

# Informe final publicable de proyecto

## Firmas isotópicas y geocronología de los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos del Cinturón Dom Feliciano (NE de Uruguay): implicancias en su evolución tectónica

Código de proyecto ANII: FCE\_1\_2017\_1\_136496

12/11/2021

**PEEL CANABAL, Elena** (Responsable Técnico - Científico)

**VIERA HONEGGER, Belén** (Investigador)

**MUZIO SAUER, Rossana** (Investigador)

**DE ARMAS, Ivana** (Investigador)

**FORT, Santiago** (Investigador)

**MASQUELIN ARCELUS, Enrique Carlos** (Investigador)

---

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. FACULTAD DE CIENCIAS (Institución Proponente)

## Resumen del proyecto

La aplicación de la geoquímica isotópica, empleando los parámetros petrogenéticos y la geocronología, junto con la litoquímica, han probado ser una combinación adecuada para determinar las relaciones temporales y genéticas entre las distintas unidades geológicas desarrolladas en áreas precámbricas. Con la idea de aportar información para refinar los modelos que explican la evolución tectónica del Cinturón Dom Feliciano, se propone aquí profundizar en el conocimiento de los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos pertenecientes al cinturón granítico en el noreste del Uruguay, en lo relativo a los aspectos isotópicos, geocronológicos, y litoquímicos. Además, se da continuidad a las investigaciones que vienen realizando los integrantes del proyecto desde hace unos años. Los antecedentes del área son pocos, refieren a caracterizaciones petrográficas sucintas, y escasa información geoquímica-isotópica. Los principales resultados obtenidos hasta el momento señalan que en los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos ocurren granitos(s.l.) a biotita, algunos a dos micas, con grados diversos de deformación y meteorización, variando desde protomiloníticos a ultramiloníticos. Los accesorios principales son apatito y circón, en algunos ocurre turmalina y granate. El rasgo estructural conspicuo es la presencia de varias zonas de cizallamiento de extensiones diversas (métricas/kilométricas) que atraviesan la región. Químicamente, las muestras de los bloques son calcoalcalinas de alto-K a shoshoníticas, con peraluminosidad baja y media, y se asocian a ambientes orogénicos sin-colisionales a posorogénicos, sugiriéndose que los materiales fuente en cada bloque poseen diferencias. Desde el punto de vista geocronológico e isotópico, los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos son semejantes al batolito de Aiguá y a algunas suites/complejo del batolito Pelotas. Contrariamente, las firmas isotópicas del Terreno Nico Pérez son muy diferente a la de los bloques del noreste. Finalmente, se advierte que aún falta recibir resultados isotópicos y geocronológicos que contribuirán a desentrañar la historia evolutiva del área.

**Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Geología / Geoquímica isotópica**

**Palabras clave: Geocronología U/Pb en circón / Cinturón Dom Feliciano / Neoproterozoico /**

## Introducción

En los últimos cincuenta años diferentes criterios fueron empleados para definir las unidades del precámbrico en Uruguay. Su división fue cambiando según la evolución del conocimiento geológico y el surgimiento de nuevas teorías como la Tectónica de Placas, pasando por un énfasis en la tectónica tangencial y la separación en terrenos. Actualmente se considera que el basamento precámbrico en Uruguay es un conjunto de bloques corticales con edades e historias geológicas diferentes que alcanzaron estabilidad tectónica al final del Ciclo Brasileño. Siguiendo la propuesta de Sánchez-Bettucci et al. (2010a), el basamento se compone de tres unidades geotectónicas principales: (a) al oeste del territorio se encuentra el Terreno Piedra Alta con edades paleoproterozoicas; (b) en el centro está el Terreno Nico Pérez con edades arqueanas a neoproterozoicas; (c) hacia el este se desarrolla el Cinturón Dom Feliciano -CDF- de edad neoproterozoica.

El CDF es una mega-estructura de escala continental representada por asociaciones de rocas dispuestas en dirección NE, que se extiende por 1000 km paralelo a la costa Atlántica con exposiciones en el sur de Brasil y este de Uruguay. Este collage orogénico se originó en el Neoproterozoico durante el ciclo Brasileño/Pan Africano (750-550 Ma) (Porada, 1979; Fragoso-César, 1980). Diversos autores (e.g. Hasui et al., 1975; Fragoso-César, 1980, Fernandes et al., 1992; Chemale Jr et al., 1995; Sánchez Bettucci, 1998; Basei et al., 2000; Oyhantçabal et al., 2010b; Hueck et al., 2018) han contribuido al conocimiento de esta mega-estructura, generando diferentes propuestas para su génesis y evolución. Lo que parece tener consenso entre los distintos investigadores es que el CDF es la consecuencia de una evolución compleja involucrando un evento orogénico colisional, seguido por un evento de dislocamiento transcurrente de nivel continental.

De forma esquemática, el CDF está internamente organizado en tres dominios corticales (Basei et al., 2000; Hueck et al., 2018), caracterizados por: un cinturón granítico (batolitos Florianópolis-Pelotas en Brasil; Aiguá-Dionisio en Uruguay), un cinturón meta-volcano-sedimentario (complejos Brusque y Porongos en Brasil, y Grupo Lavalleja en Uruguay) y una faja estrecha, paralela a las demás, de rocas sedimentarias y volcánicas correspondientes a cuencas de edad ediacarana (Itajaí, Camaquã en Brasil y Soldado-Piriápolis en Uruguay). El cinturón granítico se separa de las fajas meta-volcano-sedimentarias desarrolladas al oeste a través de una gran faja de cizallamiento, llamada Major Gercino-Cordilhera en Brasil, y Sierra Ballena (ZCSB) en Uruguay, que se desarrolla en toda la extensión del CDF. Pese a las diferencias regionales, la estructuración del CDF está caracterizada por una vergencia tectónica de E a O con transporte de sus unidades contra el antepaís. Además, hay una importante componente direccional asociada a la reactivación más tardía

de gran parte de esos lineamientos. Debido al conocimiento segmentado e incompleto del CDF no hay consenso sobre su evolución tectónica.

El cinturón granítico en Uruguay, foco de interés del proyecto, está representado por los batolitos Aiguá-Dionisio-Sierra de los Ríos. Algunos autores indican que se trata de las raíces de un arco magmático (Basei et al., 2000; 2008; 2011a; Heilbron et al., 2004; Goscombe et al., 2005a,b; Goscombe y Gray, 2007; Frimmel et al., 2013); mientras que otros sugieren que los granitos representarían magmatismo pos-colisional asociado a transcurrencia (e.g. Philipp y Machado, 2005; Da Silva et al., 2005; Oyhantçabal et al., 2009; 2010a; Sánchez Bettucci et al., 2010b).

En los últimos 15 años se ha publicado varios trabajos de correlación entre la geología sudamericana y africana de los cinturones Dom Feliciano y Kaoko respectivamente (Basei et al., 2008; Konopásek et al., 2005, 2008; Oyhantçabal et al., 2007, 2009; Goscombe y Gray, 2008; Gross et al., 2009; Foster et al., 2009; Gaucher et al., 2010; Frimmel et al., 2011; Oriolo et al., 2016). La información empleada para esas correlaciones en la porción sudamericana provino fundamentalmente de Brasil, y en menor medida del extremo sureste del Uruguay, ya que el área noreste posee escasa a nula información. La comunidad geológica hace algunos años está poniendo su foco en esa área del CDF en el Uruguay (Peel, 2012; Gaucher et al., 2014; Peel et al., 2018) como clave para el conocimiento de los distintos procesos tectónicos asociados a su evolución orogénica. Aunque sólo recientemente se ha comenzado con el estudio sistemático de esa área.

Con la idea de aportar información para refinar los modelos de evolución tectónica de esta mega estructura, se propone el estudio a escala de reconocimiento petrológico-geoquímico e isotópico de las unidades graníticas (s.l) de la porción NE del país que conforman los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos. Se pretende así dar continuidad a los estudios realizados hasta ahora por los integrantes del proyecto en lo relativo a la magmatogénesis ediacarana. A través de esta investigación se intenta dilucidar algunas cuestiones, tales como: ¿los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos, separados por la zona de cizallamiento de Cerros de Amaro, son de igual naturaleza? ¿Los basamentos gneísico-migmatíticos de la porción noreste y sureste del CDF, desarrolladas al este de la zona de cizallamiento de Sierra Ballena, son similares? ¿Hay diferencias en las firmas isotópicas de las rocas graníticas al norte y sur de la cuenca de la Laguna Merín? ¿Hay diferencias en las firmas isotópicas de las rocas graníticas al oeste y este de la zona de cizallamiento de Sierra Ballena en su porción norte? ¿A qué ambiente geotectónico se asocian los granitos estudiados del cinturón granítico del CDF en la región noreste del Uruguay?

Hasta el momento, el conocimiento de estos bloques es escaso, con caracterizaciones petrográficas sucintas, y escasa geoquímica de roca total e isotópica. Además, se cuenta con dataciones de algunos granitos y de las metamorfitas del Complejo Paso del Dragón (Peel, 2012; Gaucher et al., 2014 y referencias ahí) que ocurren allí. El bloque Dionisio consiste en un basamento gneísico-migmatítico intensamente deformado que fue intruido por varios cuerpos graníticos. Dentro de esas intrusiones se destaca el granito Cuchilla Dionisio (Bossi et al., 1998) que se trata de un cuerpo isótropo, porfírico con enormes fenocristales de feldespato potásico en una matriz compuesta de cuarzo, plagioclasa y biotita. Fue datado en  $577 \pm 2$  Ma por U-Pb SIMS en circones (Gaucher et al., 2014).

El bloque Sierra de los Ríos consiste en un basamento gneísico, intensamente deformado que fue intruido por granitos porfiroides de grano medio (e.g., granitos de Aceguá y Sierra de los Ríos; Preciozzi et al., 1985). Sobre estos granitos se emplazan riolitas con edades ca. 567 Ma (Will et al., 2019). El Granito Sierra de los Ríos ocurre entre la localidad de Paso de la Arena, al sur de Melo, hasta el río Yaguarón (Preciozzi et al., 1985). Bajo esta denominación se agrupan varios granitos con deformación variable, a veces con aspecto isótropo, protomiloníticos o miloníticos, con términos ricos en fenocristales de feldespato potásico y biotita. Se observan composiciones granodiorítica y granítica, y poseen carácter calco-alcalino de alto-K (Peel, 2012). Las edades U-Pb en circones interpretadas como de cristalización para esa porción oscilan de 625 a 580 Ma (Peel, 2012, Pecoits et al., 2012; Gaucher et al., 2014). Las edades modelo TDM entre 1,30 y 1,74 Ga, y valores levemente negativos, entre -4,3 y -6,4 de  $\epsilon_{\text{Ndt}}$  indican participación cortical limitada en su génesis (Peel, 2012). Los valores  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ -inicial reportados varían entre 0,70817 - 0,71759 (Peel, 2012), lo que confirma la participación de la corteza en la generación de esas rocas.

Otros cuerpos graníticos de interés para el proyecto se desarrollan al oeste de la ZCSB, aunque no forman parte de los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos. Se considera que su inclusión en la investigación complementará la información sobre esa porción poco explorada de la geología nacional y permitirá establecer comparaciones con el resto de la granitogénesis ediacarana que ocurre en el Uruguay y sur del Brasil. Entre éstos se destacan los granitos Yermal, Policlínica, y Guzunambí. El granito Yermal (Preciozzi et al. 1985) corresponde a un cuerpo de gran tamaño de naturaleza calco-alcalina. El granito Guzunambí (Preciozzi et al., 1985) es un leucogranito rosado de grano medio a grueso que fue datado por Rb/Sr obteniéndose una edad de  $532 \pm 11$  Ma ( $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  inicial 0.70624; Kawashita et al., 1999). El granito Policlínica (Preciozzi et al. 1985) también es de grano medio a grueso. Fort (2015) señaló en función del análisis petrográfico y litoquímico, un ambiente pos-colisional para estos tres cuerpos, siendo los granitos Yermal y Guzunambí del tipo alto Ba-Sr.

## Metodología/diseño del estudio

Como metodología de estudio se propone el análisis petrológico, combinando la litoquímica con la geoquímica isotópica (parámetros petrogenéticos Sr, Nd en roca total y datación U-Pb y Hf en circones), ya que ha probado ser una combinación muy adecuada para determinar las relaciones temporales y genéticas entre las distintas unidades geológicas desarrolladas en las áreas precámbricas (e.g. Kalsbeek, 1997; Liew y Hofmann, 1988; Chang et al., 2003; Goscombe et al., 2005; Rapela et al., 2007; Thover et al., 2012). Los isótopos radiogénicos en geoquímica tienen dos usos principales, la datación de las rocas y minerales (geocronología) y la aplicación en estudios petrogenéticos para identificar los procesos geológicos y las fuentes (geoquímica isotópica). Las relaciones isotópicas en un magma son características de la región fuente de donde ese magma fue extraído, y las razones permanecen incambiables durante los eventos de fraccionamiento siguientes (Faure, 1986; Rollinson, 1993). Esto permite identificar regiones-fuente diferentes debido a su carácter isotópico único. En particular, los pares isotópicos Lu-Hf, Sm-Nd y Rb-Sr son considerados buenos indicadores del área fuente del material que dio origen a las rocas que se propone analizar. Además, la ocurrencia de padrones isotópicos regionalmente uniformes puede reflejar historias geológicas en común (Basei et al., 2001; Oyhantçabal et al., 2010; entre otros).

Se entiende que a través del muestreo a lo largo de tres transectas con dirección aproximada E-O, que intersecten desde el TNP a los bloques Sierra de los Ríos y Dionisio, se podrá caracterizar petrológicamente las litologías graníticas presentes en el área de estudio. Esto permitirá posicionarlas temporalmente y determinar los ambientes geotectónicos y las características de sus áreas fuente. La investigación está planteada de forma tal de ir cumpliendo una serie de etapas sucesivas distribuidas en el período que abarca el proyecto. En general, muchas de las tareas necesarias para la realización del proyecto implican un orden de precedencia. Además, los análisis químicos e isotópicos insumen mucho tiempo puesto que dependen de las agendas de los laboratorios del exterior.

Las actividades específicas implican tanto tareas de gabinete, como de campo, y laboratorio. Se elaborarán los cortes geológicos de cada una de las transectas propuestas, muestreos de roca para petrografía, litoquímica, geocronología (U-Pb en circones) e isotopía (Sr y Nd en roca total, Hf en circones). Una vez recibidos los resultados de los distintos análisis realizados, se efectuará su interpretación y posterior divulgación.

Desde el punto de vista académico se pretende esclarecer las interrogantes planteadas precedentemente y consolidar una línea de investigación en el área de Geología del Basamento que viene siendo desarrollada por los integrantes del equipo del proyecto desde hace unos años. La principal contribución será el mayor conocimiento geológico regional y el aporte al esquema geotectónico que supone la acreción de las unidades orientales al cratón del Río de la Plata en el marco de la amalgamación del Gondwana occidental. Además, se espera contribuir en el desarrollo académico y en la formación de nuevos jóvenes investigadores a través de la inclusión de dos tesis de maestría y un estudiante de grado.

## Resultados, análisis y discusión

Siguiendo la planificación de la propuesta realizamos las tres transectas con dirección aproximada E-O. Dos transectas están ubicadas en el departamento de Treinta y Tres. La más al sur, a la altura del Granito Yermal ( $A=32^{\circ}59'03.60''S$   $54^{\circ}26'40.20''O$ ,  $B=33^{\circ}00'31.70''S$   $54^{\circ}12'32.12''O$ ), abarcó 22 km de longitud, la otra a la altura del Granito Policlínica ( $C=32^{\circ}52'02.09''S$   $54^{\circ}26'13.67''O$ ,  $D=32^{\circ}58'15.00''S$   $54^{\circ}07'18.38''O$ ) abarcó una longitud de 31 km. La tercera, ubicada en el departamento de Cerro Largo a la altura del Granito Guazuambí ( $E=32^{\circ}40'40.98''S$   $54^{\circ}18'07.41''O$ ,  $F=32^{\circ}47'55.31''S$   $53^{\circ}55'21.76''O$ ), abarcó una longitud de 38 km (ver mapa.pdf). Las transectas atravesaron la ZCSB desde el Terreno Nico Pérez (TNP) hasta el bloque Dionisio (BD), y las dos transectas más al norte atravesaron además el bloque Sierra de los Ríos (BSR) y la zona de cizallamiento de Cerro Amaro (ZCCA). Asimismo, cartografiamos y muestreamos una serie de diques desarrollados allí, ya que su estudio conforma el objetivo de la tesis de maestría de la becaria del proyecto. En total efectuamos 123 paradas, siendo 53 de la tesis.

Para las comparaciones con los terrenos/bloques adyacentes compilamos datos litoquímicos, geocronológicos, e isotópicos de los bloques, de los batolitos Aiguá, Pelotas, y granitos ediacaranos del TNP. Esta base posee 276 registros litoquímicos, 102 registros de edades U-Pb/circón, y 58 registros de parámetros petrogenéticos (51/58 del batolito Pelotas). Inclusive compilamos tablas analíticas U-Pb/circón y las imágenes de catodoluminiscencia (CL) correspondientes para comparación.

Realizamos 48 secciones petrográficas y 53 análisis litoquímicos. Además, separamos/seleccionamos circones en 10 muestras para datación U-Pb e isótopos de Hf, y preparamos 20 muestras para análisis isotópico Sr-Nd (de BD, BSR y TNP) con la finalidad de obtener representatividad en los datos para las comparaciones con los terrenos/bloques vecinos. Sin embargo, y debido a la pandemia de covid-19, aún no recibimos la totalidad de los resultados geocronológicos e isotópicos. Hasta el momento contamos con todos los resultados litoquímicos, de  $87Sr/86Sr$ , tres de  $143Nd/144Nd$ , y una edad U-Pb en circón (Granito Guazuambí/TNP).

### Información de campo y petrográfica

Durante las recorridas de campo comprobamos la ocurrencia de afloramientos aislados, mayoritariamente granitos(s.l.) deformados, con grados variables de meteorización, sin observar relaciones de contacto entre ellos. Al oeste de la ZCSB (TNP) ocurren los granitos Yermal, Policlínica y Guazunambí, intrusivos en gneises anfibólicos del Complejo la China y en litologías carbonáticas y pelíticas del Grupo Arroyo del Soldado. Asimismo, observamos la afectación de estas litologías por la ZCSB.

Al este de ZCSB ocurren principalmente granitos con deformación variable, diques ácidos y básicos, y escasos afloramientos del Complejo Paso del Dragón (CPD) en la porción este del BD. Ambos bloques están afectados por varias zonas de cizallamiento rectilíneas a curvas, de extensiones métricas/kilométricas, destacándose la ZCCA que separa ambos bloques y continúa en el sur del Brasil.

Desde el punto de vista petrográfico, los granitos estudiados en el TNP (Yermal, Policlínica y Guazunambí) son leucocráticos de color rosado, con textura inequigranular isótropa, de tamaño de grano medio a grueso, siendo la biotita el mineral máfico principal, circón, apatito, y epidoto secundario los accesorios comunes (ref#Fort1.pdf y Tesis\_Fort.pdf). Los tres plutones presentan fracturación según N30-N60, asociada a la ZCSB. En lámina delgada muestran signos de deformación, como extinción ondulante y bulging en cuarzo, y maclado acuñado o curvo en feldespatos.

Tanto en BD como en BSR observamos la ocurrencia de varios granitos de aspecto isótropo hasta miloníticos. En BD, los granitos son rosados-rojizos, algunos blanquecinos y grises, con tamaños de grano medio, grueso a muy grueso, de composiciones cuarzo-feldespáticas a biotita y/o moscovita, con opacos, turmalina, granate, circón, apatito como accesorios comunes. Los de aspecto isótropo muestran deformación en lámina delgada, a través de extinción ondulante en el cuarzo con desarrollo de subgranos, bulging, y curvado de trazas de clivaje en micas y de maclado en las plagioclasas. En BSR los granitos de aspecto isótropo son de coloración rosada-rojiza, de tamaño de grano medio a grueso, de composiciones cuarzo-feldespáticas a biotita y/o moscovita, con opacos, circón, y apatito como accesorios comunes. También muestran deformación en cuarzo y feldespato en lámina delgada.

Los granitos deformados de ambos bloques presentan foliación milonítica y van desde protomiloníticos a ultramiloníticos, en donde se destaca la ocurrencia de grandes porfiroclastos de feldespato (augen) en una matriz de cuarzo y feldespato, con porcentajes variables de biotita. Se observan estructuras S-C, lineamiento mineral, porfiroclastos en dominó y mosaico, micafish, y sigmoides de cristales de cuarzo, que indican mayoritariamente movimiento siniestral, coincidiendo con los antecedentes (Oyhantçabal et al., 2010; Peel, 2012). Algunos tienen deformación cataclástica.

Además, al sur del BSR ocurren tres tipos de diques no reportados en esa porción: riolíticos con dirección N60, microgábricos con dirección N-S, y basálticos con dirección E-O a NE. Los diques basálticos recortan toda el área, tanto al TNP como a BD y BSR.

Petrográficamente los diques microgábricos contienen mayoritariamente plagioclasa y clinopiroxeno alterado a anfíbol y clorita, con textura subofítica a ofítica; corresponden al Haz de Corral de Piedra de edad incierta. Los diques riolíticos tienen texturas porfiríticas y afaníticas a bandeadas fluidales, se componen de cuarzo, feldespato potásico y subordinadamente plagioclasa, biotita y clorita, se asignan a Formación Sierra de Ríos de edad ediacarana. Los diques de composición basáltica tienen texturas glomeroporfiríticas de plagioclasa y piroxeno en matriz fina de plagioclasas, piroxeno y opacos, y corresponden a Formación Cuaró (Mesozoico).

### Geoquímica

Los resultados muestran que los granitos de BD y BSR son calcoalcalinos de alto-K a shoshoníticos, con naturaleza peraluminosa. Se clasifican como granodioritas, sienogranitos, monzogranitos y álcali-feldespato-granitos. Presentan  $SiO_2=61.63-76.44\%$ ,  $Mg\#=7-38$ ,  $Al_2O_3=12.19-16.46\%$ ,  $(Na_2O+K_2O)=6.24-9.55\%$ ,  $A/CNK=1.01-1.38$ , y  $?REE=54.73-489.40ppm$ . Se encuentran enriquecidas en elementos tierras raras livianas (LREE) y en elementos litófilos de gran tamaño (LILE). Por otro lado, están empobrecidas en elementos tierras raras pesadas (HREE) y en elementos de alto campo (HFS; Nb, Ta, Ti). La mayoría de las muestras (28/33) presenta anomalía negativa de Eu ( $Eu/Eu^*=0.18-0.89$ ), las restantes no poseen o es positiva al compararla con condrito, y  $Sr/Y<40$ ; además,  $La/YbN$  y  $Eu/YbN$  varían entre 70-6 y entre 7-0.4, respectivamente. Su química sugiere fuentes ígneas corticales con aporte metasedimentario en proporciones variables. Geotectónicamente presentan firmas geoquímicas compatibles con ambientes sin-colisional a pos-orogénico.

Por otro lado, los diques riolíticos presentan valores de  $SiO_2$  entre 73% y 76,7%, con carácter químico peraluminoso, calcoalcalinos a alcalinos. Los patrones de REE muestran enriquecimiento entre 100-10 veces comparados a condrita, con una  $?REE=77,92-474,41ppm$ , poseen enriquecimiento en LILE con anomalías negativa en Ba, Nb, Ta, Sr, P y Ti al comparar con manto primitivo. Desde el punto de vista geotectónico, estos diques indican ambiente pos-colisional. Sus características químicas y petrográficas son semejantes a la Riolita Ana Días (De Oliveira et al., 2015) del sur del Brasil. Los diques de microgabro se clasifican como transicionales alcalinos/subalcalinos y con un carácter metaluminoso. Los patrones de REE muestran valores entre 150-8 veces más que la condrita y su contenido total varía entre 69,34-101,9ppm.

Comparados a condrita muestran claro enriquecimiento en HREE e incipiente en LREE, sin anomalía de Eu. Sus rasgos geoquímicos sugieren ambiente de intraplaca para su emplazamiento. Asimismo, sus características químico-petroológicas son semejantes a las postuladas para los diques Piratini del sur del Brasil (Zanon et al., 2006).

Los diques basálticos son clasificados como toleíticos, con carácter metaluminoso. Los patrones de ETR varían entre 50-10 veces más que la condrita, mostrando leve enriquecimiento en LREE con valores La/Sm=2,53-2,76 y una incipiente anomalía negativa en Eu (0,91). En lo que respecta a las HREE se observan valores de Eu/Yb=1,51-1,59. Comparadas con manto primitivo presentan anomalías negativas en Nb, Ti, Ba, Sr, y P, y positivas en los elementos incompatibles móviles Rb, Cs y K. Estas anomalías negativas sugieren procesos de contaminación cortical. De la comparación con los datos de los sills y diques de la Formación Cuaró observamos que su comportamiento es semejante a la de los sills.

#### Geocronología y parámetros petrogenéticos

A pesar de no contar con la totalidad de los resultados geocronológicos e isotópicos esperados por causa de la pandemia, reportamos aquí lo interpretado hasta ahora basándonos en los datos parciales recibidos, y en los de la compilación.

Los BD y BSR poseen relaciones isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  iniciales entre 0.70799-0.72099, sugiriendo la participación cortical en su génesis. Asimismo, los valores de  $\epsilon_{\text{Nd}}$ -iniciales muestran valores negativos (-4.2 a -6.4), lo que también apoya la participación cortical en su génesis. Las edades TDM de los bloques se encuentran entre 1.59-1.75Ga, apoyando la afinidad africana postulada por Basei et al. (2001).

Hasta el momento, los pocos registros compilados de los bloques indican edades de cristalización entre 664-577Ma para el BD (Gaucher et al., 2014) y de 630-565Ma para BSR. Se hace imprescindible contar con los nuevos resultados (por entregar) para definir mejor estos intervalos de ca.90-60Ma, que deben abarcar más de un evento geodinámico, y asociarlo a los aspectos químicos e isotópicos para proponer una evolución.

Destacamos que, hasta el momento los circones estudiados en el proyecto a través de imágenes CL, muestran tener estructuras internas complejas con núcleos xenocrísticos, sobrecrecimientos, y signos de metamictización. Sus características morfológicas apoyan la idea de la existencia de varios procesos de fusión sucesivos en la región como fue postulado para los batolitos Pelotas e Aiguá (e.g. Lara et al., 2020).

En relación con los diques, los antecedentes indican una edad de 567Ma para los riolíticos (Will et al., 2019). Además, en los diques de microgabro separamos 32 cristales de circón para su análisis por U-Pb, pero aún esperamos por el resultado analítico.

#### Comparaciones entre los bloques y con los batolitos/TNP

Entre BD y BSR no observamos diferencias litoquímicas, geocronológicas e isotópicas significativas, con la información actual. Las diferencias observables están en el grado de peraluminosidad y en el rango de valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -inicial. Las muestras de BD poseen peraluminosidad moderada y el rango de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -inicial es mayor (0.708-0.720), mientras que las de BSR presentan peraluminosidad baja y valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -inicial menores (0.708-0.711). Según Villaseca et al. (1986) esta diferencia denota una composición diferente de sus fuentes. Hasta el momento, las edades reportadas para ambos bloques tienen rangos similares y requerimos de los resultados geocronológicos e isotópicos faltantes para efectuar un análisis conclusivo.

En la comparación con los datos del TNP observamos algunas diferencias químicas e isotópicas. Las muestras del TNP clasifican según MALI (Frost et al., 2001) como álcali-cálcicas a alcalinas, poseen dos tendencias: (1) caracterizadas por anomalías negativas de Eu, bajo Ba-Sr, y Sr/Y<30; (2) caracterizadas por ausencia de anomalías negativas de Eu, alto Ba-Sr, y Sr/Y>40. Además, son asociadas a ambientes tardi-orogénicos a sin-colisionales (ref#Fort\_tesis.pdf). Las muestras de BD y BSR son calco-alcalinas a álcali-cálcicas según MALI, con anomalías negativas de Eu, con Sr<500ppm, Sr/Y<40, y asociadas a ambientes sin-colisionales a pos-orogénicos, similares a la tendencia (1). A pesar de que las muestras del TNP poseen relaciones  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -iniciales semejantes (0.70775-0.71154) a las de los bloques, poseen valores de  $\epsilon_{\text{Nd}}$  más negativos (-7.3 a -26.18) y TDM mesoproterozoicas/arqueanas (1.45-2.91 Ga). Estas características sugieren fuente diferente y con participación de corteza profunda y metasedimentos para la región oeste de la ZCSB. Otra diferencia notoria entre los bloques y el TNP está en las edades de los núcleos xenocrísticos a cada lado de la ZCSB. Las muestras del TNP poseen herencias paleoproterozoicas y arqueanas, mientras que al este (batolitos Pelotas, Aiguá, BD y BSR) las herencias son meso- y neoproterozoicas. Esto implica fuentes diferentes y/o rocas cajas diferentes.

La comparación entre las muestras de los BD y BSR con las de Aiguá sugiere diferencias también. Por ejemplo, las de Aiguá tienen mayor peraluminosidad y se diferencian en el índice MALI mostrando carácter cálcico, y su patrón de ETR es distinto. Además, geotectónicamente se asocian a ambientes pos-colisionales y algunos de sus plutones son tipificados como A (Lara et al. 2020). En relación con las edades, herencias en los circones, y los parámetros petrogenéticos Sr-Nd, el batolito de Aiguá no muestra diferencias con los bloques del noreste.

Finalmente, respecto al batolito Pelotas destacamos las semejanzas químicas, isotópicas y geocronológicas de los bloques BD y BSR con las del Complejo Pinheiro Machado y la suite Cerro Grande (Cruz, 2019; referencias ahí).

## Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones del proyecto, en el estado actual (sin haber recibido la totalidad de los resultados analíticos por los atrasos debidos a la pandemia de covid-19), tienen un alcance parcial en el cumplimiento de los objetivos. Independientemente de este hecho, varias de las preguntas planteadas inicialmente las pudimos responder con la información generada en el proyecto, junto con la publicada por otros investigadores durante el transcurso del mismo. Algunas de esas respuestas pudimos darlas de forma más completa y otras embrionarias. Sin embargo, estimamos que hemos alcanzado un porcentaje aceptable de cumplimiento de nuestros objetivos específicos, y como equipo asumimos el firme compromiso de continuar trabajando para integrar la totalidad de los resultados y completar su difusión a la comunidad científica y al público en general.

En términos globales podemos decir que el área de estudio se caracteriza por presentar una densidad media-baja de afloramientos, además, estos suelen estar aislados y con grados diversos de alteración. La mayor cantidad de afloramientos corresponden a granitos (s.l.) con grados variables de deformación, desde protomiloníticos a ultramiloníticos. El rasgo estructural más notorio que comparten los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos es la presencia de varias zonas de cizallamiento de extensiones diversas, de métricas a kilométricas, y de corrimientos con transporte de las unidades al N-NE.

Por un lado, constatamos la ocurrencia de diques ácidos y básicos en el sureste del bloque Sierra de los Ríos y no en el Bloque Dionisio. Esta diferencia, sin embargo, no es definitiva ya que puede deberse a sesgo en la observación en función del área recorrida. De todos modos, el análisis de las imágenes satelitales y fotografías aéreas no evidencian su ocurrencia en el bloque Dionisio. El área de estos diques se incrementó en relación con los antecedentes disponibles.

Por otro lado, se constató la ocurrencia de diques basálticos en toda el área de estudio que recortan tanto a las litologías del Terreno Nico Pérez, como a las de los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos. Estos diques los asignamos a la Formación Cuaró de edad cretácica, en base a sus relaciones de campo, petrografía y química; en particular, esta última evidencia similitud con la de los sills.

Las litologías graníticas que conforman los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos son granodioritas, monzogranitos, sienogranitos y alcali-feldespatos-granitos. Tienen como características principales ser calcoalcalinas de alto potasio a shoshoníticas. Las del bloque Sierra de los Ríos conforman una serie de baja peraluminosidad (l-p), mientras que las del bloque Dionisio conforman una serie de peraluminosidad media (m-p). Sugerimos que la composición de sus áreas fuente serían diferentes en base a las series de peraluminosidad y a los rangos de valores de  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  iniciales que se obtuvieron en cada uno de los bloques. Sin embargo, se advierte que aún faltan datos petrogenéticos y geocronológicos que permitan esclarecer aún más las características de esas fuentes magmáticas.

Hasta el momento, los escasos registros de edades obtenidos en los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos indican valores solapados de las edades de cristalización magmática. El rango en el bloque Dionisio va desde 664 Ma a 577 Ma, y para el bloque Sierra de los Ríos el rango va de 630 Ma a 565 Ma. Estos rangos parcialmente solapados que abarcan entre 90 Ma y 60 Ma, respectivamente, corresponden a más de un evento geodinámico en esa región, por lo que los datos geocronológicos y de parámetros petrogenéticos, que aún no hemos recibido, serán claves para esclarecer la historia evolutiva del área.

En base a lo anteriormente señalado acerca de las diferencias entre los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos, sugerimos que estos bloques no tendrían una naturaleza similar, respondiendo así a la primera interrogante planteada sobre la naturaleza de los bloques.

Por una parte, las comparaciones de los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos con la porción sureste del Uruguay nos permitió concluir sobre las preguntas relativas a la similitud o no de los basamentos gneísico-migmatíticos de la porción noreste y sureste del Cinturón Dom Feliciano, desarrolladas al este de la zona de cizallamiento de Sierra Ballena, y sobre si hay diferencias en las firmas isotópicas de las rocas graníticas al norte y sur de la cuenca de la Laguna Merín. En base a la información compilada, sugerimos que los basamentos gneísico-migmatíticos de las porciones noreste y sureste son similares desde el punto de vista petrográfico, geocronológico y de herencias, coincidiendo con lo señalado por otros autores durante el transcurso del proyecto. Asimismo, son similares las firmas isotópicas, los rangos de edad de cristalización, y de herencias en circones del batolito de Aiguá y de la porción noreste. Sin embargo, estas dos porciones del cinturón granítico en Uruguay difieren en los rasgos químicos. Sugerimos que esta diferencia podría deberse a una variación en el ambiente tectónico de esas dos porciones, ya que este es quien controla la composición de la fuente y el proceso de fusión.

Por otra parte, la comparación de los datos de los bloques Dionisio y Sierra de los Ríos con los de los distintos cuerpos graníticos que ocurren en el Terreno Nico Pérez, nos permitió responder a la pregunta sobre sus firmas isotópicas. Por lo que podemos afirmar que las firmas isotópicas a ambos lados de la zona de cizallamiento de Sierra Ballena, en su porción

norte, son claramente diferentes. En el Terreno Nico Pérez, tanto los parámetros petrogenéticos como las herencias reflejadas en los núcleos xenocrísticos indican edades mesoproterozoicas a arqueanas, a diferencia de la porción noreste en donde las edades modelo y heredadas indican edades neoproterozoicas a mesoproterozoicas. Las edades modelo del noreste apoyan la afinidad africana postulada anteriormente para las unidades del este del Cinturón Dom Feliciano.

En relación con la pregunta, ¿a qué ambiente geotectónico se asocian los granitos estudiados del cinturón granítico en la región noreste del Uruguay?, podemos responderla de forma embrionaria. La caracterización geoquímica nos permite sugerir ambientes orogénicos a pos-orogénicos para las litologías estudiadas en ambos bloques. Sin embargo, se requiere de los resultados de los parámetros petrogenéticos y geocronológicos para elaborar una propuesta concluyente y con mayor argumentación.

Otros aspectos importantes para comentar refieren a la contribución al desarrollo académico de jóvenes investigadores en la temática del proyecto. Entendemos que su inclusión en el equipo de investigación fue muy acertada y ha permitido su desarrollo y crecimiento académico. Dos de los integrantes del equipo lograron completar su formación respectiva de posgrado y grado durante el transcurso del proyecto, obteniendo los títulos de Magister en Geociencias y de Licenciado en Geología. Además, la becaria de maestría del proyecto está próximo a completar su tesis, pues se vio afectada por el incumplimiento en fecha de los laboratorios contratados a causa de la pandemia de covid-19. Además, el proyecto les permitió realizar varias comunicaciones en eventos y publicar sus primeros artículos revisados por pares.

Finalmente, y como una recomendación para las autoridades nacionales y los grupos de trabajo de cartografía geológica, remarcamos la necesidad e importancia de que se realice en el área noreste del Uruguay una cartografía de detalle. Esto sin dudas redundaría en mejorar el conocimiento geológico de la región, y facilitaría la evaluación de los recursos minerales potenciales asociados.



## Referencias bibliográficas

- Basei, M.A.S.; Campos Neto, M.C.; Castro, N.A.; Nutman, A.P.; Wemmer, K.; Yamamoto, M.T.; Hueck, M.; Osako, L.; Siga, O.; Passarelli, C.R. (2011). Tectonic evolution of the Brusque Group, Dom Feliciano belt, Santa Catarina, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 324-350
- Basei M.A.S.; Frimmel, H.E.; Nutman, A.P.; Preciozzi, F. (2008). Western Gondwana amalgamation based on detrital zircon ages from Neoproterozoic Ribeira and Dom Feliciano belts of South America and comparison with coeval sequences from SW Africa. Pankhurst, R.J.; Trouw, R.A.; Brito Neves, B.B.; De Wit, M.J. (eds). *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, Special Publications, 294: 239-256.
- Basei, M.A.S.; Siga Jr, O.; Harara, O.; Preciozzi, F.; Sato, K.; Kaufuss, G. (2001). Precambrian Terranes of African affinities in the Southern Part of Brazil and Uruguay. III South American Symposium on Isotope Geology. pp. 98-101.
- Basei, M.A.S.; Siga Jr., O.; Masquelin, H.; Harara, O.M.; Reis Neto, J.M.; Preciozzi, F. (2000). The Dom Feliciano Belt (Brazil-Uruguay) and its Foreland (Río de la Plata Craton): Framework, tectonic evolution and correlations with similar terranes of southwestern Africa. En: Cordani, U.; Milani, E.; Thomaz Filho, A.; Campos, D. (eds.), *Tectonic evolution of South America*. pp. 311-334.
- Bossi, J.; Ferrando, L.; Montaña, J.; Morales, H.; Campal, N.; Gancio, F.; Piñeyro, D.; Schipilov, A.; Sprechmann, P. (1998). *Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000*. Geoditores.
- Chang, H; Turek, A.; Kim, Ch. (2003). U-Pb zircon geochronology and Sm-Nd-Pb isotopic constraint for Precambrian plutonic rocks in the northeastern part of Ryeongnam massif, Korea. *Geochemical Journal*, Vol. 37, pp. 471 to 491.
- Chemale Jr F.; Gresse, P.; da Silva, L.C.; Hartmann, L.A.; Walraven, F. (1995). Correlação geológica entre as unidades brasileiras e Pan-Africanas do Sul do Brasil e Africa do Sul, pp. 13-16 de *Simp. Sul-Bras. Geol.*, 6. SBGeol., nucleo RS, Porto Alegre, Res. Expandidos, 1.
- Cruz, R.F. (2019). *Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000; estado do Rio Grande do Sul/Relatório do Programa geologia, mineração e transformação mineral*. CPRM, Porto Alegre.
- Da Silva, L.C.; McNaughton, N.J.; Armstrong, R.; Hartmann, L.A.; Fletcher, I.R. (2005). The neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U–Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research* 136: 203–240.
- De Oliveira, DS, Sommer, CA, Philipp, RP, de Lima, EF y Basei, M. Â. S. (2015). Riolitas subvolcánicas post-colisión asociadas con el Batolito Neoproterozoico de Pelotas, sur de Brasil. *Revista de Ciencias de la Tierra de América del Sur*, 63, 84-100.
- Faure, G. (1986). *Principles of isotope geology*. Ed. Wiley. 1º edición, p. 608.
- Fernandes, L. A. D., Tommasi, A., & Percher, C. C. (1992). Deformation Patterns in the southern Brazilian branch of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. *Journal of South American Earth Sciences*, (5), 77–96.
- Fort, S. (2015). *Geoquímica de Plutones Graníticos del Noreste de Uruguay: Granitos Guazunambí, Policlínica y Yermal*. Trabajo de Grado, Licenciatura en Geología, Facultad de Ciencias – Udelar, p159.
- Foster, D.A.; Goscombe, B.D.; Gray, D.R. (2009). Rapid exhumation of deep crust in an obliquely convergent orogen: The Kaoko Belt of the Damara Orogen. *Tectonics*, 28: TC4002, 1-24.
- Fragoso Cesar, A.R.S. (1980). O Cráton do rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. *XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*, 5: 2879-2892.
- Frimmel, H.E.; Basei, M.A.S.; Correa, V.X.; Mbangula, N. (2013). A new lithostratigraphic subdivision and geodynamic model for the Pan-African western Saldania Belt, South Africa. *Precambrian Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2013.03.014>
- Frimmel, H.E.; Basei, M.A.S.; Gaucher, C. (2011). Neoproterozoic geodynamic evolution of SW-Gondwana: a southern African perspective. *International Journal of Earth Sciences*, 100: 323–354
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J., & Frost, C. D. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42(11), 2033–2048. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>.
- Gaucher, C., Bossi, J., Frei, R., Remus, M., Piñeyro, D. (2014). Terreno Cuchilla Dionisio: bloque septentrional. In: Bossi, J., Gaucher, C. (Eds.), *Geología del Uruguay*. Tomo 1: Predevónico. Polo, Montevideo, pp. 377–400.
- Gaucher, C.; Frimmel, H.E.; Germs, G.J.B. (2010). Tectonic Events and Palaeogeographic Evolution of Southwestern Gondwana in the Neoproterozoic and Cambrian. En: Gaucher, C., Sial, A.N., Halverson, G.P., Frimmel, H.E. (Eds): *Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana*. *Developments in Precambrian Geology*, 16, pp. 295-316.
- Goscombe, B.D.; Gray, D.R. (2008). Structure and strain variation at midcrustal levels in a transpressional orogen: a review

of Kaoko Belt structure and the character of West Gondwana amalgamation and dispersal. *Gondwana Research* 13:45–85.

Goscombe, B. y Gray, D. (2007). The Coastal terrane of the Kaoko belt, Namibia: outboard arc-terrane and tectonic significance. *Precambrian Research* 155: 139-158.

Goscombe, B.; Gray, D. R.; Armstrong, R.; Foster, D.A.; Vogl, J. (2005a). Event geochronology of the Pan-African Kaoko Belt, Namibia. *Precambrian Research*, 140(3-4): 103.e1-103.e41.

Goscombe, B.D.; Gray, D.R.; Hand, M.; Armstrong, R.; Mawby, J. (2005b). Extrusional tectonics in the core of a transpressional orogen:Kaoko belt,Namibia. *Journal of Petrology*, 46: 1203-1241

Gross, A.O.M.S.; Droop, G.T.R.; Porcher, C.C.; Fernandes, L.A.D. (2009). Petrology and thermobarometry of mafic granulites and migmatites from the Chafalote metamorphic suite: new insights into the Neoproterozoic P–T evolution of the Uruguayan–sul-rio-grandense shield. *Precambrian Research*, 170:157–174.

Hasui, J.; Carneiro, C.; Coimbra, A. (1975). The Ribeira Folded belt. *Revista Brasileira de Geociencias*, 5: 257–266.

Heilbron, M.; Pedrosa Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J.; Janasi, V.A. (2004). Província Mantiqueira. Mantesso y Neto, V., Bartorelli, A., Dal Ré Carneiro, C., Brito-Neves, B.B. (Eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, pp. 203e235. Beca, São Paulo, Brasil, cap. XIII.

Hueck, M., Oyhantçabal, P., Philipp, R.P., Basei, M. A. S., & Siegesmund, S. (2018). The Dom Feliciano Belt in Southern Brazil and Uruguay. In S. Siegesmund, M.A.S. Basei, P. Oyhantçabal, S. Oriolo (Eds.), *Geology of Southwest Gondwana* (pp. 267–302). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68920-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68920-3_11)

Kalsbeek, F. (1997). Age determination of Precambrian rocks from Greenland: past and present. *Geology of Greenland Survey Bulletin* 176, 55–59.

Kawashita, K.; Gaucher, C.; Sprechmann, P.; Teixeira, W.; Victória, R. (1999). Preliminary chemostratigraphic insights on carbonate rocks from Nico Pérez Terrane (Uruguay). II South American Symposium on Isotope Geology, *Actas* 399-402, Córdoba.

Konopásek, J.; Kosler, J.; Tajcmanová, L.; Ulrich, S; Kitt, S.L. (2008). Neoproterozoic igneous complex emplaced along major tectonic boundary in the Kaoko Belt (NW Namibia): ion probe and LA-ICP-MS dating of magmatic and metamorphic zircons. *Journal of the Geological Society, London*, 165(1): 153-165.

Konopásek, J.; Kröner, S.; Kitt, S. L.; Passchier, C. W.; Kröner, A. (2005). Oblique collision and evolution of large-scale transcurrent shear zones in the Kaoko belt, NW Namibia. *Precambrian Research*, 136: 139–157.

Lara, P., Oyhantçabal, P., Belousova, E. (2020). Two distinct crustal sources for Late Neoproterozoic granitic magmatism across the Sierra Ballena Shear Zone, Dom Feliciano Belt, Uruguay: Whole-rock geochemistry, zircon geochronology and Sr-Nd-Hf isotope evidence. *Precambrian Research*. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105625>

Liew, T. C. y Hofmann, A.W. (1988). Precambrian crustal components, plutonic associations, plate environment of the Hercynian Fold Belt of central Europe: Indications from a Nd and Sr isotopic study. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Vol. 98, Issue 2, pp 129-138.

Oriolo, S.; Oyhantçabal, P; Basei, M.A.S.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2016). The Nico Pérez Terrane (Uruguay): From Archean crustal growth and connections with the Congo Craton to late Neoproterozoic accretion to the Río de la Plata Craton. *Precambrian Research* 280 (2016) 147–160.

Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K. (2010c). The Río de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. *International Journal of Earth Sciences*, 100(2-3): 201-220

Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K.; Layer, P. (2010b). The Sierra Ballena Shear Zone in the southernmost Dom Feliciano Belt (Uruguay): evolution, kinematics, and deformation conditions. *International Journal of Earth Sciences*, 99:1227–1246.

Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K.; Passchier, C.W. (2010a). The transpressional connection between Dom Feliciano and Kaoko Belts at 580–550 Ma. *International Journal of Earth Sciences*, 100(2-3): 379-390.

Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K.; Presnyakov, S.; Layer, P. (2009). Geochronological constraints on the evolution of southern Dom Feliciano belt (Uruguay). *Journal of the Geological Society, London* 166: 1075-1084.

Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K.; Frei, R.; Layer, P. (2007). Post-Collisional transition from calc-alkaline to alkaline magmatism during transcurrent deformation in the southernmost Dom Feliciano Belt (Braziliano – Pan-African, Uruguay). *Lithos*, 98:141-159

Pecoits, E.; Konhauser, K.O.; Aubert, N.R.; Heaman, L.; Veroslavsky, G.; Stern, R.A.; Gingras, M.K. (2012). Bilateral Burrows and Grazing Behavior at >585 Million Years Ago. *Science Magazine*, 336: 1693-1696.

Peel, E., Sánchez Bettucci, L., Basei, M.A.S. (2018). Geology and geochronology of Paso del Dragón Complex (northeastern Uruguay): Implications on the evolution of the Dom Feliciano Belt (Western Gondwana). *Journal of South American Earth Sciences*, 85: 250 – 262.

Peel, E. (2012). Petrografia, Geoquímica e Geocronología do Complexo Paso del Dragón, Nordeste do Uruguai. *Implicações*

na evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano. Tese Doutorado, Universidade de São Paulo. 198 p., IG–USP, São Paulo.

Philipp R.P. e Machado, R. (2005). The Late Neoproterozoic granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19: 461–478.

Porada, H. (1979). The Damara-Ribeira Orogen of Pan-African-Brasiliano Cycle in Namibia (Southwest Africa) and Brazil interpreted in terms of continental collision. *Tectonophysics* 57: 237–268.

Preciozzi, F.; Spoturno, J.J.; Heinzen, W.; Rossi, P. (1985). Memoria Explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la escala 1:500.000. DINAMIGE, Montevideo.

Rapela, C.W.; Pankhurst, R.J.; Casquet, C.; Fanning, C.M.; Baldo, E.G.; González-Casado, J.M.; Galindo, C.; Dahlquist, J. (2007). The Río de la Plata craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth-Science Reviews* 83 49–82.

Rollinson, H.R. (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Pearson-Prentice Hall. Edimburgh, United Kingdom, p. 352.

Sánchez Bettucci, L. (1998). Evolución tectónica del Cinturón Dom Feliciano en la región Minas–Piriápolis, República Oriental del Uruguay. Tesis Doctoral, 234 pp. FCEN–Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Sánchez Bettucci, L.; Peel, E.; Masquelin, H. (2010b). “Neoproterozoic tectonic synthesis of Uruguay”. *International Geology Review*, 52: 1, 51-78.

Sánchez Bettucci, L.; Peel, E.; Oyhantçabal, P. (2010a) “Precambrian geotectonic units of the Río de La Plata cráton”. *International Geology Review*, 52: 1, 32-50

Tohver E.; Cawood, P.A.; Rossello, E.A.; Jourdan, F. (2012). Closure of the Clymene Ocean and formation of West Gondwana in the Cambrian: Evidence from the Sierras Australes of the southernmost Rio de la Plata craton, Argentina. *Gondwana Research* 21 394–405.

Will, T. M., Gaucher, C., Ling, X. X., Li, X. H., Li, Q. L., & Frimmel, H. E. (2019). Neoproterozoic magmatic and metamorphic events in the Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay, and possible correlations across the South Atlantic. *Precambrian Research*, 320, 303-322.

Zanon, C.; Machado, R.; Philipp, R. P. (2006). Petrografia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(1), 23-34.

## Licenciamiento

Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. (CC BY-NC-ND)