

EVOLUCIÓN DE LA LITOSFERA DURANTE EL PREDEVÓNICO DE URUGUAY: UN PREDOMINIO DE TRANSCURRENCIAS

Bossi, J.

LITHOSPHERE EVOLUTION DURING THE PREDEVONIAN OF URUGUAY: PREVALENCE OF STRIKE SLIP FAULTS

Facultad de Agronomía. Garzón 780, Montevideo

jbossi@fagro.edu.uy

RESUMEN

Se analizan los datos disponibles sobre megafallas transcurrentes y se superponen los datos geocronológicos confiables de rocas predevónicas en Uruguay. Haciendo énfasis en las rocas básicas, se reconocen 4 terrenos tectono-estratigráficos de los que se conoce la edad aproximada y el sentido de desplazamiento. Se concluye que el terreno Piedra Alta, de edad transmazoniana (2000 ± 100 Ma.) es el bloque más antiguo en su sitio seguido por el Terreno Tandilia de edades de 2200 ± 100 Ma que se adosó hacia 1700 Ma; el Terreno Nico Pérez se desplazó hacia el sur generando la megacizalla continental Sarandí del Yi- Piriápolis de rumbo N10W hacia 1250 Ma. Por último el continente denominado Arachania hace colisión tangencial desde el SE hacia 525 Ma generando la banda de ultramilonitas de la zona de cizalla de Sierra Ballena. Cada uno de los terrenos tiene estratigrafía y asociaciones litológicas radicalmente diferentes y las edades geocronológicas no coinciden con la secuencia de llegada de cada uno de los bloques que constituyen los terrenos identificados.

Palabras claves: litósfera, predevónico, transcurrencias, Uruguay

ABSTRACT

The available data about mega shear zones were analyzed. Also the geo chronological trusty data about predevonian rocks from Uruguay were overlapped. Emphasizing in the basic rocks, four tectono-stratigraphic terranes might be recognized. The approximate age of those rocks is known as well as the displacement trend. It can be concluded that the transmazonian age Piedra Alta Terrane (transmazonian age 2000 ± 100 My) is the most ancient block followed by the Tandilla Terrane (ages 2200 ± 100 My) which was joined through 1700 Ma. The Nico Perez Terrane displaced itself towards South generating the continental N10W megashear fault Sarandi del Yi- Piriapolis towards 1250 My. Finally, the Arachania called continent made tangential collision from SE towards 525 Ma generating the ultramylonites band of the Sierra Ballena share zone. Each one of these terranes have totally different stratigraphy and litological associations, and the chronological ages did not agree with the arrival of each one of the identified terranes.

Keywords: lithosphere, predevonian, shear faultszones, Uruguay.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos importantes de la Geología es la reconstrucción paleogeográfica del planeta en cada período de su historia. Desde que se conoce la existencia de tectónica de placas con activo movimiento de bloques de litósfera, la tarea de

reconstrucción paleogeográfica se complica porque se transforma en la recomposición de un puzzle rápidamente cambiante con piezas deformadas.

Esa recomposición debe atender procesos orogénicos con el cumplimiento normal de un ciclo de **Wilson** con choques frontales de cratones,

procesos orogénicos con choques oblicuos y bloques adosados a lo largo de megacizallas transcurrentes sin subducción en el área considerada así como importantes cabalgaduras como principales fenómenos sucedidos.

La evolución de la litósfera es difícil de concretar porque para explicar cambios bruscos de asociaciones litológicas, se enfrentan en la mayoría de los casos, criterios orogénicos con choques quasi – frontales de cratones con enfoques en los que predominan desplazamientos de cizalla enfrentando asociaciones litológicas generadas a distancia de su situación actual. Además, la mayoría de los ensayos usan cartas regionales a escalas tan grandes (1/ 5: a 1 / 10:) que no se puede discutir pues no expresan el comportamiento real de cada unidad geológica. La representación gráfica más común del supuesto ciclo Brasileño Neoproterozoico es a escala 1/ 10: 000000 como se muestra en la Figura N° 1 tomada de Basei et al (2008) pero basada en decenas de trabajos anteriores.

Las placas litosféricas han sido tan móviles durante el precámbrico, que cada escudo cristalino es el resultado de la unión de varias de ellas, cuando se dispone de relevamientos geológicos de detalle. Uruguay resulta ser uno de los más claros ejemplos de los fenómenos de aglomeración de fragmentos litosféricos por desplazamientos horizontales a lo largo de megatranscurrentes sub – verticales durante el predevoniano.

Los cambios conceptuales en el enfoque de los procesos geológicos han sido muy importantes en la segunda mitad del siglo XX. Esas transformaciones fueron generadas por la aparición de las fotos aéreas, la geocronología, la tectónica de placas y la geoquímica fina. Estos cambios repercutieron en el enfoque de los procesos genéticos y no todos los grupos aceptan los cambios que, sin embargo, contribuyen a un acercamiento al verdadero proceso geológico ocurrido.

En Uruguay, cuando la estratigrafía del Predevónico trata de resolverse solamente con datos geocronológicos, resulta incomprensible y comienza a entenderse recién cuando se utiliza el concepto de terrenos tectono - estratigráficos. Esto indica que la explicación racional de áreas precámbricas puede lograrse solamente si se tiene en cuenta la dinámica de los bloques corticales o litosféricos.

EVOLUCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS

Antes de usarse la foto aérea (1960) la estructura geológica del predevónico en Uruguay era

desconocida. Los terrenos se dividían en algonianos si eran débilmente metamorfizados y arqueanos los intensamente metamórficos junto con las rocas plutónicas. Mac Millan 1931; Lambert, 1941; Caorsi y Goñi; 1958) Figura N° 2.

Antes de la aparición de la **geocronología** (1966) las fotos aéreas permitieron determinar grandes líneas estructurales regionales y según el criterio de Rynearson et al. (1954) se reconocieron dos ciclos orogénicos: Moderno (COM) con rumbos regionales paralelos al contacto y Antiguo (COA) (Bossi et al 1965).

Este criterio fue apoyado por la geocronología (Hart, 1966; Umpierre y Halpern, 1971) reconociendo edades de 2000 Ma para el COA y 500 – 700 Ma para el COM. Ver Figura N° 3.

Cuando se populariza la **Tectónica de placas** (Wilson, 1973) se interpretan las fajas orogénicas con modelos compresivos, pero se mantienen los ciclos moderno y antiguo (Fragoso, 1980).

Lo que antes encajaba bien en los modelos geosinclinales de Harpum y Quennel (1960) no podía explicarse por el ciclo de Wilson.

En el modelo geosinclinal el metamorfismo crece del borde al centro de la faja orogénica y eso parecía respetarse en el COM (ver Figura N° 4) pero no se explicaba con tectónica de placas, al punto que Fragoso-César et al. (1987) suponen subducción hacia W y Ramos (1988) subducción opuesta.

Tampoco aparecían indicios de esfuerzos compresivos en toda la zona abarcada por lo que Fragoso-César (1980) denominó cinturón Don Feliciano de supuesta edad brasiliana (500 – 700 Ma).

Hasta hoy se sigue planteando que la evolución crustal del Sur de Brasil y Uruguay involucró el ciclo orogénico Neoproterozoico Brasileño que condujo a la amalgamación de diferentes terrenos durante una orogénesis colisional (Basei et al. 2008).

Sin embargo cuando se efectúan relevamientos de detalle no se demuestran esos mecanismos. En el extremo sur del cinturón Ribeira los autores recién referidos encuentran 4 circones de ca 600 Ma sólo en la fm. Antinha de facies greenschist que ha experimentado un intenso fenómeno de boudinage entre cuarcitas, filitas y metaconglomerados de 1450 Ma. En la carta geológica prolijamente relevada a escala 1/1:000.000 que se reproduce simplificada en la Figura N° 5 se observan varias unidades diferentes algunas de las cuales eran atribuidas al ciclo Brasileño: Grupo Itaiacoca, Subgrupo Lajeado con las formaciones Iporanga y Capiru.

**Evolución de la litósfera durante el predevónico de Uruguay:
un predominio de transcurrencias.**

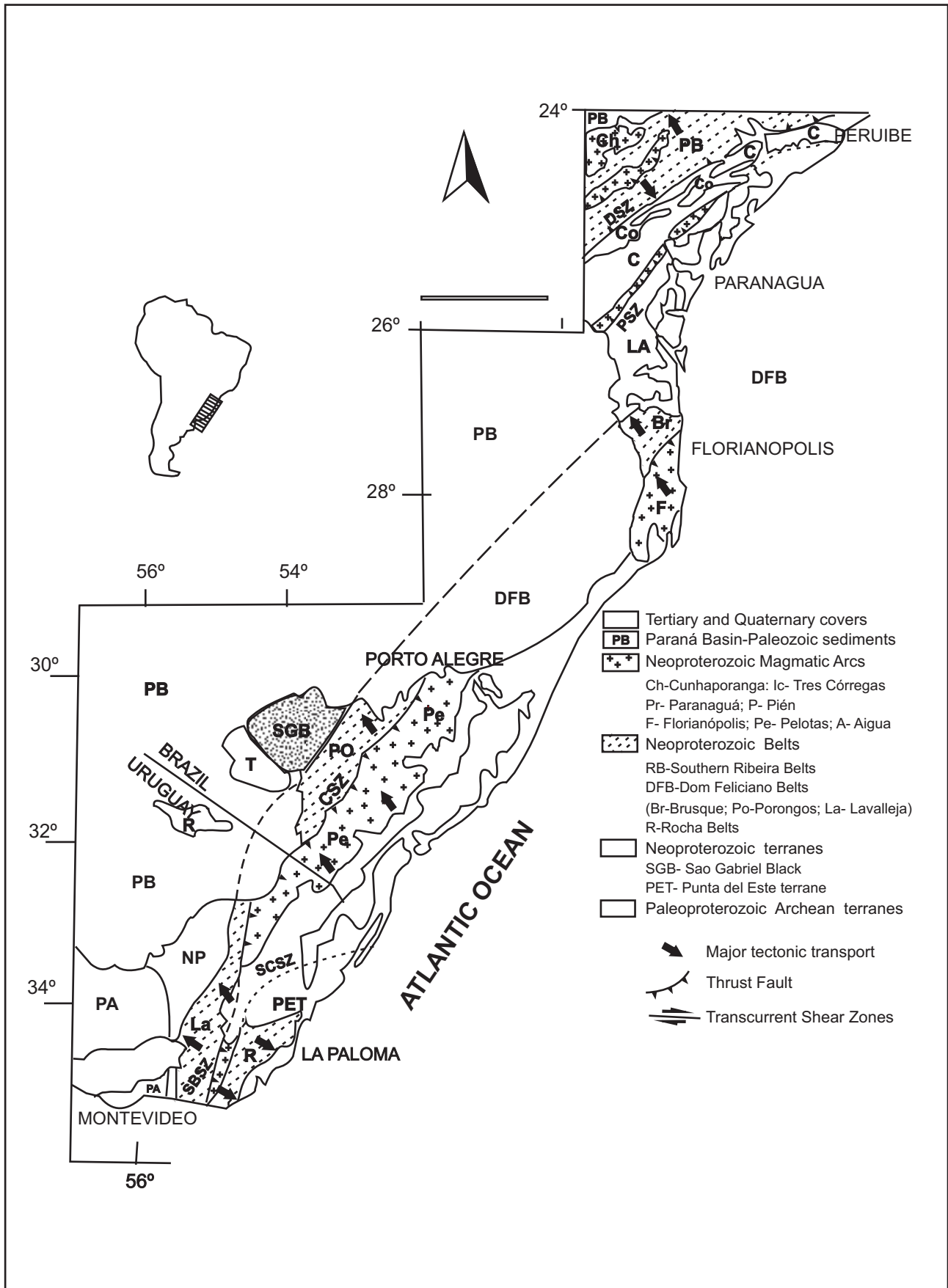


FIGURA Nº 1- Representación clásica del Ciclo Brasileño en el Sur de Brasil y Uruguay, según BASEI et al. (2008) simplificada.

FIGURE Nº 1- Classic Brazilian Cycle representation in Southern Brasil and Uruguay after BASEI et al. (2008) simplified.

Estas litologías se encontraban entre unidades más antiguas: Agua Clara, Fm Votuveraba, rocas metabásicas y Fm Perai de 1450 Ma apoyadas en el complejo de Atuba (2100 – 2200 Ma).

Una vez estudiada la edad de los circones detríticos, la única unidad con 5 circones de edad menor a 1600 Ma (~ 500 Ma) es la fm. Antinha. Las restantes son de edad mucho mayor según los datos de la Figura N° 6.

Situaciones similares son encaradas por Bossi y Gaucher (2004) como relictos de la sedimentación neoproterozoica afectadas por la orogénesis brasiliana que hizo colisión hacia 540 Ma pero que fue eliminada por el choque de un bloque alóctono al que se denomina Terreno Cuchilla Dionisio (Bossi et al. 1998).

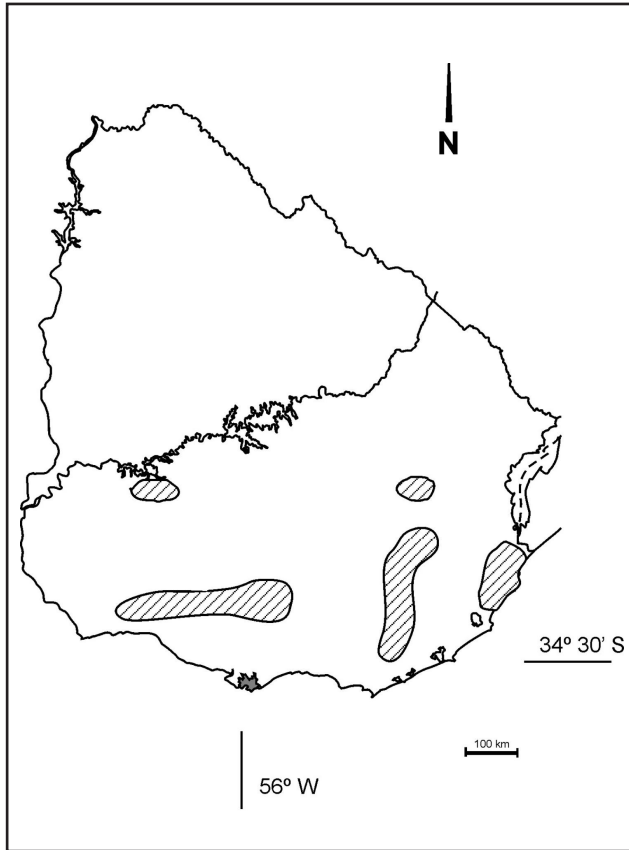


FIGURA N° 2 - Esquema geológico de Uruguay señalando las rocas algonquianas (rocas metamórficas de grado bajo) según Caorsi y Goñi.

FIGURE N° 2 - Geologic sketch of Uruguay pointing algonkian rocks after Caorsi y Goñi (1958).

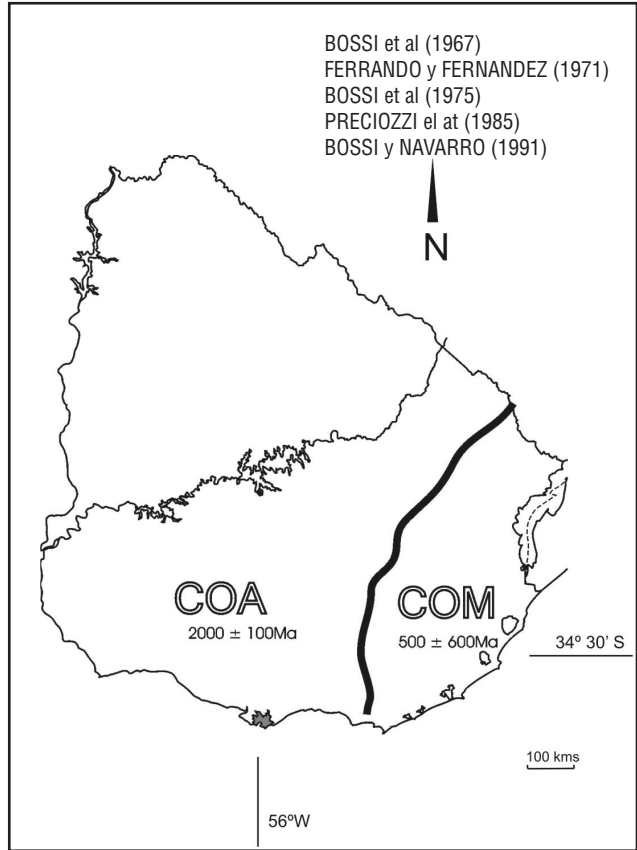


FIGURA N° 3 - Esquema geológico de Uruguay según BOSSI et al. (1975) donde se reconocen dos ciclos orogénicos; COA=ciclo orogénico antiguo (2000 Ma.); COM=ciclo orogénico moderno (500-700 Ma.).

FIGURE N° 3 - Geologic diagram of Uruguay alter BOSSI et al. (1975) showing two orogenic cycles: COA = Ancien orogenic cycle (2000 My.; COM=Modern orogenic Cycle (500-700 My.)

La fm Antinha ha sido fuertemente estirada tectónicamente y está limitada por transcurrencias de gran desarrollo con rumbo NE.

Caso similar sucede en el Cinturón Dom Feliciano. Las 2 muestras tomadas en Uruguay en lo que denominan Lavalleya metamorphic Complex, una da circones de ca300 Ma pero la otra no posee circones de edad menor a 1650 Ma y descartan que la fm Zanja del Tigre (Sánchez Betucci, 1998) integre el ciclo Brasiliano como muchos trabajos anteriores lo sugerían.

GEOCRONOLOGÍA DEL PREDEVÓNICO

Los estudios geocronológicos del predevónico en Uruguay comenzaron con Hart (1966) usando técnicas K – Ar en muscovitas y Rb – Sr en granitoides pero sin isocronas. Se perfeccionaron con Umpierre y Halpern (1971) utilizando método Rb – Sr con isócronas, pero manteniendo la división en dos orógenos: en el W el cratón de 2000 Ma; en el E al cinturón móvil con granitoides de 510 a 610 Ma.

Los estudios más detallados de Preciozzi et al. (1985)

**Evolución de la litósfera durante el predevónico de Uruguay:
un predominio de transurrencias.**

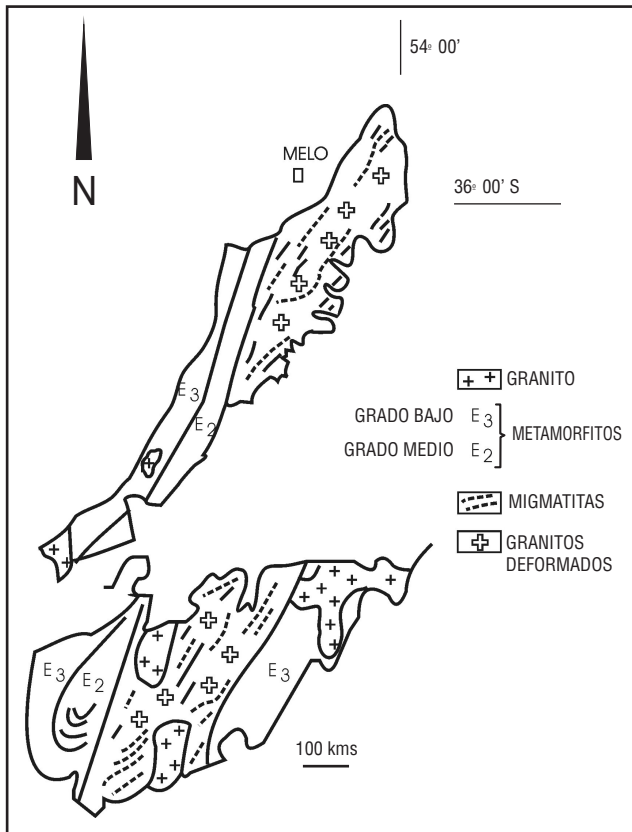


FIGURA Nº 4 - Ciclo orogénico moderno según modelo geosinclinal, tomado de BOSSI et al. (1967).

FIGURE Nº 4 - Modern orogenic cycle according to geosinclinal model, after BOSSI et al. (1967).

Cingolani et al. (1990) Bossi et al. (1993) Cingolani et al. (1997) mantuvieron ambos grupos de edades aunque con mayor precisión en los datos. La geocronología de rocas graníticas -por mayor precisión que se consiguiera- daba resultados tramposos y alentaba erróneamente la existencia de 2 ciclos orogénicos con el modelo que se utilizara (un cratón y un cinturón móvil).

En el año 1999 comenzaron las determinaciones U-Pb SHRIMP y se encuentran rocas de edades mucho más antiguas. Se descubren rocas paleo – arqueanas de 3410 Ma (Hartmann et al. 2002) y neoarqueanas de 2700 Ma (Hartmann et al. 2000); se conocen edades grenvillanas en los alrededores de Minas (Garau, M. *com. pers.*); se determina una cabalgadura de 1200 ± 30 Ma en el Terreno Nico Pérez (Cingolani, C. *in* Bossi et al. 1998) y se llega en el 2008 a establecer la siguiente distribución de edades en la Tabla Nº 1 y la Figura Nº 7

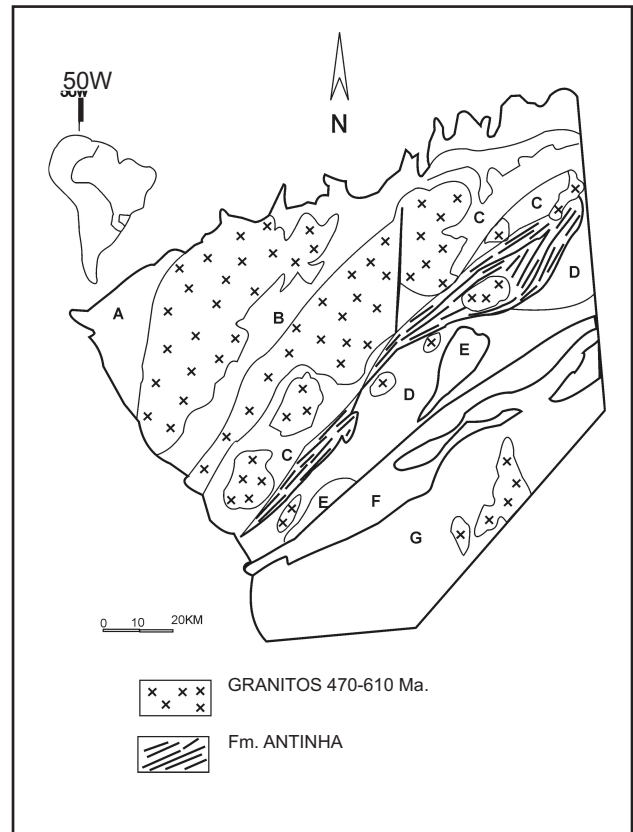


FIGURA Nº 5 - Carta geológica a escala 1/1.000.000 de un sector del cinturón Ribeira según BASEI et al. (2008).

FIGURE Nº 5 - Geologic map 1/1.000.000 scale of a Ribeira belt after BASEI et al. (2008).

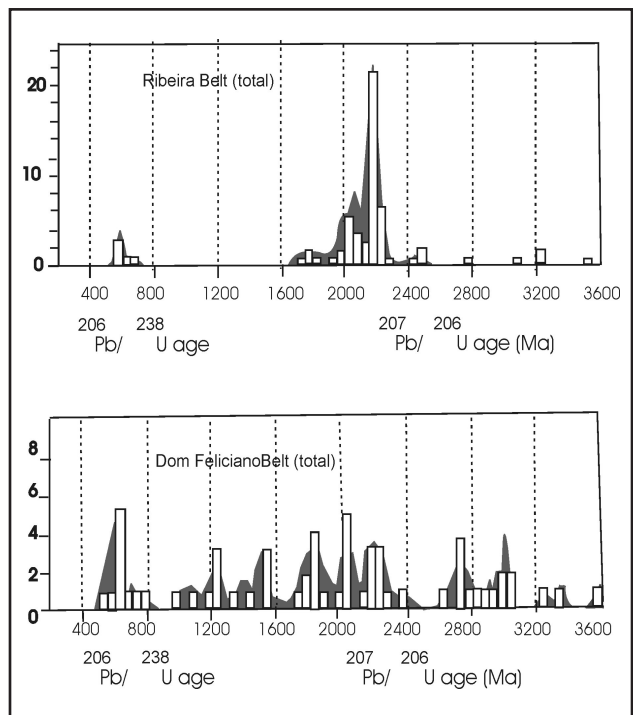


FIGURA Nº 6 - Histograma de edades de circones detríticos del cinturón Ribeira y del cinturón Dom Feliciano total (tomado de BASEI et al. 2008).

FIGURE Nº 6 - Ribeira belt and Dom Feliciano detritic zircon ages histograms after BASEI et al. (2008).

TABLA 1 - Ubicación geocronológica de las rocas datadas en Uruguay.
TABLE 1 - Chronostratigraphic of Uruguayan predevonian rocks.

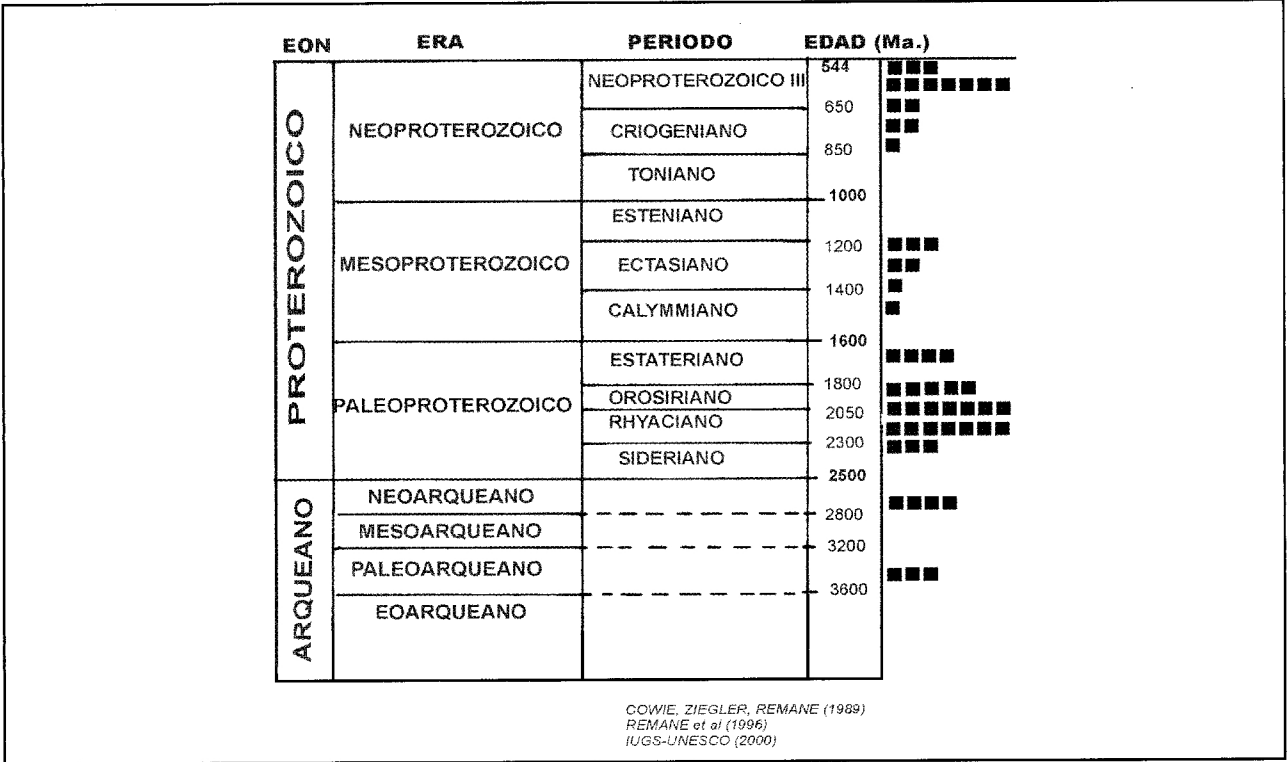


FIGURA Nº 7 - Distribución de edades geocronológicas confiables en Uruguay.
FIGURE Nº 7 - Geochronological distribution ages in Uruguay.

Evolución de la litósfera durante el predevónico de Uruguay: un predominio de transcurrencias.

El análisis puramente geocronológico sin considerar el movimiento de bloques señalaría que el primer núcleo formado sería el Complejo La China (3.410 Ma) luego la fm Valentines (2700, Ma) después se formaría el Terreno Tandilia con 2200. Ma, luego el T.P.A con 2000 ± 100 Ma; seguiría el metamorfismo del grupo Parque UTE con 1200 Ma y así sucesivamente. Esta secuencia de eventos no tiene explicación racional según las observaciones naturalistas a escala 1/100.000

Tectono Estratigrafía

La explicación aparece cuando se aplican los criterios sugeridos por CONEY (1989) usando el concepto de terrenos tectono – estratigráficos. El uso de este concepto condujo a Bossi y Campal (1992) a reconocer el terreno Nico Pérez por la existencia de una megatranscurrente dextral que arqueó, cortó y desplazó un haz de filones de microgabro de 1780 ± 3 Ma y del lado opuesto afloraba un granito rapakivi de la misma edad (L. Heamann, 1992, *com. pers.*). Ver Figura N° 8.

Bossi et al. (1993) reconocen el TPA en el W y ello condujo a aceptar y entender el comportamiento geológico diferente a ambos lados de las cizalla así como dejar de investigar los filones de microgabro de gran valor económico como “dimension stone”, al Este de la

megatranscurrente.- Este resultado tuvo enorme repercusión en el enfoque del estudio de la rocas del zócalo predevoniano.

Gómez Rifas (1995) identifica la zona de cizalla de Sierra Ballena (ZCSB) como una enorme faja milonítica sinistral con importante transcurrencia que divide dos áreas de naturaleza radicalmente diferente: al W abundan las rocas calcáreas en diferentes grados de metamorfismo mientras que al Este no existen rocas carbonatadas y la naturaleza geológica consiste en un sustrato de facies granulita con inyecciones plutónicas de 610 a 540 Ma (Preciozzi et al 1993) y rocas volcánicas de 572 ± 7 Ma. (Hartmann et al 2003).

Esta zona al Este de la megacizalla Sierra Ballena ha sido fuertemente controvertida entre terreno Cuchilla Dionisio (bloque alóctono adosado a 525 Ma y Cinturón Dom Feliciano integrante del ciclo brasiliano junto con los metamorfitos del oeste.

Bossi y Gaucher (2004) exponen argumentos naturalistas, geocronológicos y estructurales a favor de un bloque alóctono adosado que es aceptado por los principales estudiosos del tema (por ejemplo Frimmel y Basei, 2006). En esta interpretación son esenciales las rocas básicas, que están representadas al oeste por prasinitas de bajo grado de metamorfismo mientras que al Este se trata de

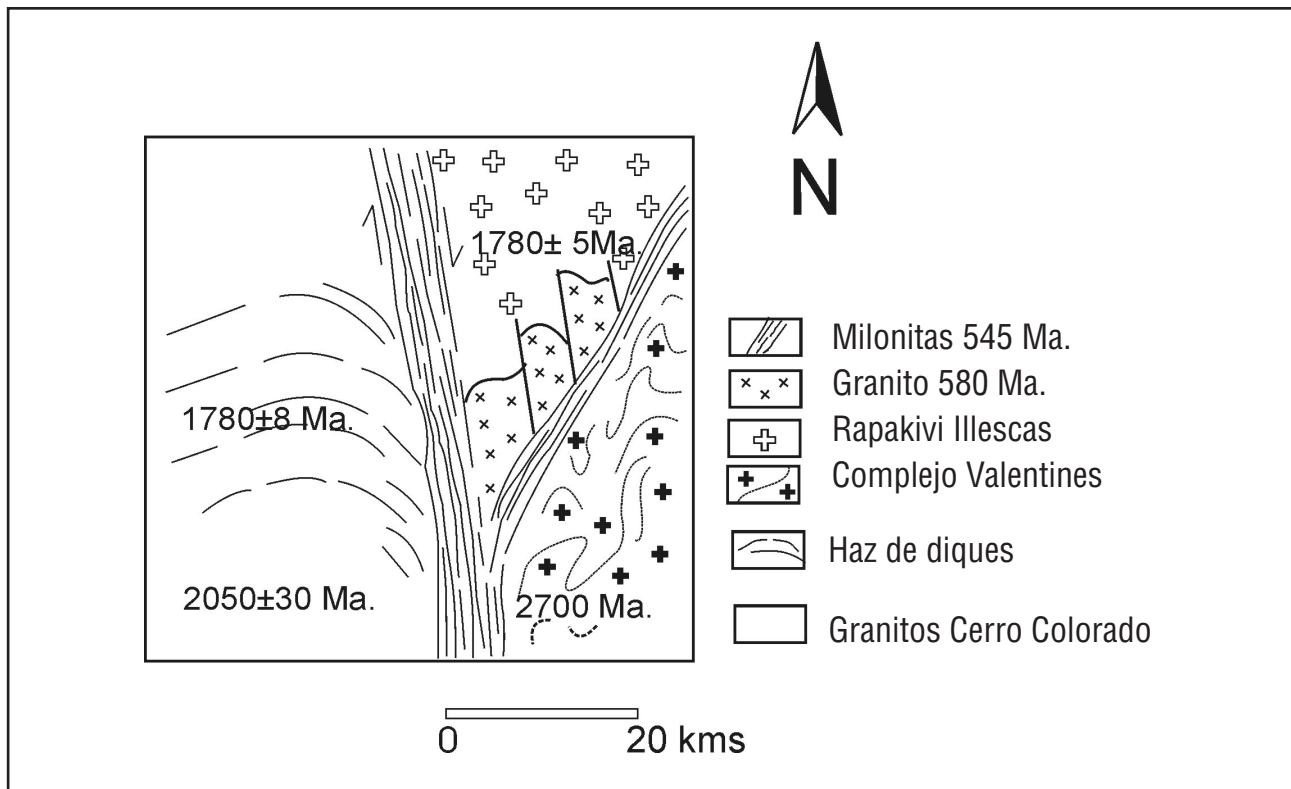


FIGURA N° 8 - Megatranscurrente entre los terrenos Piedra Alta y Nico Pérez (BOSSI et al. 1993).

FIGURE N° 8 - Mega-shear zone between Piedra Alta and Nico Perez terranes (BOSSI et al. 1993).

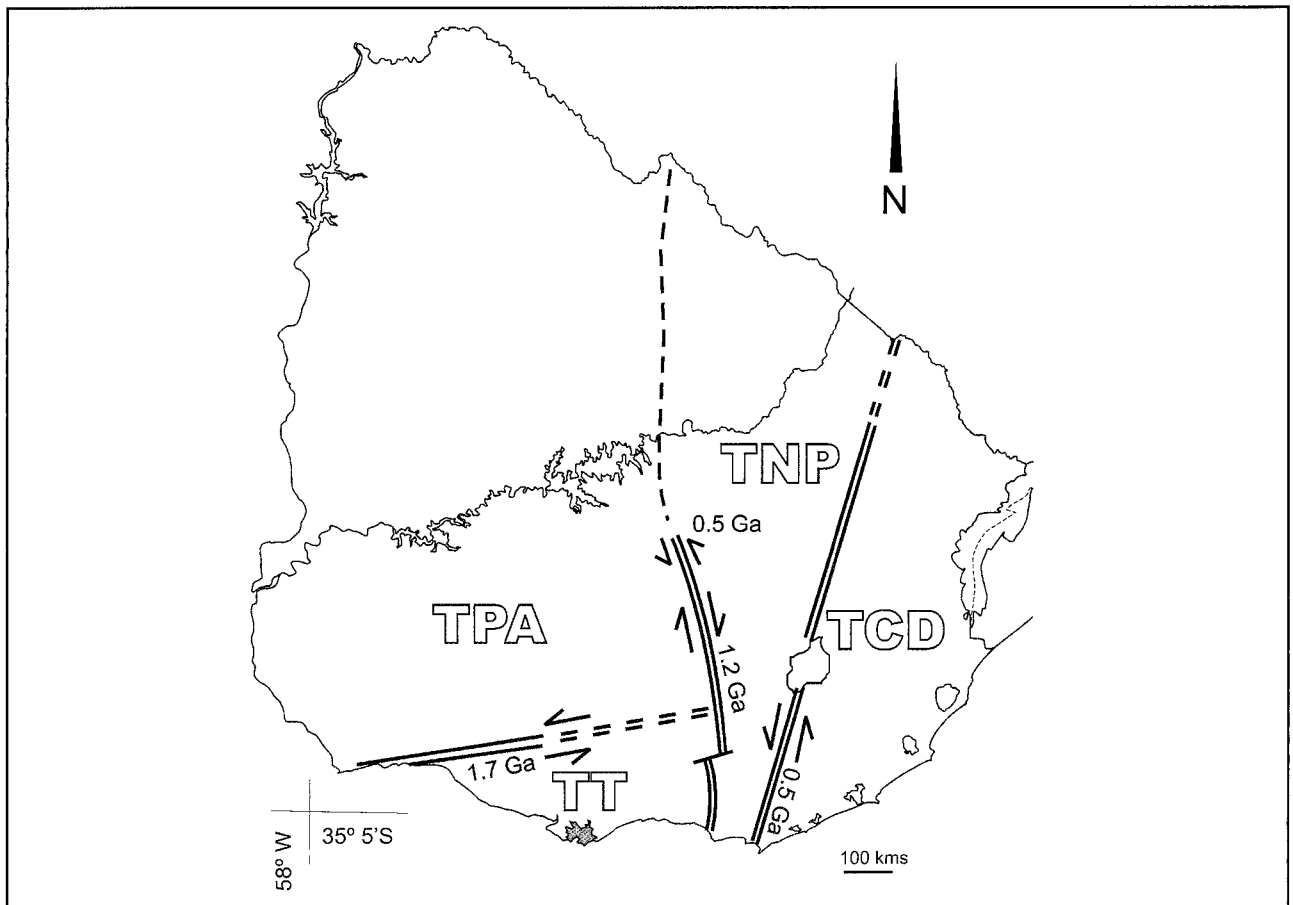


FIGURA N° 9 - Terrenos y megatranscurrentes del predevoniano en Uruguay TPA = terreno Piedra Alta; TT = terreno Tandilia; TNP = terreno Nico Pérez; TCD = terreno Cuchilla Dionisio.

FIGURE N° 9 - Predevonian Mega-shear zones and terranes in Uruguay. TPA= Piedra Alta terrane; TT= Tandilia terrane; TNP= Nico Pérez terrane; TCD= Cuchilla Dionisio terrane.

piroxenitas de alto grado (facies granulita) según la descripción de Masquelin (2006).

Bossi et al (2005) y Ribot et al (2005) describen una importante faja milonítica sinistral de rumbo N 80E y unos 6 Kms de potencia con buzamiento vertical que pasa por la ciudad de Colonia y separa dos unidades tectono estratigráficas diferentes: al norte el TPA con prasinitas de 20 70 Ma hornblenditas de 2050 Ma gabro – noritas de 2020 Ma (Oyhantçabal et al. 1998) y un haz de filones de microgabro de 1785 ± 5 Ma (Bossi y Schipilov 2007); al sur ortoanfibolitas de 2200 ± 40 Ma (Preciozzi et al 1999) intruídas por un granito *rapakivi* de 2000 Ma.

Nuevamente las rocas básicas constituyen los litotipos definitorios de una génesis diferente de los bloques adosados. Dado que la faja milonítica Colonia afecta a los filones de microgabro, es posterior a 1800 Ma y dado que otra faja milonítica paralela es recortada en Tandilia por filones de ca 1600 Ma (Iacumin et al. 2001); Teixeira et al. (2002) se concluye que ha operado alrededor de 1700 Ma.

El modelo más aceptado es generar los bloques continentales por acreción de cinturones orogénicos asociados a procesos de subducción con colisión oblicua como máxima modificación de un ciclo de **Wilson** en su concepción original.

Sin embargo, uno de los resultados del movimiento experimentado por bloques litosféricos rígidos es la formación de continentes por yuxtaposición de terrenos tectono estratigráficos soldados por megacizallas. Uruguay es uno de los más claros ejemplos de esos fenómenos de aglomeración de fragmentos litosféricos por desplazamientos horizontales a lo largo de megatranscurrentes subverticales y cabalgaduras en planos subhorizontales durante el Pre – Devónico. En la época actual con el uso de fotos aéreas, geocronología, geoquímica isotópica y de oligoelementos pudieron determinarse grandes transcurrencias con desplazamientos de bloques cuya litología y estratigrafía interna son radicalmente diferentes.

El estudio detallado de las rocas básicas de todas las edades y condiciones de emplazamiento ha permitido reconocer 4 terrenos adosados en diferentes edades, todos ellos de naturaleza radicalmente diferente.

Los progresos conseguidos en la interpretación geológica fueron logrados recién cuando se descubrió que el zócalo resultaba de la reunión de por lo menos 4 terrenos con grandes desplazamientos a lo largo de fallas transcurrentes (Bossi y Campal, 1992; Bossi et al 1993; Bossi et al 1998; Bossi et al 2005) En la figura

Evolución de la litósfera durante el predevónico de Uruguay: un predominio de transcurrencias.

Nº 9 se muestran los terrenos reconocidos las fallas transcurrentes y el sentido de desplazamientos.

Esta comprobación naturalista y geocronológica puede ser considerada la clave para encarar las reconstrucciones paleogeográficas, ya que representa una herramienta que adecuadamente utilizada permite contribuir a la identificación y cuantificación de los desplazamientos.

La evolución de la litósfera será realmente comprendida solamente cuando cada grupo de trabajo se despoje de los preconceptos y analice la realidad geológica apoyada en cartas a escala de detalle (1/100.000 – 1/50.000). Es necesario dejar de utilizar cartas geológicas 1/5.000.000 y obtener abundantes datos petrográficos, estructurales, geoquímicos y geocronológicos para reconocer o no la existencia de uno u otro proceso.

Intrusiones Cambro – Véndicas

El enfoque expuesto explica satisfactoriamente la reunión de bloques alóctonos para construir el zócalo predevoniano de Uruguay. Sin embargo el argumento fuerte para mantener el cinturón Dom Feliciano de edad brasiliana son las edades de los granitos intrusivos entre 525 y 610 Ma.

Los estudios recientes han permitido reconocer que el grupo Arroyo Soldado (Gaucher 2000) de edad vendiano – cámbrica está constituido por un potente depósito marino sedimentario que no ha sido metamorfozado pero sí plegado e intruído por plutones graníticos.

Este paquete sedimentario de borde pasivo experimentó efectos de la orogénesis brasiliana que tuvo subducción de placa hacia el oeste a unos 500 – 600 Km al E de su desarrollo actual. Sin duda se produjo un fenómeno orogénico completo con plegamiento y metamorfismo de todos los grados, pero la enorme cizalla de Sierra Ballena que se formó a 525 Ma por colisión oblicua de un bloque ya estructurado arrastró el paquete metamórfico brasiliano y dejó en su lugar un terreno que resultó contener granitoides deformados e intensamente milonitizados intruídos en un zócalo de edad dudosa entre 1000 y 2000 Ma con alto grado de metamorfismo según Masquelin (2000). Ver figura Nº 10.

DISCUSION

En el Pre Devónico de Uruguay se reconocieron 4 terrenos tectono estratigráficos como se muestran en la figura Nº 9. El análisis de los fenómenos tectónicos condujo a demostrar que el único bloque autóctono es el TPA o por lo menos fue el primero que se instaló en el lugar que actualmente ocupa respecto a los otros tres.

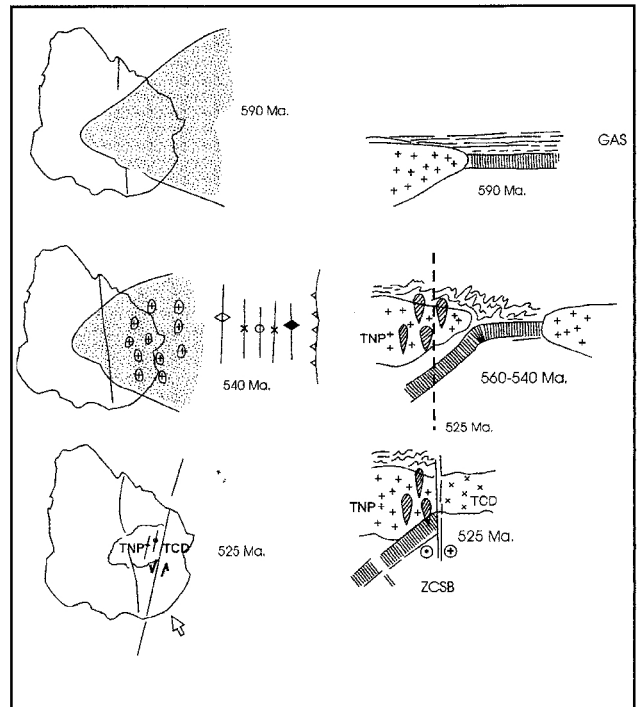


FIGURA Nº 10 - Mecanismo sugerido para explicar las intrusiones graníticas del ciclo Brasiliano (Cámbrico-Neoproterozoico). GAS= grupo arroyo Soldado; ZCSB= zona de cizalla de Sierra Ballena.

FIGURE Nº 10 - Suggested mechanism for explaining neoproterozoic-cambrian granitic intrusions GAS=arroyo Soldado group; ZCSB=Sierra Ballena shear zone.

Con relación al terreno Tandilia, su aloctonía se demuestra por la frecuencia de cizallas miloníticas paralelas que sugieren el desplazamiento del bloque hacia el Este con el límite norte en la faja miloníticas de Colonia. En el TPA no hay registro de fajas miloníticas N80E. Esta colisión tangencial se produjo hacia 1700 Ma.

El Terreno Nico Pérez es claramente alóctono porque se desplazó hacia el sur generando una faja de cizalla N10W. El Terreno Piedra Alta presenta abundantes cabalgaduras con vergencia al sur de modo que es imposible que haya tenido un desplazamiento relativo hacia el norte como lo exige la naturaleza dextral de la cizalla del LSYP. de edad cercana a 1200 Ma.

El Terreno Cuchilla Dionisio ha sido demostrado alóctono por generar una cizalla sinistral de dimensiones continentales y poseer edades modelo Nd, T_{DM} radicalmente diferentes a las del W de la ZCSB. Fue el bloque desplazado porque provoca movimiento sinistral en la LSYP. Si el TNP se hubiera desplazado hacia el sur no tendría componente sinistral sino otro dextral.

A pesar de estas comprobaciones tectono-estratigráficas, el TPA no contiene las rocas más antiguas sino que las edades son de 2000 ± 100 Ma. con un haz de diques básicos de ca 1800 Ma.,

mientras que en el TNP hay rocas de 3400 Ma. y en el TT las edades son de 2200 ± 100 Ma. (ver figura N° 7).

Por esta vía se vuelve a demostrar que la evolución del Zócalo pre-devónico de Uruguay no comienza con un núcleo paleo arqueano que acreciona orógenos neoarqueanos (2700 Ma) y este núcleo hace de antepaís para la acreción de orógenos paleoproterozoicos. Esa estructura reconocida por ejemplo para el precámbrico y paleozoico en EEUU, no se pudo verificar en Uruguay cuando se dispuso de abundantes cartas geológicas a escala 1/100.000 (60 % del territorio) y datos geocronológicos de precisión (U Pb y Ar-Ar).

En las primeras etapas de la aerofotografía y la geocronología se había encarado el Zócalo pre-devónico como un antepaís paleoproterozoico (2000 Ma) y un ciclo orogénico neoproterozoico-cámbrico (500-600 Ma.) como se expone en la figura N° 3 tomada de Bossi et al. (1975). Ese esquema se basó en el concepto de ciclo orogénico y modelo geosinclinal que dominaban en la época de elaboración del documento (1972).

Ese supuesto ciclo orogénico brasiliano de 500-600 Ma. datado por Rb- Sr WR en granitoides, cuando se relevó con más detalle y se hicieron determinaciones U-Pb SHRIMP se encontró una complejidad insospechada con rocas de edades desde 520 a 3410 Ma. formadas en varios ciclos orogénicos: 3,4 Ga Complejo La China, 2,7 Ga Jequiano, 1,4 grenvilliano 0.55 Brasiliano y una actividad tectónica con transurrencias de jerarquía continental: zona de cizalla de Sierra Ballena. transurrencias de jerarquía continental: zona de cizalla de Sierra Ballena.

Los hallazgos de 1988 a 2005 descalificaron ese modelo e hicieron ver que la estructura del Zócalo era el resultado de choques entre bloques litosféricos sin predominio de procesos de subducción sino con colisiones tangenciales y cabalgaduras como fenómenos dominantes. Donde quedó registro de subducción hacia 540-580 Ma. ha sido en el TNP con eyección de granitoides de esa edad.

CONCLUSIONES

El análisis de la evolución de los conocimientos sobre la geología del Pre-devónico en Uruguay durante el período 1930 – 2007 ha permitido extraer las siguientes conclusiones:

- El análisis puramente geocronológico conduce a interpretaciones desligadas de la realidad.
- La evolución del modelo geosinclinal al de tectónica de placas tampoco fue capaz de explicar los fenómenos reconocibles por simple cartografía.
- Los procesos de movilización de placas litosféricas se conciben y exponen en cartas

geológicas de escala tan pequeña que no son interpretables ni discutibles; se hace necesario agregar cartas detalladas para justificar las conclusiones.

- Uruguay puede considerarse un buen laboratorio para discutir la formación de bloques continentales más por transurrencias que por ciclos de Wilson tradicionales.
- La explicación de criterios tectono – estratigráficos definiendo terrenos adosados por megafallas de cizallas está permitiendo entender las relaciones litológicas y explicar racionalmente las cartas geológicas a escala entre 1/ 100.000 y 1/ 50.000.
- Se sugiere la necesidad de revisar los criterios utilizados en estratigrafía de rocas metamórficas y plutónicas no teniendo en cuenta solamente la geocronología sino analizando la amalgamación de bloques continentales en la construcción de escudos cristalinos.
- En la comparación entre unidades diferentes de bloques vecinos han resultado de máximo interés el estudio de roca ígneas básicas (metamorfizadas o no) y de milonitas de gran desarrollo longitudinal y espesor de las rocas afectadas.
- La identificación de terrenos debe representar el primer paso para el análisis estratigráfico de complejos metamórficos y plutónicos dando mayor importancia a las fallas transcurrentes de lo que hoy se le asignan. Resulta incomprensible que la ZCSBMG que separa edades modelo Nd bien diferentes no se considere una discontinuidad tectónica de primer orden y sólo separe arcos magmáticos de cinturas neoproterozoicos.

Agradecimientos

El autor agradece a la Ay. Téc. Carmen Olivera por la digitalización del texto, diagramación y realización de las figuras desde un borrador a un material posible de publicar.

BIBLIOGRAFÍA

- BOSSI, J.; FERNÁNDEZ, A.; ELIZALDE, G. (1965). *Predevoniano en el Uruguay*. **Boletín Facultad de Agronomía**. 78: 1-49. Montevideo – Uruguay.
- BOSSI, J. & CAMPAL, N. (1992). Magmatismo y tectónica transcurrente durante el Paleozoico Inferior en Uruguay. In: GUTIERREZ MARCO, J. C.; J. SAAVEDRA & I. RABANO (Eds). **Paleozoico Inferior de Iberoamérica**. Universidad de Extremadura. España. 345-356 págs.
- BOSSI, J.; PRECIOZZI, F.; CAMPAL, N. (1993). *Predevoniano del Uruguay Parte I: Terreno*

**Evolución de la litósfera durante el predevónico de Uruguay:
un predominio de transcurencias.**

- Piedra Alta; Ed. **Dirección Nacional de Minería y Geología**. Montevideo. Uruguay.
- BOSSI, J. & CAMPAL, N. (1993). El cinturón Cuchilla Dionisio: Evento Brasiliano en el Uruguay; **1er. Simposio Internacional del Neoproterozoico-Cámbrico de la Cuenca del Plata**. Guía de excursiones: 43-56. La Paloma - Minas. Uruguay.
- BOSSI J.; FERRANDO, L.; MONTAÑA, J.; MORALES, H.; CAMPAL, N.; GANCIO, F.; PIÑEYRO, D.; SCHIPILOV, A.; SPRECHMANN, P. (1998). **Carta Geológica del Uruguay, escala 1/500.000**. Geoeditores. Montevideo-Uruguay.
- BOSSI, J. & GAUCHER, C. (2004). The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay; an allochthonous block accreted in the Cambrian to SW Gondwana; **Gondwana Research**, 7 (3): 661-674.
- BOSSI, J., CINGOLANI, C., PIÑEYRO, D. (2005) El límite sur del Terreno Piedra Alta (Uruguay): Importancia de la faja milonítica sinistral de Colonia; **Actas XVI Congreso Geológico Argentino I**: 137 – 180.
- BOSSI, J., & SCHIPILOV, A. (2007). **Rocas ígneas básicas del Uruguay**. 364 pp, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- CAORSI, J. & GOÑI, J. (1958). Geología Uruguay. **Boletín Instituto Geológico del Uruguay Nº 37**. Montevideo. Uruguay.
- CINGOLANI, C.; BOSSI, J.; VARELA, R.; NAVARRO, R., (1990a). Nuevos datos geológicos y geocronológicos del Macizo Granítico de Cerro Colorado, Florida, Uruguay. **Actas (vol. 1), I Congreso Uruguayo de Geología**, Montevideo, pp. 101-105.
- CINGOLANI, C.; VARELA, R.; DALLA SALDA, L.; BOSSI, J.; CAMPAL, N.; FERRANDO, F.; PIÑEYRO, D.; SCHIPILOV, A. (1997). Rb-Sr geochronology of from the Rio de la Plata craton of Uruguay. **South-American Symposium on Isotope Geology**. 1: 73-75; São Paulo – Brazil.
- CONEY, P. (1989) Structural aspects of suspected terranes and and accretionary tectonic in western North America; **Journal of Structural Geology** 11(1-2): 107 – 125.
- FRAGOSO CÉSAR, R. (1980). O cratón do Rio de la Plata e o Cinturao Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. **XXXI Congresso Brasileiro de Geologia**; Anais, 5: 1879-2892. Brasil.
- FRAGOSO CESAR, A. R. S. & MACHADO, M. (1997). Neoproterozoic Terranes of the Gaucho Shield (Southern Brazil and Uruguay). **Southamerican Symposium on Isotope Geology** :65-67. San Pablo, Brasil.
- FRIMMEL, H.E. & BASEI, M.A.S. (2006). Racking down the Neoproterozoic connection between southern Africa and South America: a revised geodynamic model for SW-Gondwana amalgamation; **V Simposio Sud-americano de Geología Isotópica**: 94-97 , Punta del Este, Uruguay.
- GAUCHER, C., (2000). Sedimentology, palaeontology and stratigraphy of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay). **Beringeria**, 26: 1-120, Würzburg. Germany.
- GÓMEZ RIFAS, C. (1995). **A zona de cisalhamento sinistral de “Sierra Ballena” no Uruguai**. Ph.D. Thesis, Instituto de Geociencias, Universidade de Sao Paulo, 244 pp.
- HART, S. (1966). Radiometric ages in Uruguay and Argentina and their implications concerning continental drift. **Geology Societal Americana**. Annals Meeting San Francisco USA.
- HARTMANN, L.A.; PIÑEYRO, D.; BOSSI, J.; LEITE, J.; MCNAUGHTON, N. (2000). Zircon U-Pb shrimp dating of Paleoproterozoic Isla Mala granitic magmatism in the Rio de la Plata craton, Uruguay. **Journal of South American Earth Sciences**. Vol 13(2): 105-113. Elsevier .
- HARTMANN, L.A.; LEITE, J.A.D.; SILVA, L.C.; REMUS, M.V.D.; MCNAUGHTON, N.J.; GROVES, D.I.; FLETCHER, I.R.; SANTOS, J.O.S.; VASCONCELLOS, M.A.Z. (2000). Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil: **Australian Journal of Earth Sciences**, 47, p.
- HARTMANN, L.A.; SANTOS, J. O. S.; MCNAUGHTON, N. J.; AND SILVA, L. C. (2000b). Ion microprobe dates complex granulite from Santa Catarina, southern Brazil: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 72, no. 4, p. 559–572. 829–844.
- HARTMANM, L. A.; CAMPAL, N.; SANTOS, J.O.S.; MC NAUGHTON, N.J.; BOSSI, J. SCHIPILOV, A. & LAFON, J. M. (2001) Archean crust in the Rio de la Plata Craton, Uruguay-SHRIMP U-Pb zircon reconnaissance geochronology, **Journal of South American Earth Sciences**, 14:557-570.
- HARTMANN, L.A.; SANTOS, O.; BOSSI, J.; CAMPAL, N.; SCHIPILOV, A.; MACNAUGHTON, N. (2002a). Zircon and titanite U-Pb SHRIMP

- geochronology of Neoproterozoic felsic magmatism on the eastern border of the Rio de la Plata Craton, Uruguay: **Journal of South American Earth Sciences**. (en prensa) Elsevier. 15, 229-236.
- HARTMANN, L.A.; SANTOS, J.O.S.; CINGOLANI, C.A.; MCNAUGHTON, N.J. (2002b). Two Paleoproterozoic Orogenies in the Evolution of the Tandilia Belt, Buenos Aires, as evidenced by zircon U-Pb SHRIMP geochronology. **International Geology Review**, 44 (6):528-543.
- IACUMIN, M.; PICCIRILLO, E.M.; GIRARDI, V.A.V.; TEIXEIRA, W.; BELLINI, G.; ECHEVESTE, H.; FERNANDEZ, R.; PINESE, J.P.P.; RIBOT, A. (2001). Early Proterozoic calc – alkaline and Middle proterozoic tholeiitic dyke S warns from central eastern Argentina: Petrology, Geochemistry, Sr – Nd isotopes and tectonic implications; **Journal of Petrology** 42 (11): 2109 –2143.
- LAMBERT, R. (1941a). Estado actual de nuestros conocimientos sobre la Geología de la República Oriental del Uruguay. **Boletín Instituto Geológico del Uruguay N° 29**:1-89. Montevideo. Uruguay.
- MAC MILLAN, J. G. (1931a). Notas sobre el complejo arcaico uruguayo. **Revista Ingeniería**. 25 (2) : 64-68. Montevideo. Uruguay.
- (1931b). Rocas precámbricas de Colonia. **Revista Ingeniería**. 25 (8) :312-319. Montevideo. Uruguay.
- MASQUELIN, H. (2000). **A Evolução Estrutural e Metamórfica do Terreno Punta del Este Sudeste Uruguaio**. Unpubl. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 350.
- (2006). El Escudo uruguayo; in Veroslavsky, Ubilla, y Martinez, **Cuenca sedimentarias de Uruguay: Paleozoico**; 37-106; Ed. Dirac..
- OYHANTÇABAL, P.; DERÉGIBUS, M.T.; MUZIO, R.; NARDI, L.V.S. (1998). The Soca intrusion: a rapakivi granite of Uruguay. **Journal of South American Earth Sciences**. Vol.11(2): 169-178. Elsevier.Letters 12, 310. En: Schobbenhaus et al., (eds), **Geología do Brasil**, DNPM, pp. 331-335, Brasília.
- PRECIOZZI, F.; BASEI, M. A.; MASQUELIN, H. (1999a). New geochronological data from the Piedra Alta terrane (Río de la Plata Craton). **II Simposio Sudamericano de Geología Isotópica**: 341-344 . Villa Carlos Paz. Córdoba. Argentina.
- PRECIOZZI, F.; BASEI, M. A.; MASQUELIN, H. (1999b). Tectonic domains of the Uruguayan Precambrian shield. **II Simposio Sudamericano de Geología Isotópica** : 344-345 . Villa Carlos Paz. Córdoba. Argentina.
- PRECIOZZI, F.; SANCHEZ BETUCCI, L.; MASQUELIN, H. (1993). Geología de la porción sur del Cinturón Cuchilla Dionisio. **I Simposio Internacional del Neoproterozoico-Cámbrico de la cuenca del Plata**. Guía de Excursión, pp. 1-39, La Paloma, Rocha.
- RAMOS, V. A. (1988). Late Proterozoic - Early Paleozoic of South America - a collisional history. **Episodes**. 11 (3): 168-174.
- RIBOT, A., BOSSI, J., CINGOLANI, C., PIÑEYRO, D., (2005) Caracterización petrográfica de la faja milonítica Colonia – Arroyo Pavón en el Sur del Terreno Piedra Alta (Uruguay): zona de cizalla principal en basamento precámbrico; **Actas XVI Congreso argentino de Geología**, I, 457 – 464.
- RYNEARSON, G.A.; POMERENE, J.B.; DOOR, J.V.N.O. (1954). Contato basal da Serie de Minas na parte occidental do Quadrilátero Ferrífero de Minas Geraes, Brasil; **Departamento Nacional de Produção Mineral, Avulso** 34, Río de Janeiro.
- SANCHEZ BETUCCI, L. (1998). **Evolución tectónica del Cinturón Dom Feliciano en la región Minas-Piríapolis**, Uruguay. PhD Tesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, pp. 1-344
- TEIXEIRA, W.; PINESE, J.P.P.; IACUMIN, M.; GIRARDI, V.A.V.; PICCIRILLO, E.M.; ECHEVESTE, H.; RIBOT, A.; FERNANDEZ, R.; RENNE, P.; HEAMAN, L.M. (2002). Cal – alkaline and tholeiitic dyke swarms of Tandilia, Rio de la Plata craton, Argentina; U – Pb, Sm – Nd and Rb – Sr 40 Ar data provide new clues for intraplate rifting shortly after transamazonian orogeny; **Precambrian Research** 119: 329 – 353.
- UMPIERRE, M. & HALPERN, M. (1971). Edades Sr/Rb en rocas cristalinas del sur de R. O del Uruguay; **Revista Asociación. Geológica Argentina** 26, 2.138-151.