

## **Evolución geológica y nomenclatura pre-Gondwánica en el Noroeste de Argentina (1800-160 Ma) (\*)**

### **Geological evolution and pre-Gondwanic nomenclature in Northwest Argentina (1800 - 160 Ma)**

R. J. SUREDA y R. H. OMARINI

*Universidad Nacional de Salta y CONICET. Avda. Buenos Aires 177 A- 4400 Salta, Argentina  
rjsureda@unsa.edu.ar - omarini@unsa.edu.ar*

#### RESUMEN

Consideraciones paleogeográficas, geofísicas, estructurales, estratigráficas, petrológicas y metalogénicas convergen para delinear una visión actualizada sobre la evolución geológica de las comarcas del proto-Gondwana en el noroeste de Argentina. El basamento meta-sedimentario de la región alberga claras evidencias de la historia geológica proterozoica a partir de la fragmentación de Rodinia y Cabalonia, con la posterior integración paleozoica de microplacas litosféricas alóctonas sobre los núcleos arqueanos y eoproterozoicos de América del Sur. Se precisan las nomenclaturas y la aplicación del concepto de ciclo tectónico para nuestra columna estratigráfica en los términos geodinámicos de eventos iniciales distensivos y finales compresivos asociados con el ciclo de Wilson, esa parte menor e integrante del ciclo mayor de supercontinente que media entre Rodinia y Pangea.

*Palabras clave:* Noroeste Argentina. Tectónica de placas. Deriva continental. Magmatismo y diastrofismo en el Precámbrico Superior - Paleozoico. Nomenclatura geotectónica en los Andes Centrales.

#### ABSTRACT

The knowledge the peri-Gondwanian geology and paleogeographic connections as and integrate system with the Du Toit pioneer studies (Du Toit, 1937) are today widely accepted. Although the nature and evolution of the Gondwana composite continent and accretionary belt margins is now much better understood, even is matter of active research and debate.

From a general perspective of geodynamical evolution in the Central Andes, the nomenclature proposed by different researchers to describe the tectonic episodes in the region during the Proterozoic and the Palaeozoic have become rather heterogeneous. We propose a

---

(\*) A la memoria del **Prof. Dr. Bruno A. J. Baldis**, uno de los pioneros de las vinculaciones intercontinentales en los tiempos precámbricos y paleozoicos

simplified and actualistic tectonic nomenclature using the Uruaçu Cycle (1.3 Ga - 0.9 Ga in the pre-Rodinia supercontinent), the Pannotian Cycle (850 Ma - 500 Ma in the post-Rodinia supercontinent), the Gondwanian Cycle (500 Ma - 160 Ma in the pre-Pangea supercontinent) and the Andean Cycle 160 Ma at present (post-Pangea supercontinent) (Fig. 1).

*Keywords:* Northwestern Argentina. Plate tectonics. Continental drift. Late Precambrian-Palaeozoic geotectonics and magmatism. Geodynamical nomenclature in the Central Andes.

---

## EXTENDED ABSTRACT

There is not doubt that the first hand the knowledge the peri-Gondwanian geology and paleogeographic connections as and integrate system with the pioneer Du Toit's studies (Du Toit, 1937) are today widely accepted. Although the nature and evolution of the Gondwana composite continent and accretionary belt margins is now much better understood, even is matter of active research and debate (Bond et al., 1984, Hoffman 1991; 1999; Dalziel 1992; Omarini y Sureda 1993; 1999; Torsvik et al., 1996; Unrug 1996; 1997; De Wit et al., 1999; Scotese et al., 1999). At the present there is plenty of bibliography that develops different aspects of the geologic history in the proto-Gondwana margin of the northwest Argentina. Their basement showed a long period of geologic evolution that begins since 1,800 Ma ago. In this paper we point out the convenience to employ a categorized selection for the terminology in use assuming that there is no need to coin new words. It is important to adjust the tectonic nomenclature to the concept implicit in a supercontinent Cycle ~ 500 Ma span time that separate the Rodinia and Pangea supercontinents. So to describe the supercontinent tectonic history is necessary to take into account the existence of two hemicycles or Wilson cycles within the major supercontinental cycle, which identified successfully as break-up and accretional crustal cycles.

From a general perspective of geodynamical evolution in the Central Andes, the nomenclature proposed by different researchers to describe the tectonic episodes in the region during the Proterozoic and the Palaeozoic have become rather heterogeneous. In this paper we propose a simplified and actualistic tectonic nomenclature using the Uruaçu Cycle (1.3 Ga - 0.9 Ga in the pre-Rodinia supercontinent), the Pannotian Cycle (850 Ma - 500 Ma in the post-Rodinia supercontinent), the Gondwanian Cycle (500 Ma - 160 Ma in the pre-Pangea supercontinent) and the Andean Cycle 160 Ma at present (post-Pangea supercontinent) (Fig. 1).

### **The Pannotian Cycle (850 Ma to 500 Ma)**

During the fragmentation of Rodinia an ephemeral continent called Pannotia (Stump 1987; Dalziel 1992; Powell et al., 1995) was formed. It is possible to define here the Pannotian Cycle as a break-up tectonic hemicycle of the post-Rodinia supercontinent. The precise number shape and size of these slivers are unknown, but in an initial and broad view three main continental blocks can be defined as North Rodinia, Central Rodinia and South Rodinia between the proto-Pacific I Ocean rift and the proto-Brasilides Ocean rift. This concept includes all the tectonic and geodynamic episodes in the paleogeographic scenario of the Central-South Rodinia area (Caballonia and Katangan block) over almost 250 Ma (Omarini y Sureda 1999) (Fig. 2). This transitory continental entity gathered the Archean cratonic nuclei know as Amazonia, Avalonia, Florida, West Africa, San Luis, San Francisco, Nigeria-Benin-Haggar, East Sahara-Nile, Congo, Kalahari-Grunehognia, Rio de la Plata, Pampia and Caba. According to the standard Pannotia hypothesis its origin (850 - 750 Ma) from the Adamastor ocean closure (Hargroves et al., 1998; Maringa et al., 1998) and after the Katangan block history between 600 Ma - 550 Ma (Stanistreet et al., 1991; Wilson et al., 1997), was connected to the strong expansion of the Iapetus Ocean (> 30 cm/year) and the Neoproterozoic drift of Laurentia. The late paleogeographic reorganization centered on the San Francisco craton (see Sureda et al., 1999) involved the consumption of interocean ensialic basins to become the Brazilian and Panafrican orogens. The striking similarities between the Proterozoic sedimentary mobile belts (Fig. 3) and the ages of the basins closure is consistent with a global tectonic cycle which welded together the primitive Archean nuclei creating a wide continental landmass through the Neoproterozoic time. Therefore we suggest here the use of the Pannotian Cycle to gather all the tectomagmatic episodes that took place in the pre-Gondwanic regions of the South America and Africa between 850 to 550 Ma. The Brazilian or Panamerican cycle describes the tectonic episodes that took place in the flanks of the Archean and Early Proterozoic proto-Southamerican shields (Avalonia, Guyana, Amazonia, Ca-

ba, San Luis, San Francisco, Rio de la Plata and Pampia). The Panafrican cycle does the same with the Neoproterozoic orogens, which has flanked on all sides the Archean proto-African cratons (Florida, West Africa, East Sahara-Nile, Congo and Kalahari-Grunehogna).

In the Northwest Argentina the Pampean cycle (Aceñolaza y Toselli 1973; 1976), in its original definition only represent a geotectonic concept useful to define the Late Proterozoic reorganization of the western margin on the Amazonian-Pampean craton. This concept includes all the orogenic activities (i.e. deformation, metamorphism and magmatism) which culminating in the strong Tilcarian orogeny (535-520 Ma). According to Omarini y Sureda (1993) and Omarini et al. (1999) the consumption of this orogenic process is consequence of the accretion of a cortical microplate named Caba (Cuyania-Antofalla, Belen Arequipa), over the Amazonia-Pampia margin of Pannotia. The accretional history of Caba in the present region of the Central Andes is very similar to the dominating history in many Laurentian and proto-Gondwana sutures, which closed between 580 a 530 Ma. (Condie 1989; Faill 1997; Keppie and Dostal 1998; Omarini y Sureda 1993; 1999). Its is quite interesting to point out the scale magnitude implicit in the Proterozoic fragmentation of the Rodinia, a well-consolidate concept nowadays, impose the use of the tectonic terminology with worldwide scope. The extension of the Greenville belt, as a relevant signature of the supercontinent Rodinia, are present post its fragmentation 800 to 750 Ma in intermediate continental entities like: Sweeten, Laurentia, Catalina and Pannotia (Hoffman 1991; Mores 1991; Story 1993; Troika et al., 1996; Unrug 1997; Dalziel 1997; Weal et al., 1998). Cabalonia was an isolated continent dismembered during the Neoproterozoic time while Sweatina, Laurentia and Pannotia receive accretions and consolidating in the Gondwanian cycle until the Pangea final configuration (Omarini y Sureda 1999).

The view of a complete Wilson cycle, which starts in an extensional rifting overall the Rodinia supercontinent and finished with accretion sutures in the new crustal configurations, is a typical feature of the Pannotian Cycle. The suggestion of the Pannotian Cycle has several relative advantage over the terms Brazilian, Panafrican and Panamerican cycles, that has been coined in South America and Africa within a ancient geosyncline meaning (Krynine 1941; Aubouin 1965). Furthermore, it is convenient, in spite of accepting the priority of the Almeida nomenclature (1945). Besides the use of Stump postulation (1987) make it possible to gathered with geographical simplicity those tectonic event which used to fall under the figure of the Brazilian-Panamerican and Panafrican cycles. The Pannotian cycle cover some very meaningful times in the evolution of the life and very dynamic ones in the paleogeographic configuration of the Planet of the Late Precambrian-Eocambrian time.

#### *The Pampean Orogeny (580 - 515 Ma)*

We consider that the Pampean Orogeny in the North-western Argentina cover all the tectonic event happened in 45 Ma from the magmatic Tilcaric arc during the approximation of Caba against Pannotia (Amazonia-Pampia shield), up to the collapse of the Puncoviscana Orogeny. The U/Pb zircon ages ( $536 \pm 7$  and  $534 \pm$  Ma, Bachmann et al., 1987) of the Santa Rosa de Tastil and the Cañani batholites clearly show aphotectonic signature. In Pampean Ranges of the Cordoba and San Luis provinces, some postorogenic Tilcaric plutonites gives ages between 570 Ma up to 530 Ma as the El Pilon granite of  $532 \pm 4$  Ma (Rapela et al., 1998; Rapela et al., 1990; Lira et al 1996; Rapela and Pankhurst 1996; Sato et al., 1996; Sims et al., 1998). The plutons of the Sierras Pampeanas have a ranging ages between 570 Ma to 530 Ma and appear from the San Luis Range, Pancata and Realito Valley (Sato 1993; Llambías et al., 1996; Brogioni et al., 1994); up to Sierra Chica and in Sierra Norte de Córdoba (Pérez et al., 1996; Rapela and Pankhurst 1996) and Sierra de Ambargasta in the south of Santiago del Estero province. (Lira et al., 1996). This magmatism shows fairly well the effects of the Cambrian collision of Caba on the Amazonia-Pampia margin.

#### **The Gondwanian Cycle: (500 Ma - 160 Ma)**

The beginning of the Gondwanian tectonic history happens together with the gravitational collapse of the Pampean Orogeny ((535-515 Ma) on the already consolidated margin of Pannotia. We define the Gondwanian Cycle as an accretional tectonic hemicycle of the pre-Pangea supercontinent. Therefore we suggest here the use of the Gondwanian Cycle for involve all the tectomagmatic episodes that took place in the Gondwana regions of the South America and Africa in a

long time period of 350 Ma from the consolidation of the Gondwana continent up to the Pangea fragmentation. This concept includes all the tectonic and geodynamic episodes in the paleogeographic scenario of the Gondwana continental southern margin.

In Argentina, this name was used by Llambías et al. (1984) in a petrologic sense only to describe the magmatic activity in Northwestern of Patagonia during the Permo-Triassic times. In a tectonic way and in more large geographical context, Trouw and De Wit (1999) extend the concept to the “old orogeny activity (i.e. deformation, metamorphism and magmatic activity) along the margin of Gondwana in the Permo-Triassic time”. It is important point out that the nature and the evolution of this orogeny has been examined first by Du Toit (1937), who called it the Sanfrau Orogenic Zone. It implies today almost 25,000 km through South America, South Africa, West Antarctica and East Australia, as the Gondwanides Cordillera in the named southern Panthalassan margin of Gondwana.

The origin of Gondwana is a Palaeozoic event, which involve the amalgamation of the Western proto-Gondwana (Pannotia) and Eastern proto-Gondwana (Sweatina) continents. The timing of initial Gondwana configuration is related to the closure of the Mozambique Ocean. Nevertheless, the deformational events located in East Antarctica, Australia, Madagascar and Sri Lanka (Kuunga Orogeny) may indicate that parts of East Gondwana not fully assembled until the Late Cambrian - Early Ordovician (550 to 480 Ma in Shiraishi et al., 1994; Torvik et al., 1996; Grunow 1999; Hoffman 1999).

Based in current information at present day there are a generalized opinion that the Gondwana of Du Toit, acquired some continental terranes in the Paleozoic time, approximately 62 larger terranes (see Unrug 1997; Smith 1999). The proto Central Andes region of South America appears to have acquired Preme (Precordillera-Mejillonia, Omarini and Sureda 1994; 1999; Omarini et al., 1999) and Chilenia (Ramos et al., 1984). The some authors consider that the Preme fragment (reduced version of the extended Occidentalia continent of Dalla Salda et al. (1992) is a sliver separating of Laurentia (Ouachita Gulf) during the Cambrian time (Thomas 1991; Thomas and Astini 1996; Dalziel 1997; Rapalini and Astini 1998). However, Omarini et al. (1999), Omarini y Sureda (1999) think that Caba, Preme and Chilenia could be part of the intermediate Cabalonia continent during its fragmentation in the south part of Central Rodinia and the birth of the Iapetus ocean. It seems reasonable to accept the impossibility of Laurentian fragments in drift cross the high-speed middle Iapetus ocean ridge (over 30 cm/year). In the other way, the disintegrate Cabalonia continent have generated many crustal microplates in collision again the Laurentia and Pannotia margins.

In the Central Andes regions, the extensive dystrophic Iruyic phase ~505 Ma is related to the Pb-Zn-Ba sedex metallogeny (Sureda 1988; Sureda et al., 1989; Sureda and Martin 1990; Cheney 1991). This period includes the Cafayate granite of  $507 \pm 3$  Ma (Miller et al., 1991) and the Quebrada de Barranquilla migmatites, which are tightly bracketed by U/Pb zircon ages of  $509 \pm 1$  Ma -  $508 \pm 2$  Ma (Becchio et al., 1999).

#### *The Famatinian Orogeny (490 - 440 Ma)*

During the spreading of the Iapetus Ocean against the Gondwana proto-Central Andes littoral took place the accretion of Preme, with their passive margin in subduction beneath the active Caba border. The Preme approximation bearing to an Andean-type margin is in connection with the Guandacolic (~ 470 Ma) and Ocloyic compressive phases ~440 Ma. This episode is documented in the metamorphism and aphotectonic magmatism registered in Eastern Cordillera, Puna and Sierras Pampeanas. The chronology and geochemistry of the Famatinian magmatic arc shows two main groups with clear geodynamic meaning. The first group is represented by migmatites with subalkaline to calcalkaline range. They form a large and continuous magmatic belt outcropping in North Chile, West Puna and the Famatina Range (Palma et al., 1986; Koukharsky 1988). The outcrops following in Cachi, Cafayate, Quilmes, Ancasti, Fiambala, Los LLanos, Chepes, Ulapes and San Luis province (Lork et al., 1991; Sims et al., 1998). The second group of Famatinian migmatites are represented by calcalkaline batolithes and stocks outcrops in Cumbres Calchaquies, Ambato, Aconquija, Narvaez, and Nuñorco, Sañogasta, Malanzán, Paimán, Copacabana, Córdoba and San Luis ranges. The K/Ar ages are unsatisfactory but suggest an age range of 459 - 439 Ma (González and Toselli 1974; McBride et al., 1976; Llambías et al., 1991; Saavedra et al., 1998). This stage involve a major episode of the Late Ordovician plutonism and is broadly contemporaneous with the Ocloyic dystrophic phase, which close up the Famatinian Orogeny in the Northwest Argentina (Mpodozis et al., 1993; Omarini y Sureda 1994; Asti-

ni et al., 1996; Pankhurst et al., 1998; Rapela et al., 1998; Saavedra et al., 1998; Sims et al., 1998). The geotectonic unit named Famatinian Cycle by Aceñolaza y Toselli (1976) cover 240 Ma between the Iruyic (Upper Cambrian) up to the Chañic phases (Early Carboniferous). This long period is excessive for the recategorised here Famatinian Orogeny, which ranging between 470 Ma up to 440 Ma in close agreement with Sims et al (1998).

The compressional Ocolytic dystrophic phase has been the more important tectonic episode associated to the Famatinian Orogeny and was coeval with the crustal Preme docked. Its deformation processes show intensive folding and thrusting of the Early Paleozoic strata in the west region of Chile in comparison with the eastern foreland of the Subandean Range and the marine shelf deposits of the Precordilleran basin.

The Precordilleran dystrophic phase (Furque 1972; Furque y Cuerda 1979; Astini 1996) is equivalent to acidic phase of the Variscan Cycle used in Europe and Laurasia. In an informal sense, the word Precordillerean Cycle was also employed to describe the generalized aspect of the Paleozoic magmatism developed in Cordillera Frontal, Pampean Range, Precordillera, Famatinian Range, Subandean Range and Puna (Toselli 1992). In our opinion, the Precordillera dystrophic phase (420 - 410 Ma) is related to an epeirogenical uplift of the Precordillera with minor effects on the Cambro-Ordovician sedimentary sections, in agreement to Astini (1996).

#### *The Echlin Orogeny (400 - 300 Ma)*

The last sliver drifted into Iapetus Ocean against Gondwana has accreted in Late Devonian Early Carboniferous time. The major suite of calcalkaline plutonic activity reflects continuous continental magmatism linked to the approach of the Chilenia terrane (Ramos et al., 1984). This orogenic activity may be beginning to the emplacement of calcalkaline plutonic rocks of the Escalerilla granite, which U/Pb zircon age of  $403 \pm 6$  Ma (Sims et al., 1997), the Curaço granite in La Pampa province (Rb/Sr whole rock age of  $397 \pm 25$  Ma after Sato et al., 1996) and are correlative to the accretionary wedge identified by Ramos et al. (1996) as "Angaco belt" with  $395.7 \pm 0.2$  Ma, early stage of the Achalian Orogeny, named in this way by Sims et al. (1998).

The final process of the collisional Chilenia episode is connected with the climax of Achalian Orogenic in the compressional Chañic dystrophic phase (Turner and Méndez, 1975). The outcomes are manifest in the emplacements of the large syntectonic plutonic bodies as Paso del Rey and Río de la Carpa granites, in the San Luis province ( $391 \pm 9$  Ma and  $371 \pm 20$  Ma after Varela et al., 1994), Santa Rosa granite in the Ancasti range (K/Ar muscovite age  $373 \pm 10$  Ma after Linares y González 1990) and the shear zone in the San Luis range give a plateau ages of  $375 \pm 1$  Ma and  $366 \pm 2$  Ma after Sims et al. (1998). In the Cordoba ranges the Guamanes shear zone have a well defined plateau age on biotite with  $358 \pm 2$  Ma (Sims et al., 1998) and the Capilla del Monte granite have Rb/Sr isochronous age of  $337, \pm 2$  Ma (Rapela et al., 1998). In the Fiambalá Range, the Ratones granite have given a U/Pb zircon age of 335 Ma (Grissom et al., 1998). In the Northern Pampean Range, the plutonic complexes (i.e. Los Pinos, El Arenal and Sierra de Quilmes granites) have yielded K/Ar mineral ages between  $340 \pm 15$  up to  $305 \pm 10$  Ma (González and Toselli 1994; Toselli et al., 1978). The geochronological data above allow three major conclusions to be drawn. The first is that the older age lie near the accretional terrane and the younger belong to the progressive migration of tectomagmatic features eastward as a visible tectonic evolution in this collisional episode. The second is related to the meaning of Achala batholite in the Chañic magmatic arc almost 400 km away from the Chilenia subduction trench. Its whole rock age shows  $399 \pm 20$  Ma up to  $359 \pm 15$  Ma (Linares and González, 1990) and their uncertain geotectonic setting may be related to the initial spreading of the oceanic plates of the Panthalassa. At last the third comment could be linked to transtensional tectonism in an oblique convergence between one (or more) displaced terranes (Chiloé, Pichindanguí and Chañaral, in Ramos et al., 1986), here collectively named Chilenia, against the Gondwana margin in agreement with the shearing events in the Pampean Range's basement (Sims et al., 1998).

In the Central Andes, the magmatic activity appears in the Domeyko Cordillera (Davidson et al., 1985), in the Cordón de Lila (Chiquilchoro diorite U/Pb zircon age  $268 \pm 11$  Ma - Niemeyer 1989), in the Llullaillaco, Guanaquero, Chuculacuí, Río Grande plutonic complexes and the Aracar ignimbrite located in the southern Puna outcrop. The radiometric age of this magmatic group give ages of the  $282 \pm 7$  Ma (Gardeweg et al., 1993; Page y Zappettini 1998). In Frontal Cordillera

between Catamarca and San Juan provinces this magmatism is represented with tuffs and ignimbrites which have an dispersion of K/Ar ages an Rb/Sr isochrone age of  $283 \pm 15$  and  $264 \pm 1$  Ma (Llambías y Sato 1990).

### *The Sanfrau Orogeny (230 - 180 Ma)*

In the consolidate South America regions the Sanfrau Orogeny (Du Toit, 1937) start with huge volcanic effusion (Choiyoi Group - Groeber, 1946). This situation is no much different along the Panthalassan margin of Southern Gondwana. Similar magmatic activity is present in South Africa (Cape fold belt), Antarctica (Whitener and Pensacola Mountain Block and Marie Bird Land), Tasmania, Australia and New Zealand (for detailed reconstruction see Kay et al., 1989; Trouw and De Wit 1999; Turner 1999). This transregional magmatic activity is at present interpreted as a deformational episode (compressive-transpressive) located in the back arc region of a wide Andean type active margin developed along the Gondwanides Cordillera or the Sanfrau Orogenic Zone (De Wit, 1992; 1999).

The Middle Triassic sinrift basalt of the Cuyo basins (Ramos and Kay, 1991) predates the Gondwana fragmentation. The proto oceanic rifts associated to the opening of the India Ocean, first and the Atlantic Ocean afterward take place in the Middle Jurassic time. The evidence of the early rifting in the Central Andes of Peru and Bolivia are represented for migmatites outcropping in the south of the Titicaca lake, Tupiza and Tarabuco county with a range age of  $287 \pm 9$  Ma up to  $171.4 \pm 4.2$  Ma (Sempere, 1998). The closure of the Gondwanian Cycle is coeval with emplacement of the La Negra magmatic arc in the Northern Chile (~180-160 Ma.). This episode is whole accepted as the beginning of the Andean Cycle in South America (Aguirre et al 1974; Coira et al., 1982; González y Scheuber, 1997).

---

## INTRODUCCIÓN

Al presente existe una voluminosa bibliografía que desarrolla los diversos aspectos emergentes de la historia geológica y las conexiones paleogeográficas previas a Gondwana, concepto este último que emerge con los trabajos pioneros de Du Toit (1926; 1928 y 1937). En el ámbito andino actual de América del Sur, el interés de los investigadores no ha decaído desde los trabajos de Bond et al. (1984) y Ramos et al. (1984). La expectativa generada por las antiguas relaciones de los Andes Centrales con Laurentia se mantiene hasta nuestros días (Dalziel 1991; Dalla Salda et al., 1992; Omarini y Sureda, 1993; 1999; Benedetto, 1993; Unrug 1996 y 1997; Astini, 1998; Pankhurst y Rapela, 1998; De Wit et al., 1999; Omarini et al., 1999b; Scotese et al., 1999). De un modo progresivo, los modelos paleogeográficos postulados entre el Proterozoico inicial y el Carbonífero van aceptando las implicancias globales de la tectónica de placas, con sus secuelas de fragmentación, deriva continental y acreción. Estos acontecimientos han afectado al Altiplano-Puna, Cordillera Oriental, Sierras Subandinas, Sistema de Famatina, Precordillera y las Sierras Pampeanas. Omarini et al. (1999b) han interpretado la configuración paleozoica pre-gondwánica a partir de la destrucción de Rodinia, seguida por la fragmentación de Cabalonia, una efímera masa continental ubicada entre Laurentia y el bloque katangeano (Figs. 1 y 2). También han destacado la importancia de la

Formación Puncoviscana como portadora destacada del límite Precámbrico-Cámbrico en América del Sur.

En esta contribución se analizan los antecedentes sobre los diferentes episodios tectomagmáticos, estratigráficos, metamórficos y metalogénicos en la región durante el Proterozoico y el Paleozoico. Se propone una selección categorizada de vocablos para el glosario tectónico en uso, destacando que no es necesario acuñar nuevos términos. Tal vez como cabe esperar de los numerosos artículos provenientes de diversas disciplinas en un contexto histórico, los conceptos y la nomenclatura utilizadas hasta hoy adolecen de una visible inconsistencia. Sin embargo, se impone la necesidad de consensuar el empleo de ciertas definiciones que son básicas e ineludibles para avanzar en estos temas. Es importante ajustar los límites geocronológicos en los ciclos Pannotiano y Gondwaniano, a la geodinámica implícita en el ciclo del supercontinente (~ 500 Ma) con sus hemisiclos de fragmentación y acreción, los cuales guardan relación directa con la definición original del ciclo de Wilson (Fig. 1). De este modo, la historia tectónica en el noroeste argentino queda enmarcada por el Ciclo UraHuano (1,3 Ga a 0,9 Ga en la etapa acrecional de Rodinia), el Ciclo Pannotiano (850 Ma a 500 Ma en la etapa dispersiva post-Rodinia), el Ciclo Gondwaniano (500 Ma a 160 Ma en la etapa acrecional de Pangea) y el Ciclo Andino (160 Ma al presente, en la etapa dispersiva de Pangea) (Fig. 1). Asimismo se

consideran dentro de estos ciclos las orogenias como episodios tecto-magmáticos geográficamente localizados a la formación de cordilleras y arcos magmáticos en la dinámica propia de la tectónica global. El factor de escala es el adecuado a su extensión espacial y temporal. Se reconoce la Orogenia Pampeana con una duración aproximada de 65 Ma, la Orogenia Famatiniana que abarca aproximadamente 50 Ma, la Orogenia Achaliana con una duración inferior a los 100 Ma y la Orogenia de Sanfrau que se extiende por unos 50 Ma. Se observan fases diastróficas para describir los efectos deformacionales en campos de esfuerzos extensivos, transtensivos o compresionales en las unidades tectónicas mayores. La escala cronológica adoptada, para los episodios geológicos en los tiempos precámbricos y fanerozoicos, es la propuesta por Gradstein y Ogg (1996), Knoll (1996), y Bowring y Erwin (1998).

#### EL CICLO PANNOTIANO (850 MA - 500 MA)

Durante la ruptura y dispersión del supercontinente Rodinia, el nacimiento del océano Japeto (*Japetus*) y la consolidación de los orógenos post-Greenville en las comarcas de la ex-Rodinia austral, han generado una entidad continental transitoria denominada Pannotia (Stump, 1987; Dalziel, 1992; Powell et al., 1995), etimológicamente = *todo el mundo austral*. Se define el Ciclo Pannotiano para agrupar todos los episodios tectónicos que acontecieron durante la etapa dispersiva del supercontinente Rodinia en un lapso aproximado a los 250 Ma. El continente Pannotia reunió los núcleos cratónicos del Arqueano y el Proterozoico Inferior conocidos como Amazonia, Avalonia, Florida, África Occidental, San Luis, San Francisco, Nigeria-Benin-Haggar, Sahara Oriental-Nilo, Congo, Kalahari-Grunehognia, Río de la Plata, Pampia y Caba (Fig. 3). En este proceso desaparece la unidad continental intermedia de Cabalonia, ubicada entre Laurentia y Pannotia (Omarini et al., 1999b). El lineamiento proto-Japeto Sur evoluciona a una dorsal meso-oceánica de alta velocidad, (> 30 cm/año) ubicada entre la ribera austral del Hatteras *terrane* y el litoral septentrional de Chileña. Así, el origen de Pannotia, entre 700 y 650 Ma, esta ligado a la fuerte expansión de Japeto, al cierre del Océano de Adamastor y a la rápida deriva neoproterozoica de Laurentia (Hargraves et al., 1998; Maringa et al., 1998; Stanistreet et al., 1991; Wilson et al., 1997)

El llamado Ciclo Pampeano ha sido definido a comienzos de los años '70, precisamente en las comarcas del noroeste argentino (Aceñolaza y Toselli, 1973; 1976), para marcar el fuerte contraste tectosedimentario intra-

cámbrico representado por la notable discordancia angular existente entre el basamento leptometamórfico de la Formación Puncoviscana (Turner, 1960) y las areniscas hortocuarcíticas de plataforma que integran el Grupo Mesón (Turner, 1960), asignadas al Cámbrico Medio y Superior. La base de la columna estratigráfica de la región, desde el punto de vista tectónico dominante en aquellos años, quedó dividida en una unidad inferior o Ciclo Pampeano y una unidad superior o Ciclo Famatiniano, que los autores extendieron hasta el Devónico Superior, en un cierre asociado con otra importante discordancia de carácter regional. Los autores no establecieron relaciones supraregionales a una escala más amplia con otras comarcas sudamericanas y con otras unidades geotectónicas muy similares, de edades análogas, unidades propuestas para esta fecha por otros investigadores. A saber: el Ciclo Brasileño de Almeida (1945; 1968; 1971; 1978 a,b; Almeida et al., 1976) y el Ciclo Panamericano de Harrington (1972; 1975). Por lo demás, es bastante obvio que todas estas unidades se han propuesto desde un marco teórico validable presidido por la teoría geosinclinal y su corolario de fijismo continental relativo. De esta manera, responden al concepto de rasgos tectónicos mayores y comunes en un ámbito geográfico extenso, rasgos heredados de una evolución o ciclo geosinclinal en el sentido de Krynine (1941) y Aubouin (1965).

Las relaciones intercontinentales en el proto-Gondwana se complementan con la definición del Ciclo Panafricano (Kennedy, 1964; Caby et al., 1981; Caby 1987; Plumb y James, 1986) cuyos cinturones orogénicos cruzan las comarcas centrales de África entre los 990 a los 500 Ma., con una proyección directa a las áreas proterozoicas del Brasil. Luego, Unrug (1996) ha redefinido la extensión del Ciclo Panafricano entre los 750 a los 530 Ma, en correspondencia con los episodios geológicos propios de la tectónica de placas, asociados con el desmembramiento de Rodinia. Las partes de estas alineaciones orogénicas mayores yacen hoy en ambos lados del Atlántico. Así, el cinturón móvil y fracturado de Paraguai - Araguaia (Pará, en Brasil) se continúa en los orógenos de los Rockelides, Basarides y Mauritánides (en Senegal y Mauritania); o el lineamiento tectónico de Rio Preto y Pompeu (Piauí y Ceará en Brasil) tiene correspondencia con los cinturones móviles de Dahomey, Gourma, Adrar-Desiforas, Pharusian y Ougarta (en Nigeria, Níger y Argelia); los cinturones móviles de Borborena y Serguipé (Rio Grande do Norte, Paranaíba y Pernambuco, en Brasil) se prolongan en la cuenca de Oubanguide (en Camerún y República Centroafricana); también los cinturones móviles de Don Feliciano, Ribeira y Rio Doce (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Sao Paulo y Minas Ge-

1	2	3	4	5
Eón, Periodos y Edades	Tiempo Maíse	Ciclos Tectónicos, Orogénias y Fases Diastólicas	DESCRIPCIÓN DE EVENTOS	C.S.C.
PRESENTE ↑	-142	CICLO ANDINO ↑	— Emplazamiento arco magnético La Negra	E D P
JURASICO	-160		<b>SUPERCONTINENTE I - PANGEA</b>	P
TRIASICO	-205		← <b>OROGENIA SANFRAU</b>	
PERMICO	-248		— Comienza el magmatismo Choiyoi, intracortical, ácido y calcoalcalino	
CARBONIFERO	-290		— Intrusión de granitos aptecénicos peraluminosos a metaluminosos.	
DEVÓNICO	-354	← FASE CLÁSICA →	— Colapso del orógeno chálitico - achilano.	
SILÚRICO	-417	← FASE PRECORDILLERANA →	— <b>ACRECIÓN DE CHILENIA A GONDWANA</b>	
	-443	← FASE OCÉANICA →	— Magmatismo sintectónico y colisional. Obducción del piso oceánico.	
ORDOVÍCICO	-480	← FASE GUANDACOLICA →	— Intrusión de granitos subalcalinos y peraluminosos.	
	-495	← FASE IRUVICA →	— Provincia sedimentaria ferrifera litoral (menas colíticas o minotés).	
CÁMBRICO	-500		— Magmatismo inicial toleítico y riolítico.	
	-535	← FASE TILUAMICA →	— Colapso del orógeno farafimiano.	
PROTEROZOICO	-545		— <b>ACRECIÓN DE PREME A GONDWANA</b>	
	-850		— Depósitos polimetálicos (W, Au, Cu, Pb, Zn, Fe, Sb, As).	
	-900		— Granitoides metaluminosos sintectónicos.	
	-1000		— Formación y apogeo del arco magnético farafimiano.	
	-1300		— Inicio de la metalogéna del oro paleozoico (Au, Fe, As).	
	-1800		— Volcanismo alcalino y subalcalino en las sedimentitas marinas.	
	-2000		— Sedimentación del Grupo Santa Rosita.	
			— Depósitos sedex iniciales (Pb, Zn, Ba).	
			— Sedimentación de plataformas silíceoalísticas (Grupo Mesón).	
			— Colapso del orógeno de Puncovicana	
			— <b>ACRECIÓN DE CABA A PANNOTIA</b>	
			— Cuencas de retroarco con plataformas carbonáticas.	
			— Magmatismo toleítico a calcoalcalino. Intrusión granitoides.	
			— Aproximación del terrazo CABA a Pannotia. Comienza el arco magnético tilítico bajo Puncovicana y Pampia.	
			— Márgenes continentales pasivos con formación de cuencas oceánicas y desarrollo de magmatismo OIB.	
			— Fragmentación de Cabalonia.	
			— Continúa la deriva divergente entre Laurentia y Pannotia.	
			— <b>ORIGEN DE JAPETO</b> — Sedimentación y magmatismo aenitil	
			<b>LAURENTIA + CABALONIA + PANNOTIA</b>	
			— Orógeno y sutura entre Río de La Plata - Pampia.	
			— Formación del arco magnético Córdoba - Paraguay.	
			— Riflogénesis inicial → <b>FRAGMENTACION DE RODINIA</b>	
			<b>SUPERCONTINENTE II - RODINIA</b>	
			— Cinturón de gneiss y metamorfitas del orógeno Grenville.	
			— Orógenos en la plataforma sudamericana alrededor de núcleos arcaicos (Orogénias Kibarcana, Espinozana y Rondontana - Orogéno Río Negro)	
			— Zarcos detriticos transamazónicos en el basamento del NOA.	
			— Tectónica de microplacas, flujo térmico elevado, régimen dinámico tangencial, cinturones de rocas verdes (secuencias supacorticales)	
				ETAPA ACRECCIONAL DE RODINIA
				ETAPA DISPERSIVA POST-RODINIA
				ETAPA ACRECCIONAL DE PANGEA



rais, en Brasil) se continúan con las cuencas africanas de Kaoko, Damara, Lufilian y Zambezi (en Angola, Namibia, Zambia y Tanzania); y el cinturón de Yaminué-Nihuel Niyeu, al sur del cratón del Río de la Plata, conecta en Africa con los cinturones móviles de Gariep y Soldania (en Sudáfrica) (Herz et al., 1989; Baldis et al., 1993; Caminos et al., 1994; Chernicoff y Caminos, 1996 a,b; Dürr y Dingeldey, 1996; Unrug, 1996) (Fig. 3). El inicio del Ciclo Panafricano también está asociado con la fractura y dispersión de los cinturones del Greenville (1,1 Ga a 0,9 Ga) que soldaban los núcleos arqueanos y eoproterozoicos de Rodinia. Esta riftogénesis acontece y se completa, tanto en Africa como en la plataforma sudamericana, entre los 800 a los 750 Ma (Porada, 1989; Torsvik et al., 1996; Unrug, 1997). El actual lineamiento Aconquija-Paraguay ya habría sido activo en esos tiempos (Baldis, 1985; Baldis et al., 1992) separando los cratones Amazonia y Río de la Plata (Omarini et al., 1999b).

El Ciclo Brasileño en su acepción original (Almeida, 1945; 1968) sólo representaba un concepto geotectónico útil para definir las cuencas pericratónicas en el Mato Grosso y en el centro-oeste de Brasil que albergan rocas sedimentarias deformadas en orógenos más jóvenes. Posteriormente, Almeida extiende este concepto a todos los cinturones móviles que envuelven a los núcleos arqueanos y eoproterozoicos de la plataforma sudamericana, cinturones cuyas edades oscilan entre 900 a 570 Ma (Almeida, 1971; Almeida et al., 1976). Más tarde, Almeida (1978 a,b) incluye unidades orogénicas del Fanerozoico, hasta los 450 Ma. Mucho más tarde, Brito Neves y Cordani (1991) acotan mejor el concepto de Ciclo Brasileño al disponer de un número considerable de dataciones radiométricas, ubicando nuevamente sus límites desde 1,0 Ga - 0,9 Ga hasta 580 Ma - 560 Ma. Es muy interesante señalar que las edades más jóvenes de 500 Ma para el Ciclo Panafricano en Africa (Caby et al., 1981) y de 450 Ma para el Ciclo Brasileño en Brasil (Almeida, 1978a) han registrado eventos magmáticos alcalinos en ambientes distensivos o de riftogénesis que pertenecen al inicio del ciclo geotectónico siguiente, tanto en el Sahara como en

Jacadiño. Estas rocas son coetáneas con el Ciclo Famatiniano en América del Sur. Hacia 1972, en su conferencia de apertura al V Congreso Geológico Argentino en Carlos Paz, Harrington postuló una extensión entre 900 Ma a 550 Ma para el ciclo Panamericano, que luego redefine entre 700 Ma hasta 500 Ma (Harrington, 1975). En ambas circunstancias, el concepto pretendió abarcar el conjunto de cinturones orogénicos de la plataforma sudamericana, con 11.500 km de longitud, que envuelven los núcleos cratónicos del Precámbrico Medio e Inferior con rocas plutónicas y metamórficas deformadas, rocas que ya disponían de una discreta cantidad de dataciones Rb/Sr y K/Ar al promediar los años '70, con cierto peso para su tratamiento estadístico. Hacia esta época se advierte también el ingreso del nuevo paradigma de la tectónica de placas y el ahora ortodoxo concepto de ciclo de Wilson, que se aplican por primera vez, con su mecánica de apertura y cierre en las unidades geotectónicas, al orógeno Caledónico-Apalachiano (Dewey, 1969; Bird y Dewey, 1970).

El concepto de Ciclo Pampeano nace en 1973 como un corolario de los descubrimientos de icnoformas fósiles vendianas en la Formación Puncoviscana del noroeste argentino (Mirre y Aceñolaza, 1972; Aceñolaza, 1973), hoy precisadas como nemakitianas - daldynianas (Narbonne et al., 1994; Kaufman et al., 1997; Hoffman et al., 1998; Seilacher et al., 1998; Bowring y Martin 1999). Antes, este basamento leptometamórfico siempre había sido considerado como precámbrico, desde Burmeister (1876) y Brackebusch (1891) a Turner (1972). El cierre del Ciclo Brasileño propuesto por Almeida (1971) hacia los 570 Ma imponía, a juicio de los autores del Ciclo Pampeano, una unidad tectónica diferente para la columna estratigráfica por debajo de la gran discordancia angular sobre la cual apoyan los estratos del Paleozoico Inferior en el norte de Argentina. La necesidad de extender el cierre a los tiempos fanerozoicos fue casi una motivación exclusiva para su postulación sobre otras posibles consideraciones, a tanto que aquella elemental sobre el comienzo del ciclo ha permanecido largamente indefinida. Así, cuando Al-

Figura 1. Gráfico esquemático con los principales episodios geológicos acontecidos durante el lapso que media entre los supercontinentes Rodinia y Pangea, desde la perspectiva de los Andes centrales de América del Sur. Su influencia en la historia geológica de las regiones noroccidentales de la República Argentina. En la columna 2: s.e. = sin escala. En la columna 5: E.S.C. hace referencia a la geodinámica implícita en el ciclo del supercontinente (500 Ma) con sus hemicyclos de fragmentación y acreción. P = Pangea. E.D.P. = Etapa dispersiva de Pangea.

Figure 1. Schematic diagram showing the major geological episodes at the Rodinia - Pangea supercontinents interval, from a central Andean perspective. Implications for the Precambrian and Paleozoic geologic history of NW-Argentina. In 2 s.e. = not to scale. In 5 E.S.C = Supercontinent cycle; Concept referred to supercontinent tectonic history (500 Ma) with its hemicycles of fragmentation and assemblage.

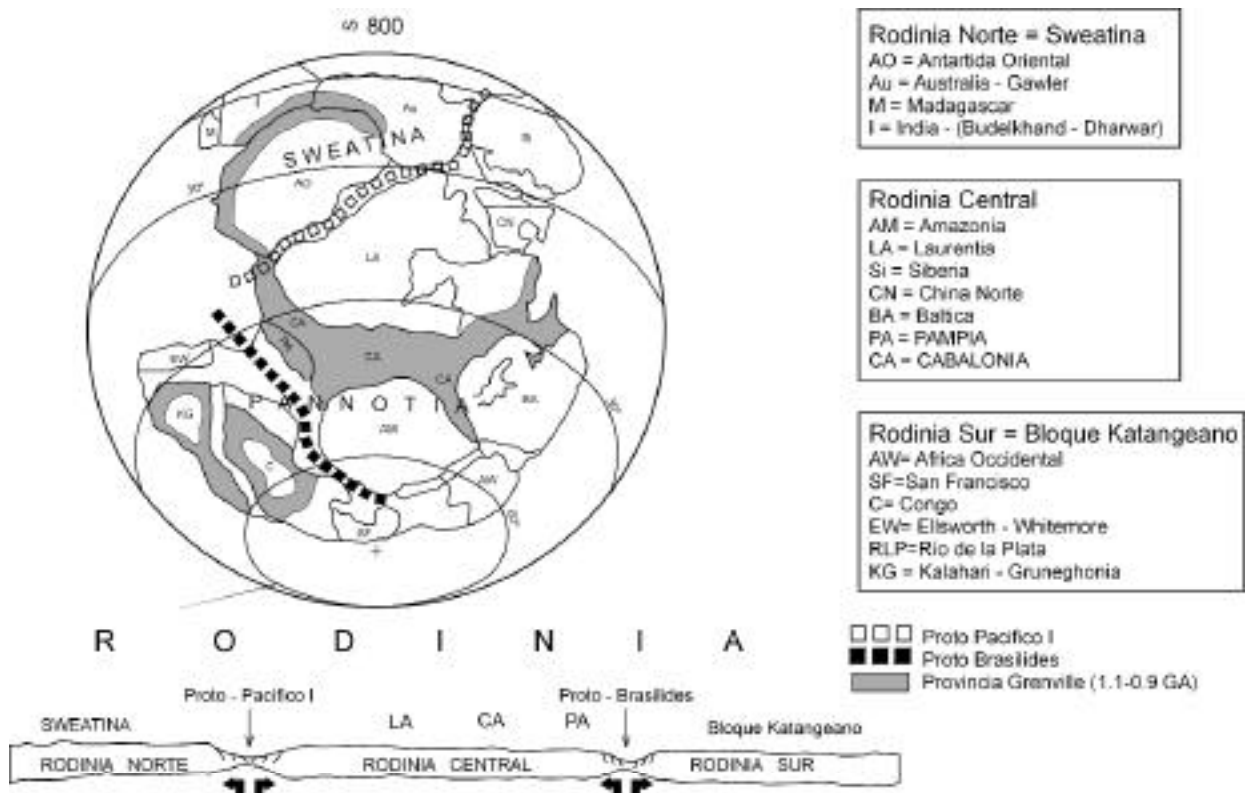


Figura 2. Reconstrucción paleogeográfica del supercontinente Rodinia hacia circa 850 Ma (modificado de Torsvik et al., 1996), previo a la formación de los océanos Pacífico I y Brasilides. En gris se indica (Omarini y Sureda, 1999) la distribución de las rocas pertenecientes al orógeno Grenvilliano (1.0 - 0.9 Ga).

Figure 2. Paleogeographic reconstruction of the hypothetical supercontinent Rodinia (850 Ma) (modif. from Torsvik et al., 1996), beside to the Pacific I and Brasilides oceans formation (after Omarini and Sureda, 1999). In pale grey: global Grenvillian orogeny (ca 1000 Ma).

meida (1978a; 1978b) lleva el cierre del Ciclo Brasiliano a los 450 Ma, virtualmente colapsa la única justificación para el uso del vocablo Pampeano sobre el Brasiliano frente a las normas de prioridad establecidas. Cabe advertir que ambos términos se encuentran fuera de la escala adecuada para el marco de referencia actual. Han sido postulados desde problemas locales bastante específicos para derivar sin adaptación posible al uso generalizado que exige el nuevo paradigma. El factor de escala y la pertinencia geográfica del término acuñado resultaron inadecuados. La investigación geocronológica de las dos últimas décadas también documentó la existencia generalizada de eventos magmáticos y metamórficos vinculados a las orogenias Famatiniana y Achaliana en el basamento de las Sierras Pampeanas. Esta circunstancia ha contribuido a vulnerar de un modo fatal el acierto de aquella nominación. La asimetría en el comportamiento tectónico entre la plataforma sudamericana y su margen continen-

tal activo proto-Pacífico, frente al desmembramiento del supercontinente proterozoico, sería así la responsable de las insalvables diferencias desde la antigua óptica geosinclinal de la distribución de las molasas pericratónicas. Hoy sabemos que aquellos geosinclinales se localizan en posiciones diferentes frente a los *terrane*s de acreción y a la dinámica de las placas en movimiento. Sea por el factor de la escala o por sus límites geodinámicos en el ambiente central de la plataforma sudamericana, el ejemplo de la Orogenia Río Doce es de un episodio extendido hacia el Fanerozoico, pero localizado en el sur del Brasil (Campos Neto y Figueiredo, 1995). El problema de la escala implícito en la fragmentación proterozoica de Rodinia, un concepto actualmente bien consolidado, aconseja el empleo de vocablos tectónicos con alcance adecuado a las dimensiones de los orógenos deformados, de modo que puedan facilitar la descripción de esas relaciones. La dispersión en el extenso cinturón Grenville de Rodinia

puede involucrar entidades continentales intermedias como Sweatina, Laurentia, Cabalonia y Pannotia, entre los 800 Ma a los 500 Ma (Fig. 2) (Hoffman, 1991; Moores 1991; Storey, 1993; Unrug, 1997; Dalziel, 1997; Weil et al., 1998; Hoffman, 1999). Cabalonia es un microcontinente que se desmembra en tiempos neoproterozoicos, mientras Sweatina, Laurentia y Pannotia reciben acreciones y se consolidan en tiempos paleozoicos hasta configurar Pangea. La historia acrecional de Caba (la microplaca tilcárica compuesta por Cuyania, Antofalla, Belén y Arequipa) en las actuales comarcas de los Andes Centrales, es muy parecida a la historia general dominante en muchas suturas laurentianas y proto-gondwánicas que cierran entre 580 Ma y 530 Ma (Condie, 1989; Faill, 1997; Keppie y Dostal, 1998; Omarini y Sureda, 1993; 1999). La visión de un ciclo completo de Wilson se inicia aquí en un ambiente extensional de riftogénesis fragmentando el supercontinente Rodinia, sigue con insulación y orogenia en los cinturones ensiálicos, para finalizar con deriva de microplacas y suturas de acreción en las nuevas configuraciones de corteza. Estos rasgos de la época se reconocen de un modo fragmentario en los continentes actuales, pero permiten definir el concepto neoproterozoico-eocámbrico de Ciclo Pannotiano. El Ciclo Panamericano describe los episodios tectónicos acontecidos en las unidades neoproterozoicas del proto-Gondwana sudamericano (Guyana, Amazonia, Caba, San Luis, San Francisco, Río de la Plata y Pampia) en el lapso indicado, con la ajustada propiedad con la cual el Ciclo Panafricano hace lo propio en el proto-Gondwana africano (Africa Occidental, Sahara Oriental-Nilo, Congo, Kalahari-Grunehogina) (Porada, 1989). No obstante es evidente que la gran unidad geológica y paleogeográfica subyacente entre ambos aconseja utilizar el término Ciclo Pannotiano para ese continente en aquellos tiempos, en un sentido muy próximo al propuesto por Stump en 1987. Las descripciones en escalas de mayor detalle aconsejan la definición de orogenias y fases diastróficas, según el caso, que se corresponden en el tiempo y el espacio con la generación de arcos magmáticos y los campos de esfuerzos sobre los objetos deformados.

Una evolución geológica definida se advierte en el basamento de la Formación Puncoviscana del norte de Argentina a partir de un régimen tectónico extensional, que cambia hacia un desarrollo activo de placa continental en proceso de subducción, para culminar con un orógeno y una sutura de acreción cortical, dentro de un sistema netamente compresivo (Fig. 6). La información geoquímica de las rocas acompaña esta interpretación con sus modelos petrogenéticos (Omarini y Sureda, 1993; Omarini et al., 1999a-b; Omarini y Sureda, 1999), circunstancia que

tiene una buena correspondencia con análisis similares efectuados en otras cuencas leptometamórficas apareadas junto al viejo cinturón Greenville del supercontinente (Goldberg et al., 1986; Dalmeyer, 1989; Keppie, 1989; Murphy et al., 1990; Kumarapeli, 1993; Seymour y Kumarapeli, 1995; Keppie y Dostal, 1998). La información geofísica global paleomagnética (McWilliams, 1981; Piper, 1982; van der Voo, 1988; Torsvik et al., 1996; D'Agrella et al., 1998; Evans, 1998; Lefort, 1998; Weil et al., 1998; Grunow, 1999) y la sísmica sumada a la del campo residual gravitatorio en los Andes Centrales (Götze et al., 1988; 1994; 1996; Strunk 1990; Gangui y Götze, 1996; Götze y Kirchner, 1997; Gangui, 1998), también es coherente con esta evolución. Estos datos admiten una interesante comparación con aquellos obtenidos en otras comarcas de la ex-Rodinia (Chapin, 1981; Muller y Chapin, 1984; Costain et al., 1989).

La paleogeografía neoproterozoica nos muestra una unidad continental transitoria, Pannotia (Stump, 1987; Dalziel, 1992; Powell, 1995; Torsvik et al., 1996), edificada con los fragmentos australes de Rodinia que amalgaman una masa cratónica considerable (Guyana-Amazonia, Pampia, Río de la Plata, Congo, San Francisco, Africa Occidental y Kalahari) (Fig. 3). Por su parte, Laurentia comienza a migrar en rotación hacia latitudes boreales a partir de un *rift* exitoso, *rift* que será el origen del océano Japeto (*Japetus*), dominante en tiempos paleozoicos. En una comparación de *rifts* protoceánicos, quizás la mayor diferencia visible entre la generación meso-cenozoica del Atlántico y el origen de Japeto estriba en la rapidez con la cual la joven placa oceánica de Japeto fue capaz de habilitar arcos insulares y márgenes continentales activos contra el litoral eopaleozoico de Pannotia y Laurentia. Ello nos habla del fuerte régimen térmico y la elevada cinética de las placas fragmentadas de Rodinia (> 30 cm/año) frente a los márgenes pasivos atlánticos generados durante la fragmentación de Gondwana (con velocidad decreciente de 5 a 1 cm/año). Así, la historia en el perímetro paleozoico de Japeto adolece todavía de algunos puntos oscuros, con la posible existencia de placas menores o microcontinentes perdidos, postulados por diferentes autores en intentos de superar ciertos problemas, puntuales o no, de la geología o la bioestratigrafía. Son los casos de Pacífica, Llanoria, Texas, Occidentalia o Guillermo Thomasia por mencionar algunos ejemplos (Burckhardt, 1899; Dumble, 1920; Thomas, 1991; Dalla Salda et al., 1992; Thomas y Astini, 1996).

Hoy se acumulan los indicios sobre la existencia de protolitos Greenville, reciclados en las unidades litoestratigráficas más jóvenes de Laurentia y Pannotia, desde Los

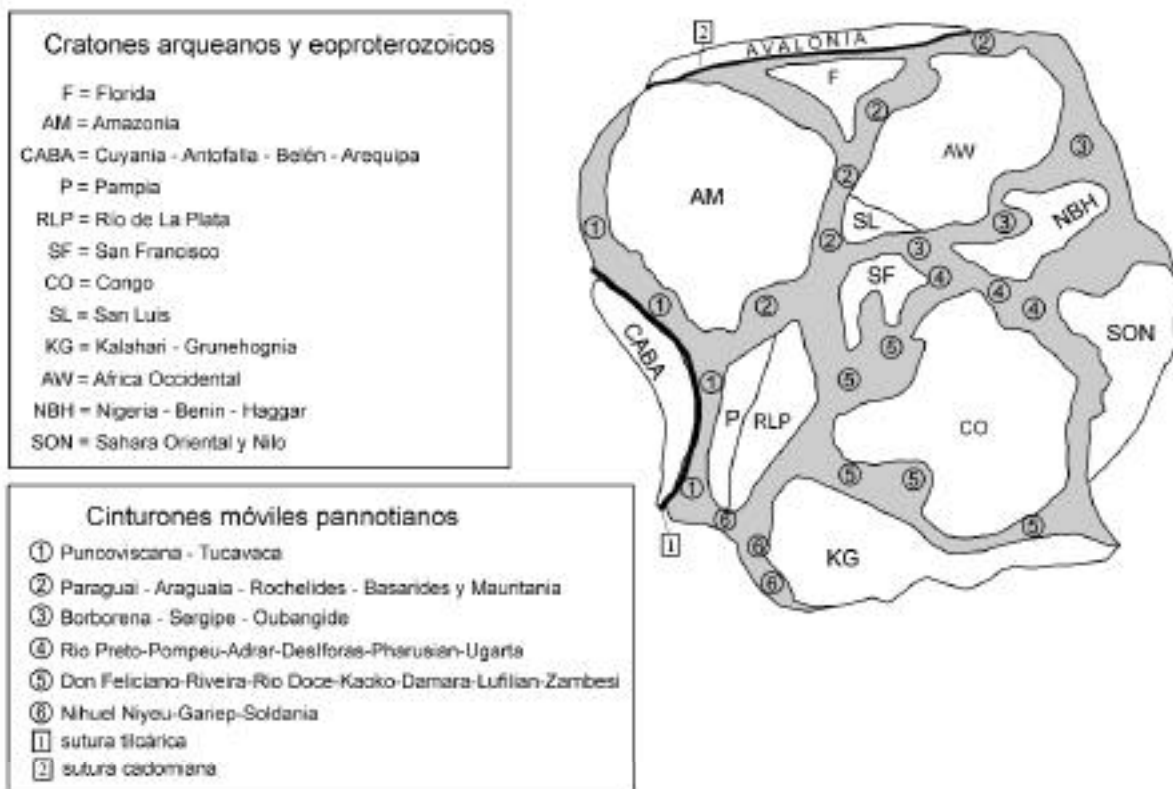


Figura 3. El continente Pannotia a los 530 Ma. Distribución de los orógenos pannotianos entre los núcleos cratónicos arqueanos y eoproterozoicos. Acreción de la microplaca Caba y traza de la sutura tilcárica en el retroarco de la región andina actual.

Figure 3. The Pannotia continent at 530 Ma. Configuration of the main Pannotian orogenic belts between the Archean and Eoproterozoic cratonic shields. Accretional collision of the Caba microplate and outlining of the Tiltarian suture in the present Andean back arc.

Andes de Colombia, el Norte de Chile hasta la Precordillera argentina (Abbruzzi et al., 1993; McDonough et al., 1993; Loske, 1995; Kay et al., 1996; Restrepo-Pace et al., 1997; Wilke et al., 1997; Vujovich y Kay, 1998). Incluso asoman directamente granulitas y rocas metamórficas de edad greenviliana en la sierra de Umango, con  $1030 \pm 30$  Ma, en la sierra de Valle Fértil, con  $963 \pm 86$  Ma (Varela et al., 1996) y en la diorita de Las Matras, del sector suroriental del bloque de San Rafael, con  $1.212 \pm 47$  Ma,  $1.178 \pm 47$  Ma y  $1.063 \pm 106$  Ma, con extremos entre 869 (17 Ma mediante K-Ar hasta 1.734 Ma mediante Nd-Sm (Basei et al., 1998; Sato et al., 1998; 1999b; Cingolani y Varela, 1999; Melchor et al., 1999), aunque no en la magnitud que demuestran los afloramientos de los terrenos Greenville laurentianos en América del Norte (Mosher, 1998). La propuesta del ciclo Pannotiano conlleva varias ventajas relativas sobre los vocablos Pampeano y Brasiliiano utilizados en América del Sur y es conveniente pese a reconocer la prioridad de la nomenclatura acuñada por Almeida (1945). Además, el uso de la postulación de

Stump (1987) permite reunir, con geográfica naturalidad, aquellos eventos tectónicos amparados previamente bajo la figura de los ciclos Panamericano y Panafricano a ambos lados del actual océano Atlántico. El Ciclo Pannotiano abarca unos tiempos muy significativos en la evolución de la vida y muy dinámicos en la configuración paleogeográfica del planeta, durante el Precámbrico Superior al Eocámbrico inclusive.

### La Orogenia Pampeana (580 - 515 Ma)

La Orogenia Pampeana cubre los eventos tecto-magmáticos que acontecen durante la aproximación de la microplaca Caba contra el litoral de Pannotia (Amazonia-Pampia) desde la configuración del arco magmático tilcárico, en un lapso algo inferior a los 70 millones de años, hasta el colapso del orógeno de Puncoviscana en el noroeste argentino. La existencia de edades radiométricas sobre circón detrítico, documentadas en el basamento lep-

tometamórfico de la Formación Puncoviscana, registra una amplia dispersión con poblaciones contrastadas entre 1800 Ma (Pb/Pb) a 550 Ma (U/Pb) (Lork et al., 1990). El significado de los valores más antiguos representa la erosión de metamorfitas pre-greenvilianas insertas en el supercontinente Rodinia, metamorfitas que habrían pertenecido a un orógeno transamazónico. Las variadas herencias sedimentarias recibidas en la cuenca de Puncoviscana durante su desarrollo, entre 750 y 540 Ma, culminan con los circones liberados del arco magmático inicial que precedió a la consolidación del orógeno tilcárico. El registro U/Pb en los circones de las rocas plutónicas en Santa Rosa de Tastil y Cañaní, intrusivos de clara filiación apotectónica, es de  $536 \pm 7$  Ma y  $534 \pm 9$  Ma (Bachmann et al., 1987), respectivamente y representan el cierre de la orogénia Pampeana en el Norte de Argentina.

En las comarcas del noroeste argentino, el apogeo de Pannotia acontece con la acreción de la microplaca cortical Caba sobre el litoral Amazonia-Pampia de Pannotia, durante la Fase Tilcárica del Ciclo Pannotiano (Figs. 1-3). El contraste de estilos estructurales entre el basamento polideformado bajo la discordancia tilcárica y la cubierta paleozoica suprayacente es muy acentuado (Aceñolaza y Toselli, 1973; Turner y Mon 1979; Omarini y Sureda, 1993; Hongn, 1996). En el Norte, la sutura tilcárica entre Caba y Pannotia (Omarini et al., 1999b) coincide con el frente Púnico (Salfity et al., 1975). Hacia el Sur, su traza separa el Sistema de Famatina de las Sierras Pampeanas centrales y se puede seguir en forma muy aproximada hasta las Sierras Pampeanas de San Luis en una línea submeridiana de milonitas y tectonitas (Pérez et al., 1991; López y Toselli 1993; López et al., 1996), ubicada al Oeste de los afloramientos del arco magmático tilcárico (Sureda et al., 1999). Los plutones de las Sierras Pampeanas centrales que registran edades entre 570 Ma a 530 Ma (Rapela et al., 1990; Lira et al., 1996; Rapela y Pankhurst 1996; Sato et al., 1996; Sims et al., 1998), documentan de un modo aceptable los efectos de la colisión cámbrica de Caba.

La corteza oceánica del *terrane* Caba habría subducido bajo el litoral de Pannotia en condiciones bastante diferentes al Norte y al Sur del actual lineamiento COT (Calama-Olacapato-El Toro) (Fig. 6). El arco magmático tilcárico, en el tramo que se extiende desde el complejo granítico de Santa Rosa de Tastil a la frontera con Bolivia en los plutones de Cañaní-Rejará, se habría desarrollado como arco de islas sobre zócalo oceánico o corteza continental atenuada bajo la cuenca de Puncoviscana. Aquí, la zona de Wadati-Benioff pudo subducir con un ángulo relativamente alto y el arco no estaría muy lejos de la fosa.

Está formado por plutonitas calcoalcalinas, que varían de metaluminosas a peraluminosas y emplazan en la corteza normal que integra el sustrato de la Formación Puncoviscana del Norte argentino (Omarini et al., 1999a). En el tramo austral, el arco magmático tilcárico habría penetrado la corteza continental engrosada de Pampia, formando un rosario de afloramientos de tonalitas, granodioritas metaluminosas y trondjhemitas. La placa subduce con baja angularidad y el arco se encuentra a no menos de 500 km de la fosa, en las comarcas de las Sierras Pampeanas centrales (Fig. 6). Sus plutonitas asoman desde la sierra de San Luis, valle de Pancata y Realito (Sato 1993; Llamblás et al., 1996; Brogioni et al., 1994); continúan en la sierra Norte de Córdoba hasta la sierra de Ambargasta en el Sur de Santiago del Estero, con edades K-Ar de  $567 \pm 16$  Ma (Lira et al., 1996; Koukharsky et al., 1999). En las Sierras Pampeanas Septentrionales de los nevados de Cachi podría haber quedado un relicto del arco boreal con edades entre 600 y 550 Ma (Galliski y Linares, 1999).

Los movimientos sobre las fallas transcurrentes de COT durante el Fanerozoico (Baldis, 1985), habrían arrastrado al Oeste un terreno cristalofílico más antiguo, de zócalo continental, que ha sido denominado Formación Candelaria en el sector suroriental de Salta (Omarini et al., 1999b; Sureda et al., 1999). Es el límite oriental de la cuenca Puncoviscana bajo la forma de una fuerte anomalía residual de gravedad (Götze et al., 1994) y representa una porción segmentada de la corteza cratónica Pampia-Río de la Plata. Es interesante observar que la sutura tilcárica carece de afloramientos de control al Norte de San Antonio de los Cobres. Es posible imaginar su traza boreal desplazada al Oeste en una magnitud equivalente, de modo que hoy se ubica bajo el arco magmático andino (Fig. 6). Sin embargo la participación relativa de estos factores geológicos en la discontinuidad manifiesta del arco magmático tilcárico es aún indefinida.

#### EL CICLO GONDWANIANO (500 MA - 160 MA)

La historia tectónica Gondwaniana comienza luego del colapso gravitacional del orógeno Tilcárico (~ 535 - 515 Ma) sobre el margen ya consolidado de Pannotia, con el nacimiento del Gondwana y concluye con el apogeo y la fragmentación inicial de Pangea hacia los 160 Ma (Fig. 1). El ciclo Gondwaniano propuesto abarca todos los episodios tectomagmáticos que acontecen en la etapa acrecional del supercontinente Pangea durante aproximadamente 350 Ma. Entre los antecedentes del vocablo, vemos que ha sido utilizado como Ciclo Eruptivo Gondwánico por Llamblás et al. (1984) para describir las rocas mag-

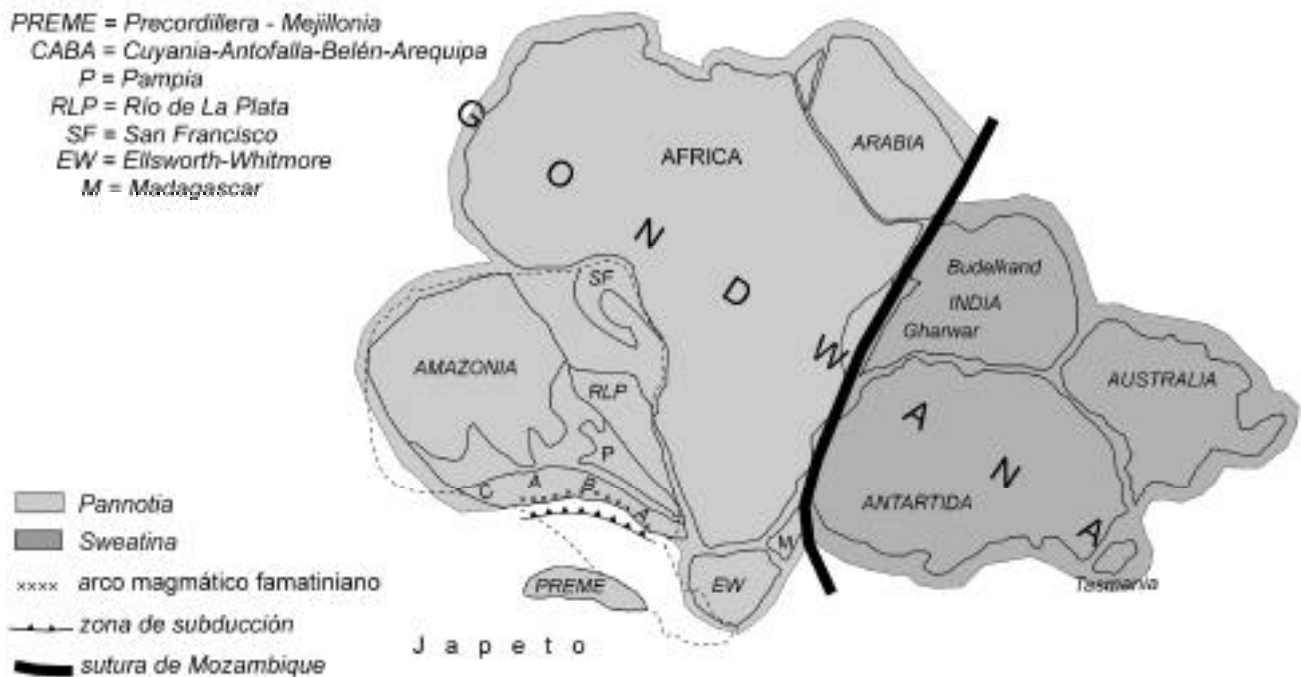


Figura 4. Origen del continente Gondwana e inicio del Ciclo Gondwaniano hacia los 500 Ma, con la desaparición de Pannotia. El cierre del orógeno de Mozambique implica la fusión de Pannotia y de Sweatina, este último es un proto-gondwana oriental formado con las cortezas precámbricas de India, Antártida Oriental y Australia (hipótesis SWEAT, Moores, 1991), tal vez también con Madagascar y Siberia. Aproximación de la microplaca Preme a las comarcas gondwánicas de los Andes centrales, con la formación del arco magmático famatiniano.

Figure 4. Origin of the Gondwana continent at ca. 500 Ma and beginning the Gondwanian Cycle with the disappearance of Pannotia continent. The closure of the Mozambique orogen supplies the Pannotia-Sweatina amalgamation in a giant Paleozoic continent-continent collision. Sweatina imports an East-Gondwana, with the ensialic crusts of India, East-Antarctica and Australia (from the SWEAT hypothesis, Moores 1991). Approximation of the Preme microplate against the central Andean regions of Gondwana and location of the Famatinian magmatic arc.

máticas neopaleozoicas en el noroeste de la Patagonia, siendo conveniente adaptarlo a un uso geotectónico más amplio mediante la desinencia correcta. En un marco geográfico mayor, pero temporalmente limitado a los tiempos permo-triásicos, ha sido empleado por Trouw y De Wit (1999) para identificar la actividad tectónica a lo largo de unos 25.000 km en el margen consolidado del Gondwana (Sudamérica, África del Sur, Antártida Occidental y Australia oriental) o Cordillera de los Gondwánides, también identificada por Du Toit (1937) como la zona orogénica del geosinclinal de Sanfrau.

El origen de Gondwana es un evento que acontece entre el Cámbrico Medio y el Ordovícico Inferior tras la desaparición del continente Pannotia durante el cierre del océano de Mozambique (Fig. 4). La unión de los dos bloques consolidados de antiguos fragmentos de Rodinia, el proto-Gondwana Occidental (Pannotia) y el proto-Gond-

wana Oriental (Sweatina) tiene edades inciertas asociadas al magmatismo desarrollado a lo largo del orógeno de colisión Mozambique, entre los 550 a los 480 Ma (Kaz'min 1988; Powell et al., 1993; Paquette et al., 1994; Shiraishi et al., 1994; Torsvik et al., 1996; Kröner et al., 1997; Wilson et al., 1997; Grunow, 1999; Hoffman, 1999).

El ensamble Precordillera-Mejillonia culmina con los movimientos compresivos de la fase diastrófica Oclóyica en el Ordovícico Superior (Dalla Salda et al., 1992; Omarini y Sureda 1993; 1994; Astini et al., 1995; Dalziel et al., 1996; Ramos et al., 1996; 1998; Omarini et al., 1999 b). La microplaca Preme de no más de 1.000 km de extensión, es un fragmento cortical de Rodinia que alberga retazos del basamento Greenville. Algunos autores lo consideran un desprendimiento de Laurentia durante el Cámbrico, a la altura de golfo de Ouachita, a través de lineamientos de *rift* protoceánicos y a lo largo de siste-

mas de fallas transformantes (Thomas, 1991; Thomas y Astini, 1996; Rapalini y Astini, 1998). Sin embargo, Omarini et al. (1999 b) advierten la posibilidad que Caba, Preme y Chilenia sean parte de la desintegración de Cabalonia y el nacimiento de Japeto. No resulta previsible que partes directas del litoral de Laurentia, al Oeste actual del *terrane* Hatteras, hayan podido cruzar la dorsal centro oceánica de alta velocidad ( $> 30$  cm año) de Japeto en el Paleozoico Inferior (véase Omarini y Sureda, 1999). Preme es también una versión más reducida del extenso *terrane* Occidentalia, postulado con más de 4.000 kilómetros de largo en un contexto geodinámico análogo, pero cuyo concepto, en la definición de sus autores, supone una hipotética colisión Laurentia-Gondwana extremadamente improbable (Dalla Salda et al., 1998). En especial porque la deriva divergente entre Pannotia y Laurentia comenzó como un acontecimiento precámbrico muy anterior a la fase Oclóyica. Durante el Ciclo Gondwaniano ambos continentes se han alejado con la expansión de Japeto y la deriva de Laurentia progresa al extremo de ocupar el hemisferio opuesto a Gondwana, en el Paleozoico Superior, previo a la consolidación supracontinental de Pangea.

El comienzo del ciclo acontece con el colapso gravitacional del orógeno Pampeano en la unidad continental ya consolidada de Pannotia. Este episodio se anuncia a través de esfuerzos distensivos documentados en el metamorfismo anatóctico de la Cordillera Oriental, del borde oriental de la Puna y de las Sierras Pampeanas Septentrionales del noroeste argentino, como también en el magmatismo apotectónico de las Sierras de Córdoba. La cronología y la geoquímica del magmatismo famatiniano muestra la existencia de tres grupos de rocas con claro significado geodinámico. El primer grupo detenta una cronología ajustada entre los  $523 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}$  del granito porfírico de El Pilón con U/Pb sobre circón en las Cumbres de Gaspar, Córdoba (Rapela et al., 1998), sigue en el faldeo oriental de la sierra Chica con edades Rb-Sr de  $520 \pm 5 \text{ Ma}$  (Pérez, 1996; Rapela y Pankhurst, 1996), hasta los  $509 \pm 1 \text{ Ma}$  y  $508 \pm 2 \text{ Ma}$  de las metamorfitas de la quebrada de Barranquillas y del Salar del Hombre Muerto en Catamarca (Becchio et al., 1999). Corresponde también al basamento deformado con edades de  $516 \pm 1 \text{ Ma}$  y  $515 \pm 2 \text{ Ma}$  en las vecindades del Paso del Carmen, Córdoba (Gromet y Simpson, 1999). Otras edades radimétricas similares acontecen entre  $515 \pm 3 \text{ Ma}$  a  $442 \pm 1 \text{ Ma}$  (Saavedra et al., 1987; 1998; Llambías et al., 1998; Pankhurst et al., 1998; Sims et al., 1998).

Los movimientos pre-irúyicos y la subsidencia asociada preparan la sedimentación cámbrica de las arenis-

cas de plataforma del Grupo Mesón (Turner, 1960), con elevada madurez textural y mineralógica. Esta unidad cámbrica es comparativamente estéril, tanto desde el punto de vista bioestratigráfico como geoquímico en relación a la columna ordovícica. El Grupo Mesón ocupa una cuenca estable donde el tenor de metales de base es muy bajo (Sureda, 1988) y ha conservado muy pocos restos fósiles (Alonso y Marquillas, 1978; 1981). La fase Irúyica del Ciclo Famatiniano, en el Cámbrico más alto, se encuentra caracterizada por un ambiente de riftogénesis y de esfuerzos distensivos que amplían de un modo considerable el desarrollo paleogeográfico de las cuencas marinas durante el Ordovícico. La delaminación cortical y el ascenso mantélico son episodios del Ordovícico Inferior, acompañando un volcanismo alcalino donde el ingreso de metales de base a las cuencas ordovícicas incrementa su fondo geoquímico sobre el *clarke* en un factor de concentración próximo a 10. Se inicia de esta manera una de las dos épocas metalogénicas más importantes en los Andes Centrales, con el desarrollo de los grandes depósitos *sedex* (Pb,Zn,Ba) de la Provincia Metalogénica Quiaqueña (Sureda, 1988). La metalogenia submarina exhalativa proporciona la mayor concentración de Pb-Zn del Paleozoico sudamericano, entre sierra de Aguilar en Argentina y cerro de Pasco en Perú (Sureda y Martín, 1990; Cheney, 1991). Es importante apreciar el desarrollo casi paralelo con la Provincia Metalogénica Appalachiana (Stanton, 1984), la cual muestra un rosario de yacimientos *sedex* (Pb, Zn, Ba), entre Canadá y los Estados Unidos, en las cuencas ordovícicas ubicadas hoy sobre la costa atlántica de América del Norte. Tras la fragmentación proterozoica de Cabalonia, la proximidad de la costa oriental de Avalonia hacia la época sobre el litoral de Amazonia (Keppie y Dostal, 1998), aseguran firmas isotópicas y una plumbotectónica muy semejantes para los yacimientos de metales de base de ambas provincias metalogénicas, Appalachiana y Quiaqueña, desde el Proterozoico hasta el Paleozoico Inferior (Brown, 1962; Sureda 1988; Zentilli et al., 1988; Tosdal et al., 1994; Tosdal 1996; Sangster y Zentilli, 1998).

### **La Orogenia Famatiniana (490 - 440 Ma)**

La orogenia Famatiniana (Aceñolaza y Toselli, 1973; 1976) se extiende por un lapso aproximado de 50 millones de años abarcando el ambiente compresional generado por los movimientos Guandacólicos en el Arenigiano temprano hasta el episodio acrecional de Preme (Precordillera-Mejillonia) durante la colisión Oclóyica (Omarini y Sureda, 1994) sobre un Gondwana recién configurado (Figs. 1-4).

La aproximación del *terrane* Preme al margen occidental de Gondwana genera una lámina de subducción y un extenso arco magmático, con más de 1.000 Km de longitud, cuyo eje principal se ubica al oeste de la faja de metamorfitas de alto grado y de plutonitas cámbricas postilicónicas (Fig. 4). Esta localización del arco es avalada por el diseño de las anomalías residuales de gravedad emergente de las campañas geofísicas en los Andes Centrales (Götze et al., 1988). Sus manifestaciones ocupan un área central en el Sistema de Famatina, con afloramientos discontinuos entre la sierra del Moreno en el Norte de Chile, hasta el bloque de San Rafael en Mendoza. Los movimientos de la Fase Guandacol (Furque y Cuerda 1979; Salfity et al., 1984) corresponden a la manifestación del acercamiento progresivo de Preme sobre las cuencas ordovícicas del Gondwana durante el Arenigiano Medio al Llanvirniano. El cambio hacia un estilo tectónico compresional aborta en forma definitiva el *rift* irúyico y el magmatismo asociado evoluciona con rapidez hacia términos definitivamente calcoalcalinos. El vulcanismo famatiniano en la Puna y la Precordillera se extiende entre el Arenigiano al Caradociano inclusive. De naturaleza bimodal, comienza con basaltos alcalinos, sigue con subalcalinos-toleíticos, para terminar en series volcánicas calcoalcalinas (Coira, 1973; Koukharsky et al., 1989; Pérez y Coira, 1999). Se inicia la metalogenia del oro en el Paleozoico de los Andes Centrales, desde Ananea en el Perú y Tipuani en Bolivia, hasta Santa Victoria en Argentina (Sureda et al., 1991). El grupo de magmatitas famatinianas con tendencias subalcalinas hacia calcoalcalinas representa el mayor volumen de rocas ígneas del ciclo, rocas que pertenecen al magmatismo inicial del arco y afloran desde el Norte de Chile a las regiones centrales de Argentina. En la Puna forman una faja occidental de plutones (Palma et al, 1986; Koukharsky, 1988) y su expresión en el Sistema de Famatina es dominante. Los granitoides calcoalcalinos, con anfíbol y biotita, incluyen con frecuencia xenolitos de rocas basálticas asociadas al eje principal del orógeno. También asoman en las sierras de Cachi, Cafayate, Quilmes, Ancastrí, Fiambalá, Los Llanos, Chepes, Ulapes y San Luis (Lork et al., 1991; Sims et al., 1998). Existen plutones que pueden integrar este conjunto en cuerpos epizonales pequeños, con aureolas de metamorfismo de contacto sobre rocas del primer ciclo, como el granito de Paso del Carmen con 474 (5 Ma) (Gromet y Simpson, 1999). Es interesante señalar que en la sierra de Fiambalá, Grissom et al. (1991; 1998) advierten que los cuerpos de gabro-norita a tonalitas comagmáticas, aflorantes en el sector sur, serían las raíces de este arco magmático inicial.

A un cuarto de siglo de la propuesta original del Ciclo Famatiniano (Aceñolaza y Toselli, 1973), hoy se aprecia

el desierto básico de escala entre el vocablo elegido y el área afectada por los episodios tectónicos que debería abarcar el ciclo. Esta desventaja desaparece con un ajuste de nomenclatura que la defina como Orogenia Famatiniana, término utilizado por Sims et al. (1998) y de mayor correspondencia con las novedades geocronológicas y los conceptos geodinámicos actuales. Esta nominación responde con éxito a las consecuencias de la eventual acreción de una microplaca continental Preme en el litoral japatiano del Gondwana. De este modo los fenómenos geológicos involucrados, en especial aquellos de orden tectomagmático y metamórfico, tienen la expresión regional de un arco magmático en donde el Sistema de Famatina posee una posición central y destacada (Aceñolaza y Toselli, 1988).

Los movimientos compresivos de la fase diastrófica Oclóyica clausuran la Orogenia Famatiniana en el noroeste argentino y es coincidente con la acreción de Preme sobre el litoral de Japeto en las comarcas de los Andes Centrales. Hacia el Caradociano, la evolución en la provincia metalogénica Quiaqueña ya muestra yacimientos polimetálicos (W, Au, Cu, Pb). Un pico de magmatismo famatiniano acontece hacia el apogeo de la orogenia Oclóyica, entre  $452 \pm 4$  Ma a 430 Ma (Mpodozis et al., 1983; Rapela et al., 1992; Saavedra et al., 1998; Pankhurst et al., 1998). Un grupo tardío de magmatitas famatinianas es de naturaleza sincinemática y ocupan también afloramientos desde las Sierras Pampeanas Septentrionales en el Sur de Salta a las centrales en Córdoba y San Luis. Existen cuerpos batolíticos representados por granitos y granodioritas en las Cumbres Calchaqués, sierra de Ambato y de Aconquija y plutones menores en Narvaez, Ñuñorco, Sañogasta, Malanzán, Paimán, Copacabana, Córdoba y San Luis, con edades K/Ar de 459 Ma a 439 Ma (González y Toselli, 1974; McBride et al., 1976; Llambías et al., 1991; Saavedra et al., 1998).

En el apogeo de la colisión oclóyica tiene lugar la deformación y el acortamiento de los bloques eopaleozoicos de la Puna, por debajo del antepaís oriental, en rampas tectónicas y zonas de cizalla que acompañan el empuje de una placa subducida con buzamiento hacia el Este. De esta forma acontece el cabalgamiento de los terrenos metamórficos de alto grado y las plutonitas asociadas, con vergencia hacia el Oeste, sobre las sedimentitas ordovícicas de bajo grado metamórfico en el borde oriental de la Puna (Rossello et al., 1991; Omarini y Götze 1991; Hongn et al., 1996). La rampa tectónica mayor coincide con una notable zona de milonitas de importancia regional que ha registrado varias denominaciones diferentes como Frente Tectónico Occidental (Baldis et al.,



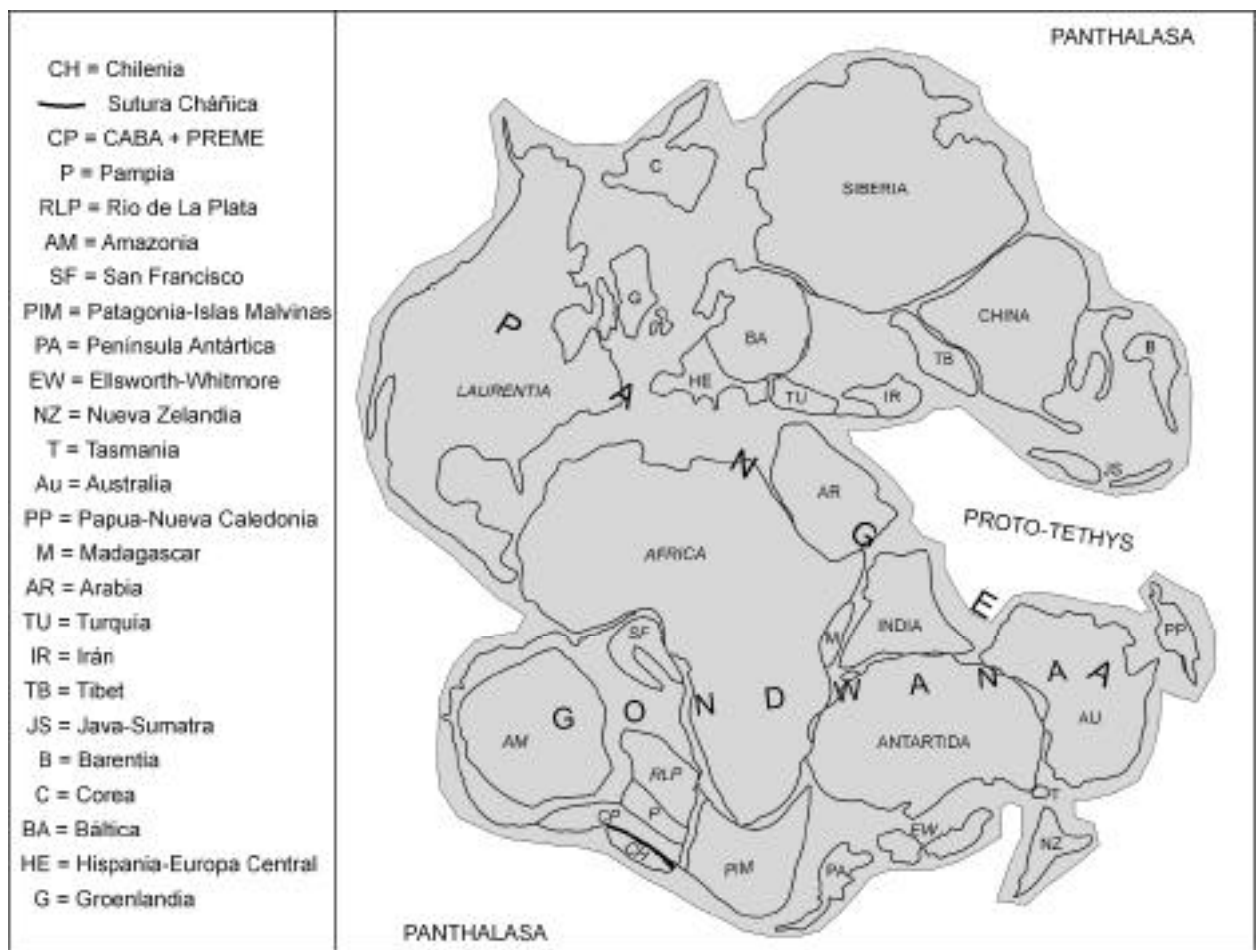


Figura 5. Tras la acreción de Chileña en el margen sudamericano del Gondwana se acelera la configuración del supercontinente neopaleozoico Pangea. La línea gruesa en negro marca la posición de la sutura cháñica en la región andina de América del Sur.

Figure 5. After the Chileña microplate collision against the South American margin of Gondwana move fast the Pangea configuration. Black thick line correspond to location of the Chañic suture in the Andean regions of South America.

1975), frente Púnico (Salfity et al., 1975), sutura paleozoica (Allmendinger et al., 1982) y zonas de cizalla caledónicas (Hongn et al., 1996). Por el contrario, la trayectoria submeridiana de la sutura oclóyica corre al Oeste de las anomalías residuales de gravedad continuas y asociadas con el extenso arco magmático famatiniano (Omarini et al., 1999b). Este arco se encuentra implantado en un zócalo proterozoico, en parte con edades Grenville y con un diseño bastante paralelo a la sutura tilcárica de Caba ubicada al oriente (Fig. 6).

Durante unos 100 millones de años del Ciclo Gondwaniano acontece la evolución sedimentaria de las cuencas silúricas y devónicas de la Precordillera a partir del Ordovícico Superior. Se desarrolla la metalogenia de una

provincia ferrífera (eosilúrica) desde el centro de Argentina hasta el Sur de Bolivia, en típicas cuencas de antepaís (*foreland basins*) (Boso y Monaldi, 1990). Desde un punto de vista geodinámico, se asocia al ambiente extensional documentado con el emplazamiento de magmatitas posttectónicas a la colisión Oclóyica. Los episodios se inician en el Cordón de Lila, Chile, con los derrames de un complejo volcánico continental con toleítas y mafititas, datado en  $440 \pm 3$  Ma (Damm et al., 1991). Escasos granitoides son coetáneos al volcanismo e intruyen con edades K/Ar y U/Pb entre los 434 Ma a  $425 \pm 11$  Ma, (granodioritas de Pingo Pingo, Mpodozis et al., 1983; Damm et al., 1987). Existen intrusivos de composición subalcalina y naturaleza peraluminosa, en coincidencia con la faja de deformación distensiva en la Precordillera oriental

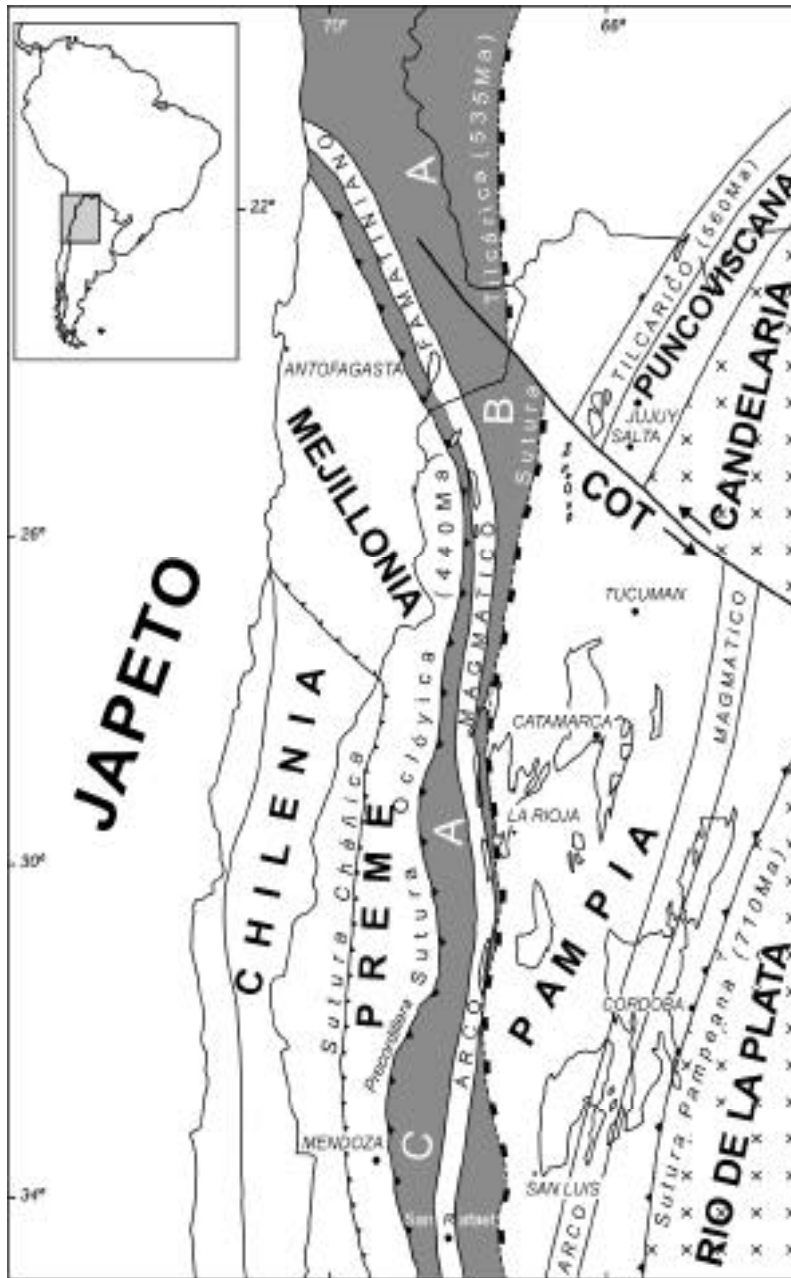


Figura 6. Esquema de los *terranes* acrecionados a la Pangea gondwánica en la región de los Andes centrales durante el Paleozoico. El área grisada central muestra la única microplaca, con origen en Cabalonia, incorporada a Pannotia. Separa a la derecha las unidades formadas durante el Ciclo Pannotiano, con un basamento de elementos precámbricos subordinados a una petrogénesis paleozoica dominante, y a la izquierda las unidades incorporadas al Gondwana, posiblemente originadas en Cabalonia y cuyo basamento también suele mostrar las rocas precámbricas de un Grenville rodiniano. El arco magmático tilcárico se desarrolla sobre Puncoviscana-Pampia y el arco magmático famatiniano se desarrolla sobre Caba.

Figure 6. Main cratonic blocks and allochthonous terranes accreted in the central Andes regions during the Paleozoic times. The fine dotted central area shows the unique Cabalonian microplate incorporated to Pannotia. The rest of the units formed during the Pannotian Cycle, with a crustal basement of Precambrian terranes and wide Paleozoic magmato-metamorphic events, lie on the right. The Cabalonian units incorporated to Gondwana, also with a basement of Precambrian rocks from the Grenville belts of Rodinia, lie on the left. The Tilcarian magmatic arc develops mainly over Puncoviscana-Pampia and the Famatinian magmatic arc over Caba.

(Gosen et al., 1995). Las edades radimétricas muestran valores entre 440 Ma hasta 409 Ma (McBride, 1972; Rapela et al., 1982; 1998; González et al., 1985; Linares y González, 1990; Toselli, 1992; Saavedra et al., 1998). Asoman granitoides peraluminosos, con sillimanita y cordierita y granitos de dos micas con epidoto y granate que reflejan las condiciones en este ambiente propio del retroarco famatiniano (Saavedra et al., 1987; 1998; Rapela et al., 1990; Toselli 1992; Dalla Salda et al., 1998). En las Sierras Pampeanas centrales una parte de las pegmatitas plumasíticas paleozoicas penetran el basamento metamórfico en este marco geotectónico. En áreas deformadas de la Sierra Chica de Córdoba yacen pegmatitas discordantes con edades K/Ar sobre muscovita de  $447 \pm 7$  Ma a  $435 \pm 7$  Ma (Rapela et al., 1998). En la sierra de San Luis, el complejo intrusivo de Rodeo Viejo muestra un emplazamiento postectónico con edades K-Ar de 452 y  $466 \pm 23$  Ma (Ortiz Suarez y Ulacco, 1999) y una aureola metamórfica muy bien preservada. Ambos episodios podrían interpretarse como fases tempranas del colapso extensional post-oclóyico del orógeno Famatiniano.

La fase diastrófica Precordillerana (420 - 410 Ma) ha sido introducida con anterioridad en la literatura geológica argentina por Furque (1972) como los Movimientos Precordilleranos, a modo de una fase diastrófica sudamericana equivalente a la Fase Acádica del Ciclo Variscico en Europa o Laurasia. El término también fue utilizado como Ciclo Precordillerano de una manera muy informal y sólo para describir los aspectos generalizados del magmatismo paleozoico desarrollado en el amplio marco geográfico de Cordillera Frontal, Sierras Pampeanas, Precordillera, Sistema de Famatina, Sierras Subandinas y Puna por Toselli (1992). Nuestra opinión aconseja su aplicación tectónica ortodoxa de acuerdo con la propuesta de Astini (1996). Los movimientos precordilleranos son de carácter epirogénicos, sin afectar mayormente las secuencias sedimentarias cambro-ordovícicas para unos tiempos que implican los primeros pasos en la historia geológica de una Precordillera gondwánica.

### **La Orogenia Achaliana (400 - 300 Ma)**

La Orogenia Achaliana (Sims et al., 1998) describe los episodios tectomagmáticos vinculados con la acreción de Chilenia (Ramos et al., 1984), sobre el margen del Gondwana durante el apogeo de la fase diastrófica Cháñica (Turner y Méndez, 1975). Los últimos fragmentos corticales de Cabalonia en Japeto derivan contra Gondwana hacia fines del Devónico o en el inicio del Carbonífero.

El magmatismo calcoalcalino comienza tempranamente, con la aproximación de la microplaca Chilenia, documentado con el emplazamiento del Granito La Escalerilla hacia los  $403 \pm 6$  Ma, método U/Pb sobre circón (Sims et al., 1997; Sato et al., 1999a). Es un episodio coetáneo con la deformación en la faja de Angaco acontecida hacia los  $395,7 \pm 0,2$  Ma y considerada como un prisma de acreción en el borde continental activo de la época (Ramos et al., 1996). El diseño del arco magmático Cháñico tiene correspondencia con el magmatismo sintectónico, colisional, asociado a la orogenia Achaliana. Los intrusivos graníticos de la sierra de San Luis, Paso del Rey y Río de la Carpa, datados entre  $391 \pm 9$  Ma y  $372 \pm 20$  Ma (Varela et al., 1994) y los granitoides de Curacó, La Pampa con edades Rb/Sr sobre roca total  $397 \pm 25$  Ma (Sato et al., 1996) documentan este proceso. También lo hacen los plutones Santa Rosa (sierra de Ancasti) con una edad K/Ar sobre muscovita de  $373 \pm 10$  Ma (Linares y González, 1990), el granito Los Ratones (sierra de Fiambalá) con edad U/Pb sobre circón de 335 Ma (Grisson et al., 1998) y el granito de Capilla del Monte con edad por isócrona Rb/Sr de  $337 \pm 2$  Ma (Rapela et al., 1998). Edades coetáneas han sido obtenidas en las Sierras Pampeanas Septentrionales en los complejos plutónicos de Los Pinos, El Arenal y sierra de Quilmes datados entre  $340 \pm 15$  Ma hasta  $305 \pm 10$  Ma (González y Toselli, 1974). Las fajas de deformación que se extienden por las sierras de San Luis y Córdoba han proporcionado edades *plateau* sobre biotita entre  $375 \pm 1$  Ma y  $358 \pm 2$  Ma (Sims et al., 1998). Se aprecia la ubicación del batolito de Achala, a unos 400 km al este de la fosa de subducción, en el centro del arco magmático Cháñico y con un rango de edades entre  $399 \pm 20$  a  $359 \pm 15$  (Linares y González, 1990). La evolución del orógeno es bastante clara al señalar edades inferiores para las fajas de deformación y el ascenso permisivo de plutones postcinemáticos. Es posible que este magmatismo responda a una aproximación oblicua de varias microplacas (Chiloé, Pichindanguí, Chañaral) colectivamente tratadas aquí como Chilenia y consideradas por Ramos (1988) como terrenos desplazados a lo largo de fallamientos transcurrentes, en posible coincidencia con las fajas de cizalla identificadas más tarde por Sims et al., (1998). Plutonitas apotectónicas a la orogenia Cháñica en las Sierras Pampeanas Septentrionales tienen edades entre  $338 \pm 10$  Ma del Granito Los Pinos a  $305 \pm 10$  Ma del Granito El Arenal, K/Ar sobre muscovita y biotita (González y Toselli, 1974) y los granitos de la sierra de Quilmes con edades  $340 \pm 15$  Ma a  $315 \pm 10$  Ma, K/Ar sobre biotita y muscovita (Toselli et al., 1978). En el antepaís oriental, intrusivos hipabisales, la mayor parte diques que penetran las comarcas de las sierras Pampeanas Occidentales, registran edades alrededor de  $306 \pm 6$  Ma (Thomson y Mitchell, 1972).

Tras la acreción de Chilenia y con una corteza engrosada, la irrupción de un magmatismo de carácter ácido, masivo e intracortical, con el predominio de granitos y riolitas, señala una anomalía térmica creciente bajo el enorme escudo síalico de la Pangea gondwánica (Storey y Alabaster, 1991; Storey et al., 1992; Pankhurst y Rappela, 1995). Sus registros asoman desde la Cordillera de Domeyko (Davidson et al., 1985) y las comarcas puneñas del volcán Socompa (Zappettini y Blasco, 1998) a los Andes australes de Chile y Argentina (Kay et al., 1989). En la frontera chileno-argentina del Altiplano aflora el Complejo Plutónico Lullaillaco, los cuerpos intrusivos de Guanaqueros, Chuculaqui y Río Grande y las ignimbritas de la Formación Laguna de Aracar, conjunto que pertenece a un magmatismo metaluminoso en un marco distensivo de edad próxima a los  $282 \pm 7$  Ma (Gardeweg et al., 1993; Page y Zappettini 1998). En la Cordillera Frontal, entre San Juan y Catamarca, se ha derramado un vulcanismo riolítico, con tobas, ignimbritas y lavas, en espesores de 2500 m, con edades K/Ar entre  $283 \pm 15$  Ma hasta los  $264 \pm 1$  Ma (isócrona Rb/Sr - Llambías y Sato, 1990).

### La Orogenia de Sanfrau (230 - 180 Ma)

Tanto en Argentina como en los países sudamericanos australes, con las enormes efusiones patagónicas de las vulcanitas del Choyoi (Groeber, 1946), comienza la Orogenia de Sanfrau 230 Ma - 180 Ma (Du Toit, 1937) y se estabiliza en adelante un período dominado por ambientes continentales y por la consolidación de Pangea (Wegener, 1912; Du Toit, 1937). Una actividad magmática semejante se aprecia en Sudáfrica, en el cinturón plegado del Cabo, en la Antártida, en los montes Whitehorn y Pensacola y en la Tierra de Marie Byrd, en Tasmania, en Australia y en Nueva Zelanda (para una reconstrucción detallada véase Kay et al., 1989; Trouw y De Wit, 1999; Turner, 1999). Este magmatismo es interpretado por muchos como el resultado de episodios compresivos a transpresivos en el retroarco de un margen continental activo de tipo andino desarrollado a lo largo de la Cordillera de los Gondwánides (De Wit, 1992; 1999). En los Andes Centrales algunos granitoides con características peraluminosas, generados en los ambientes distensivos que suceden a la orogenia Cháñica, están emplazados profundamente en el antepaís y de este modo intercalan con intrusivos más antiguos que en ciertos casos pueden mostrar rasgos estructurales o firmas geoquímicas similares. En las Sierras Pampeanas Occidentales un grupo de estas plutonitas hipabisales muestran edades K/Ar de  $193 \pm 4$  Ma (González y

Toselli, 1973). Algunos intrusivos se corresponden con los estadios iniciales de la Orogenia de Sanfrau, como aquellos que afloran en el Cordón de Lila, Norte de Chile (ej. diorita de Chinquilchoro) con una edad U/Pb de  $268 \pm 11$  Ma (Niemeyer, 1989). La paleogeografía gondwánica pre-triásica obtenida a partir de la deriva magnética polar aparente (APWPs) aún no se conoce con la precisión y el detalle que hoy aceptamos para las configuraciones continentales post-triásicas. En relación a los controles paleoclimáticos o de distribución de tillitas, corales y faunas bentónicas de invertebrados, estas posiciones relativas tienen algunas incertidumbres para el Paleozoico y las edades anteriores coincidentes con la fragmentación de Rodinia (Powell et al., 1993; Torsvik et al., 1996; Dalziel, 1997; Kirschvink et al., 1997; Lieberman, 1997; Niocail et al., 1997; Rui y Piper, 1997; Weil et al., 1998; Grunow, 1999; Hoffman, 1999; Smith, 1999; Scotese et al., 1999).

Un indicio del futuro desmembramiento del Gondwana ya aparece con los basaltos *sinrift* de la cuenca de Cuyo en el Triásico Medio (Ramos y Kay, 1991). Sin embargo, los rifts protoceánicos asociados a la apertura del océano Índico primero y del Atlántico después, tienen lugar recién en el Jurásico Medio. Las comarcas de los Andes Centrales muestran evidencias de riftogénesis en la Cordillera Oriental de Perú y Bolivia, con edades entre  $287 \pm 9$  Ma y  $258 \pm 13$  Ma para magmatitas situadas al sur del lago Titicaca hasta  $184 \pm 4,9$  Ma y  $171,4 \pm 4,2$  Ma para los basaltos de Tupiza y Tarabuco. Es un lineamiento extensional gondwaniano poco evidente, cuya apertura ha progresado de Norte a Sur (Sempere, 1998). Hoy yace enmascarado y flexionado por el oróclino andino boliviano (Isacks, 1988). El principio del final para la Pangea gondwánica es contemporáneo al emplazamiento del arco magmático de la Formación La Negra en el Norte Grande de Chile a partir del Sinemuriano-Pliensbachiano ((180-160 Ma), acontecimiento ampliamente aceptado como el inicio del Ciclo Andino en América del Sur (Aguirre et al., 1974; Coira et al., 1982; Muñoz et al., 1988; González y Scheuber, 1997).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen la ayuda del CIUNSA al Proyecto 643/98 y el apoyo brindado por el CONICET-Argentina con los PIP N 1041/98 y PIP N° 5047/96. Este trabajo también es una contribución al Proyecto IGCP 345 "Laurentia-Gondwana connection before Pangea". Se agradecen los comentarios y sugerencias de dos revisores anónimos que han contribuido a mejorar el manuscrito original.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbruzzi, J., Kay, S.M., Bickford, M.E., 1993. Implications for the nature of the Precordilleran basement from Precambrian xenoliths in Miocene Volcanic Rocks, San Juan province, Argentina. XII Congr. Geol. Arg., Actas, 3, 337-339.
- Aceñolaza, F.G., 1973. Sobre la presencia de *Oldhamia* sp. en la Formación Puncoviscana de Cuesta Muñano, Provincia de Salta, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg., 28 (1), 56-61.
- Aceñolaza, F.G., Toselli, A.J., 1973. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico Inferior del noroeste argentino. II Congr. Latinoam. Geol., 2, 755-763.
- Aceñolaza, F.G., Toselli, A.J., 1988. El sistema de Famatina, Argentina: su interpretación como orógeno de margen continental activo. V Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, A55-A67.
- Aguirre, L., Charrier, R., Davidson, J., Mpodozis, C., Rivano, S., Thiele, R., Tiby, E., Vergara, M., Vicent, J.C., 1974. Andean magmatism: Its paleogeographic and structural setting in the central part (30°-35°S) of the Southern Andes. Pacific Geology, 8, 1-38.
- Allmendinger, R., Jordan, T., Palma, M., Ramos, V.A., 1982. Perfil estructural de la Puna catamarqueña (25°-27°S), Argentina. V Congr. Latinoam. Geol., Actas, 1, 499-518.
- Almeida de, F.F.M., 1945. Geologia do sudoeste Matogrossense, Brasil. Div. Geol. Min. Bol., 116, 9-115.
- Almeida de, F.F.M., 1968. Evolução tectónica do centro oeste Brasileiro no Proterozoico Superior. Anal. Acad. Bras. Cienc., 40, 285-294.
- Almeida de, F.F.M., 1971. Geochronological division of the Precambrian of South America. Rev. Bras. Geocien., 1, 13-21.
- Almeida de, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., 1976. The Upper Precambrian of South America. Bol. Inst. Geociencias, Univ. Sao Paulo, Brasil, 7, 45-80.
- Almeida de, F.F.M., 1978a. Chronotectonic boundaries for Precambrian time divisions in South America. Anal. Acad. Bras. Cienc., 50(4), 527-535.
- Almeida de, F.F.M., (Coordinador General), 1978b. Tectonic Map of South America 1:5.000.000. Commission for the Geological Map of the World. UNESCO, 23 pp.
- Alonso, R.N., Marquillas, R.A., 1978. El Grupo Mesón. Contenido paleontológico y edad. Acta Geol. Lilloana, Supl. 14, 5-6.
- Alonso, R.N., Marquillas, R.A., 1981. Trazas fósiles de la Formación Campanario (Grupo Mesón, Cámbrico) en el norte argentino. Consideraciones ambientales y geocronológicas. Rev. Inst. Geol. Min. de Jujuy, 4, 95-110.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L., Vaccari, N.E., 1995. The early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as a Laurentia rifted, drifted and collided terrane: a geodynamic model. Geol. Soc. Am. Bull., 107(3), 253-273.
- Astini, R.A., 1996. Las fases diastróficas del Paleozoico Medio en la Precordillera del oeste argentino: evidencias estratigráficas. XIII Congr. Geol. Arg, Actas, 5, 509-526.
- Astini, R.A., Ramos, V., Benedetto, J.L., Vaccari, N.E., Cañas, F.L., 1996. La Precordillera: Un terreno exótico a Gondwana. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 5, 293-324.
- Astini, R.A., 1998. Stratigraphical evidence supporting the rifting, drifting and collision of the Laurentian Precordillera terrane of western Argentina. In R.J., Pankhurst, C.W., Rappela, (eds.), The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geol. Soc. London, Special Pub., 142, 11-33.
- Aubouin, J., 1965. Geosynclines. Elsevier, 335 pp.
- Bachmann, G., Grauert, B., Kramm, U., Lork, A., Miller, H., 1987. El magmatismo Cámbrico Medio Cámbrico Superior en el basamento del noroeste argentino: investigaciones isotópicas y geocronológicas sobre los granitoides de los complejos intrusivos Santa Rosa de Tastil y Cañani. X Congr. Geol. Arg., 4, 125-127.
- Baldis, B., Viramonte, J.G., Salfity, J.A., 1975. Geotectónica de la comarca comprendida entre el Cratógeno Central Argentino y el borde austral de la Puna. II Congr. Iberoam. Geol. Econ., 4, 22-44.
- Baldis, B.A., 1985. Los sistemas de megafracturación del territorio argentino. VI Congr. Latinam. Geol., 1, 491-511.
- Baldis, B.A., Martínez, R.D., Pereyra, M.D., Perez, A.M., Villegas, C.R., 1992. Ordovician events in the South American Andean platform. Global Perspectives on Ordovician Geology, Webby and Laurie (Ed.), Balkema 1, 345-353. Rotterdam.
- Baldis, B.A.J., Martínez, R.D., Pereyra, M.E., Pérez, A.M., Villegas, C.R., Martínez de Giménez, P., 1993. Upper Proterozoic - Lower Paleozoic transgondwanic ruptures and events between North Africa and South America. In R.H. Findlay, R. Unrug, M.R. Banks, J.J. Veivers (eds.). Gondwana Eight. Assembly, evolution and dispersal. Balkema, 1, 23-28.
- Basei, M., Ramos, V.A., Vujovich, G.I., Poma, S., 1998. El basamento metamórfico de la Cordillera Frontal de Mendoza: nuevos datos geocronológicos e isotópicos. X Congr. Latinoam. Geol., 2, 412-417.
- Becchio, R.E., Lucassen, F., Franz, G., Viramonte, J., Wemmer, K., 1999. El basamento paleozoico inferior del noroeste de Argentina (23°-27°S) - Metamorfismo y geocronología. In Bonorino G.G., Omarini, R. y Viramonte, J. (eds.) Geología del Noroeste Argentino. Relatorio XIV Congr. Geol. Arg., I, 58-72.
- Benedetto, J.L., 1993. Hipótesis de la aloctonía de la Precordillera Argentina: un test estratigráfico y bioestratigráfico. XII Congr. Geol. Arg., 3, 375-384.
- Bird, J.M., Dewey, F.J., 1970. Lithosphere plate: Continental margin tectonics and the evolution of the Appalachian orogen. Geol. Soc. Am. Bull., 81, 1031-1060.

- Bond, G.C., Nickeson, P.A., Komin, M., 1984. Breakup of a supercontinent between 625 Ma and 555 Ma: new evidence and implications for continental histories. *Earth and Planetary Sci. Letters*, 70, 325-345.
- Boso, M.A., Monaldi, C.R., 1990. Oolitic stratabound iron ores in the Silurian of the Argentina and Bolivia. In L. Fontboté, G.C. Amstutz, M. Cardozo, E. Cedillo, J. Frutos (eds.), *Stratabound Ore Deposits in the Andes*, Springer Verlag Spec. Publ. N° 8 SGA, 11, 175-186.
- Bowring, S.A., Erwin, D.H., 1998. A new look at evolutionary rates in deep times: uniting paleontology and high-precision geochronology. *GSA Today* 6(9), 1-8.
- Bowring, S.A., Martin, M.W., 1999. High precision U-Pb geochronology, the tempo of evolution and the record from Gondwana. *Jour. African Earth Sci.*, 28(1), 187-201.
- Brackebusch, L., 1891. Mapa geológico del interior de la República Argentina. Escala 1:1.000.000. Gotha. Acad. Nac. de Ciencias, Córdoba.
- Brito Neves de, B.B., Cordani, U.G., 1991. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. *Precam. Res.*, 53, 23-40.
- Brown, J.S., 1962. Ore leads and isotopes. *Econ. Geol.*, 57, 673-720.
- Brogioni, N., Parrini, P., Pecchioni, E., 1994. El magmatismo pre y sincolisional en el cordón de El Realito, sierras de San Luis, Argentina. *VII Congr. Geol. Chileno*, 2, 962-966.
- Burckhardt, C., 1899. Traces géologiques d'un ancien continent Pacifique. *Anales Museo La Plata, Sec. Geol. Min.* 1, 79-92.
- Burmeister, H., 1876. *Description Physique de la République Argentine*. Libraire F. Savy, T. I, 343-351. Paris.
- Caby, R., Bertrand, J.M.L., Black, R., 1981. Pan-African ocean closure and continental collision in the Hoggar-Desiforas segment, Central Sahara. In A. Kroner (ed.), *Precambrian Plate Tectonics*, 1, 407-434. Elsevier.
- Caby, R., 1987. The Pan-African belt of West Africa from the Sahara desert to the Gulf of Benin. In J.P. Schear, J. Rodger (eds.), *Anatomy of mountain ranges*. Princeton University Press, 1, 129-170.
- Caminos, R., Chernicoff, C.J., Varela, R., 1994. Evolución tectónico-metamórfica y edad del Complejo Yaminué, basamento preandino nordpatagónico, República Argentina. *VII Congr. Geol. Chileno*, 2, 1301-1305.
- Campos Neto, M.C., Figueiredo, M.C.H., 1995. The Rio-Doce orogeny, southeastern Brazil. *Journ. South Am. Earth Sci.*, 8, 143-162.
- Chapin, D.A., 1981. Geological interpretations of the detailed Bouger gravity survey of the Chattolane Dome, near Baltimore, Maryland. Ms. Thesis Bethlem Lehygh University, 137 pp.
- Cheney, E.S. 1991. Structure and age of the Cerro de Pasco Cu-Zn-Pb-Ag deposit, Peru. *Mineralium Deposita*, 26(1), 2-10.
- Chernicoff, C.J., Caminos, R., 1996a. Estructura y metamorfismo del Complejo Yaminué, Macizo Nordpatagónico oriental, provincia de Río Negro. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, LI(2), 107-118.
- Chernicoff, C.J., Caminos, R., 1996b. Estructura y relaciones estratigráficas de la Formación Nihuel Niyeu, Macizo Nordpatagónico oriental, provincia de Río Negro. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, LI(3), 201-212.
- Cingolani, C.A., Varela, R., 1999. The San Raphael block, Mendoza (Argentina): Rb-Sr isotopic age of basement rocks. *II Simp. Sudam. Geol. Isot.*, 1, 23-26.
- Coira, B.L.L., 1973. Resultados preliminares sobre la petrología del ciclo eruptivo ordovícico concomitante con la sedimentación de la Formación Acoite en la zona de Abra Pampa, provincia de Jujuy. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, 28(1), 85-88.
- Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C., Ramos, V., 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth Sci. Rev.*, 18, 303-332.
- Condie, K.C., 1989. *The plate tectonic and crustal evolution*. Pergamon Press, 3th Edit., 473 pp.
- Costain, J.K., Hatcher, R.D., Çoruh, C., Pratt, L.T., Taylor, R.S., Litehisser, J.J., Zietz, I., 1989. Geophysical characteristics of the Appalachian crust. In R.D. Hatcher, W.A. Thomas, W.J. Viele (eds.), *Geology of the North America. The Appalachian-Ouachita orogen in the United States*, *Geol. Soc. Am.*, (F-2), 385-417.
- D'Agrella, M.S., Trindade, R.I.F., Siqueira, R., Ponte-Neto, C.F., Paca, I.I.G., 1998. Paleomagnetic constraints on the Rodinia supercontinent: Implications for its Neoproterozoic break-up and the formation of Gondwana. *Intern. Geol. Rev.*, (40), 171-188.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C., Varela, R., 1992. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in south western South America: result of Laurentia-Gondwana collision?. *Geology*, 20, 617-620.
- Dalla Salda, L., Lopez de Luchi, M.G., Cingolani, C.A., Varela, R., 1998. Laurentian-Gondwana collision: the origin of the Famatinian-Appalachian orogenic belt: a review. In R. J. Pankhurst, C. W. Rapela, (eds.), *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. *Geol. Soc. London, Special Pub.*, 142, 219-234.
- Dallmeyer, R.D., 1989. Constrasting accreted terranes in the southern Appalachian orogen basement beneath the Atlantic and Gulf coastal plains, and west African orogens. *Precam. Res.*, 42, 387-409.
- Dalziel, I.W.D., 1991. Pacific margins of Laurentia and East Antarctica -Australia as a conjugate rift pair: Evidence and implications for and Eocambrian supercontinent. *Geology*, 19, 598-601.
- Dalziel, I.W.D., 1992. On the organization of American plates in the Proterozoic and the breakout of Laurentia. *SGA Today*, 2(11), 237-241.

- Dalziel, I.W.D., Dalla Salda, L.H., Cingolani, C.A., Palmer, P., 1996. The Argentine Precordillera: a Laurentian terrane?. Ponrose Conference Report. GSA Today, 2, 16-18.
- Dalziel, I.W.D., 1997. Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review Hypothesis environmental speculation. Geol. Soc. Am. Bull., 109, 17-42.
- Damm, K.W., Pichoviak, S., Todt, W., Omarini, R., Viramonte, J., Niemeyer, H. 1987. The central Andean magmato-metamorphic evolution during the Precambrian - Paleozoic. X Congr. Geol. Arg., Actas, 4, 48-50.
- Damm, K.W., Pichowiak, S., Breikreutz, Ch., Harmon, R.S., Todt, W., Buchelt, M., 1991. The Cordón de Lila Complex, central Andes, northern Chile: An Ordovician continental volcanic province. In R.S. Harmon, C.W. Rapela (eds.). Andean Magmatism and Its Tectonic Setting, Geol. Soc. Am., Special Paper, 265, 179-187.
- Davidson, J., Ramírez, C.F., Gardeweg, M., Hervé, M., Brook, M., Pankhurst, R., 1985. Calderas del Paleozoico Superior - Triásico Inferior y mineralización asociada en la Cordillera de Domeyko, norte de Chile. Comunicaciones, 35, 53-57.
- De Wit, M.J., Roering, C., Hart, R.J., Armstrong, R.A., de Ronde, C.E.J., Green, R.W.E., Tredoux, M., Peberdy, E., Hart, R.A., 1992. Formation of an Archean continent. Nature 357, 553-562.
- De Wit, M.J., Thiar, C., Doucouré, M., Wilsher, W., 1999. Scent of a Supercontinent: Gondwana's ores as chemical tracers-tin, tungsten and Neoproterozoic Laurentia-Gondwana connection. Jour. African Earth Sci. 28(1), 35-53.
- Dewey, F.J., 1969. Evolution of Appalachian-Caledonide orogen. Nature, 211, 124-129.
- Dumble, E.T., 1920. The geology of west Texas. Univ. Texas Bull., (1869) 388 pp.
- Dürr, S.B., Dingeldey, D.P., 1996. The Kaoko belt (Namibia): part of Late Neoproterozoic continental-scale strike-slip system. Geology, 24, 503-506.
- Du Toit, A.L., 1926. Geology of South Africa (and later editions). Oliver and Boyd, 447 pag., Edinburgh.
- Du Toit, A.L., 1928. Some reflections upon geological comparison of South Africa with South America. Proceedings Geol. Soc. South Africa. (Presidential Address), 19-38
- Du Toit, A.L., 1937. Our Wandering Continents. Oliver and Boyd, 366 pag., Edinburgh.
- Evans, D.A., 1998. True polar wander, a supercontinental legacy. Earth and Planetary Sci. Letters, 157, 1-8.
- Faill, R.T., 1997. Geological history of the North-Central Appalachians. Part I. Orogenesis from the Mesoproterozoic through the Taconic orogeny. Am. Journ. Sci., 297, 551-619.
- Furque, G., Cuerda A.J., 1979. Ordovícico argentino. Asoc. Geol. Arg., Pub. Esp., Serie B, 7, 1-56.
- Furque, G., 1972. Precordillera de La Rioja, San Juan y Mendoza. In A.F. Leanza (ed.), Geología Regional Argentina, Acad. Nac. de Ciencias, 1, 237-288.
- Galliski, M.A., Linares, E., 1999. The new K-Ar muscovite ages from pegmatites of the Pampean pegmatite province. II Simp. Latinoam. Geol. Isot., 1, 63-67.
- Gangui, A.H., Götze, H.J., 1996. The deep structures of the Northern Argentina: constraints from 2D seismic data 3D gravity modeling. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 2, 545-565.
- Gangui, A.H., 1998. A combined structural interpretation based on Seismic Data and 3-D Gravity Modeling in the Northern Puna, Eastern Cordillera, Argentina. Berliner Geowiss. Anhand., Reihe B, Band 27, 176 pp.
- Gardeweg, M., Ramírez, C., Davidson, J., 1993. Mapa geológico del área del salar de Punta Negra y del volcán Llullaillaco (1:100.000). Región de Antofagasta. Serv. Nac. de Geol. y Min., Santiago de Chile.
- Goldberg, S.A., Butler, J.R., Fullagar, P.D., 1986. The Bakersville dike swarm: geochronology and petrogenesis of Late Proterozoic basaltic magmatism in the Southern Appalachian Blue Ridge. Am. Jour. Sci., 286, 403-430.
- González, G., Scheuber, E., 1997. La tectónica del arco magmático del Jurásico-Cretácico Inferior, Cordillera de la Costa (22°-26°S), norte de Chile: una historia de deformación cortical en un límite de placas convergentes. VIII Congr. Geol. Chileno, 3, 1635-1639.
- González, R.R., Toselli, A.J., 1973. La efusividad del Mesozoico argentino y sus relaciones con las áreas sudamericanas. XXV Congr. Brasil. Geol., 1, 137-141.
- González, R.R., Toselli, A.J., 1974. Radiometric dating of igneous rocks from Sierras Pampeanas, Argentina. Rev. Brasil. Geociencias, (4), 137-141.
- González, R., Cabrera, M., Bortolotti, P., Castellote, P., Cuenya, M., Omil, M., Moyano, R.J., 1985. La actividad eruptiva en Sierras Pampeanas. Esquematación petrográfica y temporal. Acta Geol. Lilloana, 16(2), 289-310.
- Gosen von, W., Buggisch, W., Lehnert, O., 1995. Evolution of the Early Paleozoic melange at the eastern margin of the Argentine Precordillera. Jour. South Am. Earth Sci., 8, 377-404.
- Götze, H.J., Schmitd, S., Strunk, S., 1988. Central Andean gravity field and its relation to crustal structures. In H. Balbhurg, Ch. Breikreutz, P. Giese (eds.). The Southern Central Andes. Lecture Notes in Earth Sciences, 17, 199-209.
- Götze, H.J., Lahmeyer, B., Schmitd, S., Strunk, S. 1994. The lithospheric structure of the Central Andes (20-26S) as inferred from interpretation of regional gravity. In K. Reutter, E. Scheuber, P. Wigger (eds.). Tectonic of the Southern Central Andes. Heidelberg, Springer Verlag, 7-23.
- Götze, H.J., Schmidt, S., Barrio de Alvers, L., Alvers, M., Kirchner, A., Kösters, M., Araneda, M., López, N.C., 1996. The update gravity field at the active margin of South America (20° to 29° S). XII Congr. Geol. Arg., Actas, 2, 419-423.
- Götze, H. J., Kirchner, A., 1997. Gravity field at the South America active margin (20°-29°S). Jour. South Am. Earth Sci., 10(2), 179-188.

- Gradstein, F.M., Ogg, J., 1996. A Phanerozoic time scale. *Episodes*, 19 (1-2), 3-5.
- Grissom, G.C., DeBari, S.M., Page, S.P., Page, R.F.N., Villar, L.M., Coleman, R.G., Ramírez, M.V., 1991. The deep crust of an early Paleozoic arc; the Sierra de Fiambalá, northwestern Argentina. In R.S. Harmon, C.W. Rapela (eds.). *Andean Magmatism and Its Tectonic Setting*. Geol. Soc. Am., Spec. Paper, 265, 189-200.
- Grissom, G.C., DeBari, S.M., Snee, L.W., 1998. Geology of the Sierra de Fiambalá, northwestern Argentina: implications for Early Paleozoic Andean tectonics. In R.J. Pankhurst, C.W. Rapela, (eds.), *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geol. Soc. London, Special Pub., 142, 11-33.
- Groeber, P., 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. I - Hoja Chos Malal. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 1, 177-208.
- Gromet, P.L., Simpson, C., 1999. Age of the Paso del Carmen pluton and implications for the duration of the Pampean Orogeny, sierra de Córdoba. XIV Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 149-151.
- Grunow, A.M., 1999. Gondwana events and palaeogeography: a palaeomagnetic review. *Jour. African Earth Sci.*, 28 (1), 53-69.
- Hargrove, U., Martin, M.W., Hanson, R.E., Singletary, S., Bowring, S., Munyanyiwa, H., 1998. Tectonic inversion of the Paleo and Neoproterozoic metamorphic rocks in the Zambesi belt, Mt. Darwin area, NE Zimbabwe. *Geol. Soc. Am. Abstr. Progr.* 30(A), 292.
- Harrington, H.J., 1972. La paleogeografía de América del Sur. Conferencia invitada V Congr. Geol. Arg., CM-UNSa, Rep. Int., 4 pp.
- Harrington, H.J., 1975. South America. In R.W. Fairbridge, (ed.). *The Encyclopedia of World Regional Geology*. Western Hemisphere. I, 456-465.
- Herz, N., Hasuf, Y., Sena Costa, J.B., Da Silva Mata, M.A., 1989. The Araguaia fold belt, Brazil: a reactivated Brasiliano-Pan-African cycle (550 Ma) geosuture. *Precamb. Res.*, 42, 371-386.
- Hoffman, P.F., 1991. Did the Breakout of Laurentia Turn Gondwanaland Inside-Out?. *Science*, 252, 1409-1412.
- Hoffman, P.F., Kaufman, A.J., Halverson, G.P., Schrag, D.P., 1998. A Neoproterozoic snowball Earth. *Science*, 281, 1342-1346.
- Hoffman, P.F., 1999. The break-up of Rodinia, birth of Gondwana, true polar wander and the snowball Earth. *Jour. African Earth Sci.*, 28(1), 17-33.
- Hongn, F., Mon, R., Cuevas, J., Tubia J.M., 1996. Zones de cisaillement calédoniennes à haute température dans la Quebrada Barranquilla (Puna orientale, Argentine): données structurales et cinématiques. *Comp. Rend. Acad. Sci. Paris*, 323 (II a), 809-815.
- Hongn, F.D., 1996. La estructura pre-Grupo Mesón (Cámbrico) del basamento del valle de Lerma, provincia de Salta. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 2, 137-145.
- Isacks, B.L., 1988. Uplift of the central Andean plateau and bending of the Bolivian orocline. *Journ. Geophys. Res.*, 93, 3211-3231.
- Kaufman, A.J., Knoll, A.H., Narbonne, G.M., 1997. Isotopes, ice ages and terminal Proterozoic earth history. *Proceedings National Academy Sciences, USA*, 94, 6600-6605.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C., Sruoga, P., 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to the Middle Proterozoic in North America?. *Geology*, 17, 324-328.
- Kay, S.M., Orrell, S., Abbruzzi, J.M., 1996. Zircon and whole-rock Nd-Pb isotopic evidence for a Grenville age and a Laurentian origin for the basement of the Precordillera terrane in Argentina. *Jour. Geol.*, 104, 637-648.
- Kaz'min, V.G., 1988. Tectonic development of the Mozambique zone from accretion to collision. *Episodes*, 22, 213-219.
- Kennedy, W.Q., 1964. The structural differentiation of Africa in the Pan-African ( $\pm$  500 m.y.) tectonic episode. *Ann. Rep. Res. Inst. Afr. Geol.*, University of Leeds, 8, 48-49.
- Keppie, D.J., 1989. Northern Appalachian terranes and their accretionary history. In R.D. Dallmeyer (ed.). *Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic Orogens*. Geol. Soc. Am. Spec. Paper, 230, 159-193.
- Keppie, D.J., Dostal, J., 1998. Birth of the Avalon arc in Nova Scotia, Canada: Geochemical evidence for (700-630 Ma) back-arc rift volcanism of Gondwana. *Geol. Magazine*, 135(2), 171-181.
- Kirschvink, J.L., Ripperdan, R.L., Evans, D.A., 1997. Evidence for a large scale reorganization of the Early Cambrian continental masses by inertial interchanges true polar wander. *Science*, 277, 541-545.
- Knoll, A.H., 1996. Daughter of time. *Paleobiology*, 22, 1-7.
- Koukharsky, M.L.M., 1988. El volcanismo ácido ordovícico y las rocas graníticas de la Puna occidental entre las latitudes 24° y 24°20' S. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 53(2), 253 - 256.
- Koukharsky, M.L.M., Coira, B., Morello, O., 1989. Volcanismo ordovícico de la Sierra de Guayaos, Puna salteña. Características petrológicas e implicancias tectónicas. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 44(1-4), 207-216.
- Koukharsky, M.L.M., Munizaga, F., Leal, P., Correa, M.J., Brodtkorb, M.K., 1999. New K-Ar ages in the Ambargasta and Norte de Córdoba ranges. II Simp. Latinoam. Geol. Isot., Actas, 1, 76-77.
- Kröner, A., Sacchi, R., Jaeckel, P., Costa, M., 1997. Kibaran magmatism and Pan-African granulite metamorphism in northern Mozambique: single zircon age and regional implication. *Jour. African Earth Sci.*, 25(2), 467-484.
- Krynine, P.D., 1941. Differentiation of sediments during the live history of a landmass. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 52, 1915-1917.



- Kumarapeli, P.S., 1993. A plume-generated segment of the rifted margin of Laurentia, southern Canadian Appalachians seen through a completed Wilson cycle. *Tectonophysics*, 219, 47-55.
- Lefort, J.P., 1998. Palaeozoic splitting rotation and re-amalgamation out the northern edge of Palaeozoic Gondwana. Where is the mother country of Armorica?. *Jour. African Earth Sci.*, 27(1A), 130-131.
- Lieberman, B.S., 1997. Early Cambrian paleogeography and tectonic history: a biogeographic approach. *Geology*, 25(11), 1039-1042.
- Linares, E., González, R.R., 1990. Catálogo de edades radiométricas de la República Argentina (1957-1987). *Asoc. Geol. Arg., Esp. Pub.*, (B-19), 628 pp.
- Lira, R.R., Millone, H.A., Kirschbaum, A.M., Moreno, R.S., 1996. Calc-alkaline arc granitoids activity in the Sierra Norte - Ambargasta ranges, central Argentina. *Jour. South Am. Earth Sci.*, 10, 157-177.
- Llambías, E., Caminos, R., Rapela C.W., 1984. Las plutonitas y vulcanitas del Ciclo Eruptivo Gondwánico. In V. A. Ramos (ed.). *Relatorio de Geología y Recursos Minerales de la provincia de Río Negro*, IX Congr. Geol. Arg., 1, 83-117.
- Llambías, E., Sato, A., 1990. El batolito de Colangüil (29°-31°S) Cordillera Frontal de Argentina: estructura y marco tectónico. *Rev. Geol. Chile*, 17(1), 89-108.
- Llambías, E., Cingolani, C., Varela, R., Prozzi, C., Ortiz, A., Toselli, A., Saavedra J., 1991. Leucogranodioritas sincinemáticas ordovícicas en la sierra de San Luis, República Argentina. VI Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, 187-191.
- Llambías, E.J., Quenardelle, S., Ortíz Suárez, A., Prozzi, C., 1996. Granitoides sin-cinemáticos de la sierra central de San Luis. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 3, 487-496.
- Llambías, E.J., Sato, A.M., Ortiz Suarez, A., Prozzi, C., 1998. The granitoids of the Sierra de San Luis. In R. J. Pankhurst, C. W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. *Geol. Soc. London, Special Pub.*, 142, 325-343.
- López, J.P., Toselli, A.J., 1993. La faja milonítica típica: faldeo oriental del Sistema de Famatina, Argentina. XII Congr. Geol. Arg., Actas, 3, 39-42.
- López, J.P., Durán, F.R., Toselli, A., 1996. Zonas de cizalla en el flanco noroccidental de la sierra de Velazco, La Rioja, Argentina. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 2, 179-185.
- Lork, A., Miller, H., Kramm, U., Grauert, B., 1990. Sistemática U-Pb de zircones detríticos de la Fm. Puncoviscana y su significado para la edad máxima de sedimentación en la sierra de Cachi, (Prov. de Salta), Argentina. In F. Aceñolaza, H. Miller, A.J. Toselli (eds.). *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. *Serie Correlación Geol.*, 4, 199-208.
- Lork, A., Miller, H., Kramm, U., Grauert, B., 1991. U-Pb investigation of monacite and polyphase zircon: implication for age and petrogénesis of trondhjemites of the southern Cordillera Oriental, NW Argentina. VI Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, 398-401.
- Loske, W.P., 1995. 1.1 Ga old zircons in W Argentina: implications for sedimentary provenance in the Paleozoic of Western Gondwana. *Neues. Jahrb. Geol. Paläont. Monatshefte*, 1, 51-64.
- Maringa, J., Hanson, R.E. Martin, M.W., Singletary, S.J., Bowring, S.A., 1998. Timing of polyphase ductile deformation at deep to mid-crustal levels in the Neoproterozoic Zambesi belt, NE Zimbabwe. *Geol. Soc. Am. Abstr. Progr.* 30(A), 292.
- McBride, S., 1972. A potassium-argon age investigation of igneous and metamorphic rocks from Catamarca and La Rioja provinces, Argentina. M.Sc. Thesis, Queen's University, 101 pp.
- McBride, S.L., Caelles, J.C., Clark, A.H., Farrar, E., 1976. Paleozoic radiometric age provinces in the Andean basement, latitudes 25° - 30°S. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 29, 373-383.
- McDonough, M.R., Ramos, V.A., Isachsen, C.E., Bowring, S.A., Vujovich, G.I., 1993. Edades preliminares de circones del basamento de la sierra de Pie de Palo, Sierras Pampeanas Occidentales de San Juan: sus implicancias para el continente proterozoico de Rodinia. XII Congr. Geol. Arg., Actas, 3, 340-342.
- McWilliams, M.O., 1981. Paleomagnetism and Precambrian tectonic evolution of Gondwana. In J. Kroner (ed.). *Precambrian Plate Tectonics*, Elsevier, 649-687.
- Melchor, R.N., Sato, A.M., Lambías, E.J., Tickyj, H., 1999. Documentación de la extensión meridional del terreno Cuyania/Precordillera en la provincia de La Pampa. XIV Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 156-159.
- Miller, H., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Saavedra, J., Toselli, A., 1991. Génesis de los granitoides paleozoicos peraluminosos, áreas Tafí del Valle y Cafayate, Sierras Pampeanas, Argentina. VI Congr. Geol. Chileno. Actas, 1, 36-39.
- Mirré, J.C., Aceñolaza, F.G., 1972. El hallazgo de *Oldamia* sp. (Traza fósil) y su valor como evidencia de edad cámbrica para el supuesto Precámbrico del borde occidental del Aconquija, provincia de Catamarca. *Ameghiniana*, 9(1), 72-78.
- Mpodozis, C., Hervé, F., Davidson, J., Rivano, S., 1983. Los granitoides de Cerro Lila, manifestaciones de un episodio intrusivo y termal del Paleozoico Inferior en los Andes del norte de Chile. *Rev. Geol. Chile*, 8(1), 3-14.
- Moores, E.M., 1991. The southwest U.S. - East Antarctic (SWEAT) Connection: a hypothesis. *Geology*, 19, 425-428.
- Mosher, S., 1998. Tectonic evolution of the southern Laurentian Grenville orogenic belt. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 110, 1357-1375.
- Muller, P.D., Chapin, D.A., 1984. Tectonic evolution of the Baltimore gneiss anticlines, Maryland. In M. J. Bartholomew (ed.). *The Grenville event in the Appalachians and related topics*. *Geol. Soc. Am., Spec. Paper*, 194, 127-148.

- Muñoz, N., Venegas, R., Tellez, C., 1988. La Formación La Negra: nuevos antecedentes estratigráficos en la Cordillera de la Costa de Antofagasta. V Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, A283-A311.
- Murphy, J.B., Keppie, J.D., Nance, R.D., Dostal, J., 1990. The Avalon Composite Terrane of Nova Scotia. In R.A. Strachan, G.K. Taylor (eds.). Avalonian and Cadomian geology of the North Atlantic. *Blakie*, 1, 195-214.
- Narbonne, G.M., Kaufman, A.J., Knoll, A.H., 1994. Integrate chemostratigraphy and biostratigraphy of the Windermere Supergroup, Northwestern Canada: implications for Neoproterozoic correlations and the Early evolution of animals. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 106, 1281-1292.
- Niemeyer, H., 1989. El complejo ígneo sedimentario del Cordón de Lila, región de Antofagasta: significado tectónico. *Rev. Geol. Chile*, 16(2), 163-181.
- Niocaill, M., van der Pluijm, V., van der Voo, R., 1997. Ordovician paleogeography and the evolution of Iapetus ocean. *Geology*, 25(2), 159-162.
- Omarini, R.H., Götze, H.J., 1991. Central Andes Transect, Nazca Plate to Chaco Plains, South-western Pacific Ocean, Northern Chile and Northern Argentina. Copublished by Inter-Union Comm Lithos and Am Geophys Union Washington, 30 pp.
- Omarini, R.H., Sureda, R.J., 1993. Evolución geodinámica y configuración paleogeográfica en los Andes Centrales del Proterozoico Superior al Paleozoico Inferior: modelos, alternativas y problemas. XII Congr. Geol. Arg., Actas, 3, 291-308.
- Omarini, R.H., Sureda, R.J., 1994. El basamento centroandino y sus cuencas marginales entre el rift Irúyico (515 Ma) y la colisión Oclóyica (435 Ma). VII Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, 491-498.
- Omarini, R.H., Sureda, R.J., 1999. Evolución geodinámica. In G. González Bonorino, R. Omarini, J. Viramonte (eds.). *Geología del Noroeste Argentino. Relatorio. 14 Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 115-121.*
- Omarini, R.H., Sureda, R.J., Toselli, A., Rossi J., 1999a. Magmatismo. In G. González Bonorino, R. Omarini, J. Viramonte (eds.). *Geología del Noroeste Argentino. Relatorio. 14 Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 29-40.*
- Omarini, R.H., Sureda, R.J., Götze, H.J., Seilacher, A., Plüger, E., 1999b. The Puncoviscana folded belt: a testimony of Late Proterozoic Rodinia fragmentation and the collisional pre-Gondwanic episodes. *Geologische Rundschau*, 88(1), 76-97.
- Ortiz Suárez, A., Ulacco, H., 1999. Edad del complejo intrusivo de Rodeo Viejo, provincia de San Luis. 14 Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 105.
- Page, S., Zappettini, E., 1998. El magmatismo paleozoico en la Puna occidental, Salta, República Argentina. X Congr. Latinoam. Geol., Actas, 2, 306-313.
- Palma, M.A., Párica, P.D., Ramos, V.A., 1986. El granito de Archibarca. Su edad y significado tectónico, provincia de Cautín. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 41(3-4), 414-419.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., 1995. Production of Jurassic rhyolite by anatexis of the lower crust of Patagonia. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 134, 23-36.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. (eds.), 1998. The Proto-Andean Margin of Gondwana. *Geol. Soc. London, Special Publ.*, 142, 383 pp.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Saavedra, J., Baldo, E., Dahlquist, J., Pascua, I., Fanning, C.M., 1998. The Famatinian magmatic arc in the central Sierras Pampeanas: an Early to Middle Ordovician continental arc on the Gondwana margin. In R. J. Pankhurst, C. W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geol. Soc. London, Special Publ.*, 142, 343-367.
- Paquette, J.L., Nédélec, A., Moine, B., Rakotondrazafy, M., 1994. U-Pb single-crystal Pb evaporation, and Sm-Nd isotopic study of a granulite domain in SE Madagascar. *Jour. Geol.* 102, 523-538.
- Pérez, W.A., Lencina, W.A., Durán, F.R., 1991. Las milonitas de la sierra de Paimán, La Rioja, Argentina: indicadores cinemáticos, edad y significado geotectónico. VI Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, 6-10.
- Pérez, M.B., Coira, B.L.L., 1999. El magmatismo bimodal ordovícico de la sierra de Queta, Jujuy, Argentina. 14 Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 106.
- Pérez, M., Rapela, C.W., Baldo, E.G., 1996. Geología de los granitoides del sector septentrional de la sierra Chica de Córdoba. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 5, 493-506.
- Piper, J., 1982. The Precambrian paleomagnetic record: case for the Precambrian supercontinent. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 59, 61-89.
- Plumb, K.A., James, H.L., 1986. Subdivision of Precambrian time: recommendations and suggestions by the Subcommittee on Precambrian Stratigraphy. *Precamb. Res.*, 32, 65-92.
- Porada, H., 1989. Pan-African rifting and orogenesis in Southern to Equatorial Africa and Eastern Brazil. *Precamb. Res.*, 44, 103-136.
- Powell, C.M., Li, Z.X., McElhinny, M.W., Meert, J.G., Park, J.K., 1993. Paleomagnetic constraints on timing of the Neoproterozoic breakup of Rodinia and the Cambrian formation of the Gondwana. *Geology*, 21, 889-892.
- Powell, C.M., 1995. Are Neoproterozoic glacial deposits preserved on the margin of Laurentia related to the fragmentation of two supercontinents: comments. *Geology*, 23, 1053-1054.
- Ramos, V.A., Jordan, T., Allmendinger, R.W., Kay, S.M., Cortés, J.M., Palma, M.A., 1984. Chileña: un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. IX Congr. Geol. Arg., Actas, 2, 84-106.
- Ramos, V.A., Jordan, T., Allmendinger, R.W., Mpodozis, C., Kay, S.M., Cortés, J.M., Palma M.A., 1986. Paleozoic terra-

- nes of the central Argentina-Chilean Andes. *Tectonics*, 5, 855-880.
- Ramos, V.A., 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America: a collisional history. *Episodes*, 11(3), 168-175.
- Ramos, V.A., Kay, S.M., 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. In R.S. Harmon, C.W. Rapela (eds.). *Andean Magmatism and Its Tectonic Setting*. Geol. Soc. Am., Spec. Paper, 265, 79-91.
- Ramos, V.A., Vujovich, G.I., Dallmeyer, R.D., 1996. Los klippen y ventanas tectónicas preándicas de la Sierra de Pie de Palo (San Juan): edad e implicaciones tectónicas. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 5, 377-393.
- Ramos, V.A., Dallmeyer, R.D., Vujovich, G.I., 1998. Time constraints on the Early Paleozoic docking of the Precordillera, central Argentina. In R.J. Pankhurst, C.W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geol. Soc. London, Spec. Pub., 142, 143-159.
- Rapalini, A.E., Astini, R.A., 1998. Paleomagnetic confirmation of the Laurentian origin of the Argentine Precordillera. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 155, 1-14.
- Rapela, C., Heaman, L.M., McNutt, R., 1982. Rb/Sr geochronology of granitoid rocks from the Pampean Ranges, Argentina. *Journ. Geol.*, 90(5), 574-582.
- Rapela, C.W., Toselli, A.J., Heaman, L., Saavedra, J., 1990. Granite plutonism of the Sierras Pampeanas: an inner cordilleran Paleozoic arc in the southern Andes. In S.M. Kay, C.W. Rapela (eds.). *Plutonism from Antarctica to Alaska*, Geol. Soc. Am. Bull., Spec. Paper, 241, 77-91.
- Rapela, C.W., Coira, B., Toselli, A.J., Saavedra, J., 1992. The Lower Paleozoic magmatism of southwestern Gondwana and the evolution of the Famatinian orogen. *Intern. Geol. Rev.*, 34, 1081-1142.
- Rapela, C., Pankhurst, R., 1996. The Cambrian plutonism of the Cordoba Ranges: pre-Famatinian subduction? and crustal melting. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 5, 491-492.
- 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 Sierra de Córdoba. In R.J. Pankhurst, C.W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geol. Soc. London, Spec. Pub., 142, 181-217.
- Restrepo-Pace, P.A., Ruiz, J., Gehrels, G., Cosca, M., 1997. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic - Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 150, 427-441.
- Rossello, E.A., Le Corre, C.A., Gapais, D., Cobbold, P.R., 1991. La cinemática precarbonífera del noroeste argentino a partir del análisis de criterios de deformación dúctil en rocas granitoides y metamórficas. *Comunicaciones*, 42, 205-206.
- Rui, Z.Q., Piper, J.D.A., 1997. Paleomagnetic study of Neoproterozoic glacial rocks of the Yangzi block: paleolatitude and configuration of south China in the late Proterozoic supercontinent. *Precamb. Res.*, 85, 173-199.
- Saavedra, J., Toselli, A.J., Rossi de Toselli, J.N., Rapela C.W., 1987. The role of tectonism and fractional crystallization in the origin of lower Paleozoic epidote-bearing granitoids, NW Argentina. *Geology*, 15(8), 709-713.
- Saavedra, J., Toselli, A., Rossi, J., Pellistero, E., Durand, F., 1998. The Early Paleozoic magmatic record of the Famatina System: a review. In R.J. Pankhurst, C.W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geol. Soc. London, Spec. Pub., 142, 283-295.
- Sangster, A.L., Zentilli, M., 1998. Paralell development of geology and mineralization in the Lower Paleozoic of the Andes and the Appalachian orogen: Implications for the discovery of mineralization in northwestern Argentina. X Congr. Latinoam. Geol., Actas, 2, 393.
- Salfity, J.A., Omarini, R., Baldis, B., Gutiérrez, W.J., 1975. Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del norte argentino. II Congr. Iberoam. Geol. Econ., Actas, 4, 341-361.
- Salfity, J.A., Malanca, S., Brandán, M.E., Monaldi, C.R., Moya, M.C., 1984. La fase Guandacol (Ordovícico) en el noroeste de la Argentina. IX Congr. Geol. Arg., Actas, 1, 555-567.
- Sato, A.M., 1993. Deformación de las tonalitas pre-cinemáticas de Las Verbenas, San Luis, Argentina. Primer Simposio del Neoproterozoico-Cámbrico de la cuenca del Plata, DINAMIGE, 1, NE25.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J., 1998. Rb/Sr Grenvillean age from the Las Matras diorite, La Pampa province, Argentina. X Congr. Latinoam. Geol., Actas, 2, 418.
- Sato, A.M., Varela, R., Llambías, E.J., 1999a. Rb-Sr whole rock and mineral data from Bemberg and La Escalerilla plutons, sierra de San Luis, Argentina. II Simp. Sudam. Geol. Isot., Actas, 1, 127-131.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J., Sato, K., 1999b. Rb-Sr, Sm-Nd and K-Ar age constraints of the Grenvillian Las Matras pluton, Central Argentina. II Simp. Latinoam. Geol. Isot., Actas, 1, 122-126.
- Sato, A.M., Ortiz Suárez, A., Llambías, E.J., Cavarozzi, C.E., Sanchez, V., Varela, R., Prozzi, C., 1996. Los plutones preoclóyicos del sur de las sierras de San Luis: arco magmático al inicio del ciclo famatiniano. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 5, 259-272.
- Scotese, C.R., Boucot, A.J., McKerrow, W.S., 1999. Gondwanan palaeogeography and palaeoclimatology. *Jour. African Earth Sci.*, 28(1), 99-115.
- Seilacher, A., Bose, P., Pflüger, F., 1998. Triploblastic animals more than un billion years ago: trace fossil evidence from India. *Science*, 282, 80-82.
- Sempere, T., 1998. Rifting Pérmico Superior - Jurásico Medio en la Cordillera Oriental de Bolivia y Perú: estratigrafía, sedimentología, magmatismo. VII Reun. Arg. Sed., Actas, 1, 26-31.

- Seymour K.St., Kumarapeli, P.S., 1995. Geochemistry of the Grenville Dyke Swarm: role of plume-source mantle in magma genesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 120, 29-41.
- Sims, J.P., Skirrow, R.G., Stuart-Smith, P.G., Lyons, P., 1997. Informe geológico y metalogénico de las sierras de San Luis y Comechingones (provincias de San Luis y Córdoba) 1:250.000. *Anales*, 18, Inst. Geol. Rec. Min., SEGEMAR, 182 pp.
- Sims, J.P., Ireland, T.R., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P.E., Skirrow, R.G., Stuart-Smith, P.G., Miró, R., 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Paleozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. In R.J. Pankhurst, C.W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. *Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, 142, 259-283.
- Shiraishi, K., Ellis, D.J., Hiroi, Y., Fanning, C.M., Motoyoshi, Y., Nakai, Y., 1994. Cambrian orogenic belt in East Antarctica and Sri Lanka: implications for Gondwana assembly. *Jour. Geol.*, 102, 47-65.
- Smith, A.G., 1999. Gondwana: its shape, size and position from Cambrian to Triassic times. *Jour. African Earth Sci.*, 28(1), 71-98.
- Stanistreet, I.G., Kukla, P.A., Henry, G. 1991. Sedimentary response to a Late Proterozoic Wilson Cycle: The Damara Orogen and Nama Foreland, Namibia. *Jour. African Earth Sci.*, 13, 141-156.
- Stanton, R.L., 1984. Investigations of Appalachian-Caledonide Ore Province and their influence on the development on stratiform ore genesis theory: short historical review. *Econ. Geol.*, 78, 1428-1441.
- Storey, B.C., 1993. The changing face of de late Precambrian and early Paleozoic reconstructions. *Journ. Geol. Soc. London*, 150, 665-668.
- Storey, B.C., Alabaster, T., 1991. Tectonomagmatic controls on Gondwana break-up models: evidence from the proto-pacific margin of Antarctica. *Tectonics*, 10, 1274-1288.
- Storey, B.C., Alabaster, T., Pankhurst, R.J., (eds.), 1992. Magmatism and the Causes of Continental Break-up. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 68, 248 pp.
- Strunk, S., 1990. Analyse und Interpretation des schwerefeldes des aktiven Kontinentalrandes der zentralen Andes, (20-26S) *Berliner Geowiss. Abhand., Reihe B, Band 17*, 135 pp.
- Stump, E., 1987. Construction on the Pacific margin of Gondwana during the Pannotian cycle. In G.D. McKenzie (ed.). *Gondwana Six: Stratigraphy, sedimentology and paleontology*. *Am. Geophys. Union, Geophys. Monogr.*, 41, 77-87.
- Sureda, R.J., 1988. La Provincia Metalogénica Quiaqueña: Reseña de sus depósitos minerales en el Ordovícico de los Andes Centrales". I Simposio Nacional de Yacimientos Minerales, de Petróleo y Fuentes de Energía del Perú, *Actas*, I, 10-73.
- Sureda, R.J., Martín, J.L., 1990. El Aguilar mine: an Ordovician sediment-hosted stratiform lead-zinc deposit in the Central Andes. In L. Fontboté, G.C. Amstutz, M. Cardozo, E. Cediillo, J. Frutos (eds.). *Stratabound Ore Deposits in the Andes*. Springer Verlag, *Spec. Pub.* 8, 161-174.
- Sureda, R.J., Argañaraz, P., Castillo, A.L., 1991. Depósitos auríferos del distrito Santa Victoria, Salta, Argentina y sus relaciones con la Provincia Metalogénica Quiaqueña. *Gisements alluviaux d'or*, ORSTOM Editions, 1, 7-16.
- Sureda, R.J., Omarini, R.H., Alonso, R.N., 1999. El Ciclo Pannotiano: la perspectiva histórica y las nuevas definiciones. In G. González Bonorino, R. Omarini, J. Viramonte (eds.). *Geología del Noroeste Argentino. Relatorio. 14 Congr. Geol. Arg.*, *Actas*, I, 21-27.
- Thomas, W.A., 1991. The Appalachian-Ouachita rifted margin of southeastern North America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 103, 415-431.
- Thomas, W.A., Astini, R.A., 1996. The Argentine Precordillera: a traveler from the Ouachita embayment of North American Laurentia. *Science*, 273, 752-757.
- Thompson, R., Mitchell, J., 1972. Paleomagnetic and radiometric evidence for the age of the Lower boundary of the Kyanman magnetic interval in the South America. *R. Soc. Astr., Geophys. Jour.*, 27, 207-214.
- Torsvik, T.H., Smethurst, M.A., Meert, J.G., van der Voo, R., McKerrow, W.S., Brasier, M.D., Sturt, B.A., Walderhaug, H.J., 1996. Continental break-up and collision in the Neoproterozoic and Paleozoic: a tale of Baltica and Laurentia. *Earth Sci. Rev.*, 40, 229-258.
- Tosdal, R.M., 1996. The Amazonian-Laurentian connection as viewed from the Middle Proterozoic rocks in the central Andes, western Bolivia and northern Chile. *Tectonics*, 15, 827-842.
- Tosdal, R.M., Munizaga, F., Williams, W.C., Bettencourt, J.S., 1994. Middle Proterozoic crystalline basement in the central Andes, western Bolivia and northern Chile: a U-Pb and Pb isotope perspective. *VII Congr. Geol. Chileno, Actas*, 2, 1464-1467.
- Toselli, A.J., Rossi de Toselli, J.N., Rapela, C.W., 1978. El basamento metamórfico de la Sierra de Quilmes, República Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 33(2), 105-121.
- Toselli, A.J., 1992. El magmatismo del noroeste argentino. *Serie Correlación Geológica*, 8, Universidad Nacional de Tucumán, 243 pp.
- Trouw, R.A.J., De Wit, M.W., 1999. Relation between the Gondwanide Orogen and contemporaneous intracratonic deformation. *Journ. African Earth Sci*, 28(1), 203-215.
- Turner, J.C.M., 1960. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Acad. Nac. Ciencias Córdoba, Bol.*, 51 (2), 163-196.
- Turner, J.C.M., 1972. Cordillera Oriental. In A.F. Leanza (ed.). *Geología Regional Argentina. Acad. Nac. Ciencias Córdoba*, 61, 117-142.

- Turner, J.C.M., Méndez, V., 1975. Geología del sector oriental de los Deptos. Santa Victoria e Iruya, Salta. Bol. Acad. Nac. Cien. Córdoba, 71(1-2), 11-24.
- Turner, J.C.M., Mon, R. 1979. Cordillera Oriental. Geología Regional Argentina. Acad. Nac. Cienc. Córdoba, 74(1), 57-95.
- Turner, B.R. Tectonostratigraphical development of the Upper Karoo foreland basin: orogenic unloading versus thermally-induced Gondwana rifting. *Jour. African Earth Sci*, 28(1), 215-238.
- Unrug, R., 1996. The assembly of Gondwanaland. *Episodes*, 19 (1-2), 11-20.
- Unrug, R., 1997. Rodinia to Gondwana: the geodynamic map of Gondwana supercontinent assembly. *GSA Today*, 7(1), 1-7.
- Varela, R., Llambías, E.J., Cingolani, C., Sato, A. M., 1994. Datación de algunos granitoides de la sierra de San Luis (Argentina) e interpretación evolutiva. VII Congr. Geol. Chileno, Actas, 2, 1249-1253.
- Varela, R., López de Luchi, M.G., Cingolani, C., Dalla Salda, L. H., 1996. Geocronología de gneises y granitoides de la Sierra de Umango, La Rioja. Implicancias tectónicas. XIII Congr. Geol. Arg., Actas, 3, 519-527.
- Voo van der, R., 1988. Paleozoic paleogeography of North America, Gondwana and intervening displaced terranes: Comparisons of paleomagnetism with paleoclimatology and biogeographical patterns. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100, 311-324.
- Vujovich, G.I., Kay, S.M., 1998. A Laurentian? Grenville-age oceanic arc/back-arc terrane in the Sierra de Pie de Palo, Western Sierras Pampeanas, Argentina. In R.J. Pankhurst, C.W. Rapela (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geol. Soc. London, Spec. Pub., 142, 159-179.
- Wegener, A., 1912. The origin of the continents and oceans. (Trans. 3th German edition) 1924. Methuen and Co., 212 pp.
- Weil, A.B., Voo van der, R., MacNiocail, C., Meert, J.G., 1998. The Proterozoic supercontinent Rodinia: paleomagnetically derived reconstructions for 1100 to 800 Ma. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 154, 13-24.
- Wilke, G.H., Lucassen, F., Wemmer, K., 1997. Chemistry and isotopic ages of metamorphic basement and intrusions. VIII Congr. Geol. Chileno, Actas, 2, 1593-1597.
- Wilson, T.J., Grunow, A.M., Hanson, R.E., 1997. Gondwana assembly: the view from southern Africa and East Gondwana. *Jour. Geodyn.*, 23, 263-286.
- Zappettini, E., Blasco, G., 1998. Hoja geológica 2569-II, Socompa, provincia de Salta, República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Argentina.
- Zentilli, M., Doe, B.R., Hedge, C.E., Álvarez, O., Tidy, E., Daroca, J. A., 1988. Isótopos de plomo en yacimientos de tipo pórfido cuprífero comparados con otros depósitos metalíferos en los Andes del norte de Chile y Argentina. V Congr. Geol. Chileno, Actas, 1, B331-B369.