *et al.* (2006) reconocieron la biozona de *A. victoriae* y conodontes de la biozona de *A. delta-tus-P. proetus* que indican una edad tremadociana tardía alta. La distribución geográfica y estratigráfica de la especie *N. orthometopa* requiere revisión.

“Biozonas” de *Ogygiocaris araiorhachis-Kayseraspis asaphelloides*. Ambas zonas, tradicionalmente consideradas floianas, fueron recientemente reasignadas al Tremadociano tardío. Además, su reciente reevaluación indica que no representan una sucesión temporal como fuera planteado en el esquema de 1957 sino que corresponden a expresiones ecológicas en respuesta a cambios laterales del ambiente. En consecuencia, su valor bioestratigráfico es limitado (Waisfeld *et al.*, 2006). El rango de *O. araiorhachis* se extiende entre las biozonas de graptolitos de *A. murrayi* y *H. copiosus* y ocurre junto a la asociación de acritarcos de *messauoudensis-trifidum*. Su registro se restringe al área de Pascha-Incamayo (parte superior de la Formación Saladillo y Formación Parcha). En la Formación San Bernardo *K. asaphelloides* está acompañada por la asociación de *messauoudensis-trifidum*.

No se cuenta hasta el momento con biozonas formalmente definidas para el Floiano de la Cordillera Oriental. Se reconocen dos “asociaciones” en sentido amplio correspondientes a las faunas de *Thysanopyge* (asociación superior de edad floiana temprana, biozona de *Baltograptus “deflexus”*) y de *Famatolithus* (Floiano tardío, biozona de *Didymograptellus bifidus*).

Biozona de *Hoekaspis* sp. nov. (= *H. schlagintweiti sensu* Harrington y Leanza, 1957). Esta biozona tiene una distribución relativamente amplia en el noroeste argentino. De acuerdo a la revisión de la misma por Waisfeld (1996; véase cita en Waisfeld y Vaccari, 2003) su registro abarca la Formación Santa Gertrudis (sierra de Mojotoro) y la “Formación Sepulturas” (*sensu* Astini *et al.*, 2004) en la Cordillera Oriental, y la Formación Capillas en las Sierras Subandinas. Conodontes asociados a *Hoekaspis* sp. nov. en las formaciones Santa Gertrudis y “Sepulturas” (Albanesi y Ortega, 2002) indican una edad sandbiana temprana para esta biozona.

Precordillera (N.E.V.). En esta cuenca se han documentado faunas de trilobites desde el Cámbrico Inferior hasta el Cámbrico Superior. Por su incuestionable similitud con las de Laurentia, las faunas de tri-

lobites de Precordillera han sido referidas desde los primeros hallazgos a los esquemas bioestratigráficos de ese paleocontinente. Dado que estos esquemas fueron definidos en base a los rangos de los géneros, la bioestratigrafía del Cámbrico en Argentina se ha limitado a reconocer estas biozonas, no existiendo hasta el momento una propuesta alternativa de mayor precisión sobre la base de la distribución de especies.

Poulsen (1958; véase cita en Poulsen, 1960) reconoció por primera vez la presencia de la Biozona de *Glossopleura* en San Isidro (Mendoza) y en la Formación La Laja en San Juan. Por otra parte, Poulsen (1960) reconoció la Biozona de *Bolaspidea* en la región de Canota, Mendoza. Borrello (1963; véase cita en Benedetto, 1993) dio a conocer la presencia del Cámbrico Inferior en la sierra de Villicum estableciendo por primera vez en el país la Biozona de *Olenellus* y, posteriormente, fueron reconocidas las biozonas de *Bathyriscus-Elrathina* y *Glossopleura-Kootenia* del Cámbrico Medio. Palmer (1965) reconoció por primera vez en el Cámbrico de Precordillera la presencia de especies de importancia en la correlación intercontinental tales como *Irovingella major* y *Elvinia roemeri*. La bioestratigrafía de trilobites de la Formación La Laja fue estudiada por Bordonaro (1986) quien reconoció un registro completo de las biozonas que abarcan desde el Cámbrico Inferior alto al Cámbrico Medio alto. Este trabajo sirvió de complemento al estudio sobre el Cámbrico de la quebrada de Zonda (Bordonaro, 1980; véanse citas en Bordonaro, 1986). Vaccari (1988) describió *Arcuolenellus megafontalis* (Vaccari), dando así a conocer la presencia del Cámbrico Inferior en La Rioja. Bordonaro (1999; véase en Bordonaro, 2003) reinterpretó la estratigrafía de la Formación La Laja en la Precordillera Oriental señalando la existencia de un importante hiato que abarcaría las biozonas del Cámbrico Medio bajo tales como *Plagiura-Poliella*, *Albertella* y *Glossopleura*, en contraposición a lo establecido previamente por Poulsen (1958) y Bordonaro (1986). La falta de estudios taxonómicos de detalle puede ser la causa de las contradicciones en el reconocimiento de biozonas en los trabajos mencionados. Hasta el momento pueden confirmarse en la Formación La Laja la presencia de la parte alta de la Zona de *Olenellus* en el Miembro El Estero (Foglia y Vaccari, 2006a), Zona de *Glossopleura* y *Ehmaniella* en el Miembro Soldano (Foglia y Vaccari, 2006b, Bordonaro *et al.*, 2006) y Zona de *Bolaspidea* en el Miembro Juan Pobre.

En el Cámbrico Superior (Formación La Flecha) se han reconocidos las zonas de *Crepicephalus*, *Aphelaspis* y *Saukia* (Vaccari, 1994; 1995b; Keller *et al.*, 1994). En la Precordillera Central y Occidental, desde Mendoza hasta el norte de San Juan, se han docu-

mentado numerosas localidades cámbricas. De éstas provienen las faunas descritas o mencionadas por Rusconi (1953), Poulsen (1958, 1960), Borrello (1971), Vaccari y Bordonaro (1993), Shergold *et al.* (1995), Tortello y Bordonaro (1997), entre otros (véanse citas en Tortello y Bordonaro, 1997). En su mayoría estas localidades han sido interpretadas como bloques re-depositados en el talud ordovícico (Bordonaro y Banchig, 1996). En éstos se han reconocido trilobites de un amplio espectro de biozonas desde el Cámbrico Inferior hasta el Superior, donde se destacan por su importancia para la correlación intercontinental especies tales como *Glyptagnostus reticulatus* e *Irovingella major*. Una síntesis (y citas) pueden verse en Bordonaro (2003).

El conocimiento de los trilobites ordovícicos de la Precordillera fue relativamente escaso hasta la década del 80. En el esquema bioestratigráfico propuesto por Harrington y Leanza (1957) la única biozona reconocida para Precordillera fue la de *Proetiella tellecheai*, la que según estos autores indicaba el Llanvirniano. Vaccari (1993), en su revisión de las especies de *Annamitella*, acotó la distribución de *A. tellecheai* al Dapingiano (Arenigiano superior). Mas tarde, Baldis (1995) propuso un esquema preliminar de zonas basado en la distribución de especies de trilobites en esta cuenca, que aún no ha sido aplicado. Si bien el conocimiento de los trilobites ordovícicos de la Precordillera ha aumentado notoriamente desde la década del 90 (véanse citas y síntesis en Waisfeld y Vaccari, 2003) todavía no se ha explotado el potencial que encierra este grupo para establecer un esquema bioestratigráfico de uso regional. Hasta el momento el único taxón que tiene importancia para establecer correlaciones intercontinentales es *Mucronaspis* que caracteriza el Hirnantiano y ha sido reconocido en la Formación Don Braulio (Baldis y Blasco, 1975; véase cita en Benedetto, 2003d).

Palinomorfos (C. Rubinstein y E. Ottone)

Si bien los primeros estudios palinológicos son de la década del 70 (Rubinstein, 2001a), recién en los años 90 se realizaron análisis sistemáticos tendientes a establecer biozonaciones regionales y correlaciones intra e intercontinentales. Los resultados obtenidos se sintetizan a continuación.

Cuenca Andina Central (Puna, Cordillera Oriental, Sierras Subandinas). En la Formación Casa Colorada (Cordillera Oriental) fueron descritos acritarcos cuyas edades varían entre el Cámbrico Tardío y el límite Cámbrico-Ordovícico (Rubinstein *et al.*, 2003; Aráoz y Vergel, 2006). Estudios integrados de acritarcos y graptolitos en el Tremadociano y Floiano (formaciones Santa Rosita y Acoite) de la

Cordillera Oriental fueron realizados por Ottone *et al.* (1992) y Rubinstein y Toro (2001). Las asociaciones de acritarcos más ricas corresponden a las zonas de graptolitos de *B. deflexus* y *D. bifidus* e incluyen formas de clara afinidad peri-gondwánica. En la parte inferior de la Formación Pacha se registró la asociación *messauoudensis-trifidum*, típica de la transición Tremadociano-Floiana, en tanto que hacia arriba, en niveles del Tremadociano tardío (Zonas de *A. murrayi* y *H. copiosus*) hay *Caldariola glabra* var. *glabra* y *Cymatiogalea messauoudensis* var. *messauoudensis* (Waisfeld *et al.*, 2006).

En el Silúrico de la Cordillera Oriental (Formación Lipeón) se recuperaron acritarcos, criptoesporas y algas (Rubinstein y Toro, 2006). La presencia de *Crassianguilina variacornuta*, guía del Telychiano, y *Onondagaella asymmetrica*, en estratos con graptolitos de edad no menor al Aeroniano, indicaría una aparición precoz de estas formas en la región. El primer registro de palinomorfos (criptoesporas, acritarcos y quitinozoos) del límite Ordovícico-Silúrico de la Puna corresponde a la Formación Salar del Rincón (Rubinstein y Vaccari, 2004). La palinoflora se correlaciona con la Zona de *Imperfectotriletes* spp. (sub-biozona α) de la Zona *Imperfectotriletes* spp.-*Laevolancis divellomedia* de edad hirnantiana. En la sierra de Zapla (Sierras Subandinas) la asociación de acritarcos de la Formación Zanjón indica una edad floiana. La edad darriwiliana de la parte basal de la Formación Capillas está confirmada por la presencia de *Liliosphaeridium* sp. cf. *L. intermedium* y *Ericanthea pollicipes*. La asociación palinológica presente en la Formación Lipeón indica una edad próxima al límite Aeroniano-Telychiano. Tanto las asociaciones del Ordovícico Temprano como las del Silúrico Temprano indican claras afinidades gondwánicas (Rubinstein, 2005).

Famatina. En la parte superior de la Formación Suri, la presencia de *Ampululla erchunensis*, en niveles portadores de *O. evae*, sugiere una edad próxima al límite Ordovícico Temprano-Medio, corroborada por el hallazgo de quitinozoos de la Zona de *Eremochitina brevis* del norte de Gondwana (TS. 2c), por lo tanto la Formación Molles correspondería al Ordovícico Medio temprano (Achab *et al.*, 2006). La asociación comparte especies de acritarcos y quitinozoos con asociaciones perigondwánicas de aguas frías; también se reconocen especies presentes en latitudes intermedias (sur de China y Australia), lo que sugiere condiciones de aguas más templadas. Condiciones similares a las de latitudes más bajas se habrían producido por efecto de calentamiento inducido por vulcanismo ya que la región fue un arco volcánico activo.

Precordillera. En el Floiano-Darriwiliano inferior de la Precordillera de San Juan hay escasos palinomor-

fos, principalmente quitinozoos. En la Formación Los Azules se definieron dos asociaciones: La más antigua, de edad darriwiliana, corresponde al miembro medio y está dominada por leiosferas; la más joven, de edad sandbiana temprana, corresponde al miembro superior y está dominada por quitinozoos, con presencia subordinada de acritarcos, prasinofitas, criptoesporas y fitodetritos (Ottone *et al.*, 1999, 2001). La contribución de Rubinstein y Brussa (1999) integra datos de graptolitos y palinomorfos del Ordovícico Tardío-Devónico Temprano de las formaciones La Chilca y Los Espejos, precordillera de San Juan. Los palinomorfos se distribuyen en cinco asociaciones. La más antigua, de edad hirnantiana, corresponde a la Zona de *P. persculptus* e incluye escasos acritarcos mal preservados y sin valor bioestratigráfico. La asociación que sigue hacia arriba contiene acritarcos, prasinofitas y escasas criptoesporas; los acritarcos *Tylotopalla caelamenicutis* y *T. digitifera* demuestran ser potencialmente útiles para correlacionar regionalmente el límite Aeroniano-Telychiano (zonas de *S. sedgwickii*- *S. turriculatus*). La parte inferior de la Formación Los Espejos no contiene graptolitos pero es rica en palinomorfos. La asociación más moderna se halla en el tercio superior de la formación, en niveles correspondientes a las zonas de *N. nilssonii*-*L. scanicus* y contiene palinomorfos típicamente ludlovianos como *Triangulina alargada*. De acuerdo a su contenido palinológico, el tramo inferior a medio de la Formación Los Espejos correspondería al Wenlockiano superior-Ludloviano inferior. Cerca del techo, en estratos que alcanzan el Pridoliano-Devónico Inferior no se encontraron palinomorfos de valor estratigráfico (Rubinstein, 2001b).

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza G.F. 1992. The genus *Jujuyaspis* as a world references fósil for the Cambrian-Ordovician boundary. En: B.D. Webby y J.R. Laurie (eds.), *Global Perspectives on Ordovician Geology*, Balkema, Rotterdam, pp. 115-120.
- Achab, A., Rubinstein, C.V. y Astini, R.A. 2006. Chitinozoans and acritarchs from the Ordovician perigondwanan volcanic arc of the Famatina System, northwestern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 139: 129-149.
- Albanesi, G.L. y Bergström, S.M. 2004. Conodonts: Lower to Middle Ordovician record. En: B.D. Webby, F. Paris, M.L. Droser y I.G. Percival (eds.), *The Great Ordovician Biodiversification Event*. Columbia University Press. New York, pp. 312-336.
- Albanesi, G.L. y Ortega, G. 2002. Advances on conodont-graptolite biostratigraphy of the Ordovician System of Argentina. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica* 16: 143-165.
- Albanesi, G.L., Hünicken, M.A. y Barnes, C.R. 1998. Bioestratigrafía de conodontes de las secuencias ordovícicas del cerro Potrerillo, Precordillera Central de San Juan, R. Argentina. *Academia Nacional de Ciencias (Córdoba), Actas* 12: 7-72.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B., Ortega, G., Hünicken, M.A. y Barnes, C.R. 2005. Bioestratigrafía y ambientes sedimentarios de las formaciones Volcancito y Bordo Atravesado (Cámbrico Superior-Ordovícico Inferior), Sistema de Famatina, provincia de La Rioja, Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Serie D, Publicación Especial* 8: 41-64.
- Albanesi, G.L., Carrera, M.G., Cañas, F.L. y Saltzman, M. 2006a. A proposed global boundary stratotype section and point (GSSP) for the base of the Middle Ordovician Series: The Niquivil section, Precordillera of San Juan, Argentina. *Episodes* 29: 1-15.
- Albanesi, G.L., Ortega, G. y Hünicken, M.A. 2006b. Bioestratigrafía de conodontes y graptolitos silúricos en la sierra de Talacasto, Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 43: 93-112.
- Aráoz, L. y Vergel, M.M. 2006. Palinología de la transición Cambro-Ordovícica en la Quebrada de Moya, Cordillera Oriental, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia* 9: 1-8.
- Astini, R.A. 2003. Ordovician basins of Argentina. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 1-76.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. y Vaccari, N.E. 1995. The early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as a Laurentian rifted, drifted and collided terrane. *Geological Society of America Bulletin* 107: 253-273.
- Astini, R.A., Waisfeld, B.G., Toro, B.A. y Benedetto, J.L. 2004a. El Paleozoico Inferior y Medio de la región de Los Colorados, borde occidental de la Cordillera Oriental (Provincia de Jujuy), Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 243-260.
- Astini, R.A., Thomas, W.A. y Yochelson, E.L. 2004b. *Salterella* in the Argentine Precordillera: an Early Cambrian paleobiogeographic indicator of Laurentian affinity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 213: 125-132.
- Benedetto, J.L. 1993. La hipótesis de la aloctonía de la Precordillera Argentina: un test estratigráfico y biogeográfico. *12º Congreso Geológico Argentino (Mendoza), Actas* 3: 375-384.
- Benedetto, J.L. 1998. Early Palaeozoic brachiopods and associated shelly faunas from western Gondwana: its bearing on the geodynamic history of the pre-Andean margin. En: R.J. Pankhurst y C.W. Rapela (eds.), *The proto-Andean margin of Gondwana*. *Geological Society London, Special Publication* 142: 57-83.
- Benedetto, J.L. 2003a. Early Ordovician (Arenig) brachiopods from volcanoclastic rocks of the Famatina Range, northwest Argentina. *Journal of Paleontology* 77: 212-242.
- Benedetto, J.L. 2003b. Paleobiogeography. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 91-109.
- Benedetto, J.L. 2003c. Datos preliminares sobre los primeros braquiópodos rinconelliformes del Cámbrico Inferior de la Precordillera Argentina. *Reunión Anual Comunicaciones (Santa Rosa), Asociación Paleontológica Argentina, Ameghiniana Suplemento Resúmenes*: p. 4R.
- Benedetto, J.L. 2003d. Brachiopods. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 187-272.
- Benedetto, J.L. 2003e. Braquiópodos Caradocianos (Ordovícico) de la Formación La Pola, Sierra de Villicum, Precordillera Oriental de Argentina. *Ameghiniana* 40: 33-52.
- Benedetto, J.L. 2004. The allochthony of the Precordillera ten years later (1993-2003): A new paleobiogeographic test of the microcontinental model. *Gondwana Research* 7: 1027-1039.
- Benedetto, J.L. 2005. Hacia un esquema bioestratigráfico de alta resolución para el Cámbrico tardío y Ordovícico del noroeste de Argentina basado en filozonas de braquiópodos rinconelliformes. *16º Congreso Geológico Argentino (La Plata), Actas* 3: 371-378. La Plata.
- Benedetto, J.L. 2007. New Upper Cambrian-Tremadoc rhynchonelliform brachiopods from northwestern Argentina: evolu-

- tionary trends and early diversification of Plectrothoidea in Andean Gondwana. *Journal of Paleontology* 81: 261-285.
- Benedetto, J.L. y Carrasco, P. 2002. Tremadoc (earliest Ordovician) brachiopods from the Purmamarca region and the Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental of northwestern Argentina. *Geobios* 35: 647-661.
- Benedetto, J.L. y Sánchez, T.M. 1996a. Paleobiogeography of brachiopod and molluscan faunas along the South American margin of Gondwana during the Ordovician. En: B.A. Baldis y F.G. Aceñolaza (eds.), Early Paleozoic evolution in NW Gondwana. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica* 12: 23-38.
- Benedetto, J.L. y Sánchez, T.M. 1996b. The 'Afro-South American Realm' and Silurian *Clarkeia* Fauna. En: P. Copper y Jisuo Jin (eds.), *Brachiopods*, Balkema. p. 29-33.
- Benedetto, J.L., Racheboeuf, P.R., Herrera, Z.A., Brussa, E.D. y Toro, B.A. 1992. Brachiopodes et biostratigraphie de la Formation de Los Espejos, Silurien-Eodévonien de la Précordillère Argentine. *Geobios* 25: 599-637.
- Benedetto, J.L., Sánchez, T.M., Carrera, M.G., Brussa, E.D. y Salas, M.J. 1999. Paleontological constraints on successive positions of the Precordillera terrane during the early Paleozoic. En: V.A. Ramos y J.D. Keppie, (eds.), Laurentia-Gondwana connections before Pangea. *Geological Society of America Special Paper* 336: 21-42.
- Benedetto, J.L., Niemeyer, H., González, J. y Brussa, E.D. 2007. Primer registro de braquiópodos y graptolitos ordovícicos en el Cordón de Lila (Puna de Atacama), norte de Chile. *Ameghiniana (en prensa)*.
- Bordonaro, O.L. 1986. Biostratigrafía del Cámbrico inferior de San Juan. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía (Mendoza), *Actas* 1: 19-27.
- Bordonaro, O.L. 1999. Hiatus faunístico (Evento Hawke Bay?) entre el Cámbrico Inferior y Medio en la Formación La Laja, Precordillera de San Juan. 14° Congreso Geológico Argentino (Salta). *Actas* 1: 45.
- Bordonaro, O.L. 2003. Evolución paleoambiental y paleogeográfica de la cuenca cámbrica de la Precordillera argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 329-346.
- Bordonaro, O., Banchig, A. Pratt, B.R. y Raviolo, M. 2006. Modelo biostratigráfico dual basado en trilobites en la plataforma carbonática cámbrica de la Precordillera Argentina. 9° Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba), p. 153.
- Brussa, E.D., Toro, B.A. y Benedetto, J.L. 2003. Biostratigraphy. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 75-90.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2003a. La icnofauna de la Formación Puncoviscana en el noroeste argentino: Implicancias en la colonización de fondos oceánicos y reconstrucción de paleoambientes y paleoecosistemas de la transición precámbrica-cámbrica. *Ameghiniana* 40: 103-117.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2003b. Early colonization of the deep sea: Ichnologic evidence of deep-marine benthic ecology from the Early Cambrian of northwest Argentina. *Palaios* 18: 572-581.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2004. Terminal Proterozoic-Early Cambrian ecosystems: Ichnology of the Puncoviscana Formation, Northwest Argentina. En: B.D. Webby, M.G. Mángano, y L.A. Buatois (eds.), *Trace Fossils in evolutionary palaeoecology*. Fossils and Strata 51: 1-16.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2005. The Cambrian System in Northwestern Argentina: stratigraphical and palaeontological framework. Discussion to G.F. Aceñolaza. *Geologica Acta* 3: 65-72.
- Buatois, L.A., Almond, J., Gresse, P. y Germs, G. 2007. The elusive Proterozoic-Cambrian boundary: Ichnologic data from the Vanrhynsdorp Group of South Africa. 9° International Ichnofabric Workshop (Calgary): p. 15.
- Cañas, F.L. y Carrera, M.G. 2003. Precordilleran reefs. En: J.L. A.P.A. Publicación Especial 11, 2007
- Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 131-153.
- Carrera, M.G. 2003. Sponges and Bryozoans. En: J.L. Benedetto, (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 155-185.
- Carrera, M.G. y Cech N. 2003. Taxonomic turnover and community replacement in the Early Ordovician limestones of the Argentine Precordillera. En: G.L. Albanesi, M. Beresi y S.H. Peralta (eds.), Ordovician from the Andes. *Serie Correlación Geológica* 17: 279-283.
- Cech, N. y Carrera, M.G. 2002. Dinámica de las comunidades arenigianas de la Formación San Juan (Ordovícico), Precordillera Argentina. *Ameghiniana* 39: 21-40.
- Edgecombe, G.D. y Ramsköld, L. 1994. Earliest Devonian phacopide trilobites from central Bolivia. *Palaontologische Zeitschrift* 68: 397-410.
- Esteban, S.B. 1996. Los primeros trilobites ciclopigidos en el Ordovícico de Argentina (Formación Volcancito, Sistema de Famatina). *Ameghiniana* 33: 57-64.
- Finney, S.C. 2007. The parautochthonous Gondwanan origin of the Cuyania (greater Precordillera) terrane of Argentina: A re-evaluation of evidence used to support an allochthonous Laurentian origin. *Geologica Acta* 5: 127-158.
- Foglia, R.D. y Vaccari, N.E. 2006a. La Biozona de *Glossopleura* (Delamariano, Cámbrico medio) en el Miembro Soldano, Formación La Laja, San Juan, Argentina. 9° Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía, Academia Nacional de Ciencias (Córdoba), Resúmenes, p. 158.
- Foglia, R.D. y Vaccari, N.E. 2006b. El género *Bonnima* Fritz, en el cerro Molle, sierra de Villicum, San Juan. Significado bioestratigráfico. 9° Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba), Resúmenes, p. 159.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. *University of Kansas, Special Publication* 1, 276 p.
- Heredia, S., 1999. Los paraconodontes del Cámbrico Superior del cerro Pelado, Precordillera de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 36: 345-358.
- Heredia, S. y Hünicken, M.A., 1995. Euconodontes del Cámbrico Superior en la Precordillera de Mendoza, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias (Córdoba)* 60: 225-234.
- Heredia, S., Beresi, M. y Peralta, S.H. 2005. Darriwilian Conodont Biostratigraphy of the Las Chacritas Formation, Central Precordillera (San Juan Province, Argentina). *Geologica Acta* 3: 385-394.
- Herrera, Z.A. 1993. Nuevas precisiones sobre la edad de la Formación Talacasto (Precordillera argentina) en base a su fauna de braquiópodos. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), *Actas* 2: 289-295.
- Keller M., Cañas, F., Lehnert, O. y Vaccari, N.E. 1994. The Upper Cambrian and Lower Ordovician of the Precordillera (Western Argentina): Some stratigraphic reconsideration. *Newsletters on Stratigraphy* 31: 115-132.
- Lehnert, O. 1995. Ordovizische Conodonten aus der Präcordillere Westargentinens: Ihre Bedeutung für Stratigraphie und Paläogeographie. *Erlangen Geologische Abhandlungen* 125: 1-193.
- Lehnert, O., Bergström, S.M., Benedetto, J.L. y Vaccari, N.E. 1999. First record of Lower Silurian conodonts from South America: biostratigraphic and palaeobiogeographic implications of Llandovery conodonts in the Precordillera of Argentina. *Geological Magazine* 136: 119-131.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 2004a. Reconstructing Early Phanerozoic intertidal ecosystems: Ichnology of the Cambrian Campanario Formation in northwest Argentina. En: B.D. Webby, M.G. Mángano y L.A. Buatois (eds.), *Trace Fossils in evolutionary palaeoecology*. Fossils & Strata 51: 17-38.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 2004b. Decoupling ichnotaxono-

- mic diversification and mixground ecology during the Early Cambrian. *Ichnia 2004, 1º International Congress on Ichthyology* (Trelew), Abstract, p. 50.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 2006. Nemakit-Daldynian ichnofaunas: Evidence of a phylogenetic fuse to the Cambrian explosion? *Geological Society of America Annual Meeting*, Abstract with Programs.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 2007. Trace fossils in evolutionary paleoecology. En: W.III Miller (ed.), *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects*, Elsevier, Amsterdam, pp. 391-409.
- Mángano, M.G. y Droser, M. 2004. The ichnologic record of the Ordovician radiation. En: B.D. Webby, M. Droser, F. Paris y I.G. Percival (eds.), *The Great Ordovician Biodiversification Event*. Columbia University Press, New York, pp. 369-379.
- Mángano, M.G. y Waisfeld, B.G. 2004. Looking for the usual suspects: trilobites as *Cruziana-Rusophycus* producers in Lower Paleozoic sandstones of Northwest Argentina. *1º International Congress of Ichthyology, Abstracts* p. 12.
- Moya, M.C. y Albanesi, G.L. 2000. New stratigraphic section to define the Cambrian-Ordovician boundary in Eastern Cordillera, Northwest Argentina. *INSUGEO, Correlación Geológica, Miscelánea* 6: 114-116.
- Ortega G. y Albanesi, G.L. 2005. Tremadocian graptolite-conodont biostratigraphy of the Cordillera Oriental, NW Argentina. *Geologica Acta* 3: 355-372.
- Ortega, G., Albanesi, G.L., Banchig, A.L. y Peralta, G.L. 2007. Early Katian graptolites and conodonts (Upper Ordovician) of the Sierra de La Invernada Formation, San Juan Precordillera, Argentina. *Acta Palaeontologica Sinica* 46 (suppl.): 357-363.
- Ottone, E.G., Toro, B.A. y Waisfeld, B.G. 1992. Lower Ordovician palynomorphs from the Acoite Formation, northwestern Argentina. *Palynology* 16: 93-116.
- Ottone, E.G., Albanesi, G.L., Ortega, G. y Holfeltz, G.D. 1999. Palynomorphs, conodonts and associated graptolites from the Ordovician Los Azules formation, central Precordillera, Argentina. *Micropaleontology* 45: 225-250.
- Ottone, E.G., Holfeltz, G.D., Albanesi, G.L. y Ortega, G. 2001. Chitinozoans from the Ordovician Los Azules formation, central Precordillera, Argentina. *Micropaleontology* 47: 97-110.
- Palmer, A.R. 1965. Trilobites of the Late Cambrian Pteropcephaliid Biome in the Great Basin, United States. *U.S. Geological Survey, Professional Paper*, 493: 1-105.
- Peralta, S.H. y Finney, S.C. 2002. The Upper Ordovician graptolite faunas of the Cuyania Terrane. Their biostratigraphic and paleogeographic significance in the western margin of Gondwana. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica* 16: 41-69.
- Peralta, S.H., Albanesi, G. y Ortega, G. (eds.) 2003. Ordovician and Silurian of the Precordillera, San Juan Province, Argentina. Field Trip Guide of the 9º International Symposium on the Ordovician System, 7th International Graptolite Conference and 2003 Field Meeting of the Subcommission on Silurian Stratigraphy. *INSUGEO, Miscelánea* 10: 1-149.
- Rao, R.I. 1999. Los conodontes Cambro-Ordovícicos de la sierra de Cajas y del Espinazo del Diablo, Cordillera Oriental, República Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 31: 23-51.
- Rubinstein, C.V. 2001a. Correlaciones entre las cuencas ordovícicas y silúricas de la Argentina basadas en el estudio de acritarcos, criptoesporas y mioesporas. En: J.H.G. Melo y G.J.S. Terra (eds.), *Correlação de seqüências Paleozóicas Sul-Americanas. Ciência - Técnica - Petróleo. Seção: Exploração de Petróleo* 20: 19-24.
- Rubinstein, C. 2001b. Microflora y microplancton silúricos de la Precordillera Central de San Juan, Argentina. En: M.A. Fombella Blanco, D. Fernández González y R.M. Valencia Barrera (eds.), *Palinología: Diversidad y Aplicaciones*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de León, pp. 45-54.
- Rubinstein, C.V. 2005. Ordovician to Lower Silurian palynomorphs from the Sierras Subandinas (Subandean ranges), northwestern Argentina: a preliminary report. *Notebooks on Geology, Memoirs* 2005/02: 51-56.
- Rubinstein C.V. y Brussa, E.D. 1999. A palynomorph and graptolite biostratigraphy of the Central Precordillera Silurian basin, Argentina. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana* 38: 257-266.
- Rubinstein, C.V. y Toro, B.A. 2001. Review of acritarch biostratigraphy in the Arenig of the Eastern Cordillera, northwestern Argentina. New data and calibration with the graptolite zonation. En: R.H. Weiss (ed.), *Contributions to Geology and Palaeontology of Gondwana - In honour of Helmut Wopfner*. Geological Institute, University of Cologne, pp. 421-439.
- Rubinstein, C.V. y Toro, B.A. 2006. Aeronian (Llandovery, Lower Silurian) palynomorphs and graptolites from the Lipeón Formation, Eastern Cordillera, north-west Argentina. *Geobios* 39: 103-111.
- Rubinstein, C.V. y Vaccari, N.E. 2004. Cryptospore assemblages from the Ordovician-Silurian boundary in the Puna, North-West Argentina. *Palaeontology* 47: 1037-1061.
- Rubinstein, C.V., Mángano, M.G. y Buatois, L. 2003. Late Cambrian acritarchs from the Santa Rosita Formation: implications for the Cambrian-Ordovician boundary in the Eastern Cordillera of northwestern Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia* 5: 47-52.
- Salas, M.J. 2003. Ostrácodos. En: Beneditto, J.L. (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba. pp. 411-439.
- Sánchez, T.M. 2003. Bivalves and Rostroconchs. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba. pp. 273-294.
- Sánchez, T.M. y Benedetto, J.L. 2007. The earliest estuarine bivalve assemblage, Lower Ordovician (Arenig) of northwestern Argentina. *Geobios* 40: 523-533.
- Sánchez, T.M., Waisfeld, B.G. y Benedetto, J.L. 1991. Lithofacies, taphonomy and benthic assemblages in the Silurian of Western Argentina: a review of malvinokaffric communities. *Journal of South American Earth Sciences* 4: 307-309.
- Sánchez, T.M., Carrera, M.G. y Waisfeld, B.G. 2002. Hierarchy of factors controlling faunal distribution: A case study from the Ordovician of the Argentine Precordillera. *Palaios* 17: 309-326.
- Sánchez, T.M., Waisfeld, B.G., Carrera, M.G., Cech, N. y Sterren, A. 2003. Paleoecology and Biotic Events. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba. pp. 111-132.
- Seilacher, A. 1989. Vendozoa: Organismic construction in the Proterozoic biosphere. *Lethaia* 22: 229-239.
- Seilacher, A. 1999. Biomat-related lifestyles in the Precambrian. *Palaios* 14: 86-93.
- Seilacher, A., Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2005. Trace fossils in the Ediacaran-Cambrian transition: Behavioral diversification, ecological turnover and environmental shift. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 227: 323-356.
- Toro, B.A. 1999. Early Ordovician (Arenig) graptolites of northwestern Argentina (Cordillera Oriental and Famatina): paleogeographic remarks. En: P. Kraft y O. Fatka (eds.), *Quo vadis Ordovician? Acta Geologica Carolinae* 43: 437-440.
- Toro, B.A. y Brussa, E.D. 2003. Graptolites. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*, Universidad Nacional de Córdoba, Secretaría de Ciencia y Tecnología. pp. 441-505.
- Toro, B.A. y Maletz, J. 2007. Deflexed *Baltograptus* species in the early to mid Arenig graptolite biostratigraphy of Northwestern Argentina. *Acta Palaeontologica Sinica* 46 (suppl.): 489-498.
- Tortello, M.F. y Bordonaro, O. 1997. Cambrian Agnostid trilobites from Mendoza: A systematic revision and biostratigraphic implications. *Journal of Paleontology* 71: 74-86.
- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. 1999. La transición Cámbrico-Ordovícico en la Formación Volcancito (sierra de Famatina, La Rioja, Argentina). *Ameghiniana* 36: 371-387.

- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. 2003. Lower Ordovician stratigraphy and trilobite faunas from the southern Famatina Range, La Rioja, Argentina. *Special Papers in Palaeontology* 70: 213-239.
- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. (en prensa). Trilobites de la Formación Volcancito (Miembro Filo Azul, Cámbrico Tardío) del Sistema de Famatina, La Rioja, Argentina: aspectos sistémicos y paleoambientales. *Ameghiniana*.
- Tortello, M.F., Esteban, S.B. y Aceñolaza, G.F. 2002. Trilobites from the base of the Ordovician System in Northwestern Argentina. En: F.G. Aceñolaza (ed.), Aspects of the Ordovician System in Argentina, *Serie Correlación Geológica* 16: 131-142.
- Vaccari, N.E. 1995a. Early Ordovician trilobite biogeography of Precordillera and Famatina, western Argentina: preliminary results. En: J.D. Cooper, M.L. Droser y S.C. Finney (eds.), Ordovician Odyssey: Seventh International Symposium on the Ordovician System. *The Pacific Section Society for Sedimentary Geology (SEPM)*, Book 77: 193-196.
- Vaccari, N.E. 1995b. Trilobites de la Formación La Flecha (Cámbrico Superior), Precordillera Argentina. Su importancia bioestratigráfica. Reunión Anual de Comunicaciones, Asociación Paleontológica Argentina, *Ameghiniana Suplemento Resúmenes* 33: 233R.
- Vaccari, N.E. 2001. Trilobites de la Formación San Juan (Ordovícico inferior), Precordillera Argentina. *Ameghiniana* 38: 331-347.
- Vaccari, N.E. 2003. Afinidades biogeográficas de los trilobites arenigianos de la Puna Occidental. Reunión Anual de Comunicaciones Científicas, Asociación Paleontológica Argentina, *Ameghiniana Suplemento Resúmenes*, p. 23R.
- Vaccari, N.E. y Waisfeld, B.G. 1994. Nuevos trilobites de la Formación Suri (Ordovícico temprano) en la región de Chaschuil, Provincia de Catamarca: implicancias bioestratigráficas. *Ameghiniana* 31: 73-86.
- Vaccari, N.E. y Waisfeld, B.G. 2000. Trilobites tremadocianos de la Formación Las Vicuñas, Puna occidental, Provincia de Salta, Argentina. *14º Congreso Geológico Boliviano Memorias* 1: 165-169.
- Vaccari, N.E., Benedetto, J.L., Waisfeld, B.G. y Sánchez, T.M. 1993. La Fauna de *Neseuretus* en la Formación Suri (oeste de Argentina): edad y relaciones paleobiogeográficas. *Revista Española de Paleontología* 8: 185-190.
- Vaccari, N.E., Waisfeld, B.G., Chatterton, B.D., Edgecombe, G.D. 2006. New raphiophorid trilobites from the Ordovician of Argentina and their biogeographic implications. *Memoirs of the Association of Australasian Paleontologists* 32: 353-374.
- Verdecchia, S.O., Baldo, E.G., Benedetto, J.L. y Borghi, P.A. 2007. The first shelly fauna from metamorphic rocks of the Sierras Pampeanas (La Cébila Formation, Sierra de Ambato, Argentina): age and paleogeographic implications. *Ameghiniana* 44: 493-498.
- Waisfeld, B.G., B.A. Toro y E.D. Brussa, 1988. Trilobites silúricos (Formación Los Espejos) del sector occidental del Cerro del Fuerte, Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 25: 305-320.
- Waisfeld, B.G. y Vaccari, N.E. 2003. Trilobites. En: J.L. Benedetto (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 295-409.
- Waisfeld, B.G., Sánchez, T.M. y Carrera, M.G. 1999. Biodiversification patterns in the Early Ordovician of Argentina. *Palaos* 14: 198-214.
- Waisfeld, B.G., Sánchez, T.M., Benedetto, J.L. y Carrera, M.G. 2003. Early Ordovician (Arenig) faunal assemblages from western Argentina. Biodiversification trends in different geodynamic and palaeogeographic settings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 196: 343-373.
- Waisfeld, B.G., Vaccari, N.E., Toro, B.A., Rubinstein, C.V. y Astini, R.A. 2006. Revisión de la Biozona de *Ogygiocaris araiorhachis* (Trilobita, Tremadociano tardío) en la región de Pascha-Incamayo, Cordillera Oriental Argentina. Parte 1: Bioestratigrafía. *Ameghiniana* 43: 717-728.
- Zeballo, F.J., Ortega, G. y Albanesi, G.L. 2006. Nuevos registros de fósiles tremadocianos (Ordovícico Inferior) en la Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina. *9º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Córdoba), Academia Nacional de Ciencias, *Resúmenes*, p. 169.