

Interpretación de las poblaciones de Circones detríticos en Unidades estratigráficas equivalentes del Ediacarano-Cámbrico de Argentina.

Florencio G. ACENÓLAZA¹; Alejandro J. TOSELLI¹; Hubert MILLER² y Christopher ADAMS³

Abstract: *THE INTERPRETATIONS OF DETRITIC ZIRCON POPULATIONS IN STRATIGRAPHIC EQUIVALENT UNITS OF THE EDIACARAN-CAMBRIAN OF NW ARGENTINA.*- The analysis of zircon age populations of Ediacaran - Cambrian units in central and northern Argentina allowed an interpretation of zircon generating events suggesting source areas. Two main pulses can be recognized, an older one for the time span of 1500-1000 My (Sunsas Orogeny ~ "Grenville") and a second of 600-500 My (Pampean Orogeny). An additional set of ages between 1000-600 My were also found in some sectors, but data does not allow us to recognize it as independent cycles. It is estimated that these might belong to one or two events occurred prior to the development of Pampean Cycle. In all cases, it is interpreted that these populations were generated in autochthonous structures belonging to the western margin of Gondwana.

Resumen: *INTERPRETACIÓN DE LAS POBLACIONES DE CIRCONES DETRÍTICOS EN UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS EQUIVALENTES DEL EDIACARANO-CÁMBRICO DE ARGENTINA.*- El análisis de las dataciones de poblaciones de circones en la región centro y norte de Argentina nos permitió lograr una interpretación de los eventos que los generaron como así también postular las posibles áreas de procedencia que ellos tienen. En principio se comprueba que hay dos grandes pulsos, el más antiguo corresponde al lapso 1500-1000 Ma (Orógeno Sunsás ~ "Grenviliano") y el segundo a 600-500 Ma. (Orógeno Pampeano). En el tiempo intermedio, correspondiente al lapso 1000-600 Ma. se comprueba, en algunos sectores, la existencia de poblaciones de circones sobre los que aún no se dispone de elementos que permitan definir si corresponden a ciclos independientes. Se estima que estos podrían pertenecer a uno o dos eventos? previo al desarrollo del Ciclo Pampeano. En todos los casos se interpreta que estas poblaciones se generaron en estructuras autoctonas pertenecientes al borde occidental de Gondwana.

Palabras clave: Edades circones detríticos. Formación Puncoviscana *s.l.* Ediacarano-Cámbrico.

Key words: Detritic zircon ages. Puncoviscana Formation *s.l.* Ediacaran-Cambrian

Introduction

Los estudios desarrollados por Lork *et al.*, (1990) constituyeron el inicio y punto de referencia sobre las características morfológicas y edad de circones de procedencia volcánica presentes en afloramientos de la Formación Puncoviscana *s.l.* en la provincia de Salta. Con posterioridad, y particularmente en los últimos años, al aumentar notoriamente los estudios de este tipo sobre circones detríticos de origen plutónico permitieron, gracias a técnicas de LA-ICP-MS, establecer las posibles procedencias primigenias de los mismos. Ello se observó en distintas localidades del noroeste argentino permitiendo un significativo avance del conocimiento de la distribución de las diferentes poblaciones de circones, particularmente en lo que se refiere a sus términos cronológicos.

¹ INSUGEO Universidad Nacional de Tucumán-CONICET. Miguel Lillo 205. 4000 San Miguel de Tucumán. Argentina. insugeo@csnat.unt.edu.ar

² Department of Geo- and Environmental Sciences, Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany.

³ GNS Science, Private Bag 1930, Dunedin, New Zealand.

Las muestras han sido obtenidas en distintos ambientes geológicos, por nosotros y por diferentes autores y fueron procesadas en distintos laboratorios, ofreciendo significativas coincidencias en lo que se refiere a los acontecimientos del Neoproterozoico-Cámbrico. En general provienen de materiales psammiticos pertenecientes a afloramientos ubicados en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, Córdoba, San Juan y San Luis, correspondiendo a diferentes sectores de Sierras Pampeanas (Orientales y Occidentales), Famatina, Precordillera, Patagonia y Cordillera Oriental.

Aunque sabemos que el material estudiado es aún insuficiente para una generalización como se pretende, creemos oportuno hacer una síntesis de los datos disponibles con el objetivo de generar nuevas ideas y propuestas como las que más adelante se exponen.

Si bien los datos sedimentológicos y paleontológicos existentes permitieron ofrecer diversas hipótesis acerca de la configuración de la cuenca Neoproterozoica, destacamos que los que ahora se suman, provenientes del estudio de las poblaciones de circones, ayudan a mejorar el modelo e integrarlo dentro de un esquema paleogeográfico regional. Para ello en esta síntesis hemos recopilado los datos que consideramos más relevantes que nos permiten nuevamente interpretar el diseño de la cuenca y su evolución geodinámica.

Hipótesis previas

La estructura geológica del borde occidental del Gondwana ha sido objeto de diversas interpretaciones según puntos de vista de los autores que la han tratado. La incorporación de conceptos asociados a la hipermovilidad de placas tectónicas en algunos casos indujo a considerar la existencia de uno o varios microcontinentes que derivaron hasta chocar contra el borde paleopacífico del Gondwana. Este supuesto paleocontinente, de improbable origen, denominado “Pampia”, involucró a un basamento, no visible, sobre el que se habría apoyado la secuencia sedimentaria deformada que se reconoce como “Formación Puncoviscana *s.l.*” (Ramos, 2008, 2010a, 2010b con referencias, Naipauer (2007), Piñan-Llamas, (2009). (Figura 1).

También otras hipótesis acerca de formación de la cuenca Pampeana han sido referidos en trabajos de Omarini y Sureda (1999), Pankhurst y Rapela (2006), Drobe, *et al.* (2009), Loewy (2003), Siegesmund *et al.* (2009) y Rapela *et al.* (2010) quienes, siguiendo criterios de movilidad de placas tectónicas, ofrecen diferentes planteos geodinámicos. En el caso de Omarini y Sureda (1999) se propone el desarrollo de una cuenca intercalada entre placas desprendidas de Rodinia tales como Cuyania, Arequipa-Belén y Antofalla (CABA); mientras que los restantes autores dan valor a la participación del Cratón de Kalahari como parte del aporte detrítico a un bloque que habría migrado para instalarse en el borde occidental del Cratón del Río de la Plata. En este aspecto merece señalarse que en recientes trabajos de Loewy (2003), Pankhurst *et al.* (2006) Drobe *et al.* (2009), Siegesmund *et al.* (2009) y Rapela *et al.* (2010) de alguna manera replican el modelo que oportunamente fuera planteado por Aceñolaza y Toselli (1999) y Aceñolaza *et al.* (2002) en el que se destaca el origen gondwánico de los terrenos acrecionados en esta región de Sudamérica a los que refieren una procedencia de un sector que cabría entre este continente, Africa y Antártida (SAFRAN).

Por el contrario y siguiendo un esquema geodinámico que hace tiempo venimos sosteniendo, interpreta que la Formación Puncoviscana se habría constituido en una estructura aulacogénica establecida en el borde occidental gondwánico en el Ediacarano. Esta hipótesis describe la conformación de un orógeno “Pampeano” y se funda en conceptos

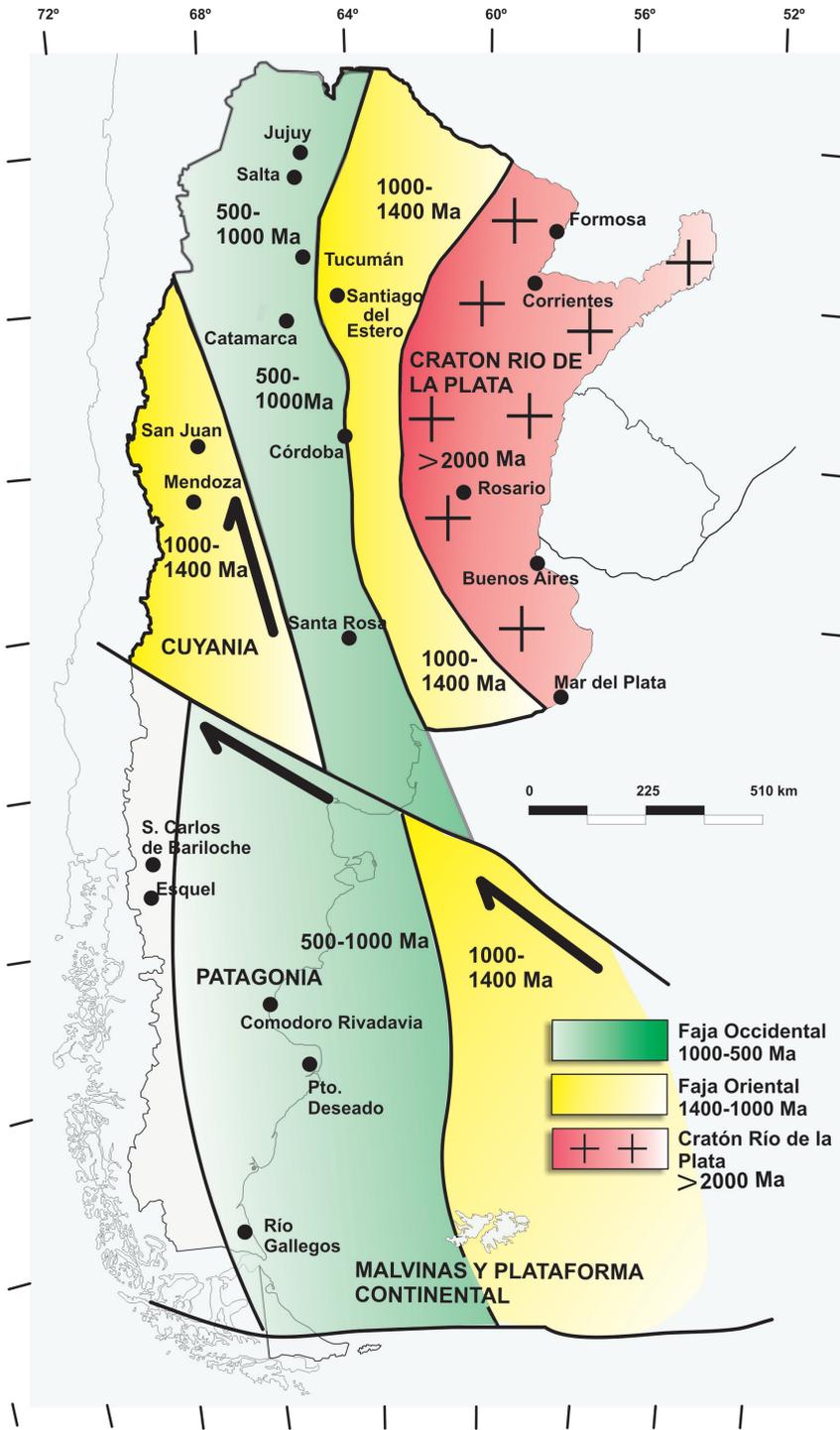


Figura 1. Esquema geológico con la distribución de las fajas caracterizadas por las edades de los circones detríticos.

sedimentológicos y bioestratigráficos reconocidos en afloramientos que se extienden en las principales unidades orográficas que van desde Jujuy a San Luis y Córdoba. Como tal fueron reseñados en numerosos trabajos donde se ha tentado una interpretación de los caracteres paleogeográficos resultantes (Ježek 1990, Aceñolaza y Aceñolaza 2005, Aceñolaza y Toselli 2009, con referencias). En este aspecto merece destacarse las interpretaciones de von Gosen *et al.* (2009) y Gaucher *et al.* (2009 y referencias) que las consideran constitutivas del borde occidental del Cratón del Río de la Plata.

No es objeto de esta comunicación ofrecer un extenso debate sobre las mencionadas hipótesis, sino más bien dar un panorama acerca del significado que tienen, desde nuestro punto de vista el origen, proveniencia y distribución de los circones en esta amplia región del territorio argentino.

Con estos datos queremos plantear la posibilidad de la existencia de no menos de dos ciclos orogénicos previos al que dio lugar a la Formación Puncoviscana *s.l.* en el Ediacarano. Ellos, deberían relacionarse con los acontecimientos ocurridos en el borde gondwánico de Sudamérica, como es el caso de los ciclos que conforman el orógeno Sunsás y que representa un espacio temporal que va entre 1400 y 1000 Ma (Litherland *et al.* 1986, Santos *et al.* 2008, Teixeira *et al.* 2010) .

Aspectos cronobioestratigráficos

Antes de avanzar sobre las cuestiones que plantean las poblaciones de circones, es oportuno señalar algunos aspectos que hacen a la cronobioestratigrafía de la Formación Puncoviscana *s.l.* cuya posición involucra temporalmente al Ediacarano-Cámbrico inferior. Como es bien sabido desde hace unos 40 años se conoce que esta unidad es portadora de una abundante icnofauna que ha permitido, hasta el momento, considerar que la misma integra, en Salta, dos icnoasociaciones: una caracterizada por la traza fósil *Nereites saltensis* y otra por *Oldhamia radiata* (Aceñolaza y Durand 1973, Aceñolaza y Alonso 2000, Aceñolaza y Aceñolaza 2005, 2007, 2009 con referencias). En posición cronoestratigráfica posiblemente más antigua se encuentran los niveles que en la quebrada de Humahuaca contienen, entre otros a formas tales como *Helminthoidichnites*, *Aspidella*, *Vendella*, *Nemiana* y *Torrowangea*. Especialmente éstas últimas son formas cuyo registro cronológico mundial en gran parte corresponden al Ediacarano (Aceñolaza y Aceñolaza 2007, Fedonkin *et al.* 2007).

Poblaciones de circones

A primera vista es posible reconocer valores estadísticos que involucran no menos de cuatro eventos temporales de los cuales los de mayor significación ocurren en el Neoproterozoico. Ello implica, necesariamente relacionarlos con acontecimientos de naturaleza orogénica que en distintos momentos permitieron aflorar a rocas ígneas, sean éstas tanto plutónicas como volcánicas. Si bien son poco significativos los picos de circones que tienen antigüedad superior a 2000 Ma, los más relevantes están en 1400-1000 Ma; 1000-600 Ma y 600-500 Ma. Con todos ellos se comprueba que hay al menos dos sectores del territorio donde se agrupan con cierta homogeneidad las poblaciones de circones: una con las más antiguas, ubicada al oriente ("Faja Oriental") y otro con las más jóvenes ("Faja Occidental") (Figura 1). Entre ambas, media una región que contiene tanto los valores extremos y otros intermedios sobre

los cuales aún no podemos establecer claras razones de su existencia. Debe señalarse que considerando el territorio en un sentido más amplio, se comprueba notable analogía entre los valores de las poblaciones de Cuyania con los de la que llamamos Faja Oriental. A ellas nos referiremos a continuación:

Faja Oriental

POBLACIONES DE CIRCONES ANTIGUOS

De los datos obtenidos se destacan dos localidades cuyas poblaciones de circones se interrumpen alrededor de los 900 Ma como son los provenientes de Quebrada de Humahuaca (PMXX2) y de Sierra de Ancasti (ANC2). En el primer caso aparecen algunos valores poco significativos que superan los 2000 Ma, con un pico mayor que va entre 1162 y 1320 Ma, uno intermedio de 1567 Ma y una rápida caída en unos 1000 Ma. En el caso de Sierra de Ancasti (Frias-Icaño) los picos mayores van entre 1034 y 1325 Ma siendo escasos los valores superiores a 2000 Ma. (Figura 2 A).

Particularmente interesante es la terminación abrupta en el orden de los 1000 Ma en la población de Sierra de Ancasti, ya que ella proviene de rocas cuarcíticas presentes en la Formación Sierra Brava, que es coherente con la isócrona Rb-Sr del metamorfismo, con una edad de 524 ± 28 M (Aceñolaza y Toselli 1977, Knüver 1983). Este patrón presenta notoria similitud con la localidad citada de la Quebrada de Humahuaca.

En este esquema no podemos menos que considerar los datos que proveen afloramientos de Sierras Pampeanas Occidentales donde se verifica una dominancia de picos que van entre 1400 y 900 Ma y que, para Naipauer (2007), estarían vinculados a Laurencia. También hay que destacar que Rapela *et al.* (2010) destacan la existencia de picos que van entre 1300 y 1000 Ma en las Sierras de Maz y Pie de Palo que revelan posibles vinculaciones con Kalahari, lo que sería contradictorio con lo expresado por el autor antes citado.

INTERPRETACIÓN DE LOS CIRCONES ANTIGUOS

Establecer cual es la probable procedencia de las poblaciones de circones es el interrogante que hoy se nos plantea. Para ello es importante tener en cuenta cual fue el

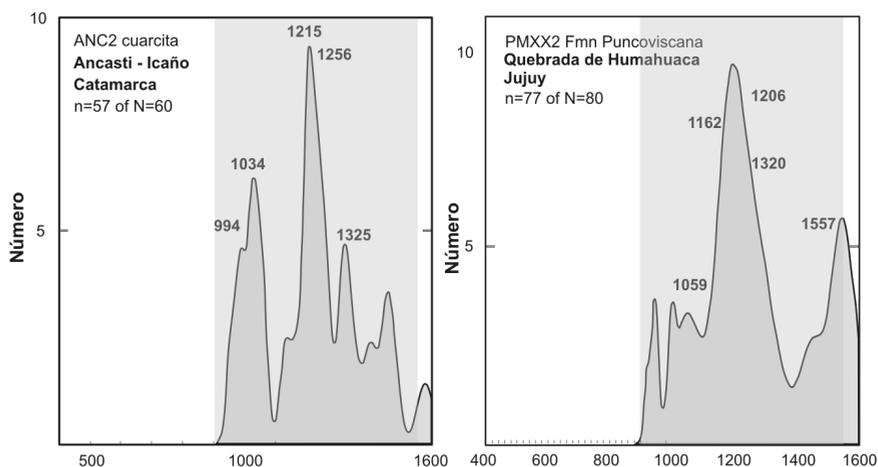


Figura 2. A- Agrupación de circones en la "Faja Oriental", en Sierras Pampeanas (Sierra de Ancasti-Icaño) y Cordillera Oriental (Quebrada de Humahuaca)

marco paleogeográfico existente y la posible distancia de los afloramientos de rocas que proveyeron los circones a la cuenca.

Obviamente, viendo los datos precedentemente descriptos pensamos que es válido interpretarlos como provenientes del ámbito gondwánico y no del continente lauréntico. En este sentido tenemos coincidencia con lo expresado por Galindo *et al.* (2004), quienes al considerar características geoquímicas de los carbonatos y otras rocas cristalinas de Sierra de Pie de Palo interpretan que ellas son constitutivas de un bloque autóctono o para-autóctono de Gondwana. Criterio que ya hemos expresado anteriormente al referirnos a la evolución geodinámica del borde occidental del Gondwana (Aceñolaza *et al.* 2000).

En general está reconocida la idea de la existencia del llamado “Cratón del Río de la Plata” ubicado al este de la “Cuenca Puncoviscana”. Se considera que el mismo contiene en su núcleo rocas cristalinas con valores isotópicos de unos 2000 Ma, como es el caso de Tandilia (Pankhurst *et al.* 2003). También se conocen los afloramientos en el oeste de Uruguay que constituyen el Terreno Piedra Alta (“Faja Florida”) que incluye las rocas de la isla Martín García en el Río de La Plata y cuyos valores oscilan entre 1800 y 2500 Ma.

Tanto éstos valores como los que se encuentran en Tandilia (provincia de Buenos Aires) tienen una notable coincidencia en lo que respecta a los datos de mayor antigüedad (Dalla Salda *et al.* 2006, Aceñolaza y Toselli 2009). También es este grupo de datos Paleoproterozoicos hay que registrar los citados por Rapela *et al.* (2007) en las perforaciones de Ordóñez (2086 Ma), Saira (2162 Ma) y Camilo Aldao (2189 Ma) en la provincia de Córdoba.

En las sierras de Córdoba se registran rocas mesoproterozoicas tales como gneises con 1516 Ma y 1046 Ma en la Sierra Chica; mientras que en Cumbres de Gaspar los valores van entre 1200 Ma y 850 Ma (Aceñolaza y Toselli 2009, con citas bibliográficas). Sobre estas rocas Schwartz y Gromet (2004) han advertido la posible relación entre ellas y una procedencia del orógeno Sunsás, particularmente por la abundancia de granos de circones con edades que van entre 950 y 1050 Ma.

También en el análisis regional hay que considerar que hay datos de circones que representan el mismo lapso en las llamadas Sierras Pampeanas Occidentales de San Juan y La Rioja, particularmente en las sierras de Pie de Palo y Umango (Varela *et al.* 1996; Naipauer, 2007; Pankhurst y Rapela 1998). Esta situación contribuye a interpretar las afinidades de Cuyania con otros sectores de Gondwana y a descartar las eventuales relaciones con Laurencia. (Figura 2B).

En el oeste de Brasil y oriente de Bolivia aflora lo que se denomina “Orógeno Sunsás” que forma parte de la evolución del borde occidental del Cratón Amazónico Occidental ocurrida en el Mesoproterozoico a Neoproterozoico inferior (Ectaciano-Steniano-Toniano). En esa región se sobrepusieron una serie de acontecimientos tectono-sedimentarios con participación de material ígneo que conformaron varios eventos multiorogénicos cuyos valores se extienden entre 1500 Ma y 900 Ma.

Para Santos *et al.* (2008) el orógeno Sunsás es un ámbito donde se superponen cuatro acontecimientos orogénicos que implican depósitos sedimentarios y acontecimientos ígneo-metamórficos que se reconocen con los nombres de “orogenia Santa Helena” (1465-1427 Ma); “orogenia Candeias” (1371-1319 Ma); “orogenia San Andrés” (1275 Ma) y “orogenia Nova Brasilandia” (1180-1110 Ma). Según estos autores el orógeno Sunsás es de naturaleza autóctona y diferenciable de Laurencia en razón a la no-concordancia temporal entre dichas orogenias y los que se verifican en el ámbito lauréntico. En cambio para Teixeira *et al.* (2010) representan eventos colisionales entre Laurencia y Amazonia occidental considerando su evolución como fruto de la tectónica de placas y del choque de microcontinentes. Estas ideas

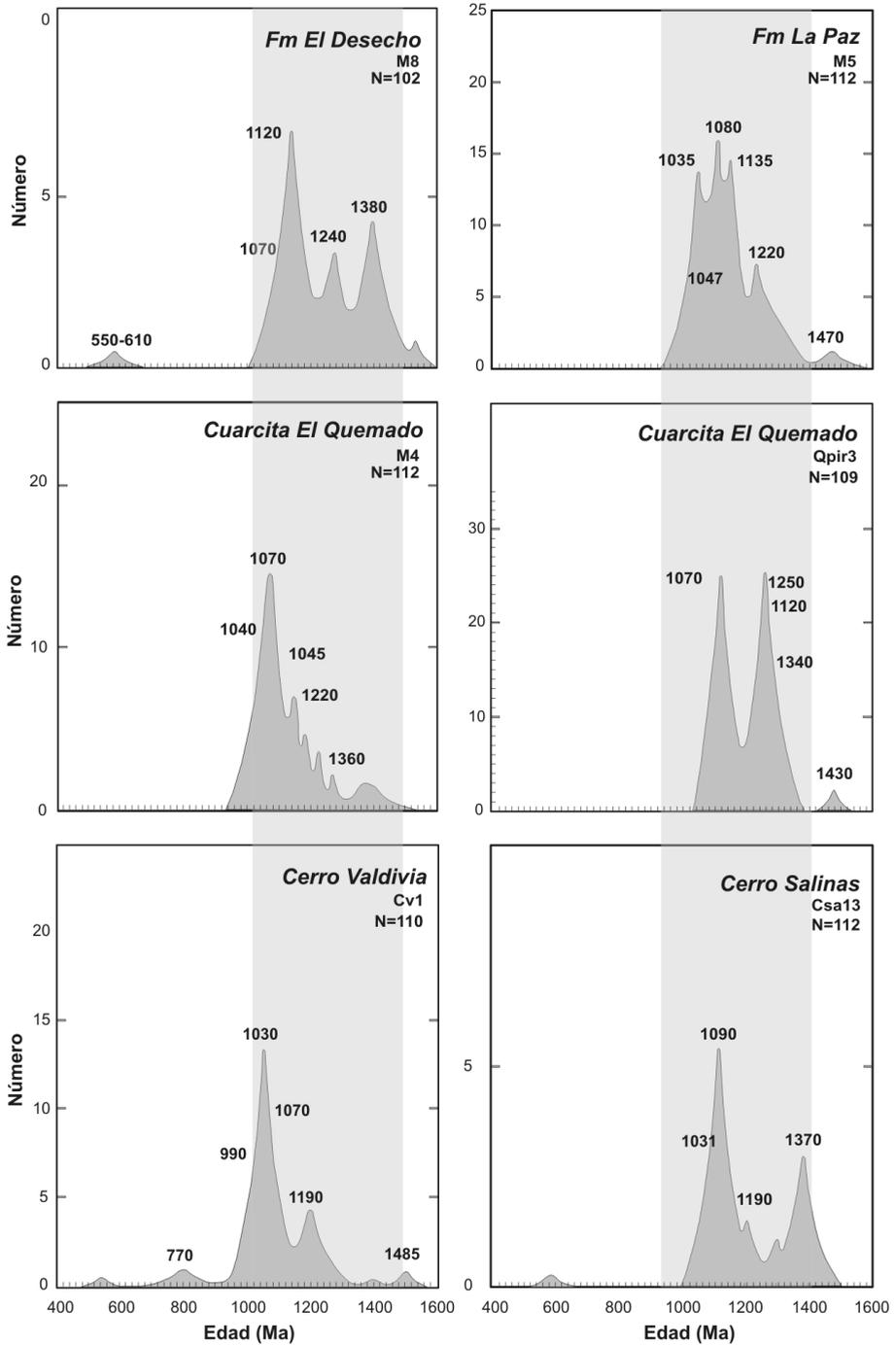


Figura 2. B- Agrupación de circones en el oeste de la Sierra de Pie de Palo y los cerros Valdivia y Salinas, en la provincia de San Juan (Sierras Pampeanas Occidentales) (Naipauer, 2007) con valores coincidentes con Faja Oriental.

también son reflejadas por Cordani *et al.* (2010) al relacionar estos eventos como propios de la actividad de intraplaca de edad-tipo “Grenvilliana” ocurridos en un activo cinturón orogénico ubicado en el margen del Cratón Amazónico Occidental. Éste, para Li *et al.* (2008) formaría parte del proceso de amalgamación del supercontinente Rodinia

Vale como dato importante el que ha sido definido como “Orógeno Sunsás” dado que es el que mayor número de datos con valores que van entre 1400 Ma y 900 Ma ha provisto en la región. En su interpretación regional, Gaucher *et al.* (2009) refieren al orógeno Sunsás como equivalente al “Mesoproterozoico Belt” o “Cinturón Mesoproterozoico” que habría constituido el límite oriental de la Cuenca Puncoviscana y que naturalmente sería el proveedor de gran parte del material detrítico que habría rellenado el aulacógeno de Puncoviscana (Aceñolaza y Toselli 2009).

La provisión de material detrítico proveniente del “Terrane Arequipa-Antofalla” hacia el orógeno Pampeano no debe descartarse por cuanto las dataciones allí obtenidas señalan la existencia de rocas igneo-metamórficas con valores que van entre 970 y 1200 Ma, que para Schwartz y Gromet (2004) son compatibles con los arriba mencionados.

Faja Occidental

POBLACIONES DE CIRCONES JÓVENES

En casi todos afloramientos de la Formación Puncoviscana *s.l.*, es notable la existencia de valores que van entre 500 y 600 Ma y que representan el lapso Ediacarano-Cámbrico inferior. Ello puede observarse en los diagramas poblacionales de Ampujaco (AMP1), La Rioja (LRJ1), Famatina (FAM2), Purmamarca (PMXX1), Rancagua (CAC3), Don Bartolo (QBX3), los que sin lugar a dudas son compatibles con la icnofauna que arriba se hace referencia (Figuras 3 A).

Este panorama es posible extenderlo a la región occidental de la Sierra de San Luis donde los circones muestran un pico notable en el orden de los 500 Ma, especialmente en la Formación San Luis (SLF, *sensu* Drobe *et al.* 2009) y en la Formación Nogolí (NMC, *sensu* Drobe *et al.* 2009). Los datos que Schwartz y Gromet (2004) sobre el noroeste de las Sierras de Córdoba, muestran una notable coincidencia con los valores arriba mencionados.

En el ámbito patagónico agrupación de circones con valores isotópicos dominantes del orden de los 500 Ma se encuentran en Río Negro donde afloran las formaciones Jagüelito y Nahuel Niyeu (Pankhurst *et al.* 2006). Estos datos son reiterados en un reciente trabajo de Naipauer *et al.* (2010) donde se relaciona la antigüedad del material detrítico con el hallazgo de arqueocytidos en la zona de Sierra Grande, Río Negro, los que indubitadamente representan al Cámbrico basal. Se destaca que los valores obtenidos, en un mayor porcentaje, tienen picos que van entre 523 y 580 Ma (Figura 3 B).

INTERPRETACIÓN DE LOS CIRCONES EDIACARANOS Y CÁMBRICOS

Las poblaciones de circones con mayor frecuencia de valores que van entre los 600 y 500 Ma ocurre en partes de Cordillera Oriental, y Sierras Pampeanas Orientales y Famatina.

En varias localidades que contienen niveles con fósiles, en Salta, Catamarca, Tucumán y Jujuy se obtuvieron muestras que proveyeron diversas poblaciones de circones con valores isotópicos que van entre 630-515 (Adams *et al.* 2008). Esta situación importa en cuanto registran que el proceso sedimentario, que contiene fósiles de esa antigüedad, fue acompañado con la emisión de material volcánico-lástico.

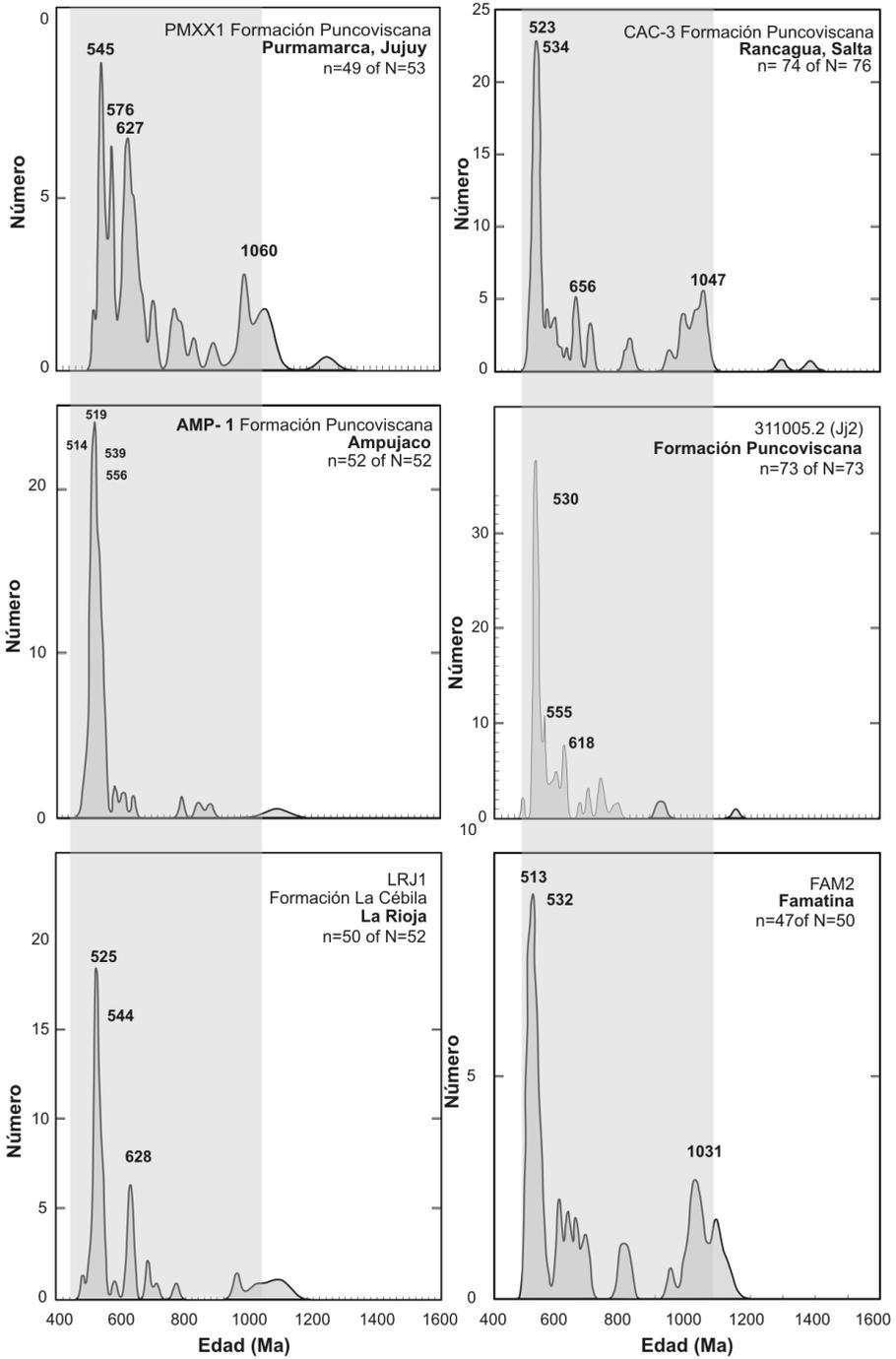


Figura 3. A- Agrupación de circones de la “Faja Occidental” en Sierras Pampeanas, Famatina y Cordillera Oriental (Adams *et al.* 2008)

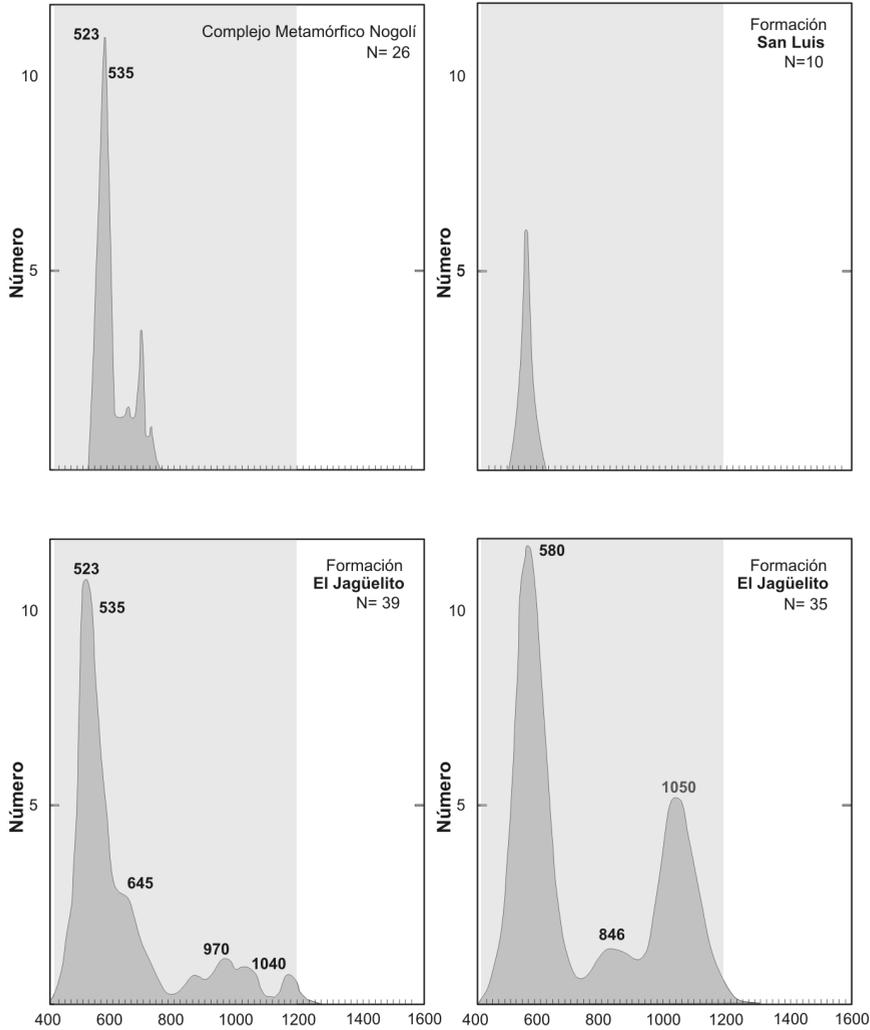


Figura 3. B- Agrupación de circones en Sierra de San Luis correspondiente a la Formación San Luis y Complejo Metamórfico Nogolí (según Drobe et al, 2009) y Formación Jagüelito, en Rio Negro (según Pankhurst et al, 2006).

Particularmente las muestras provenientes de Purmamarca, Rancagua, Choromoro, Ampujaco y Famatina se lograron en niveles donde se registra que las asociaciones de cuerpos y trazas fósiles son indicativas del lapso Ediacarano-Cámbrico inferior (Terraneuviano). En este aspecto creemos conveniente interpretar que el orógeno Pampeano se encontraba en plena evolución tanto en sus aspectos sedimentarios como igneo-metamórficos. Entre estos datos incluimos los que ofrece la Formación El Portezuelo, en Catamarca, donde los picos principales están entre 560 y 668 Ma.

Asimismo deben tenerse en cuenta los datos isotópicos sobre U/Pb en circones y monacitas detríticas obtenidos en las Sierras de Córdoba que registran valores isotópicos entre 650 y 530 Ma y que, para Schwartz y Gromet (2004) representan acontecimientos vinculados con el desarrollo sedimentario correspondiente a la depositación de la Formación Puncoviscana.

Por otra parte Siegesmund *et al.* (2009) destacan que estudios desarrollados sobre las edades de metamorfitas y plutonitas de distintas localidades, los valores van entre 577 y 506 Ma. En lo que se refiere al flanco oriental de la Sierra de Comechingones y la Sierra Chica hay localidades como Cañada del Sauce (577 Ma), Tala Cruz (554 Ma), Santa Rosa (536 Ma), La Calera (522 Ma), La Cumbre-Ascochinga (529 Ma), Suquía (533 Ma). Valores similares mencionan para Sierras de Sumamapa y Ambargasta como Ojo de Agua (515 Ma); mientras que para el conjunto volcánico y granítico de Sierra Norte el panorama varía entre 555 y 525 Ma y el ortogneis de San Miguel con 533 Ma. En el oeste de las Sierras de Córdoba hay valores radimétricos equivalentes en El Pilón (523 Ma), Pichanas (526 Ma) y Las Palmas (543 Ma). También, asignable a este lapso temporal están las metamorfitas y plutonitas del Complejo Conlara en las Sierras de San Luis donde las dataciones dan valores entre 587 y 564 Ma. En la mayoría de estos casos el valor de referencia puede vincularse al acontecimiento metamórfico ocurrido durante el Ciclo Pampeano.

Al considerarse los afloramientos que hay en la zona de Nahuel Niyeu y Jagüelito, en Río Negro debemos destacar que los valores dominantes en circones detríticos están en el orden de los 500 Ma, lo que marca una estrecha relación con la faja occidental de Sierras Pampeanas, y pone en evidencia la continuidad hacia el sur del esquema de distribución de los afloramientos del Ediacarano-Cámbrico inferior tal como ya lo habíamos postulado anteriormente al referirnos a la extensión de la cuenca de Puncoviscana (Aceñolaza *et al.* 2000).

Población de edad intermedia de circones

En este caso nos referimos a la población de circones con valores isotópicos entre 800 y 600 Ma que son notables en diferentes lugares de Brasil, Uruguay y Paraguay los que, de alguna manera, aportan información acerca de su probable procedencia de uno, o dos ciclos orogénicos previos al desarrollo de la cuenca Puncoviscana. Es notable que ellos, en su mayoría, se encuentran en una faja central que se sitúa entre los más antiguos y los más jóvenes. (Figura 4)

También hay que señalar que rocas de composición ígneo-metamórfica del Paleoproterozoico y removilizadas en el Neoproterozoico constituyen una buena parte del “Arco de Asunción” y posiblemente configuren el extremo septentrional del Cratón del Río de la Plata.

Es indudable que la dominancia de una fracción de edad intermedia es visible en la faja que se ubica al occidente de la que involucra el borde oriental de Cordillera Oriental y las Sierras Pampeanas Orientales, incluidas las de San Luis. Esto mismo es visible en la provincia de Río Negro, continuación natural de los afloramientos pampeanos en Nahuel Niyeu y Sierra Grande.

INTERPRETACIÓN SOBRE LAS POBLACIONES DE EDAD INTERMEDIA

Algunas localidades de la región se destacan por disponer poblaciones de circones que marcan el tiempo en valores que tienen un pico importante con valores que van entre 1000 y 1100 Ma, mientras que son insignificantes aquellos que los superan en el tiempo. Los datos obtenidos provienen de muestras de Sierra del Nogalito (muestra SNX en Formación Medina); Sierra de San Javier (SjX1 de Formación San Javier) y Choromoro en Tucumán (muestra SCRX1). Este conjunto de formaciones que, en muchos casos se las asocia a la Formación Puncoviscana *s.l.*, tiene en gran parte coincidencia con los picos mayores de las precedentemente mencionadas (Figura 4).

Hay localidades como en la Quebrada del Toro (Q14) y quebrada Don Bartolo (QBX3) con picos notables entre 891 y 943 Ma que si bien podrían asociarse al evento anterior, llaman la atención por su expresión diferenciada en esos puntos. Valores entre 700 y 800 Ma se encuentran en rocas de la Formación El Portezuelo en la Sierra de Ancasti (ANC5).

Otro acontecimiento magmático destacado proveyó en varias localidades circones detríticos con valores que van entre 612 y 665 Ma como es el caso de las muestras de Quebrada del Toro (Q14), Quebrada Don Bartolo (QBX3), Sierra de San Javier (SjX1), Choromoro (SCRX1), Sierra de Nogalito (SNX), Purmamarca (PMXX1), Camino de Cornisa (Jj2), La Cébila (QCB1), Ancasti (ANC5), La Rioja (LRJ1) (Adams *et al.*, 2000, 2005, 2006, 2008, 2010) y Sierra de San Luis (Formación Conlara, *sensu* Drobe *et al.* 2009).

En la provincia de Río Negro, tanto en Nahuel Niyeu, Sierra Grande y Mina Gonzalito en la distribución de la población de circones detríticos se registra una notable presencia de valores intermedios (Pankhurst *et al.* 2006).

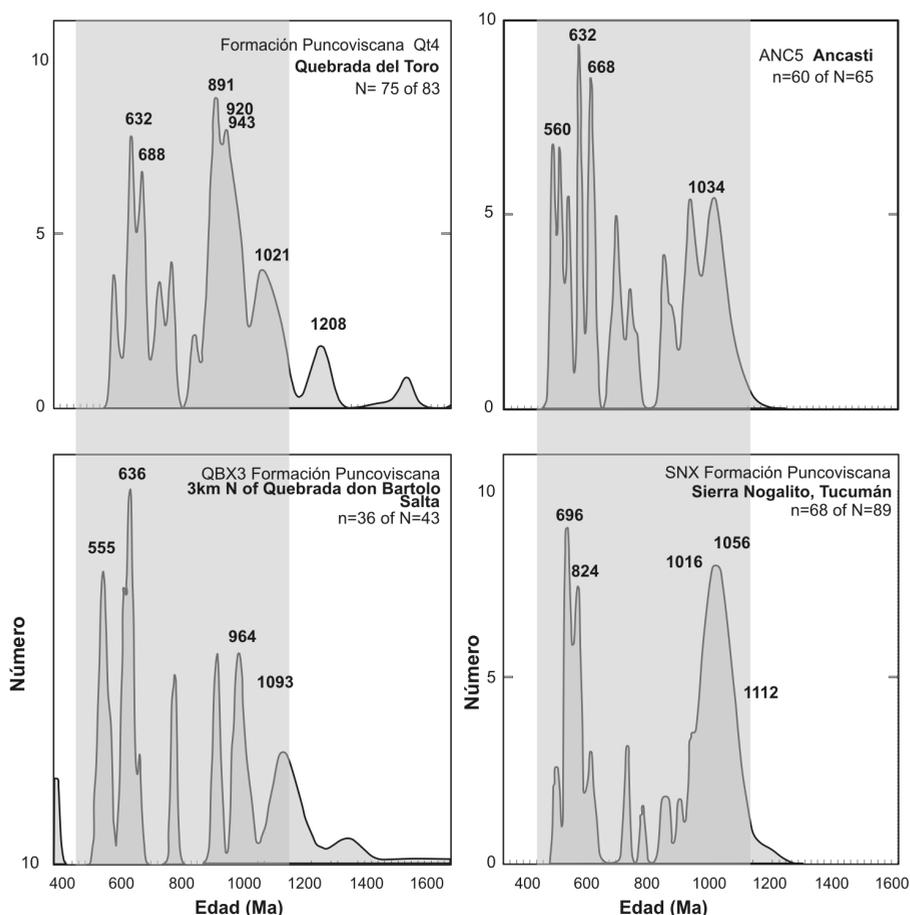


Figura 4. Agrupación de circones con valores intermedios (500-1000 Ma) en el Noroeste argentino (Adams *et al.* 2008).

Conclusiones

El conjunto de dataciones isotópicas sobre circones logrados hasta la fecha, aunque aún insuficientes, nos llevan a mantener la hipótesis de un origen autóctono de la Cuenca Puncoviscana la que estuvo directamente relacionada a la conformación del borde occidental del Gondwana. Esto implica reconocer que en las diferentes localidades estudiadas habría una dominancia relativa y diferenciada de distintas poblaciones de circones. Al este del borde andino y en Sierras Pampeanas Orientales la mayor dominancia está donde se registran valores que van entre 1400 y 1000 Ma; mientras que la región donde hay predominancia de valores radimétricos que van entre 500 y 1000 Ma ocurre inmediatamente al oeste.

Debe destacarse que en igual sentido los valores entre 1400 y 1000 Ma ocurren en Cuyania, detalle que identifica que ambas asociaciones son equivalentes y que, en consecuencia ratifican que pertenecen a un mismo ambiente geotectónico. Ello da nuevos argumentos para interpretar el origen para-autóctono de dicho terreno, el cual al igual que Patagonia debieron tener una misma procedencia gondwánica, desde el SAFRAN. Entre estos debemos agregar que para el caso de la Sierra de Pie de Palo (Galindo *et al.* 2004) sostienen la afinidad gondwánica de esta serranía.

Ello nos lleva a interpretar que en la Faja Oriental, la proveniencia de circones detríticos, debió vincularse al desarrollo del Orógeno Sunsás o “Cinturón Orogénico Mesoproterozoico” (Santos 2008, Gaucher *et al.* 2009) que estaría ubicado a occidente del Cratón del Río de la Plata/Cratón Amazónico Occidental. A esto hay que destacarlo en cuanto hubo autores que han preferido interpretar la evolución geotectónica regional como fruto de la acreción de microcontinentes (Cawood 2005 con referencias) o vincularlo con el Cratón de Kalahari como han propuesto varios autores (Loewy 2003, Siegesmund *et al.* 2009 con referencias).

En el caso de las localidades con dominancia de valores radimétricos que van entre 600 y 500 Ma se encuentran al oeste de los afloramientos precedentemente descriptos y que en varias localidades contienen niveles con fósiles del Ediacarano-Terreneuiano. Estos datos, sin dudas, están vinculados con la evolución del Orógeno Pampeano y su magmatismo, con poca incidencia de los provenientes del sector de mayor antigüedad.

Intermedio a las dos fajas mencionadas hay una importante frecuencia de población de circones cuyo registro radimétrico varía entre 1000 y 600 Ma, con algunos picos cercanos a los 800 Ma. Esta situación nos lleva a suponer que en este lapso, del orden de 300 Ma, hubo no menos de un Ciclo orogénico cuyo registro es necesario definir.

Agradecimientos

Se deja constancia de nuestro agradecimiento a los evaluadores anónimos y a Daniel Ruiz Holgado por las ilustraciones que acompañan al texto. Al Insugeo por el apoyo logístico brindado.

Bibliografía

- Aceñolaza, F., Aceñolaza, G., 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico – Cámbrico temprano del Noroeste Argentino. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*. 12, 65-88.
- Aceñolaza, G. y Aceñolaza, F. 2007 Insights in the Neoproterozoic Early Cambrian transition of NW Argentina: facies, environments and fossils in the proto-margin of western Gondwana. *Geological Society, London, Special Publications*. 286; p. 1-13

- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 1977 Esquema geológico de la Sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *Acta geológica lilloana* 14: 233-256. Tucumán.
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 1999 Argentine Precordillera: allochthonous or autochthonous Gondwanic? *Zentralblatt Geologie und Paläontologie*. 7/8 743-756. Stuttgart
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 2009. The Pampean Orogen: Ediacaran-Lower Cambrian Evolutionary History of Central and Northwest Region of Argentina. In Gaucher, C. Sial, A., Halverson, G y Frimmel, H. (Eds) Neoproterozoic-cambrian tectonic, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana. *Development in Precambrian Geology* 16, Elsevier. 239-254.
- Aceñolaza, F., Toselli, A. y Miller, H. 2002 Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America – A discussion. *Tectonophysics* 354, 121-137
- Adams, C. J., Miller, H. y Toselli, A. 1989. New K-ar ages on the metamorphic history of the Puncoviscana Formation and equivalents, NW Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Teil I (5-6), 987-997.
- Adams, C. J., Miller, H. y Toselli, A. 1990. Nuevas edades de metamorfismo por el método K-Ar de la Formación Puncoviscana y equivalentes, NW de Argentina. In Aceñolaza, et al (Eds) El Ciclo Pampeano en el Noroeste de Argentina. *Serie Correlación Geológica*, 4, 209-219.
- Adams, C. J., Miller, H. y Toselli, A. 2005. **Rb-Sr age of metasediments of the Puncoviscana Formation and equivalents, and U-Pb detrital zircon age evidence for their provenance.** In Pankhurst, R. y Veiga, G. (Eds) Gondwana 12: Geological and biological heritage of Gondwana. 35 *Abstract*. Academia Nacional de Ciencias Cordoba.
- Adams, C. J., Miller, H., Toselli, A. y Griffin, W. 2008. The Puncoviscana Formation of Northwest Argentina: U-Pb geochronology of detrital zircons and Rb-Sr metamorphic ages and their bearing on its stratigraphic age, sediment provenance and tectonic setting. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 247 (3), 341-352.
- Adams, C.J., Miller, H., Aceñolaza, F.G., **Toselli, A.J** y **Griffin, W.L.** 2010. The Pacific Gondwana margin in the late Neoproterozoic-early Paleozoic: detrital zircon U-Pb ages from metasediments in northwest Argentina reveal their maximum age, provenance and tectonic setting. *Gondwana Research* (en prensa)
- Cawood, P. 2005. Terra Australis Orogen: Rodinia breakup and development of the Pacific and Iapetus margins of Gondwana during the Neoproterozoic and Palaeozoic. *Earth Sciences Review* 69: 249-279.
- Cordani, U., Fraga, L.M., Reis, N., Tassinari, C. y Brito Neves, B. 2010 On the origin and tectonic significance of intra-plate events of Grenvillian-type age in South America: a discussion. *Journal of South American Earth Sciences* 29: 143-159.
- Dalla Salda, L., Spalletti, L., Poiré, D., De Barrio, R., Echeveste, H. y Benialgo, A. 2006. Tandilia. *Serie Correlación Geológica* 21, 17-58.
- Drobe, M., López de Luchi, M., Steeken, A., Frei, R., Naumann, R., Siegesmund, S. y Wemmer, K. 2009. Provenance of the Late Proterozoic to early Cambrian metaclastic sediment of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas) and Cordillera Oriental, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 28, 239-262.
- Fedonkin, M. A. 1992. Vendian faunas and the early evolution of Metazoa. In: Lipps J. and Signor, P (Eds.), *Origin and Evolution of the Metazoa*. Plenum Press: 87-129. New York.
- Fedonkin, M. A. 1994. Vendian body fossils and trace fossils. In: Bengtson, S. (ed.) *Early life on Earth. Nobel Symposium* 84. 370-388
- Fedonkin, M.A., Gehling, J., Grey, K., Narbonne, G., Vickers-Rich, P. 2007. The Rise of Animals: Evolution and diversification of the Kingdom Animalia. Johns Hopkins University Press. 327 pp. Baltimore.
- Galindo, C., Casquet, C., Rapela, C., Pankhurst, R., Baldo, E. y Saavedra, J. 2004. Sr, C and O isotope geochemistry and stratigraphy of Precambrian and lower Paleozoic carbonate sequences from the Western Sierras Pampeanas of Argentina: tectonic implications. *Precambrian Research* 131. 55-71.
- Gaucher, C., Bossi, J. y Blanco, G. 2009. Palaeogeography. In Gaucher, C. Sial, A., Halverson, G y Frimmel, H. (Eds) Neoproterozoic-cambrian tectonic, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana. *Development in Precambrian Geology* 16, Elsevier. 131-141.
- Ježek, P., Willner, A.P., Aceñolaza, F.G., Miller, H., 1985. **The Puncoviscana trough - a large basin of Late Precambrian to Early Cambrian age on the Pacific edge of the Brazilian shield.** *Geologische Rundschau*, 74, 573-584.
- Ježek, P. 1990. Análisis sedimentológico de la Formación Puncoviscana entre Tucumán y Salta. In: Aceñolaza, F.G., Miller, H., Toselli A.J. (Eds). El ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino, *Serie Correlación Geológica*, 4, 9-35. Tucumán.
- Koukharsky, M., Brodtkorb, M., Kay, S. y Munizaga, F. 2003. La Formación Balbuena, integrante del arco magmático pampeano en la Sierra de Ambargasta, provincia de Santiago del Estero. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(4): 583-592.
- Leal, P., Hartmann, L., Santos, J., Miró, R. y Ramos, V. 2003. Volcanismo postorogénico en el extremo norte de las Sierras Pampeanas Orientales. Nuevos datos geocronológicos y sus implicancias tectónicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58:4, 593-607.

- Li, Z.X.; Bogdanova, S., Collins, A., Davidson, A., De Waele, B., Ernst, R., Fitzsimons, L., Fuck, R., Gladkochub, D., Jacobs, J., Karlstrom, K., Lu, S., Natapov, L., Pease, Pisarewski, S., Thrane, K., y Vernikovsky, V. 2008 Assembly configuration and break-up history of Rodinia: a synthesis. *Precambrian Research* 160, 179-210.
- Litherland, M., Annells, R., Apleton, J., Berrangé, J., Bloomfield, K., Burton, C., Darbishire, D., Fletcher, C., Hawkins, M., Klink, B., Llanos, A., Mitchell, W., O'Connor, E., Pitfield, P., Power, G. y Webb, B. 1986. The Geology and Mineral resources of the Bolivian Precambrian Shield. *Overseas Memoirs British Geological Survey*, 9. 155 pp.
- Llambías, E., Gregori, D., Basei, M., Varela, R. y Prox, C. 2003. Ignimbritas riolíticas neoproterozoicas en la Sierra Norte de Córdoba: Evidencia de un arco magmático temprano en el ciclo Pampeano? *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (4): 572-582.
- Loewy, S., Connelly, J., Dalziel, I. y Gower, C. 2003. Eastern Laurentia in Rodinia: constraints from whole-rock Pb and U/Pb geochronology. *Tectonophysics* 375: 169-197.
- Lork, A., Miller, H., Kramm, U. y Grauert, G. 1990. Sistemática de U-Pb de circones detríticos de la Fm Puncovicana y su significado para la edad máxima de sedimentación en la Sierra de Cachi (Prov. de Salta, Argentina) In: Aceñolaza, et al (Eds) El Ciclo Pampeano en el Noroeste de Argentina. *Serie Correlación Geológica* 4: 199-208.
- Miller, H., y Aceñolaza, F.G. 1982. Early Paleozoic orogeny in Southern South América. *Precambrian Research*, 17(2): 133-146.
- Naipauer, M. 2007. Análisis de la procedencia sedimentaria del Grupo Caucete, Sierras Pampeanas occidentales) y su comparación con unidades cámbricas de la Precordillera. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. *Tesis doctoral*. 322 pp. (inédita).
- Naipauer, M., Sato, A.M., González, P., Chemale, F., Varela, R., Llambías, E., Greco, G. y Dantas, E. 2010. Eopaleozoic Patagonia-East Antarctica Connection: Fossil and U-Pb evidence from El Jagüelito Formation. *7th South American Symposium on Isotope Geology Actas*. 602-605. Brasilia.
- Omarini, R.H., Sureda, R.J., Götz, H.J., Seilacher, A. y Pflüger, F. 1999. Puncovicana folded belt in northwestern Argentina: testimony of Late Proterozoic Rodinia fragmentation and pre-Gondwana collisional episodes. *International Journal of Earth Sciences*, 88: 76-97.
- Pankhurst, R.; Ramos, V. y Linares, E. 2003 Antiquity of the Rio de la Plata craton in Tandilia, southern Buenos Aires province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 16: 5-13.
- Pankhurst, R., Rapela, C., Fanning, C. y Márquez, M. 2006 Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth Science Review* 76: 235-257.
- Piñan Llamas, A. y Simpson, C. 2009. Primary structure influence on compositional banding in psammites: examples from the Puncovicana Formation, North-central Argentina. *Journal of Structural Geology*, 31, 55-71.
- Ramos, V. 2010a The Grenville-age basement of the Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 29: 77-91.
- Ramos, V. 2010b. Pampia: A large cratonic block missing in the Rodinia supercontinent. *Journal of Geodynamics*. Doi: 10.1016/j.jog.2010.01-019.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Fanning, C., Baldo, E., González Casado, J. Galindo, y Dahlquist, J. 2007. The Rio de La Plata Craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth Science Review*. 83: 49-82
- Rapela, C., Pankhurst, R., Casquet, C., Baldo, E., Galindo, C., Fanning, C. y Dahlquist, J. 2010 The western Sierras Pampeanas: Protracted Grenville-age history (1330-1030 Ma) of intra-oceanic arcs, subduction-accretion at continental-edge and AMCG intraplate magmatism. *Journal of South American Earth Sciences* 29: 105-127.
- Santos, J., Rizzotto, G., Potter, P., Mc Naughton, N., Matos, R., Hartmann, L., Chemale, F. y Quadros, M. 2008. Age and autochthonous evolution of the Sunsás orogen in West Amazonian Craton, based in mapping and U-Pb geochronology. *Precambrian Research* 165 (3-4): 120-152.
- Siegmund, S., Steenken, A., Martino, R., Wemmer, R., López de Luchi, M., Frei, R., Presnyakov, S. y Gueresch, A. 2009. Time constraints on the tectonic evolution of the Eastern Sierras Pampeanas (Central Argentina). *International Journal Earth Sciences (Geologisches Rundschau)*. DOI 10.1007/s00531-009-0471-z.
- Schwartz, J.J., y Gromet L. P. 2004. Provenance of a late Proterozoic – Early Cambrian basin, Sierras de Córdoba, Argentina. *Precambrian Research*, 129, 1-21.
- Steenken, A., Werner, K., López de Luchi, M.G., Siegmund, S., Pawlig, S. 2004. **Crustal provenance and cooling** of the basement complexes of the Sierra de San Luis: An insight into the tectonic history of the Proto-Andean margin of Gondwana. *Gondwana Research*, 7: 1171-1195.
- Sureda, R. y Omarini, R. 1999 Evolución Geológica y nomenclatura pre-Gondwánica en el noroeste de Argentina (1800-600 Ma.) *Acta Geológica Hispánica* 34: 197-225.
- Teixeira, W., Geraldes, M., Matos, R., Salina Ruiz, A., Daes, G. y Vargas-Matos. 2010. A review of the tectonic evolution of the Sunsás belt, SW Amazonian Craton. *Journal of South American Earth Sciences* 29; 47-60.
- Varela, R., Luchi, M., Cingolani, C., y Dalla Salda, L. 1998. Geocronología de gneises y granitoides de la Sierra de Umango, La Rioja. Implicancias tectónicas. *Actas 13^o Congreso Geológico Argentino*. 3: 519-527.
- Von Gosen, W., Buggisch, W. y Prozzi, C. 2009. Provenance and geotectonic setting of Late Proterozoic-Early Cambrian metasediments in the Sierras de Córdoba and Guasayán (western Argentina): a geochemical approach. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 251(3): 257-284.

Zimmermann, U. 2005. Provenance studies of very low- to low-grade metasedimentary rocks of the Puncoviscana complex, northwest Argentina. In: Vaughan, A.P.M., Leal, P.T., Pankhurst, R.J. (Eds.). Terrane processes at the margins of Gondwana, *Geological Society of London Special Publication*, 246: 81-416, London.

Recibido: 30 de noviembre de 2009

Aceptado: 15 de mayo de 2010