SIGNIFICADO GEOTECTÓNICO DE LAS SUTURAS DE SIERRAS PAMPEANAS ORIENTALES EN LA FAJA OROGENICA CORDOBA: POSIBLE CORRELACION CON OROGENOS BRASILIANOS

MONICA P. ESCAYOLA¹ & PABLO E. KRAEMER²

ABSTRACT *GEOTECTONIC MEANING OF THE SIERRAS PAMPEANAS ORIENTALES SUTURES IN THE CORDOBA OROGENIC BELT: POSSIBLE CORRELATION WITH BRAZILIAN OROGENS* We propose to correlate the Pampean orogen with the Brasiliano belts, based on work started in 1994. The Precambrian-Cambrian tectonic evolution of the Pampean Ranges of Córdoba includes the Neoproterozoic development of a passive margin on the western side of the Río de La Plata Craton. Subsequently, this passive margin evolved into an eastward dipping subduction zone as shown by the relative position of the rocks interpreted to have formed in an accretionary prism, a magmatic arc and a retroarc basin. The latest Precambrian event was the collision between the Río de La Plata Craton and the Pampia Terrane (Grenville age craton?) which followed the closure of the ocean basin to the west of this arc. The suture between the Río de La Plata Craton and the Pampia Terrane is located in the western ultramafic belt of the Sierras de Córdoba, it coincides with the Sierras Grandes Ranges. This suture separates the two distinctive tectonic domains which form the basis for the above tectonic interpretation.

1) The external, western domain is characterized by a peripheral fold and thrust belt developed in a dominantly clastic sedimentary prism, and a post collisional foreland basin. Evidence for the post-collisional basin comes from small outcrops of coarse clastics in the Sierras de San Luis to the South and the Puncoviscana basin to the north.

2) The internal, eastern domain is characterized by magmatic and high grade metamorphic rocks (migmatites and granulites) associated with ductile shear zones. These features are superimposed on a carbonate-clastic prism which appears to have formed on a passive margin.

The polarity of the internal and external domains, the ultramafic belts, the age and evolution of the Cordoba Orogen are consistent with a correlation of the belt with the Paraguay-Araguaia belt in Brazil.

Keywords: Western Pampean Ranges, sutures, orogenic belts, Neoproterozoic.

RESUMEN Se propone una correlación del orógeno Pampeano con las Fajas orogénicas Brasileñas. La evolución tectónica Precámbrica-Cámbrica de las Sierras Pampeanas de Córdoba incluyen el desarrollo de un margen pasivo en el margen Oeste del Cratón del Río de La Plata durante el Neoproterozoico. Subsecuentemente este margen pasivo evolucionó en una zona de subducción buzante hacia el este, dirección supuesta en base a la posición relativa de las rocas interpretadas como formadas en un prisma acrecional, un arco magmático y una cuenca de retroarco. El último evento ocurrido durante el Precámbrico habría sido la colisión entre el Cratón del Río de La Plata y el Terrane Pampia (de edad Grenville?) el cual continuó con el cierre de la cuenca oceánica marginal hacia el oeste del arco. La sutura entre el Cratón del Río de La Plata y el Terrane Pampia esta localizada en la Faja ultramáfica Occidental de las Sierras de Córdoba. Esta sutura separa dos dominios tectónicos diferentes los cuales constituyen la base de las interpretaciones geotectónicas desarrolladas.

1) El dominio externo, oeste, esta caracterizado por una faja corrida y plegada desarrollada en un prisma predominantemente clástico, y una cuenca post-collisional de antepaís. Las evidencias de esta cuenca post-collisional se hallan en reducidos afloramientos de sedimentos clásticos gruesos en la Sierra de San Luis en el Sur y en la cuenca de Puncoviscana en el Norte.

2) El dominio interno, hacia el este, esta caracterizado por rocas magmáticas y metamórficas de alto grado (migmatitas y granulitas) asociadas con fajas de cizalla dúctil. Estos eventos están sobreimpuestos en rocas originadas en un prisma carbonático-clástico el cual parece haberse formado en un margen pasivo.

La polaridad de los dominios interno y externo, las fajas ultramáficas, la edad y evolución del Orógeno de Córdoba son consistentes para una correlación con la Faja Paraguay-Araguaia en Brasil.

Palabras claves: Orógeno Pampeano-Orógenos Brasileños-Neoproterozoico-Fajas Ultramáficas

INTRODUCCIÓN El basamento de los Andes^{*} centrales de Argentina entre los 22° y 33° S contiene una serie de fajas de rocas ultramáficas, las que fueron interpretadas por diversos autores como complejos ofiolíticos. Muchos de ellos recibieron en los últimos años una creciente atención debido a que fueron interpretados como suturas potenciales de terranes acrecionados al protomargen del Gondwana durante el Proterozoico-Paleozoico

temprano. La distribución de estas suturas potenciales en las principales provincias geológicas de los Andes Centrales se encuentra reflejada en la figura 1.

La litología y el complejo emplazamiento tectónico, junto con la asociación general de los mismos con rocas miloníticas, llevaron a diversos autores a interpretar que varios de estos complejos representarían fragmentos de antiguas ofiolitas desmembradas. Es-

1 - CONICET, Universidad Nacional de Salta, Argentina. Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina. E-Mail: escayola@unsa.edu.ar

2 - CONICET, PEREZ COMPANC, Neuquen, Argentina

tas fajas ofiolíticas se habrían obductado en el margen SW de Gondwana (Cratón del Río de La Plata) sucesivamente de este a oeste:

(1) - En el basamento Precámbrico-Paleozoico inferior de las Sierras Pampeanas se encuentran expuestas dos fajas de rocas ultramáficas de edad Proterozoica Superior: La faja ultramáfica oriental coincidiendo con la Sierra Chica y la faja ultramáfica occidental coincidiendo con la Sierra Grande.

(2) - Un lineamiento mayor es conocido como la faja de Valle Fértil de edad Ordovícica y se encuentra en las Sierra de Valle Fértil, Sierra de la Huerta, Sierras de Maz, Umango y Espinal.

(3) - Otra faja de rocas ofiolíticas reconocida es la que separa los terranes de Precordillera y Pie de Palo. Ésta se encuentra expuesta en el flanco oeste de la Sierra de Pie de Palo, una de las fajas situadas más al oeste del Sistema de Sierras Pampeanas. La misma continúa hacia el sur en los Cerros Barboza y Valdivia (Ramos y Vujovich 1995), alcanzando más de 90 km. La mayor parte de los afloramientos máficos-ultramáficos se encuentran expuestos entre las Quebradas de Guayaupa y piedras Pintadas.

(4) - En Cordillera Frontal y Precordillera las rocas ultramáficas se extienden por más de 900 km entre los 26° y 33° de lat S. Esta faja puede dividirse en la faja de Precordillera y Faja de Cordillera Frontal. Las rocas de Precordillera se encuentran expuestas en las localidades de El Rodeo y la Sierra de Cortaderas.

(5) - Las ofiolitas de Cordillera Frontal afloran en la Provincia de Mendoza. Están conformadas por una serie de cuerpos ultramáficos de aproximadamente 1,5 km de ancho y 4 km de longitud que afloran a lo largo de una faja de extensión regional de rumbo NNE-SSW.

(6) - Las ofiolitas de la Puna afloran de manera discontinua en una faja submeridiana, de rumbo general NNE. Los afloramientos principales ubicados en la Puna Austral son los de la Sierra de Calalaste, Quebrada Honda en el sur del Salar de Pocitos (Ojos del Colorado), mientras en la Puna Norte el principal afloramiento se encuentra en el área de Santa Ana.

El objetivo del presente artículo es presentar una serie de evidencias geológicas que permiten correlacionar la evolución del orógeno de Sierras pampeanas orientales con las fajas móviles Brasilianas, particularmente la faja Paraguaya- Araguaia.

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPLEJOS OFIOLÍTICOS DE SIERRAS PAMPEANAS En la Faja Oriental coincidiendo con la Sierra Chica (Fig. 2) se reconocieron varios afloramientos entre ellos los mas representativos son los de Bosque Alegre, Santa Rosa, y Cerro La Cocha, Escayola *et al.* (1996). En general los cuerpos ultramáficos afloran como cuerpos lenticulares elongados de 300m de longitud y 150m de ancho y a veces con aspectos tabulares. La roca de caja de las rocas ultramáficas son generalmente mármoles y anfibolitas en bancos intercalados con gneises granatíferos). Se pudo determinar de manera preliminar que se reconocen en esta faja dos sectores de una secuencia ofiolítica, las peridotitas basales y la secuencia estratificada de la zona de transición. Las peridotitas basales están formadas principalmente por rocas de composición lherzolítica, duniticas, con variedades subordinadas de piroxenitas.

La secuencia finamente estratificada de Cerro La Cocha está formado por rocas cumuláticas; el plano de estratificación es vertical. Su base aflora en su contacto occidental; muestra una secuencia de dunitas, peridotitas, gabros, anortositas, plagioclasitas, toda la suite caracterizada por la presencia de ortopiroxeno, además ocurren magnetitas y cromitas. Sobre ésta

yace una secuencia de dunitas, lherzolitas, y websteritas, caracterizadas por la presencia de clinopiroxeno o de dos piroxenos. En los niveles medios del complejo y hacia la parte superior se encuentran gabros foliados. Abundantes capas de magnetita se intercalan en la base del estratificado. La textura cuspidal de la magnetita señala la dirección de la deposición del magma. La estratificación es rítmica. Las características petrológicas particulares de este complejo lo hacen propicio para realizar un estudio de gran detalle en el mismo.

En la Faja Occidental (Fig. 2), que coincide con la faja de deformación de Guacha Corral, se reconocieron varios sectores de la secuencia ofiolítica en las que se conservan estructuras mantélicas relícticas muy características. Las tectonitas basales en su porción superior cercana a la zona de transición (Fig. 2) en los afloramientos Los Congos, Sol de mayo La Belgica y Los Guanacos. La zona de transición en el afloramiento la Mabel, las dunitas basales de la secuencia estratificada en los yacimientos 12 de Noviembre, Resistencia y El Destino, La Maga y la sección de gabros estratificados en el Cerro San Lorenzo (Fig. 3).

Las rocas ultramáficas afloran como lentes elongadas con máxima longitud de 1700m y ancho máximo de 800 m. Estos son concordantes con la estructura de los gneises tonalíticos granatíferos que les hacen de encajonante, en muchos casos las rocas ultramáficas poseen plegamiento interno y fábricas orientadas similares a aquellas de los metasedimentos. La mayor parte de los contactos son tectónicos y en algunos casos en el contacto con la roca de caja se desarrolló un *black-wall* con vermiculita, zonas de tremolita y zonas de talco y carbonatos. La roca principal está constituida por una harzburgita de grano medio, su granulometría es variable, de grano más fino en los afloramientos al sur que en los más al norte de la faja. Está compuesta por enstatita bastitizada, pardo clara, elongada en sentido de la foliación general, con leves estructuras relícticas plegadas en los cristales de plano axial coincidente con la foliación principal, inmersos en una matriz afanítica de serpentina de coloración oscura.

Zonación del orógeno A partir de la definición del límite tectónico de primer orden (sutura) existente coincidiendo con la ofiolita de la faja ultramáfica occidental (Fig.2) de Sierras Pampeanas se han reconocido en las Sierras de Córdoba dos ambientes tectónicos principales: 1) Al oeste de la ofiolita una zona externa o faja plegada y corrida representada por rocas metamórficas de grado medio, grado bajo en facies de esquistos verdes y esquistos biotíticos, esta zona tiene una notable escasez de cuerpos de mármoles y una relativa simplicidad estructural respecto a la región oriental. 2) Al este de la ofiolita una zona interna caracterizada por gneises de grado medio a alto, fajas y macizos migmatíticos, abundancia de bancos de marmol y anfibolitas con una gran complejidad estructural. Estos dos grandes ambientes son los que sustentan la variación regional del gradiente de metamorfismo de grado bajo a medio al oeste, a grado medio a alto al este.

GEOCRONOLOGÍA Nuevos datos de edades del basamento de Sierras Pampeanas Córdoba, fueron dados a conocer recientemente por Rapela *et al.* (1998). Los resultados en base a dataciones U-Pb en zircón y Sm-Nd en roca total para varias unidades metamórficas y plutónicas consideradas entre las más antiguas del basamento de las Sierras de Córdoba indican una edad Cámbrica temprana, las rocas analizadas incluyen una suite de ortogneises metaluminosos de 530 Ma, rocas metamórficas de alto grado de 530 Ma, anfibolitas de 530 Ma, plutones ígneos

Figura 1 - 1) Fajas Ultramáficas Oriental y Occidental de Sierras Pampeanas Orientales. 2) Faja de Viroco en San Luis (478 ± 6 Ma). Cuerpos elongados de hasta 3.5 km que afloran a lo largo de 50 km en dirección N-NE. Los principales tipos de rocas son dunitas, piroxenitas hornblenditas y anfibolitas. Ambiente geotectónico: retroarco o antearco. Contienen indicios de PGE en el afloramiento Las Águilas. 3) lineamiento de Valle Fértil (Ordovícico medio): Los afloramientos consisten en cuerpos aislados de composiciones hazburgíticas, noríticas y anfibolitas, hacia el norte se encuentran afloramientos de peridotitas serpentinizadas, anfibolitas y metagabros. Correspondería a la sutura entre los Terrane de Pampia y Cuyania. 4) Faja de Pie de Palo (Proterozoico medio, 1090 a 1060 Ma.): compuesta por cuerpos que conforman secuencias de cumulos máficos y ultramáficos, los tipos principales incluyen serpentinitas, metagabros, metadioritas, anfibolitas y esquistos máficos. Ambiente tectónico: afinidades de arco, retroarco y MORB. 5) Faja Ofiolítica de Precordillera Occidental (Paleozoico inferior, 370-358 Ma): Esta faja se extiende por más de 900 km como cuerpos máficos y ultramáficos conservados en facies carbonáticas de Precordillera. Se dividen en: Secuencias del sector norte: Representadas por lavas basálticas con disyunción columnar, pilows lavas y sills interestratificados con sedimentos pelíticos y grauváquicos. Ambiente tectónico: un ridge oceánico inmaduro o un retroarco. Secuencias del sector sur: Representadas por peridotitas serpentinizadas, cumulos ultramáficos gabros estratificados y diabasas. Ambiente tectónico: ridges meso-oceánicos y fuentes tipo E-MORB. 6) Fajas Ultramáficas de Cordillera Frontal (Proterozoico medio, 1063 ± 36 Ma.) emplazadas en el Devónico: Se describen tres fajas. Fajas Metales: Es un cordón de 8 km de long. SE encuentra formado por peridotitas serpentinizadas, gabros diques basálticos y pilows lavas. Ambiente tectónico: E-MORB y OIB. Faja Central: cuerpos ultramáficos como la barrera, Salamanca y los gateados, compuestos principalmente de serpentinitas, wherlitas, lherzolitas y dunitas. Asociados a lentes de anfibolitas. Ambiente tectónico: E-MORB. Faja Oriental: Cuerpos como Novillo Muerto, formados por dunitas, harzburgitas, wherlitas y ortopiroxenitas con texturas cumulares.

post-tectónicos de 522 Ma., granitos migmatíticos de 522 Ma. y una suite de rocas de alto Na de composición trondhjemitica arrojó edades de 499 ± 6 Ma con una edad de reseting de 440 Ma o menor. Previamente a este trabajo, existían para las sierras pampeanas de Córdoba datos geocronológicos abundantes (Linares & Latorre 1990) que comprendían más de 282 dataciones obtenidas sobre roca total y minerales por métodos Rb-Sr y K-Ar. El análisis de los datos por el método Rb-Sr presenta para las rocas metamórficas del basamento (migmatitas y gneises) edades de 580 Ma con datos en algunos macizos migmatíticos de 640 Ma y 740 Ma. (Cingolani & Varela 1975, Sureda 1978)

Las edades referidas a las dataciones K-Ar tienen un valor de 489 Ma. Estas edades podrían vincularse al magmatismo Paleozoico inferior de 499 Ma. reconocido en Sas. de Córdoba por Rapela *et al.* (1991), Rapela (2000) y que Lira *et al.* (1996) indican como intruyendo el complejo metamórfico. La controversia respecto a la edad del evento metamórfico térmico principal debería estar inserta en un modelo que explique la evolución térmica y dinámica y las relaciones temporales que estos eventos posean entre sí.

Un modelo simple de engrosamiento cortical por colisión de dos placas (sustentada en la existencia de una sutura) es basado en England & Thompson (1984) y Thompson & England (1984), la

Figura 2 - Mapa geológico-tectónico de las Sierras Pampeanas de Córdoba, la Faja Ultramáfica Oriental coincide con la traza de la Sierra Chica y la Faja Ultramáfica occidental con la Sierra Grande.

Figura 3. - (a) Vista de las tectonitas basales y zona de transición de la faja ultramáfica occidental en que se extrajeron cuerpos podiformes de cromitas. (b) Vista de la secuencia estratificada de la faja ultramáfica occidental de Sierras de Córdoba.

evolución metamórfica por engrosamiento cortical supone que las temperaturas son progradantes hasta el pico metamórfico, en tanto las condiciones de presión son simultáneamente de retrogrado (lo que supone una disminución de la presión en el tiempo). Por una cuestión de simplicidad la corteza del margen oriental debía poseer al menos 35km de espesor cortical, sin embargo, desde el punto de vista geológico, si este sector estaba funcionando como un margen activo, este valor sea posiblemente un valor mínimo. Asumiendo un modelo colisional el metamorfismo regional de mayor grado térmico (M2), será consecuencia de la reequilibración térmica después de la colisión y engrosamiento. Cualquiera sea la combinación de parámetros que puedan elegirse para estudiar la evolución del orógeno, estos deberán considerar el acceso a temperaturas para producir fusión parcial y anatexis y cumplir con los datos termobarométricos calculados por diversos autores que indican profundidades de al menos 24km para paragénesis representativas del evento metamórfico M2 (Gordillo 1984, Martino *et al.* 1994). Sabemos también que el tiempo en que evoluciona un orógeno y la profundidad a la que se produce el pico metamórfico están en función de la velocidad de erosión, la profundidad máxima de enterramiento de una roca dada y la inversa de la difusividad (o pérdida del calor). Las diversas combinaciones posibles cubren como límites máximos y mínimos para la evolución de un orógeno colisional con estas características un plazo de al menos 100 Ma a

partir de la colisión (un tiempo de erosión de 50 Ma a velocidades máximas para rocas enterradas entre 30 y 40 Km de profundidad, no permite alcanzar temperaturas dentro del campo de la fusión parcial y generación de rocas anatócticas). Si los granitos peraluminosos sin a post-tectónicos (Rapela *et al.* 1998), indican edades U-Pb de cerca de 530 Ma, una historia Neoproterozoica para la evolución de esta porción de las Sierras Pampeanas no puede ser negada.

MODELO PROPUESTO Las etapas de evolución del orógeno implicarían (Fig. 4):

A. - Una etapa de margen pasivo sobre el Cratón del río de La Plata, con el antepaís estable al este y una cuenca oceánica al oeste. La litología del margen estable corresponde a la asociación IA carbonatos-pelitas-areniscas. Sus equivalentes actuales metamorizados son las fajas de mármoles, gneises cordieríticos, esquistos y gneises tonalíticos. Las anfíbolitas de origen ígneo representarían magmatismo básico de la etapa de rift. El margen pasivo conjugado es clástico dominante y correspondería al borde oriental del Terrane (Cratón?) Pampia. El equivalente actual metamorizado del margen corresponde a gneises granatíferos, sillimaníticos, gneises biotíticos-muscovíticos, anfíbolitas, cuarcitas y filitas del borde oeste de las Sierras de Córdoba y San Luis.

La litología clástica dominante del margen pasivo occidental probablemente refleje condiciones inestables asociadas a las etapas finales de la orogenia Grenville, identificada en las Sierras Pampeanas sudoccidentales por Ramos *et al.* (1993), y edades T_{DM} de Rapela *et al.* (1998) para las Sierras de Córdoba.

B - El margen pasivo del borde oeste del Cratón del Río de la Plata pasa a margen activo. Se forma un arco magmático y el prisma de subducción al oeste cuyos representantes actuales son los ortogneises de la zona interna y la faja ultrabásica oeste respectivamente.

C - Se produce la expansión del retroarco, desarrollo del arco magmático, y expansión del retroarco con formación de fondo oceánico al este. Probablemente se haya originado un arco de islas de escaso desarrollo.

D - Se produciría la colisión. La faja ultrabásica occidental corresponde a la sutura, a través de la cual se produce el cabalgamiento del margen activo o zona interna sobre el margen pasivo occidental o zona externa. El cierre de la cuenca de retroarco produce el emplazamiento tectónico de las rocas de la faja ultrabásica oriental. La colisión sería la responsable de la deformación inicial del margen pasivo occidental, produciéndose una faja plegada periférica con vergencia dominante hacia el oeste. Dicha faja estaría representada por las filitas y esquistos filíticos de las Sierras de Córdoba y San Luis. La anomalía térmica asociada al eje norte-sur de mayor engrosamiento cortical, produce metamorfismo regional de alto grado (M2) tanto en la zona interna como en la zona externa transgrediendo la sutura.

E. Se produce un reajuste isostático normal del orógeno colisional (con una probable componente extensional) que se ve afectado por un evento de deformación plegante y de cizalla con componentes transcurrentes dextrales, posteriores a M2. Se produciría el cabalgamiento con vergencia al oeste de rocas de grado medio a alto sobre rocas de grado menor (Martino *et al.* 1993c, Demange *et al.* 1993), tal vez esta colisión se ve asociada a la fase Tilcárica (570 a 540 Ma) propuesta por Omarini & Sureda (1993)

DISCUSIÓN La existencia de una sutura en las Sierras Pampeanas

de Córdoba entre el Cratón del Río de La Plata y el Terrane Pampia, como fuera indicado por Kraemer *et al.* (1995) postulando la subducción de una placa oceánica por debajo del Cratón del Río de La Plata hacia el Este y determinando una zona interna correspondiente a un margen pasivo con desarrollo de una plataforma carbonática y una zona externa con desarrollo de una plataforma clástica, permitió modificar las ideas propuestas por Ramos (1988) referentes a la evolución de dicha región.

Las ideas vertidas por Hoffman (1989) respecto a la episodisidad de las orogénesis globales caracterizadas por el ensamble de masas y fragmentos continentales en supercontinentes, permiten tratar de relacionar la evolución de las Sierras Pampeanas Orientales con la historia geológica del Gondwana Occidental, como parte de un supercontinente Neoproterozoico mayor. Es necesario recalcar que en los trabajos mencionados (Escayola & Kraemer 1997) se asume para esta región una evolución orogénica dentro del ciclo Brasileño.

Brito Neves & Cordani (1991), intentaron producir un modelo movilista para la configuración de Sudamérica durante el Proterozoico tardío. En primera instancia reconocieron para Sudamérica dos dominios, uno al noroeste formado por rocas de basamento cortical, no afectado por eventos del ciclo Brasileño, Dominio pre-Brasileño; y uno sudeste, el Dominio Brasileño, en el cual los eventos de deformación son predominantemente Proterozoicos tardíos. Mientras el dominio noroeste actuó como una placa continental, el Cratón Amazónico (Teixeira *et al.* 1989) el dominio sudeste, actuó como una serie de pequeños fragmentos de placas continentales, microcontinentes, arcos magmáticos y terrenos alóctonos. Las placas continentales reconocidas por estos autores fueron São Luis-Africa Occidental, Congo/Kasai-Sao Francisco, Río de La Plata, Arequipa-Antofalla, estas actuaron como antepaíses para los cordones orogénicos Brasileños desarrollados en rocas de márgenes pasivos con asociaciones pelíticas-carbonáticas y con discreto vulcanismo. Dentro de las masas continentales se habrían producido cordones internos caracterizados por secuencias predominantemente clásticas acompañados por vulcanismo bimodal y plutonismo calcoalcalino. Sin embargo hacen referencia a que si bien incluyen las placas continentales del Río de La Plata y Arequipa-Antofalla, su existencia real, significado tectónico y el rol que jugaron en el amalgamamiento del margen oeste del Gondwana esta aun en estudio.

Los datos que surgen del estudio de las fajas ultramáficas oriental y occidental de Sierras Pampeanas, especialmente respecto a la dirección de subducción, y afinidades de las rocas ultramáficas, comparados con las características de las Brasílicas de la provincia de Tocantins permitieron realizar las siguientes correlaciones con las sierras Pampeanas orientales y establecer la continuidad, existencia y significado tectónico de los orógenos Brasileños hacia el sur de los 23° S.

Kraemer & Escayola (1995) indican que tanto la polaridad del orógeno pampeano oriental como su evolución estructural permiten la vinculación con el sector sudoeste de la Provincia de Tocantins o faja de plegamiento Paraguay-Araguaya (Almeida 1984). Estos forman parte de los dominios Periamazónicos que se extienden por un total de 4000 km que representan una gran cantidad de ambientes tectónicos desde complejos de rocas máficas y ultramáficas en el cordón de Tocantins, hasta plataformas carbonáticas asociadas con diamicititas en el cordón Paraguay.

Campos Neto (2000) indica para el Gondwana occidental ciclos orogénicos sucesivos entre los 980 y 500 Ma. Sierras Pampeanas Orientales podría ser parte de esta larga evolución durante el

Figura 4 - Etapas de Evolución propuestas para las Sierras Pampeanas Orientales. F.U.B.O.: Faja Ultrabásica Occidental. F.U.B.E.: Faja Ultrabásica Oriental. II R.S.: Retrarco. F.P. Faja Plegada y corrida

Proterozoico Superior-Paleozoico inferior como fue propuesta por Kraemer y Escayola (1995). La misma implica un ciclo orogénico mayor de larga duración interrumpido en su etapa final de exhumación por un episodio de corta duración que provoca la reactivación de fajas de cizalla antiguas formadas durante la orogenia anterior. De este modo, se interrumpe la exhumación que correspondería a un ciclo orogénico normal. Esta etapa desarrollada durante el Paleozoico inferior correspondería, tal vez, a la colisión del macizo de Arequipa en el Noroeste (Omarini & Sureda 1993).

Las edades propuestas para las distintas orogenias de Brasil están apoyadas en dataciones U-Pb de circones y titanitas (Pimentel & Fuck 1991) en rocas metaplutónicas (ortogneises calcoalcalinos con hornblenda y biotita) y metavolcánitas (metariolitas). Estos datos indican un cierre inicial del protolito a los 899 ± 7 Ma. La edad de la recrystalización metamórfica obtenida en titanitas concordantes habría ocurrido a los 637 Ma.

Las edades más jóvenes asignadas a un ciclo orogénico de corta duración son aquellas obtenidas a partir de intrusiones

graníticas tardiorogénicas de tipo I y A, que dan edades entre 590 y 480 Ma. Muchos de estos granitos tardiorogénicos poseen allanita asociada a hornblenda y biotita. Según estudios geoquímicos e isotópicos los mismos se habrían originado por la fusión de ortogneises calcoalcalinos de edades entre 1000 y 900 Ma. Como comparación, en las Sierras Pampeanas de Córdoba se citaron granitos ricos en allanita, emplazados postectónicamente (post M2 y D2) portadores de allanita y hornblenda. El metamorfismo en la zona de Tocantins septentrional es de carácter regional y de intensidad creciente de oeste a este. Al oeste (Fm. Couto Magalhaes), las rocas son prácticamente sedimentarias por la baja intensidad del metamorfismo que gradualmente pasa a facies de esquistos verdes (Fm. Pequizeiro y Xambioá) y culmina en facies de anfibolitas media en rocas de la formación Morro do Campo en el extremo este.

Las rocas ultramáficas existentes en la faja de Araguaia, se presentan como cuerpos alineados según dos corridas paralelas separadas entre si aproximadamente 40 km. Estos constituyen cuerpos alineados según dos estructuras mayores, de rumbo N-S, NE-SW, formando en realidad cuerpos desmembrados de formas abundadas, concordantes con las estructuras mayores de la faja de plegamiento de Araguaia. La faja occidental tiene rumbo N-S con buzamientos de aproximadamente 45° al este, su contacto superior e inferior lo constituyen rocas intensamente deformadas que dan lugar a verdaderas milonitas que pasan gradualmente a la roca de campo que está constituida por filitas pelíticas regionales en facies de esquistos verdes alta.

Las serpentinitas, coincidiendo con lo descrito para la faja occidental de Sierras Pampeanas consisten principalmente en harzburgitas y dunitas serpentinizadas; Gorayeb (1989) describió para estas rocas una evolución metamórfica coincidente con la encontrada para la faja occidental de Sierras de Córdoba (Escayola 1994). Estas rocas ultramáficas de Araguaia son similares a las definidas por Hasui *et al.* (1977).

Los rasgos evolutivos establecen una buena correlación en la polaridad tectónica general con posterioridad al episodio colisional de Sierras Pampeanas. En esta etapa se produce hacia el oeste la "antefosa Corumbá-Alto Paraguay" al norte y la "antefosa Puncoviscana" con claras evidencias de aporte clástico desde el este y sudeste (Jezek 1990) representada en San Luis, posiblemente por los conglomerados de Cañada Honda (Prozzi 1993). La región oriental elevada y sujeta a erosión, por reajuste isostático postcolisional, estaría representada por las Sierras Pampeanas de Córdoba, los Brasíles metamórficos y la faja de plegamiento de Araguaia en la Provincia de Tocantins (Fig. 5) lo que permitiría una correlación alternativa de los orógenos Brasileños respecto a la propuesta anterior de Brito Neves y Cordani (1991).

Alkmim *et al.* (2001) proponen una secuencia de eventos que habrían llevado al amalgamamiento del margen oeste del Gondwana hacia finales del Neoproterozoico ordenando los mismos en una secuencia de seis estadíos, entre bloques procedentes de la desagregación del supercontinente de Rodinia.

El primer estadio propuesto involucra la colisión del margen sur del cratón de Sao Francisco-Congo con el Río de La Plata generando la faja móvil de las Brasíles Sur. Los datos obtenidos por Valeriano (1999) sugieren que este estadio tomo lugar aprox. a los 640-620 Ma. Varios estadios intermedios involucran al Cratón del Río de La Plata formando parte del cratón Sao Francisco-Congo-Río de La Plata. Finalmente el sexto estadio comprende la amalgamación final del Oeste del Gondwana cuando el bloque del Río de la Plata converge con Amazonia invirtiendo la cuenca entre

los dos bloques para formar la faja de Paraguay. El mismo se habría desarrollado alrededor de los 550 Ma. Esta edad coincide con la convergencia del macizo de Arequipa durante la fase Tilcárica propuesta por Omarini & Sureda (1993). De esta forma la faja Paraguay se continuaría con un desarrollo hacia el sur representada en las Sierras Pampeanas Orientales por el denominado "Terrane Córdoba" que se propone en el presente trabajo como "faja orogénica Córdoba" desarrollado entre el "Terrane" Pampia y el Cratón Río de La Plata (Fig. 5).

Agradecimientos El presente trabajo se realizó con el apoyo del Proyecto CYTED XIII.I, y Proyectos 935 y 815/3 del CIUNSA de la Universidad Nacional de Salta.

Figura 5 - Correlación de la Faja Orográfica de Sierras Pampeanas Orientales con la Faja Orográfica Paraguai-Araguaia.

Referencias

- Alkmim F. F., Marshak S., Fonseca M. A. 2001. Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: Clues from the São Francisco Craton region, Brasil. *Geology*, **29**:319-322.
- Almeida F. F. M. de 1984. Provincia de Tocantins. In: F. M. Almeida, Y. Hasui (eds.), *O Precambriano do Brasil*. Edgard Blucher, 265-281.
- Brito Neves B., Cordani U. G. 1991. Tectonic Evolution of South America during Late Proterozoic. *Prec. Res.*, **53**:23-40.
- Campos Neto, M., 2000. Orogenic systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage in Southern Brasil. In: U. G. Cordani, E. Milani, A. Filho, D. Almeida Campos (eds.), *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro. 31st Intern. Geol. Congr., 856p.
- Cingolani, C. A., Varela, R., 1975. Geocronología rubidio-estroncio de rocas ígneas y metamórficas de las Sierras Chicas y Grande de Córdoba, República Argentina. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica (Buenos Aires), Buenos Aires, República Argentina. I: 9-35.
- Demange M., Baldo E. G., Martino R. D. 1993. Structural Evolution of the Sierras de Córdoba (Argentina). Second Symposium of Andean Geodynamic. Oxford. 1: 62-69
- England P. C., Thompson A. B. 1984. Pressure – Temperature – Time paths of regional metamorphism I. Heat transfer during the Evolution of regions of Thickened Continental Crust. *J. Petrol.*, **25**:894 - 928.
- Escayola M. P. 1994. *Faja Ultramáfica Occidental de las Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina*. Tesis Doctoral, inédita, Universidad Nacional de Córdoba. 336p.
- Escayola M. P., Kraemer P. E. 1997. Síntesis de los Eventos Tectotérmicos del Basamento de las Sierras Pampeanas de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. **52**:451-458.
- Gordillo C. E. 1984. Migmatitas cordieríticas de la Sierra de Córdoba, condiciones físicas de la migmatización. Misceláneas, *Academia nacional de Ciencias*. Argentina, **68**:1-40.
- Hasui Y., Abreu F. A. de, Silva J. M. 1977. Estratigrafia da faixa de Dobramiento Paraguai – Araguaí no Centro-Norte do Brasil. *Bol. I. C. Inst. Geosc. U. S. P.*, **8**:107-118.
- Hoffman P. F. 1991. Did the breakout of Laurentia Turn Gondwanaland Inside – Out?. *Science*, **252**:1409-1412.
- Jezek P. 1990. Análisis sedimentológico de la Formación Puncoviscana entre Tucumán y Salta. In: Aceñolaza F. G., Miller H., y Toselli A. J. (eds.), *El ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. Serie Correlación Geológica, 4, Universidad nacional de Tucumán.
- Kraemer P. E., Escayola M. P., Martino R. D. 1995. Hipótesis sobre la Evolución neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **50**(1-4):47-59
- Linares E., Gonzales R. 1990. Catálogo de edades radiométricas de la República Argentina. *Publicación Especial de la Asociación Geológica Argentina Serie B (Didáctica y Complementaria)*, 19, Buenos Aires : 1957-1987.
- Martino R., Munn V. A., Kraemer P. E., Escayola M. P., Guerreschi A. 1994. Thermobarometry at 32° lat. S in the Pampean ranges near Córdoba, Argentina. Annual Meeting Geological Society of America. Abstracts with programs. Seattle, Washington.
- Omarini R. H., Sureda R. 1993. Evolución geodinámica y configuración paleogeográfica en los Andes centrales del proterozoico superior al Paleozoico inferior: modelos, alternativas y problemas. In: Congr. Geol. Argentino, 12, y Congr. Exploración de Hidrocarburos, 2, Buenos Aires., Argentina, **III**:291-307.
- Prozzi C. 1993. Metaconglomerado Cañada Honda, Sierra de San Luis. In: Reunión de Microtectónica. Mendoza, 9, *Resúmenes*, Tomo I: 59-69
- Ramos V. A. 1988. Late proterozoic-Early Paleozoic of South America: a collisional story. *Episodes*, **11**:168-174.
- Ramos V. A., Vujovich A. G. 1993. Laurentia – Gondwana connection: a southamerican perspective. GSA, *Abstracts with Programs*, Boston. Vol I.
- Rapela C., 2000. The Sierras Pampeanas of Argentina: Paleozoic building of the southern Proto-Andes. In: U. G. Cordani, E. Milani, A. Filho, D. Almeida Campos (eds.), *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro. 31st Intern. Geol. Congr., pp.: 381-386.
- Rapela C. W., Pankhurst R. J., Bonalumi A. A. 1991. Edad y geoquímica del pórfiro granítico de Oncán, sierra norte de Córdoba. Sierras pampeanas. Argentina. In: Congreso Geológico Chileno, 7, *Resúmenes ampliados*, pp.:19-22.
- Rapela C. W., Pankhurst R. J., Casquet C., Baldo E., Saavedra J., Galindo C., Fanning C. M. 1998. The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. In: Pankhurst R. J., Rapela C. W. (eds.), *The Proto-Andean Margin of Gondwana* Geological Society Special Publication, **142**:179-217
- Sureda R. J., 1978. Las vetas de plomo plata y cinc del Distrito "El Guayco", Provincia de Córdoba, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **33**(4):299-334.
- Tompson A. B., England P. C. 1984. Pressure – Temperature – Time paths of regional metamorphism II. Their inference and interpretation using mineral assemblages in metamorphic rocks. *J. Petrol.*, **25**:929-955.
- Trompette R. M., 1994. *Geology of western Gondwanaland 2000-500Ma. The Pan-African/Brasiliano amalgamation of South America and adjacent Africa*. Balkema, Rotterdam, 350p.
- Valeriano C. M. 1999. *A Faixa Brasília Meridional com ênfase no segmento da Represa de Furnas: Modelos de evolução tectônica*. Tese Livre Docência: Rio de Janeiro, Brasil, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 89 p.

Manuscrito TM-008

Recebido em 05 de novembro de 2002

Revisão dos autores em 12 de dezembro de 2002

Revisão aceita em 15 de dezembro de 2002