

TRILOBITES LAURÉNTICOS DE LA FORMACIÓN LA LAJA (CÁMBRICO), PRECORDILLERA DE SAN JUAN, ARGENTINA: UN APORTE BIOGEOGRÁFICO AL MODELO ALÓCTONO DE PRECORDILLERA

Osvaldo L. BORDONARO

Departamento de Paleontología, IANIGLA-CCT, Mendoza. Email: obordona@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN

Se analizan las posibilidades de distribución biogeográfica de 14 especies de trilobites ptychopáridos endémicos de Laurentia hallados en la Formación La Laja, Cámbrico Medio (Serie 3) de la Precordillera de San Juan, Argentina. Estos trilobites tenían una amplia difusión dentro del gran banco carbonático que rodeaba al cratón norteamericano pero tenían acceso restringido al océano abierto y nunca se los ha registrado en otros continentes. Su presencia en facies de plataforma carbonática restringida de la Precordillera argentina y su ausencia en las facies carbonáticas de Antártida-Australia es incompatible con modelos de dispersión oceánica hasta Gondwana (modelos autóctonos o para-autóctonos de una Precordillera de origen gondwánica). En cambio, es compatible con los modelos de difusión perilauréntica (modelos de Precordillera de origen lauréntica), aunque dadas las características biogeográficas de estas especies es necesaria la existencia de una conexión ambiental entre ambas plataformas carbonáticas. Se propone una adaptación de los modelos alóctonos vigentes, con el norte de Cuyania (incluida Precordillera) conectada física y ambientalmente con el sur de los Apalaches, para poder explicar las posibles vías de difusión de este tipo de faunas endémicas sin tener que cruzar una cuenca oceánica.

Palabras clave: *Biogeografía, trilobites, Cámbrico, Precordillera, Argentina*

ABSTRACT

Laurentian Cambrian trilobites of La Laja Formation, San Juan Precordillera, Argentina: A biogeographic approach to the allochthonous Precordillera model

The biogeographic distribution of 14 laurentian ptychoparioid trilobite of the La Laja Formation, Middle Cambrian (Series 3) from the San Juan Precordillera, western Argentina is analyzed. The trilobites were endemic Laurentian species with restricted access to open oceans that inhabited the inner parts of the carbonate platform that rimmed the North American craton. Its presence in the restricted carbonatic platform of the Argentine Precordillera and its absence in the carbonatic facies of East Gondwana, particularly in Antarctica – Australia, are incompatible with dispersal by oceanic equatorial currents across an Iapetus open ocean in a Cuyania para- autochthonous gondwanan model. Instead, it is compatible with peri-laurentian dispersion in an allochthonous laurentian model, but only if Cuyania was environmentally connected to southern Laurentia. A modified allochthonous Laurentian model where the northern Cuyania is physically and environmentally connected to the southern Appalachians is proposed to explain the dispersion of endemic faunas without having to cross an open ocean.

Keywords: *Biogeography, trilobites, Cambrian, Precordillera, Argentina*

INTRODUCCIÓN

La afinidad lauréntica de los géneros de trilobites cámbricos de la Formación La Laja, Precordillera de San Juan, es un hecho irrefutable y ha sido destacado por todos los investigadores que abordaron el tema desde fines del siglo XIX. Aún hoy, depurando y actualizando las listas de géneros fehacientemente reconocidos en la Precordillera y aplicando métodos

estadísticos modernos de endemidad (Álvaro *et al.* 2013), los géneros de trilobites de la Formación La Laja siguen siendo laurénticos. No obstante, a la hora de analizar las especies que se habían identificado en esa unidad, el panorama era tan confuso y contradictorio que dio lugar a controvertidas explicaciones sobre su origen. En las décadas pasadas las clasificaciones taxonómicas hechas sobre los trilobites de la Formación La Laja

justificaron numerosas especies endémicas de la Precordillera. Hasta la década de los 90 se reconocían 18 especies precordilleranas, aunque los géneros eran todos laurénticos (ver cuadro 1 en Bordonaro 1990). Sobre este tema hay que destacar que todas aquellas especies precordilleranas fueron clasificadas con metodologías paleontológicas de tendencias “separadoras” (*splitters*), donde cualquier variación morfológica era considerada de impor-

tancia taxonómica. El resultado de ello fue la creación de un gran número de especies basadas en mínimas diferencias, generalmente con pocos especímenes. En trabajos recientes se revisaron críticamente algunas especies de la Formación La Laja con un enfoque paleontológico agrupador (*lumper*) que tiende a considerar la variabilidad intraespecífica mediante el uso de morfometría geométrica y el examen de numerosos ejemplares.

En este trabajo se hace un análisis sobre las posibilidades de distribución biogeográfica que tenían las especies de trilobites laurénticas que actualmente se reconocen en la Formación La Laja. En ese marco se discuten las diferentes hipótesis postuladas sobre la ubicación paleogeográfica del Terrane Precordillera (como parte del Terrane compuesto Cuyania de Ramos 1995) con respecto a Laurentia durante el Cámbrico. Se discute el impedimento que tenían las especies laurénticas para salir de las plataformas someras, acceder a un océano abierto o cuenca profunda y llegar a colonizar las plataformas internas de otros continentes o la del Terrane Precordillera de Argentina. Se propone una adaptación de los modelos alóctonos con la plataforma carbonática del Terrane Precordillera unida física y ambientalmente a Laurentia durante el Período Cámbrico donde las especies pudieran difundirse libremente sin tener que cruzar un océano profundo.

ANTECEDENTES

Los trilobites cámbricos de la Precordillera de San Juan se conocen desde fines del siglo XIX cuando Kayser (1876) publicó los fósiles colectados por Stelzner en las quebradas de Juan Pobre y La Laja. Kayser fue el primero en reconocer géneros laurénticos aunque creó las especies precordilleranas *Arethusina argentina*, *Bathyrurus? lajensis*, *Bathyrurus? darwinii* y *Bathyrurus? orbignyianus* y consideró a esta fauna como de edad “infrasiluriana”. Kobayashi (1937) revisó esa misma fauna y reconsideró las afinidades genéricas de algunas especies (e.g. *Aulacopleura? argentina*; *Bathyurellus? orbignyianus*), pero les

atribuyó una edad ordovícica temprana y las incluyó en la parte inferior de las Calizas San Juan. Harrington y Leanza (1943) también revisaron las especies de Kayser junto con nuevas muestras coleccionadas en las quebradas de Juan Pobre y La Laja y les asignaron una edad cámbrica media. Ellos redefinieron *Arethusina argentina* (= *Aulacopleura? argentina*) como *Amecephalina argentina*, *Bathyrurus? lajensis* como *Ehmania? lajensis* y *Bathyrurus? orbignyianus* (= *Bathyurellus? orbignyianus*) como *Eteraspis orbignyana*. Además incorporaron las nuevas especies *Ehmania? hypselogena* y *Eteraspis prosorysa*.

Más tarde, Poulsen (1958) actualizó las faunas de estas mismas localidades y determinó que pertenecían a la Zona de *Glossopleura*, y adició *Alokistocare elongatum* a las especies de la quebrada de Juan Pobre. También este autor mencionó una nueva localidad fosilífera ubicada a 3 km al oeste-noroeste de Zonda donde colectó *Zacanthoides ferula* Leanza, 1947, *Mendospidella digesta* (Leanza 1947), *Kistocare mendozanum* (Rusconi 1945) y *Amecephalina argentina*. Hay que destacar que hasta el momento ha sido imposible encontrar esta localidad mencionada ni su fauna. Es llamativo que las tres primeras especies mencionadas por Poulsen son características de los olistolitos de San Isidro en la provincia de Mendoza, cuyas facies son de plataforma externa. Razón por la cual se sospecha que estas faunas en realidad no pertenecen a la Formación La Laja.

Borrello (1962) creó el nombre de Formación La Laja distribuida a lo largo del flanco occidental de la Sierra de Zonda y designó a la quebrada de Zonda como la localidad tipo e incluyó a su fauna dentro de la Zona de *Glossopleura* del Cámbrico Medio. Más tarde Borrello (1963, 1964 y 1965) reconoció la Zona de *Olenellus* del Cámbrico Inferior en la parte basal de la unidad incorporando otra nueva especie (*Fremontella inopinata*) y Borrello (1967) identificó el género *Ehrathia* en el tope de la misma dentro de la Zona de *Bathyriscus-Ehrathia*.

Hasta 1971 Borrello había reconocido en la Formación La Laja una lista de 12 especies precordilleranas aunque sin detallar

las fuentes bibliográficas de los autores. Estas son: *Pagetides? dubius* Hupé, *Olenellus* aff. *brachycephalus* (Emmons), *Fremontella inopinata* Borrello, *Eoptychoparia acuminata* Hupé, *Villicumia borrelloi* Hupé, *Alokistocare elongatum* Poulsen, *Amecephalina argentina* (Kayser), *Ehrathia carmenensis* Hupé, *Ehmania? lajensis* (Kayser), *Ehmania hypselogena* Harrington y Leanza, *Eteraspis orbignyana* (Kayser) y *Eteraspis prosorysa* Harrington y Leanza.

Bordonaro (1979 y 1986) identificó las nuevas especies locales *Albertella zondaensis* y *Albertella borrelloi* del Cámbrico Medio y *Olenellus zondaensis*, *Bonnia villicumica*, *Antagmus argentinus* y *Antagmus mollesi* del Cámbrico Inferior

De esta manera, en la década del 90 se reconocían en la Formación La Laja una lista de 18 especies precordilleranas y otras tantas en nomenclatura abierta, cuyos géneros eran 100 % laurénticos (ver cuadro 1 en Bordonaro 1990). Con esos valores de endemidad en las especies se interpretó que la Precordillera habría tenido una ubicación autóctona a Gondwana, con una conexión lejana a Laurentia donde las especies laurénticas migraban impulsadas por corrientes oceánicas por un supuesto borde sudamericano perigondwánico bajo similares condiciones latitudinales y paleoambientales. Al llegar a la Precordillera, por las grandes distancias recorridas, se producía una especiación geográfica (especiación alopátrica) que daba lugar a esas nuevas especies precordilleranas, aunque siempre manteniendo los géneros laurénticos ancestrales (Bordonaro 1992 y Bordonaro y Banchig 1995).

Hacia finales del siglo XX, la aparición de nuevas hipótesis aloctonistas planteaban que la Precordillera formaba parte de Laurentia durante el Cámbrico (Ramos *et al.* 1986, Dalla Salda *et al.* 1992a, b, Benedetto 1993, Astini *et al.* 1995, Thomas y Astini 1996, Keller y Dickerson 1996, Dalziel 1997, Rapalini y Astini 1998). Por ese motivo se justificaba que los géneros de trilobites tenían afinidad lauréntica, pero nada se decía sobre las especies precordilleranas que poseía. Ya a principios del nuevo siglo surgieron otras hi-

pótesis para-autoctonistas (Aceñolaza y Toselli 2000, Aceñolaza *et al.* 2002 y Finney 2007a, b), en las cuales se postulaba una posición gondwánica de Precordillera donde los trilobites laurénticos fueron transportados por fuertes corrientes oceánicas a través de un océano Iapetus. De esa forma se explicaba la afinidad genérica de los trilobites de Precordillera, la baja abundancia y diversidad en comparación con la fauna de Laurentia, como también se justificaba que hubiera muchas especies endémicas de Cuyania, pero no se explicaba la ausencia de especies gondwánicas.

Tal fue la controversia, hasta hoy vigente, que generaron las diferentes hipótesis aloctonistas, autoctonistas y para-autoctonistas que dejaron en evidencia la incertidumbre sobre la correcta asignación de todas esas especies precordilleranas en sus facies de plataforma interna. En consecuencia, quedaba planteada la siguiente duda: Si la Precordillera tuvo un origen lauréntico por qué carece de especies laurénticas, o si en cambio tuvo un origen gondwánico por qué no posee especies gondwánicas.

En la actualidad, y aplicando una metodología paleontológica “agrupadora” se han estudiado nuevos trilobites hallados en la Formación La Laja, como también se han revisado algunas de las antiguas especies precordilleranas, y con nuevo y más abundante material se ha actualizado su asignación sistemática. El resultado provisorio hasta el presente (Cuadro 1) ha dado 14 especies netamente laurénticas (Bordonaro y Pratt 2008a y b, Bordonaro *et al.* 2008, Foglia y Vaccari 2010, Bordonaro *et al.* 2013, Pratt y Bordonaro 2014a y b). A la luz de esta nueva información, se plantea la necesidad de hacer una revisión de los diferentes modelos alóctonos, autóctonos y para- autóctonos de la Precordillera con respecto a Laurentia. En estos modelos se evalúa la capacidad de distribución espacial que tenían esas especies laurénticas que posee la Precordillera, ya sea por dispersión biogeográfica (expansión de los organismos a través de barreras geográficas) o por difusión biogeográfica (expansión de los organis-

CUADRO 1: Distribución bioestratigráfica y cronoestratigráfica de las especies de trilobites poliméridos laurénticos hallados en la Formación La Laja, Precordillera de San Juan.

Especies	Biozonas	Miembros de Formación La Laja	Sistema
A <i>Asaphiscus glabra</i>	?	Juan Pobre	CÁMBRICO MEDIO
B <i>Alokistocare americanum</i>			
C <i>Blainia gregaria</i>		Zona de <i>Blainia gregaria</i>	
D <i>Kochaspis coosensis</i>	Zona de <i>Ehmaniella</i>	Rivadavia	
E <i>Altiocculus cataractensis</i>			
F <i>Ehmaniella intermedia</i>			
G <i>Elrathiella obscura</i>			
H <i>Glossopleura lodensis</i>		Zona de <i>Glossopleura</i>	
I <i>Glossopleura walcotti</i>			
J <i>Mexicella mexicana</i>		Zona de <i>Albertella</i>	
K <i>Ptychobaba buttsi</i>	Zona de <i>Plagiura-Poliella</i>	Soldano	
L <i>Kochiella maxeyi</i>			
M <i>Eokochaspis nodosa</i>			
N <i>Amecephalus arrojensis</i>			
○ <i>Olenellus</i> sp.	Zona de <i>Olenellus</i>	El Estero	CÁMBRICO INFERIOR
▲ <i>Arcuolenellus</i> sp.			
□ <i>Fremontella</i> sp.			
⊗ <i>Bolbolenellus</i> sp.			
● <i>Bristolia</i> sp.			

mos sin atravesar barreras geográficas) según los conceptos de Contreras Medina *et al.* (2001), Morrone (2007) y Sanmartín (2012).

BIOGEOGRAFÍA DE LOS TRILOBITES CÁMBRICOS LAURÉNTICOS

Durante todo el Período Cámbrico las faunas de trilobites de Laurentia muestran un marcado endemismo que es el resultado del aislamiento que sufrió ese paleocontinente al estar rodeado por océanos profundos. Desde los comienzos del Período Cámbrico, cuando Laurentia se estaba separando del Gondwana y mediaba entre ambos un angosto pero profundo océano como el Iapetus y el Paleo Pacífico (Dalziel, 2014), los trilobites bentónicos ya mostraban una diferencia biogeográfica: los olenélidos en Laurentia y los redlichidos en Gondwana (Álvaro *et al.* 2013). A medida que transcurre el Cámbrico y Laurentia se sigue separando de Gondwana, el endemismo de los trilobites bentónicos se vuelve aún más marcado. Este endemismo se atribuye a que los trilobites bentónicos laurénticos no podían traspasar el banco carbonáti-

co que rodeaba a todo el continente (gran banco carbonático americano, *sensu* Fritz *et al.* 2012) ni colonizar otros ambientes carbonáticos similares de Gondwana como los que hay en Antártida y Australia. En cambio, los trilobites pelágicos pandémicos, tanto agnóstidos como poliméridos, sí lograban dispersarse por esos océanos profundos y colonizar todos los ambientes carbonáticos del mundo por más lejos que estuvieran. Al respecto, Palmer (1973) señaló que las plataformas carbonáticas que existían alrededor de Laurentia representaban una barrera significativa para la migración de las faunas internas laurénticas y que el contraste con las faunas periféricas pandémicas es tan marcado en el Cámbrico Medio y Superior que se hace difícil correlacionarlas entre ellas. Para explicar esta dicotomía de faunas Palmer propuso como patrón de distribución faunística alrededor de Laurentia el siguiente modelo: 1) faunas de regiones con acceso irrestricto al océano abierto, que están en las áreas marinas periféricas al lado externo del banco carbonático, ricas en agnóstidos y poliméridos pandémicos; 2) faunas de regiones con acceso restringido al océano abierto, que están sobre o detrás del banco carbo-

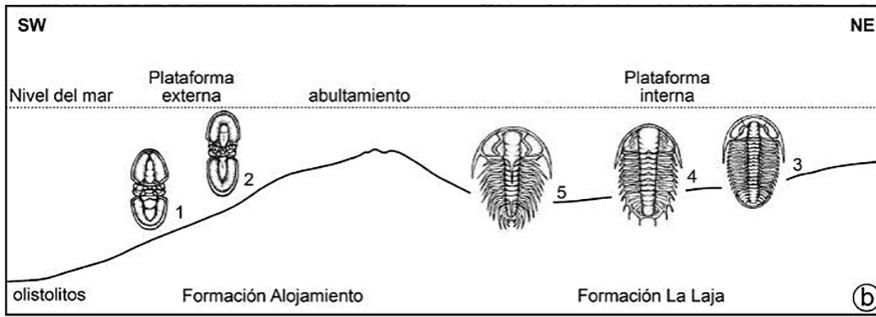
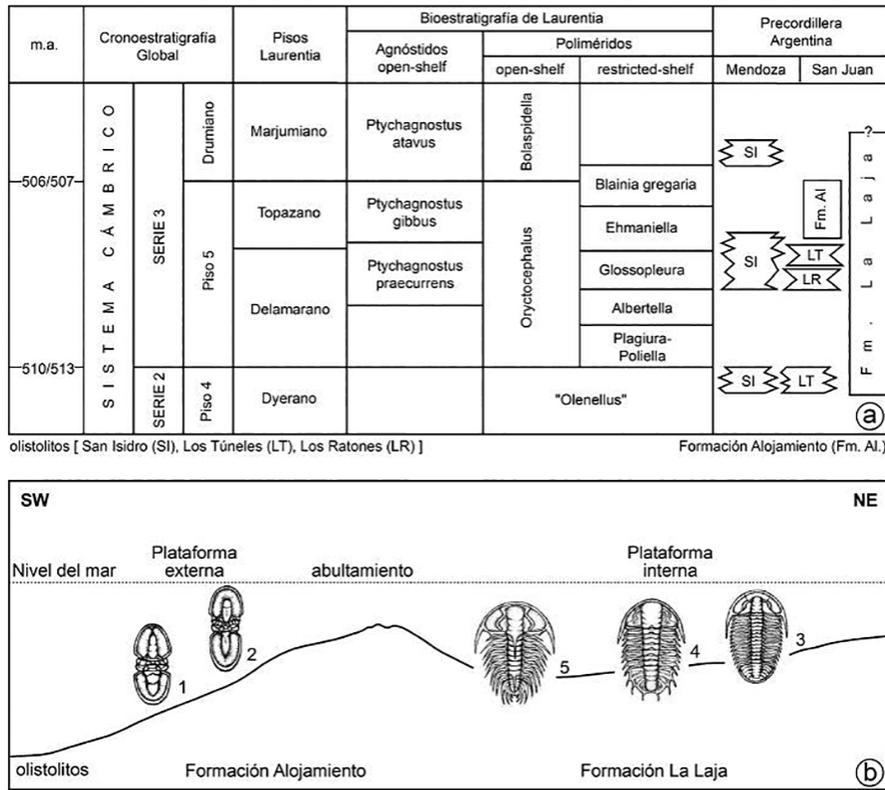


Figura 1: a) Cuadro geocronológico y bioestratigráfico de la Formación La Laja y unidades equivalentes de la Precordillera argentina; b) Perfil batimétrico de la plataforma carbonática cámbrica de la Precordillera argentina. 1 y 2: Trilobites agnóstidos pandémicos. 3-5: Trilobites poliméridos laurénticos.

nático circum-lauréntico, con poliméridos típicamente laurénticos.

Este modelo de distribución faunística de Laurentia que Palmer (1973) aplicó a otras regiones del mundo cámbrico, explica por qué los trilobites endémicos del interior lauréntico no podían salir al océano abierto, ni podían colonizar los ambientes carbonáticos de otras partes del mundo.

También Robison (1976) aplicó este modelo a la Great Basin del oeste norteamericano donde reconoció 2 biofacies de trilobites que son mutuamente excluyentes: 1) Biofacies de plataforma interna restringida con escasos trilobites poliméridos endémicos y de baja diversidad; 2) Biofacies de plataforma externa abierta con abundantes trilobites poliméridos y agnóstidos endémicos y cosmopolitas y con alta diversidad.

Si bien estas dos biofacies se interdigitan entre sí, cada una posee géneros y especies de trilobites propios que son mutuamente excluyentes, salvo ciertas

excepciones de especies eurytópicas que comparten ambos ambientes. Dentro de este modelo biofacial Robison propuso una bioestratigrafía que se mantiene aún vigente (Babcock *et al.* 2011) donde se registra una zonación propia y exclusiva para los poliméridos de la plataforma restringida que difiere de la zonación de poliméridos para la plataforma abierta que sí contiene especies pandémicas de dispersión global (Fig. 1).

Dentro de este contexto biogeográfico se plantea que el gran banco carbonático americano en sí mismo era una barrera física que controlaba la distribución de las especies de trilobites y que impedía tanto la salida de los trilobites endémicos como el ingreso de los pandémicos. Tal es la evidencia que nunca se han encontrado trilobites endémicos de Laurentia en otras partes del mundo excepto en la Precordillera de Argentina. En contraste, las especies cosmopolitas de agnóstidos, como *Ptychagnostus atavus* y *Ptychagnostus gibbus*, y de oryctocefálicos como *Oryctocephalus in-*

dicus, se hallan en las facies de plataforma externa de Laurentia como también en las de Precordillera, Báltica, Australia, China, Siberia y Kazajistán (McCollum y Sundberg 2007, Babcock *et al.* 2011).

LAS ESPECIES DE TRILOBITES DE LA FORMACIÓN LA LAJA

De acuerdo con la modalidad de estudio paleontológico antes enunciado, actualmente se pueden reconocer en la Formación La Laja 14 especies de trilobites poliméridos típicamente laurénticos que están distribuidas a través de toda la unidad (Cuadro 1):

- A- *Asaphiscus glabra* Walcott, 1916 (Bordonaro y Pratt 2008b, Fig. 1, poster)
 - B- *Alokistocare americanum* Walcott, 1916 (Bordonaro y Pratt 2008b, Fig. 1, poster)
 - C- *Blainia gregaria* Walcott, 1916 (Bordonaro *et al.* 2013, Figs. 6, 7 y 8)
 - D- *Kochaspis coosensis* (Resser 1938) (Bordonaro *et al.* 2013, Fig. 7.16 y 7.17)
 - E- *Altiocculus cataractensis* (Sundberg 1994) (Bordonaro *et al.* 2008, Fig. 5.E)
 - F- *Ehmaniella intermedia* (Sundberg 1994) (Bordonaro *et al.* 2008, Fig. 5.A-C)
 - G- *Ehrathiella obscura* Poulsen, 1927 (Bordonaro *et al.* 2008, Fig. 5.D)
 - H- *Glossopleura lodensis* (Clark 1921) (Fogliola y Vaccari 2010, Fig. 4.1-9)
 - I- *Glossopleura walcotti* Poulsen, 1927 (Fogliola y Vaccari 2010, Fig. 4.10-23)
 - J- *Mexicella mexicana* Lochman, 1948 (Pratt y Bordonaro 2014a, Fig. 9)
 - K- *Ptychobaba buttsi* (Resser, 1938). Pratt y Bordonaro 2014a, Fig. 11)
 - L- *Kochiella maxeyi* Rasetti, 1951 (Pratt y Bordonaro 2014a, Fig. 7)
 - M- *Eokochaspis nodosa* Sundberg and McCollum, 2000 (Pratt y Bordonaro 2014a, Fig. 8)
 - N- *Amecephalus arrosensis* (Lochman en Cooper *et al.* 1952) (Pratt y Bordonaro 2014a, Figs. 5 y 6)
- Olenellus* sp., *Arcuolenellus* sp., *Fremontella* sp., *Bolbolenellus* sp. y *Bristolia* sp. (Pratt y Bordonaro 2014b, Fig. 1, poster)
- Estas especies (Cuadro 1) se ubican en las Zonas de *Plagiura-Poliella*, *Albertella*, *Glossopleura*, *Ehmaniella* y *Blainia gregaria* del

Cámbrico Medio alojadas en los Miembros Soldano, Rivadavia y Juan Pobre. Dentro del Miembro El Estero donde se restringe la Zona de *Olenellus* del Cámbrico Inferior alto las especies se mantienen con nomenclatura abierta hasta tanto puedan ser fehacientemente confirmadas. En la figura 1a se sintetiza la bioestratigrafía de la Formación La Laja y su ubicación en el tiempo geológico según las nuevas propuestas geocronológicas del IUGS-CEC (Babcock *et al.* 2011). Así, el tiempo de acumulación abarca desde fines del Dyerano, aproximadamente a los 515 Ma y se mantiene hasta mediados del Marjumiano aproximadamente a los 503 Ma, arrojando un lapso aproximado de 12 millones de años. Los trilobites de la Formación La Laja sustentan el modelo de una plataforma restringida con respecto al mar abierto (Fig. 1b), en cambio las unidades estratigráficas que son temporalmente equivalentes como la Formación Alojamiento y los olistolitos de Los Túneles, Los Ratones y San Isidro, que afloran en San Juan y Mendoza, se relacionan con una plataforma externa donde habitaban especies cosmopolitas como *P. atavus*, *P. gibbus* y *P. praecurrens*.

Cuando ubicamos a estas 14 especies laurénticas halladas en la Formación La Laja en sus respectivos sitios de aparición en Laurentia, (Fig. 2a-c), vemos que están ampliamente distribuidas, aunque siempre restringidas dentro de los límites del gran banco carbonático americano que bordeaba a todo el cratón lauréntico. Como prueba de ello es su presencia en las plataformas carbonáticas de lugares tan distantes entre sí como los Apalaches del sureste de Estados Unidos, el noroeste de México, la Great Basin del suroeste de Estados Unidos, Wyoming y Montana en el centro oeste de Estados Unidos, Alberta en el sur de las Rocallosas de Canadá y en el norte de Groenlandia. Estos mapas paleobiogeográficos (Fig. 2) nos muestran la gran capacidad de expandirse (difusión *sensu* Contreras Medina *et al.* 2001, Morrone 2007, Sanmartín 2012) que tenían esas especies laurénticas, ya que en similares condiciones ambientales y latitudinales y sin barreras restricti-

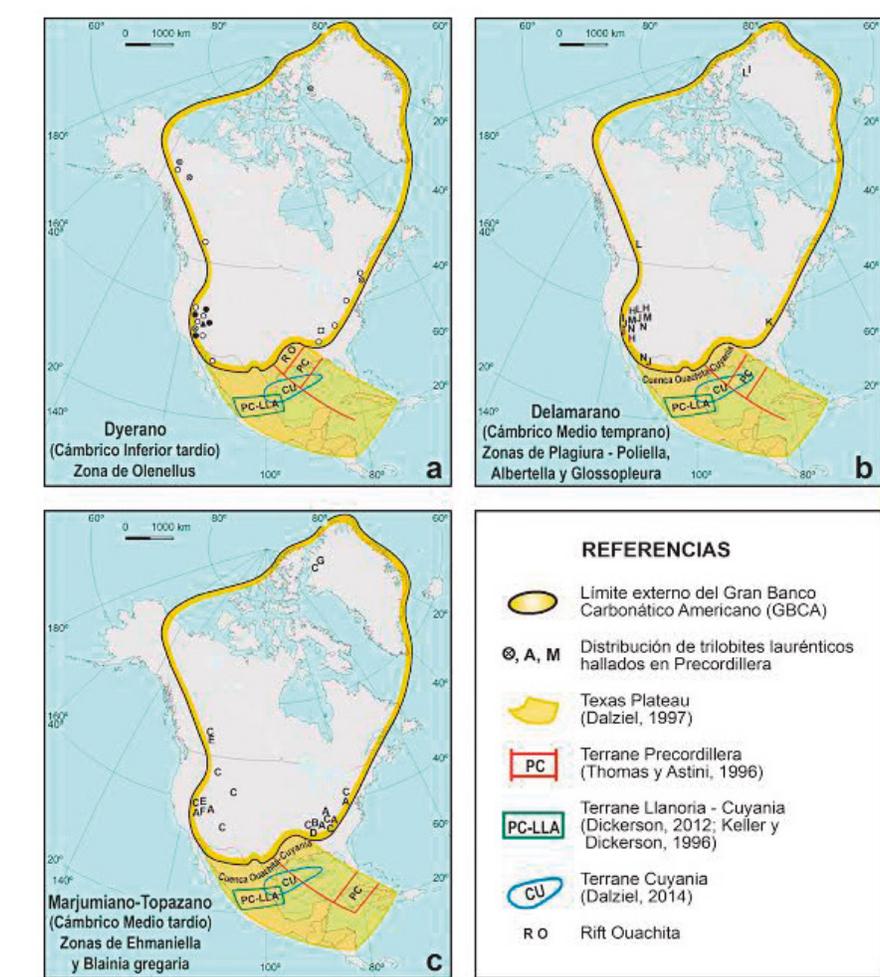


Figura 2: Distribución biogeográfica dentro de Laurentia de las especies de trilobites poliméridos laurénticos hallados en la Formación La Laja. a) En el Cámbrico Inferior alto o Dyerano (Zona de Olenellus); b) En el Cámbrico Medio bajo o Delamarano (Zonas de Plagiura-Poliella, Albertella y Glossopleura); c) En el Cámbrico Medio alto o Topazano-Marjumiano (Zonas de Ehmaniella y Blainia gregaria). Las letras y símbolos marcados en los mapas a, b y c se corresponden con las letras y símbolos de la primera columna de la figura 1. También se grafican las posiciones paleogeográficas que tendrían los diferentes modelos de Terranes de Precordillera durante el Cámbrico (ver explicaciones en el texto).

vas podían recorrer distancias del orden de 17.000 km (actuales) alrededor de Laurentia. Pero, al mismo tiempo se observa la imposibilidad que tenía la mayoría de esas especies para cruzar barreras físicas y salir fuera de las plataformas carbonáticas internas (dispersión *sensu* Contreras Medina *et al.* 2001, Morrone 2007, Sanmartín 2012). Su presencia en la Precordillera también en facies de plataforma carbonática interna como es la Formación La Laja es una fuerte evidencia de ausencia de barreras o la existencia de algún tipo de conexión física y ambiental que tendría el Terrane Precordillera con

respecto a Laurentia. Actualmente y a la luz de esta nueva información, es preciso analizar cómo se insertan biogeográficamente estas especies laurénticas en los diferentes modelos paleogeográficos de Precordillera y Laurentia.

MODELOS BIOGEOGRÁFICOS PROPUESTOS ANTERIORMENTE

Los modelos vigentes que explican las conexiones entre los trilobites de Laurentia con los del Terrane Precordillera (co-

mo parte del Terrane compuesto Cuyania) son básicamente 2.

Modelo 1: Terrane de Cuyania autóctono o paraúctono a Gondwana

En este tipo de modelos la afinidad faunística se interpreta como resultado de un intercambio larval a través de corrientes oceánicas provenientes desde Laurentia y que atraviesan un océano abierto y profundo ubicado entre Laurentia y Gondwana. Así, la Precordillera o el Terrane Cuyania que estaba muy cercano a Gondwana Occidental tendría una posición para-autóctona (Aceñolaza y Toselli 2000, Aceñolaza *et al.* 2002, Finney 2007a y b, Finney 2014) o autóctona (Bordonaro 1992). Dadas las características que tienen algunas especies de trilobites laurénticos de tener acceso restringido al océano abierto, Bordonaro (2015) postuló que este tipo de modelo es incompatible con las evidencias mostradas por los fósiles. La mayoría de las especies laurénticas, entre ellas *Blainia gregaria*, siempre fueron halladas en facies de plataforma restringida tanto en Laurentia como en Precordillera y nunca fueron halladas en Antártida o Australia. Estas evidencias invalidan la posibilidad de que este tipo de faunas endémicas pudieran dispersarse por corrientes oceánicas que cruzaran un océano profundo, tal como lo podían hacer las especies pandémicas. No obstante ello, podría darse la posibilidad de que algunas larvas de los trilobites laurénticos hubieran podido salir de las plataformas de Laurentia, e impulsadas por fuertes corrientes oceánicas unidireccionales, cruzar un océano abierto pero angosto como el Iapetus (Finney 2014) y finalmente colonizar la plataforma carbonática de Precordillera. En esta situación extrema, necesariamente se habría producido una especiación alopátrica, ya que a lo largo del tiempo se habría interrumpido el intercambio genético de esas especies entre Laurentia y Precordillera. De esa manera, el resultado habría sido la aparición de nuevas especies propias de la Precordillera derivadas de las ancestrales que lograron llegar (efecto fundador). Por otra parte, también es lógico pensar

que si alguna de esas especies hubiese logrado colonizar la Precordillera, entonces tendría la capacidad de difundirse hacia las plataformas carbonáticas cercanas de Antártida y Australia (tal como lo hicieron alrededor de Laurentia a través de 17.000 km). Recordemos que esas regiones gondwánicas poseían similares condiciones ambientales, ecológicas y latitudinales (como sería el caso del Terrane SAFRAN de Aceñolaza y Toselli 2000). Sin embargo, la ausencia total de estas especies e inclusive de esos géneros (Álvarez *et al.* 2013) en esa parte del Gondwana oriental es una fuerte evidencia en contra de los modelos de una Precordillera de origen gondwánico con dispersión de larvas a través de océanos abiertos. En términos biogeográficos la dispersión es un fenómeno aleatorio que afecta a ciertos linajes individuales, pero resulta improbable que diferentes grupos de organismos se dispersen al unísono en el espacio y en el tiempo (Sanmartín 2012). Siguiendo este concepto, la dispersión no podría generar un patrón de distribución como el que tiene la Formación La Laja de 14 especies laurénticas que fueron llegando continuamente durante 12 millones de años.

Modelo 2: Terrane de Cuyania procedente de Laurentia

El modelo microcontinental de Astini *et al.* (1995) y Thomas y Astini (1996) postula que la Precordillera fue separada de Laurentia desde la bahía de Ouachita durante el Cámbrico Inferior mediante un proceso de rifting y derivada a través del océano Iapetus hasta colisionar con Sudamérica en el Ordovícico Medio. Así, Cuyania se ubica a una distancia mucho más cercana de Laurentia, pero en constante alejamiento durante el Período Cámbrico. Si aplicamos este modelo al tiempo de sedimentación de la Formación La Laja, la afinidad faunística se mantiene constante como para mantener las mismas especies de trilobites entre Precordillera y Laurentia durante unos 12 Ma. En la figura 2a-c, se ubican las diferentes posiciones que tendría el Terrane Precordillera con respecto a Laurentia (se-

gún Thomas y Astini 1996) durante el lapso de sedimentación de la Formación La Laja (entre el Dyerano y el Marjumiano). Podemos ver que durante el Dyerano la Precordillera está separada de Laurentia por unos 400 km (Rift de Ouachita) y luego se va alejando progresivamente de Laurentia hasta alcanzar una distancia aproximada de 1.500 km durante el Marjumiano (Fig. 2a-c). Dadas las características biogeográficas que tienen las especies analizadas en este trabajo, por el hecho de tener acceso restringido al océano abierto, esas distancias son inaceptables para que las mismas pudieran salir del banco carbonático lauréntico y cruzar un océano profundo como fue la cuenca de Ouachita hasta alcanzar el banco carbonático de la Precordillera. De hecho, el modelo implica que si algunas larvas lo hubiesen podido hacer, a lo largo del tiempo de alejamiento (unos 12 Ma), se habría producido una especiación alopátrica (especiación por vicarianza) en Precordillera. Dado que no hay evidencias de ello, este modelo es incompatible con la biogeografía de la fauna.

El Terrane de Cuyania-Llanoria de Keller y Dickerson, (1996), Dickerson y Keller, (1998) y Dickerson, (2012) postula que en el extremo sur del banco carbonático circumlauréntico se desarrolló una cuenca de 1000 km por 500 km con facies de *off-shelf*, durante el Cámbrico y Ordovícico Medio. Esta cuenca llamada cuenca de Ouachita-Cuyania (Dickerson 2012) o Cuenca de Marathon-Solitario (Keller y Dickerson 1996) estaba marginada hacia el sur por una masa continental llamada Llanoria, la cual estaba desaparecida y que ahora sus autores piensan que constituye la Precordillera o Cuyania. Esta posición paleogeográfica de la Precordillera explica las notables similitudes entre la estratigrafía y faunas de la región de El Paso en Texas y de Zonda en San Juan durante el Cámbrico y Ordovícico Inferior. Con este modelo del Terrane Cuyania-Llanoria adosado al actual extremo sur de Laurentia y separado por la cuenca de Ouachita-Cuyania se explicaría el intercambio de trilobites entre Laurentia y Precordillera. Sin embargo, la cuenca de

Ouachita-Cuyania que era estrecha pero profunda, con facies de plataforma externa carbonática y talud continental, con depósitos silicoclásticos olistostrómicos, significaba una barrera física de 500 km de extensión imposible de cruzar por los trilobites bentónicos laurénticos con acceso restringido al océano abierto. Entonces, este modelo también es incompatible con la biogeografía de la fauna.

El Terrane Occidentalia de Dalla Salda *et al.* (1992a y b) postulaba que la plataforma carbonática de Precordillera formaba parte de un fragmento cortical mayor llamado Terrane Occidentalia, el cual habría estado unido al extremo sudeste de Laurentia durante el Cámbrico-Ordovícico Temprano y que fue anexado a Sudamérica durante el Ordovícico Medio después de una colisión Taconica-Famatiniana entre Gondwana y Laurentia. En las reconstrucciones paleogeográficas del Terrane Occidentalia, la plataforma carbonática de la Precordillera estaba separada del sureste de Laurentia por la cuenca del Ouachita Embayment (Ouachita trough, rift Reelfoot, aulacógeno de South Oklahoma, y otros sin nombrar en figura 3 de Dalla Salda *et al.* 1992a) que representaría una angosta cuenca de rift interior y que el margen continental real del terrane se encontraba hacia el sureste. Esta interpretación es opuesta a la polaridad que muestra la cuenca cámbrica de Precordillera. Además, en ese modelo no se muestra continuidad física y ambiental entre la plataforma carbonática de Precordillera y la del sur de Apalaches (ver rift en figuras 2 y 3 de Dalla Salda *et al.* 1992a) por donde pudieran difundirse las faunas. Estas barreras paleogeográficas hacen que el modelo sea incompatible con la biogeografía de la fauna.

El Texas Plateau de Dalziel (1997 y 2014), es un plateau marginal al cono sur de Laurentia similar al plateau de Malvinas en el cono sur de Sudamérica. Ese extenso plateau se compone de 3 partes (ver figura 15b en Dalziel 1997): 1) Un margen pasivo hacia el este apartado desde el Cape Embayment y que ahora estaría subducido debajo de Sudamérica. 2) Un horst en el medio con una cubierta carbonáti-

ca somera que luego se transformaría en la Precordillera, el cual estaba marginado hacia el oeste por el rift de Ouachita y hacia el este por el océano profundo Iapetus. 3) La Cuenca de rift de Ouachita-Marathon. Este extenso plateau se habría mantenido unido a Laurentia durante todo el período Cámbrico e incluso en los inicios del Ordovícico cuando comienza su definitiva separación de Laurentia. En este modelo, con esa posición de Precordillera muy cercana y unida a Laurentia durante todo el Cámbrico, es más aceptable concebir un intercambio faunístico de las faunas con acceso restringido al océano abierto entre ambas regiones. Sin embargo, se deduce de las reconstrucciones paleogeográficas del modelo que ese intercambio faunístico se debía concretar únicamente a través de la cuenca de Ouachita. Pero, como la cuenca de Ouachita tiene facies de plataforma externa y talud, y por más estrecha que haya sido, conformaba una barrera para las especies laurénticas con acceso restringido al océano abierto. Modelo que también es incompatible con la biogeografía de la fauna.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En Laurentia, un continente isla, con ambientes similares de profundidad, temperatura y salinidad en toda su periferia, con la misma posición subecuatorial durante todo el Cámbrico, había ciertas especies de trilobites bentónicos y endémicos que por sus características biogeográficas tenían la capacidad de difundirse libremente y sin barreras viajando alrededor del continente siguiendo el gran banco carbonático americano por distancias del orden de los 17.000 km. Pero esas mismas especies no podían salir afuera del gran banco carbonático americano y colonizar otras plataformas carbonáticas que estaban en otros continentes. Este impedimento era intrínseco a la incapacidad de dispersión de los trilobites endémicos. Las condiciones ambientales oceánicas eran una barrera ambiental y ecológica para esas especies que no podían sobrevivir en ella. Y aun cuan-

do algunas de sus larvas hubiesen podido hacerlo, difícilmente hubieran sobrevivido en un océano profundo el tiempo suficiente hasta alcanzar otros continentes. La prueba de ello es que este tipo de faunas nunca se las ha encontrado en otros continentes. Por lo tanto, tampoco es posible creer que durante 12 millones de años algunas de esas especies pudieran cruzar un océano profundo en forma ininterrumpida, sea estrecho como el de la Cuenca de Ouachita-Cuyania, o ancho como el Océano Iapetus y luego entrar al banco carbonático de Precordillera y colonizar los ambientes de la plataforma interna donde se acumulaba la Formación La Laja. Entonces la pregunta que queda planteada es: ¿Cómo salieron los trilobites laurénticos del banco carbonático de Laurentia y llegaron hasta el banco carbonático de Precordillera?

Una explicación posible para este dilema y aplicando el Principio de Parsimonia sería que el banco carbonático de Precordillera no tuviera barreras efectivas con respecto al gran banco carbonático americano, es decir que ambas plataformas carbonáticas estuvieran conectadas ambiental y ecológicamente en alguna parte para que las especies pudieran difundirse libremente dentro de un mismo ambiente carbonático y somero sin tener que cruzar barreras oceánicas. Está demostrado que la Formación La Laja se acumuló en un estado de rift tardío a margen pasivo (Gómez y Astini 2015), como también que la polaridad de la cuenca cámbrica de la Precordillera es hacia el oeste y hacia el sur (actuales) en donde se desarrolló una plataforma externa como es la Formación Alojamiento y un talud con los diversos olistolitos cámbricos de San Isidro, Los Ratones y Los Túneles (Bordonaro 2003, Bordonaro *et al.* 2008). Por lo tanto, sería imposible establecer una conexión física-ambiental entre el banco carbonático de Precordillera y el gran banco carbonático americano por el lado oeste y sur (actual) de la Precordillera. Una posibilidad de conexión física ambiental podría ser por el lado norte de la Precordillera, en Guandacol (La Rioja), donde se desarrollan las Formaciones Cerro Totora y Los

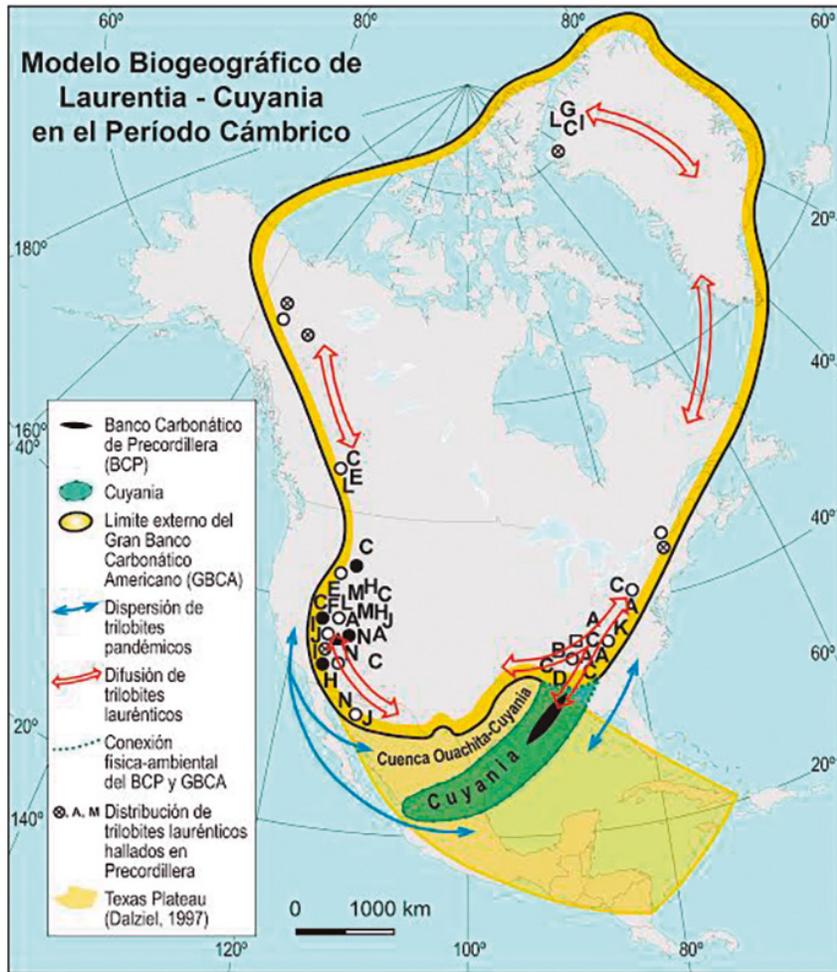


Figura 3: Modelo biogeográfico de Laurentia y Cuyania (incluyendo el banco carbonático de Precordillera) durante el Cámbrico, con la ubicación de los trilobites poliméridos laurénticos que tiene la Formación La Laja (cuyas letras y símbolos son los utilizados en la figura 1) y sus posibles vías de difusión.

Hornos (Astini y Vaccari 1996) con ambientes de graben intracontinental (Keller *et al.* 1998) con sabkha costero y plataforma somera con trilobites olenellidos (Astini y Vaccari, 1996; Gómez y Astini 2015), durante el mismo tiempo de acumulación de la Formación La Laja. Según los datos paleomagnéticos de la Formación Cerro Totora la posición paleogeográfica más probable de Cuyania (con la Precordillera incluida) es conectada con Laurentia al sur de los Apalaches (Rapaolini y Astini 1998). Además, dada la notable afinidad tecto-sedimentaria que hay entre la Formación La Laja y el Grupo Conasauga (Astini *et al.* 1995, Gómez y Astini 2015), la hipotética unión física-ambiental se podría situar en el lado no-

reste de la Bahía de Ouachita, y hacia el este del Graben Birmingham (Thomas y Astini 1996).

En la figura 3 se presenta un modelo hipotético que muestra la unión física-ambiental de Cuyania durante gran parte del Período Cámbrico. Allí se representa a Cuyania (con el Banco Carbonático de Precordillera incluido), con sus posibles dimensiones paleogeográficas del orden de 2.000 km de largo por 500 km de ancho. En esa reconstrucción paleogeográfica puede verse cómo la nueva posición de Cuyania englobaría a los Terranes de Llanoria-Cuyania (Keller y Dickerson 1996, Dickerson 2012), de Cuyania (*sensu* Dalziel 2014), y de Precordillera en su etapa inicial de rifting (Thomas y Asti-

ni 1996). Con esta nueva reconstrucción paleogeográfica es más factible establecer una fluida comunicación por difusión de las faunas endémicas entre ambas plataformas carbonáticas sin barreras efectivas. En este modelo, también es posible establecer las vías de dispersión de las faunas pandémicas siguiendo los márgenes continentales externos alrededor de Laurentia, con un acceso directo a la cuenca de Ouachita-Cuyania por su extremo suroeste (actual). Este modelo implica que la cuenca de Ouachita-Cuyania ha tenido un movimiento de apertura (rifting) diferenciado entre sus extremos suroeste y noreste, donde a modo de tijera se abrió primero en el extremo suroeste, mientras que el extremo noreste (actual) permaneció fijo y unido a Laurentia. La presente propuesta es una adaptación de otros modelos existentes que postulan a Precordillera en una posición muy cercana y unida a Laurentia. Se toma principalmente la idea del Texas Plateau de Dalziel (1997), pero con Cuyania conectado ambientalmente en su extremo norte con el gran banco carbonático americano, sin mediar entre ambas regiones ningún océano profundo que impidiera la difusión de los trilobites. Esta nueva propuesta también se complementa con la hipótesis de Keller (1999) quien postuló una conexión física-ambiental similar entre la plataforma carbonática de la Precordillera y la plataforma continental interna de Laurentia durante el Ordovícico Temprano, donde las facies de algas y esponjas estaban conectadas. En este nuevo modelo propuesto y dicho en términos biogeográficos se postula que hubo una conexión ambiental y ecológica entre Laurentia y Precordillera (o Cuyania), a través de la costa noreste de la Bahía de Ouachita, que favoreció la difusión de las especies de trilobites poliméridos laurénticos desde los lugares de alta densidad como era el gran banco carbonático americano hacia los lugares de baja densidad como era el banco carbonático de Precordillera, sin mediar entre ambas regiones barreras físicas o ecológicas ni cuencas profundas. Si bien el intercambio faunístico se habría mantenido constan-

te a lo largo del tiempo de sedimentación de la Formación La Laja, sólo se habrían difundido algunas especies con características fisiológicas y ciclos reproductivos adecuados que pudieron colonizar la Precordillera. De esta manera, este modelo explica el bajo porcentaje de especies laurénticas que tiene Precordillera con respecto a su centro de origen que es Laurentia.

Generalizando el modelo, implica que el intercambio faunístico se mantuvo constante durante todo el Período Cámbrico y recién con posterioridad a este lapso se habría producido la separación física del Terrane Precordillera e iniciado el proceso de vicarianza entre las faunas de trilobites (Benedetto 1993). Esta hipótesis también es consistente con las variaciones de temperatura del ambiente marino de la Precordillera, a partir del análisis de isótopos en conodontes, que revela un enfriamiento progresiva del mismo en relación al ambiente marino de Texas a través del Ordovícico Temprano a Medio, a medida que la Precordillera se apartaba de Laurentia hacia latitudes más altas (Albanesi *et al.* 2015).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los colegas Brian Pratt, Víctor Ramos, Graciela Vujovich, Guillermo Albanesi y Aldo Banchig por los comentarios e intercambio de ideas sobre el tema. A Rafael Bottero por la confección de láminas y gráficos. A los árbitros que evaluaron este trabajo.

Los editores agradecen el trabajo de los revisores Guillermo L. Albanesi y Franco Tortello.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 2000. Argentine Precordillera: allochthonous or autochthonous gondwanic? *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil 1*: 743-756.

Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J. 2002. Proterozoic – Early Paleozoic evolution in western South America – a discussion. *Tectonophysics* 354: 121-137.

Albanesi, G.L., Barnes, C.R., Trotter, J.A., Wi-

lliams, I.S. y Bergstrom, S.M. 2015. Deciphering the movement of the Argentine Precordillera from tropical to higher latitudes, Late Cambrian – Late Ordovician, through conodont $\delta^{18}O$ paleothermometry. En: Leslie, S.A., Goldman, D. y Orndorff, R.C. (eds.), *The Ordovician Exposed: Proceedings of the 12^o International Symposium on the Ordovician System*: 89-90, Harrisonburgh.

Alvaro, J., Ahlberg, P., Babcock, L., Bordonaro, O.L., Choi, D., Cooper, R., Ergaliev, G., Gapp, W., Ghobadi Pour, M., Hughes, N., Jago, J., Korovnikov, I., Laurie, J., Lieberman, B., Paterson, J., Pegel, T., Popov, L., Rushton, A., Sukhov, S., Tortello, F., Zhou, Z. y Zylinska, A. 2013. Global Cambrian trilobite palaeobiogeography assessed using parsimony analysis of endemism. En: Harper, D.A. y Servais, T. (eds.), *Early Paleozoic Biogeography and Palaeogeography*. Geological Society, Memoir 38: 273-296, London.

Astini, R.A. y Vaccari, N.E. 1996. Sucesión evaporítica del Cámbrico Inferior de la Precordillera: significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 51: 97-106.

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 - A geodynamic model. *Geological Society of America Bulletin* 107: 253-273.

Babcock, L.E., Robison, R.A. y Peng, S. 2011. Cambrian Stage and series nomenclature of Laurentia and developing global chronostratigraphic scale. *Museum of Northern Arizona Bulletin* 67: 12-26.

Benedetto, J.L. 1993. La hipótesis de la aloctonía de la Precordillera: un test estratigráfico y biogeográfico. 12^o Congreso Geológico Argentino y 2^o Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 375-384, Mendoza.

Bordonaro, O.L. 1979. El género *Albertella* (Trilobite) en el Cámbrico medio de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 16: 9-17.

Bordonaro, O.L. 1986. Bioestratigrafía del Cámbrico inferior de San Juan, Argentina. 6^o Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 1: 19-27, Mendoza.

Bordonaro, O.L. 1990. Biogeografía de trilobites cámbricos en la Precordillera argentina. 5^o Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 1: 25-30, Tucumán.

Bordonaro, O.L. 1992. Cámbrico de Sudaméri-

ca. En: Gutiérrez Marco, G.M., Saavedra, J. y Rábano, I. (eds.), *Paleozoico Inferior de Iberoamérica*: 69-84, Mérida.

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.L. 2015. Implicancias biogeográficas de *Blainia gregaria* (Trilobita) en la Formación La Laja (Cámbrico) de la Precordillera de San Juan, Argentina. 3^a Jornadas de Geología de Precordillera, Actas: 14, San Juan.

Bordonaro, O.L. y Banchig, A.L. 1995. Trilobites laurénticos en el Cámbrico de la Precordillera Argentina. 6^o Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas: 59-65, Trelew.

Bordonaro, O.L. y Pratt, B.R. 2008a. Middle Cambrian Trilobites of La Laja Formation. 4^o Internacional Trilobite Conference. Serie Cuadernos del Museo Geominero 9: 55, Madrid.

Bordonaro, O.L. y Pratt, B.R., 2008b. Bioestratigrafía de la Formación la Laja (Cámbrico Inferior-Cámbrico Medio) Precordillera Oriental de San Juan. 17^o Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 989, Jujuy.

Bordonaro, O.L., Banchig, A.L., Pratt, B.R., y Raviolo, M.M. 2008. Trilobite-based biostratigraphic model (biofacies and biozonation) for the Middle Cambrian carbonate platform of the Argentine Precordillera. *Geológica Acta* 6: 111-125.

Bordonaro, O.L., Pratt, B.R. y Robledo, V. 2013. Systematic, morphometric and palaeobiogeographic study of *Blainia gregaria* Walcott, 1916 (Trilobita, Ptychopariida), Middle Cambrian of the Precordillera of western Argentina. *Geological Journal* 48: 126-141.

Borrello, A.V. 1962. Caliza La Laja (Cámbrico Medio de San Juan). *Notas Comité Investigaciones Científicas de Buenos Aires* 2: 3-8, La Plata

Borrello, A.V. 1963. *Fremontella inopinata* n. sp. del Cámbrico de Argentina. *Ameghiniana* 3: 51-55.

Borrello, A.V. 1964. Sobre la presencia del Cámbrico Inferior olenellidiano en la Sierra de Zonda, Precordillera de San Juan. *Ameghiniana* 3: 313-317.

Borrello, A.V. 1965. Sobre el desarrollo bioestratigráfico del Cámbrico de la Precordillera. *Acta Geológica Lilloana* 7: 39.

- Borrello, A.V. 1967. El género *Elrathia* (Trilobita) en el Cámbrico de San Juan. *Ameghiniana* 5: 158.
- Borrello, A.V. 1971. The Cambrian of South America. En: Holland, C. (ed.), *Lower Paleozoic rocks of the new world. Vol. 1: The Cambrian of the new world.* Wiley Interscience: 385–438, New York.
- Clark, C.W. 1921. Lower and Middle Cambrian formations of the Mohave Desert, California. *University of California Publications in Geological Sciences* 13: 1-7.
- Contreras Medina, R., Luna Vega, I. y Morrone, J.J. 2001. Conceptos biogeográficos. *Revista Elementos, Ciencia y Cultura* 41: 33-40.
- Cooper, G.A., Arellano, A.R., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A. y Lochman, C. 1952. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 111: 1-184.
- Dalla Salda, L.H., Dalziel, I.W.D., Cingolani, C.A. y Varela, R. 1992 a. Did the Taconic Appalachians continue into southern South America? *Geology* 20: 1059-1062.
- Dalla Salda, L.H., Cingolani, C.A. y Varela, R. 1992b. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in southwestern South America: Result of Laurentia-Gondwana collision? *Geology* 20: 617-620.
- Dalziel, I.W.D. 1997. Neoproterozoic - Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation. *Geological Society of America Bulletin* 109 (1): 16-42.
- Dalziel, I.W.D. 2014. Cambrian transgression and radiation linked to an Iapetus-Pacific oceanic connection? *Geology* 42 (11): 979-982.
- Dickerson, P.W. 2012. The circum-Laurentian carbonate bank, the western Ouachita-Cuyania Basin, and the prodigal Llanoria landmass. En: Derby, J.R., Fritz, R.D., Morgan, S.A. y Sternbach, C.A. (eds.), *The great American carbonate bank: The geology and economic resources of the Cambrian – Ordovician Sauk megasequence of Laurentia.* American Association of Petroleum Geologists Memoir 98: 959-984, Tulsa.
- Dickerson, P.W. y Keller, M. 1998. The Argentine Precordillera: Its odyssey from the Laurentian Ouachita margin toward the Sierras Pampeanas of Gondwana. En: Pankhurst, R.J. y Rapella, C. (eds.), *The Proto-Andes margin of Gondwana.* The Geological Society London Special Publication 142: 85-105.
- Finney, S.C. 2007a. 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.
- Finney, S.C. 2007b. Paleobiogeographic affinity of the Cuyania terrane of Argentina during the Cambrian and Ordovician periods. En: Diaz Martinez, E. y Rábano, I. (eds.), *4º European Meeting of Palaeontology and Stratigraphy of Latin America.* Instituto Geológico y Mínero de España, Cuadernos del Museo Geominero 8: 149-154, Madrid.
- Finney, S.C. 2014. Palaeobiogeographic affinity of Cuyania Terrane of Argentina during the Ordovician period. *4º International Paleontological Congress, Actas:* 338, Mendoza.
- Foglia, R.D. y Vaccari, N.E. 2010. Delamaran trilobites from the La Laja Formation, San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 47: 431-445.
- Fritz, Richard D., Morgan, William A., Longacre Susan, Derby, James R. y Sternbach, Charles A. 2012. Introduction. En: Derby, J.R., Fritz, R.D., Longacre, S. A, Morgan, W.A. y Sternbach, C.A. (eds.), *The great American carbonate bank: The geology and economic resources of the Cambrian-Ordovician Sauk megasequence of Laurentia.* American Association of Petroleum Geologist Memoir 98: 1-3, Tulsa.
- Gómez, F.G. y Astini, R.A. 2015. Sedimentology and sequence stratigraphy from a mixed (carbonate-siliciclastic) rift to passive margin transition: The Early to Middle Cambrian of the Argentine Precordillera. *Sedimentary Geology* 316: 39-61.
- Harrington, H.J. y Leanza, A. 1943. Las faunas del Cámbrico Medio de San Juan. *Revista Museo La Plata* 2: 207-223.
- Kayser, A. 1876. Über primordial and untersilurische Fossilien aus der Argentinischen Republik. *Palaeontographica, suplement* 3: 11-33.
- Keller, M. 1999. Argentine Precordillera: Sedimentary and plate tectonic history of a Laurentian crustal fragment in South America. *Geological Society of America, Special Paper* 431: 1-131.
- Keller, M. y Dickerson, P.W. 1996. The missing continent of Llanoria was it the Argentine Precordillera? *13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas* 5: 355-367, Buenos Aires.
- Keller, M., Buggisch, W. y Lehnert, O. 1998. The stratigraphic record of the Argentine Precordillera and its plate tectonic background. En: Pankhurst, R.J. y Rapella, C. (eds.), *The proto-andean margins of Gondwana.* Geological Society London Special Publication 142: 35-56.
- Kobayashi, T. 1937. The Cambro-Ordovician shelly faunas of South America. *Journal of Faculty of Sciences University of Tokyo* 2: 369-522.
- Leanza, A.F. 1947. El Cámbrico Medio de Mendoza. *Revista Museo La Plata, Nueva Serie* 3: 223-235.
- Lochman, C. 1948. New Cambrian trilobite genera from Northeast Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology* 22: 451-464.
- McCollum, L.B. y Sundberg, F.A. 2007. Cambrian trilobite biozonation of the Laurentian Delamaran Stage in the southern Great Basin, U.S.A.: Implications for global correlations and defining a Series 3 global boundary stratotype. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 34: 147-156.
- Morrone, J.J., 2007. Hacia una biogeografía evolutiva. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 509-520.
- Palmer, A.R. 1973. Cambrian trilobites. En: Hallam, A. (ed.), *Atlas of Palaeobiogeography.* Elsevier Scientific Publishing Company: 3-11, Oxford.
- Pratt, B.R. y Bordonaro, O.L. 2014a. Early Middle Cambrian trilobites from La Laja Formation, cerro El Molle, Precordillera of western Argentina. *Journal of Paleontology* 88: 906-924.
- Pratt, B.R. y Bordonaro, O.L. 2014b. Early Middle Cambrian trilobites from La Laja Formation, cerro El Molle, Precordillera of western Argentina. *4th. International Paleontological Congress, Poster sessions, Mendoza.*
- Poulsen, C. 1927. The Cambrian, Ozarkian and Canadian faunas of northwest Greenland. *Meddelelser om Gronland* 70: 237-343.
- Poulsen, V. 1958. Contributions to the Middle Cambrian paleontology and stratigraphy of Argentina. *Museum Mineralogy Geology University Copenhagen, Communication Paleontology* 103: 1-22.
- Ramos, V. A. 1995. Sudamérica: un mosaico de

- continentes y océanos. *Ciencia Hoy* 6: 24-29.
- Ramos, V.A., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Mporozis, C., Kay, S.M.; Cortés, J.M. y Palma, M. 1986. Paleozoic terranes of the central Argentine-Chilean Andes. *Tectonics* 5: 855-880.
- Rapalini, A.E. y Astini, R.A. 1998. Paleomagnetic confirmation of the Laurentian origin of the Argentine Precordillera. *Earth and Planetary Science Letters* 155: 1-14.
- Rasetti, F. 1951. Middle Cambrian stratigraphy and faunas of the Canadian Rocky Mountains. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 116: 1-277.
- Resser, C.E. 1938. Cambrian system (restricted) of the Southern Appalachians. *Geological Society of America, Special Paper* 15: 1-140.
- Robison, R.A. 1976. Middle Cambrian trilobite biostratigraphy of the Great Basin. *Brigham Young University Geology Studies* 23: 93-109.
- Rusconi, C., 1945. Trilobites Silúricos de Mendoza. *Anales Sociedad Científica Argentina* 139: 216-219.
- Sanmartín, I. 2012. Biogeografía (Capítulo 45). En: Vargas, P. y Zardoya, R. (eds.) *El árbol de la Vida. Sistemática y evolución de los seres vivos*. Impulso Global Soluciones, S.A.: 457-474, España.
- Sundberg, F.A. 1994. Corynexochida and Ptychopariida (Trilobita, Arthropoda) of the *Ehmaniella* Biozone (Middle Cambrian), Utah and Nevada. *Natural History Museum of Los Angeles County, Contributions in Science* 446: 1-137.
- Sundberg, F.A. y McCollum, L.B. 2000. Ptychopariid trilobites of the lower-middle Cambrian boundary interval, Pioche Shale, southwestern Nevada. *Journal of Paleontology* 74: 604-630.
- Thomas, W.A. y Astini, R.A. 1996. The Argentine Precordillera: A traveler from the Ouachita embayment of North American Laurentia. *Science* 273: 752-757.
- Walcott, C.D. 1916. Cambrian geology and paleontology III (5), Cambrian trilobites. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 64: 303-456.

Recibido: 19 de febrero, 2016

Aceptado: 8 de agosto, 2016