

RESÚMENES

V CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA

I REUNION SOBRE MINERIA Y EL URUGUAY PRODUCTIVO, OPORTUNIDADES Y DESARROLLO.

10 AL 12 OCTUBRE, 2007

Montevideo, Uruguay

EDICIÓN ELECTRÓNICA



**LITO, BIO Y QUIMIOESTRATIGRAFIA DEL GRUPO MINA VERDUN,
TERRENO NICO PEREZ, URUGUAY**

Gaucher, C.¹; Martínez, G.²; Cernuschi, F.²; Chiglino, L.³; Sial³, A.N.; Poiré, D.G.⁴

¹Facultad de Ciencias, Iguá 4225, 11400 Montevideo, Uruguay gaucher@chasque.net

²Uruguay Mineral Exploration federico.cernuschi@gmail.com , gabumart@hotmail.com

³NEG-LABISE, Universidade Federal de Pernambuco, CP 7852, Recife/PE, 50670-000 Brasil

letichiglino@hotmail.com , sial@ufpe.br

⁴Centro de Investigaciones Geológicas, UNLP-CONICET, Calle 1 N°644, 1900 La Plata, Argentina

poire@ciq.museo.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se reporta la ocurrencia de rocas volcánicas y piroclásticas ácidas en el Grupo Mina Verdún. Dicha unidad es una secuencia volcanosedimentaria marina, compuesta de las siguientes unidades de base a tope: Formación Cerro de las Víboras (metariolitas), Formación Don Mario (pelitas, areniscas), Formación La Toma (margas), Formación El Calabozo (calizas estromatolíticas a *Conophyton*), Formación Gibraltar (dolomías principalmente, margas y calizas subordinadas) y Formación Nueva Carrara (lapilli-tufos ácidos y metamargas dolomíticas). La extensión areal conocida abarca tres zonas de afloramiento entre Minas y Pan de Azúcar: Mina Verdún (estratotipo), Cantera Burgueño y Paso del Molino sobre el Arroyo Pan de Azúcar. Es constante la asociación con diamictitas y ortoconglomerados de la Formación Las Ventanas, que recubren con discordancia angular y erosiva al Grupo Mina Verdún. La edad de la secuencia es pre-Ediacarensis, y de acuerdo a las asociaciones estromatolíticas y los datos quimioestratigráficos presentados aquí, está limitada al intervalo Mesoproterozoico tardío-Toniano (1300-850 Ma). La curva de $\delta^{13}\text{C}$ obtenida para el Grupo Mina Verdún en su estratotipo se caracteriza por una excursión negativa restringida a la base (hasta -3.3‰ PDB), seguida de valores moderadamente positivos en el resto de la sección, formando un *plateau* en torno a $+2\text{‰}$ PDB en la mayor parte de los carbonatos. En la parte sur de su área de afloramiento se observan valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$, así como una decoloración manifiesta de las calizas. Estos fenómenos se explican por el metamorfismo de contacto generado por varios cuerpos intrusivos graníticos en esa zona.

Palabras clave: Mesoproterozoico, Neoproterozoico, *Conophyton*, quimioestratigrafía, Uruguay

ABSTRACT

The occurrence of volcanic and pyroclastic rocks in the Mina Verdún Group is reported here. The unit represents a marine volcanosedimentary succession, made up from base to top of the following formations: Cerro de las Víboras Formation (metarhyolites), Don Mario Formation (pelites, sandstones), La Toma Formation (marls), El Calabozo Formation (stromatolitic limestones with *Conophyton*), Gibraltar Formation (mainly dolostones, subordinate marls and limestones) and Nueva Carrara Formation (acid lapilli-tuffs ácidos and dolomitic metamarls). Three outcrop areas are known, located between Minas and Pan de Azúcar, namely: Mina Verdún (stratotype), Burgueño Quarry and Paso del Molino (Arroyo Pan de Azúcar). Diamictites and orthoconglomerates of the Las Ventanas Formation overly with erosional and angular unconformity the Mina Verdún Group. The age of the succession is pre-Ediacaran, and bracketed between the late Mesoproterozoic and Tonian (1300-850 Ma) according to the chemostratigraphic data and the stromatolite assemblages. Carbonates of the Mina Verdún Group show a $\delta^{13}\text{C}$ curve at its stratotype, which is characterized by a basal negative excursion to -3.3‰ PDB, followed by moderately positive values in the rest of the section, representing a plateau around $+2\text{‰}$ PDB. In the southern part of its outcrop area, limestones of the Mina Verdún Group show more negative $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values, as well as a manifest decoloration. These characteristics are the result of contact-metamorphism of nearby granitic plutons in that area.

Keywords: Mesoproterozoic, Neoproterozoic, *Conophyton*, chemostratigraphy, Uruguay

INTRODUCCIÓN

La litoestratigrafía del Grupo Mina Verdún en su área tipo (cantera homónima; Fig. 1) fue establecida por Poiré et al. (2003), y reafirmada por Gaucher et al. (2005, 2006a) y Poiré et al. (2005). De base a tope incluye las siguientes unidades:

- Formación Don Mario (pelitas),
- Formación La Toma (margas),
- Formación El Calabozo (calizas estromatolíticas a *Conophyton*)
- Formación Gibraltar (dolomías principalmente, margas y calizas subordinadas)

La potencia total alcanza 285 m. Por encima de estas litologías y en discordancia angular y erosiva ocurren ortoconglomerados y diamictitas que Poiré et al. (2003) denominaron Formación Las Palmas. Estos conglomerados fueron correlacionados por Blanco & Gaucher (2005) con la Formación Las Ventanas.



FIGURA N° 1: Mapa geológico de la porción Sur del Terreno Nico Pérez modificado de Bossi & Gaucher (2004), mostrando las diferentes áreas de afloramiento del Grupo Mina Verdún. A: Mina Verdún (estratotipo); B: Cantera Burgueño; C: Paso del Molino. SYSZ: Zona de Cizalla Sarandi del Yí. SBSZ: Zona de Cizalla Sierra Ballena.

A las dos áreas de afloramiento conocidas hasta ahora (Mina Verdún: punto A, Fig. 1; Cantera Burgueño: punto B, Fig. 1), se agrega el área de Paso del Molino sobre el Arroyo Pan de Azúcar (punto C, Fig. 1). Allí afloran calizas y dolomías de las formaciones El Calabozo y Gibraltar respectivamente, y son sobreyacidas discordantemente por conglomerados de la Formación Las Ventanas. Los carbonatos subyacentes, con estratificación N45E, 45° NW se componen, de base a tope, de:

-40 m expuestos de calizas grises claro, masivas

-57 m cubiertos por suelo

-5 m dolomías rosadas, masivas y muy tenaces, con venillas de carbonatos blancas

En cuanto a la litoestratigrafía del Grupo Mina Verdún en Cantera Burgueño (Fig. 2), una primera aproximación fue publicada por Gaucher et al. (2004b). Se comunica aquí la ocurrencia de rocas volcánicas y piroclásticas ácidas concordantes con el resto de las unidades mencionadas supra, discutiéndose otros aspectos relevantes.

LITOESTRATIGRAFIA

En la zona de Cantera Burgueño (Fig. 2) ha podido constatarse la ocurrencia de metariolitas y de lapilli-tufos ácidos que, respectivamente, sub- y sobreyacen concordantemente al paquete metasedimentario hasta ahora reconocido como Grupo Mina Verdún. Cabe destacar que estas unidades no afloran en el área de la Mina Verdún (estratotipo), por lo cual no habían sido reconocidas como parte de la secuencia hasta ahora. Teniendo en cuenta estos nuevos datos, el Grupo Mina Verdún queda integrado, de base a tope, por las siguientes formaciones (Fig. 3):

- Formación Cerro de las Víboras (metariolitas), nueva unidad propuesta aquí
- Formación Don Mario (pelitas),
- Formación La Toma (margas),
- Formación El Calabozo (calizas estromatolíticas a *Conophyton*)
- Formación Gibraltar (dolomías principalmente, margas y calizas subordinadas)
- Formación Nueva Carrara (lapilli-tufos ácidos y metamargas dolomíticas), nueva unidad

A continuación se exponen las características más salientes de las unidades que constituyen el Grupo Mina Verdún (Fig. 3).

Formación Cerro de las Víboras. Su área tipo se ubica en el cerro homónimo al NW de la Cantera Burgueño (Fig. 2), única área de afloramiento conocida hasta ahora. Las litologías características que la componen y el hecho de poder cartografiarse a escala 1:20.000 justifican su definición como formación. Está constituida por metariolitas foliadas, color gris a gris verdoso claro y mostrando cristales de cuarzo β . Frecuentemente se intercalan con lapilli-tufos con fiammes más oscuras. Desde el punto de vista petrográfico se componen de una matriz microgranular de sericita (la cual se encuentra crenulada) y cuarzo, y de fenocristales de cuarzo β de hasta 2 mm los cuales presentan golfos de corrosión, a veces rellenos por cuarzo recristalizado. Los fenocristales de cuarzo β presentan frecuentemente una recristalización dinámica de cuarzo hacia los límites de grano. En menor proporción ocurren fenocristales de feldespatos alcalinos con textura poiquilítica y plagioclasa. Los minerales opacos son abundantes.

Las riolitas son resistentes a la meteorización, determinando importantes elevaciones y pendientes. Mientras que la base de la unidad no está expuesta, el tope de la misma es transicional hacia las pelitas y areniscas de la Formación Don Mario (Fig. 3). No se dispone de datos geoquímicos de esta Formación. Muestras colectadas en el área tipo serán datadas por el método U-Pb, con el potencial de proveer una edad absoluta para la base del Grupo Mina Verdún.

Formación Don Mario. Aflora tanto en su estratotipo en la Mina Verdún (Poiré et al. 2003; Fig. 1), como en Cantera Burgueño (Gaucher et al. 2004b). Se trata de hasta 50 m de pelitas negras y grises predominantes, cuyo color es determinado por la presencia de abundante materia orgánica (Poiré et al. 2005). Las pelitas son laminadas, expresándose dicha laminación por variaciones en la coloración al alterarse. Las láminas claras presentan una composición sericítica (con crenulación), cuarzo y opacos. Las laminas ocre se encuentran formadas por opacos (óxidos de hierro) y en menor proporción cuarzo. Se observan algunas venillas de cuarzo que recortan la laminación. En la base se intercalan niveles centimétricos a milimétricos de arenisca de composición arcósica (Fig. 3), que se pierden progresivamente hacia el tope. También se ha observado la intercalación de tufos ácidos con las pelitas, principalmente en la base de la unidad. En el tope las pelitas pasan gradualmente a margas de la Formación La Toma. Por difracción de rayos X, las pelitas se componen de cuarzo, illita, clorita e interstratificados illita-esmectita y clorita-esmectita (Poiré et al. 2005). Desde el punto de vista geoquímico las pelitas presentan relaciones Ti/Zr de 25 a 28, La/Sc de 2.6 a 3.1, La/Y de 1.2 a 1.6 y Sc/Cr de 0.2 (Poiré et al. 2005). De acuerdo a Poiré et al. (2005), estos índices indicarían una proveniencia intermedia entre un arco de islas y un margen continental activo.

Formación La Toma. Concordantemente y de forma transicional sobre la unidad anterior se disponen hasta 20 m de margas grises que se meteorizan dando color gris verdoso (Fig. 2). Aflora tanto en Mina Verdún (estratotipo

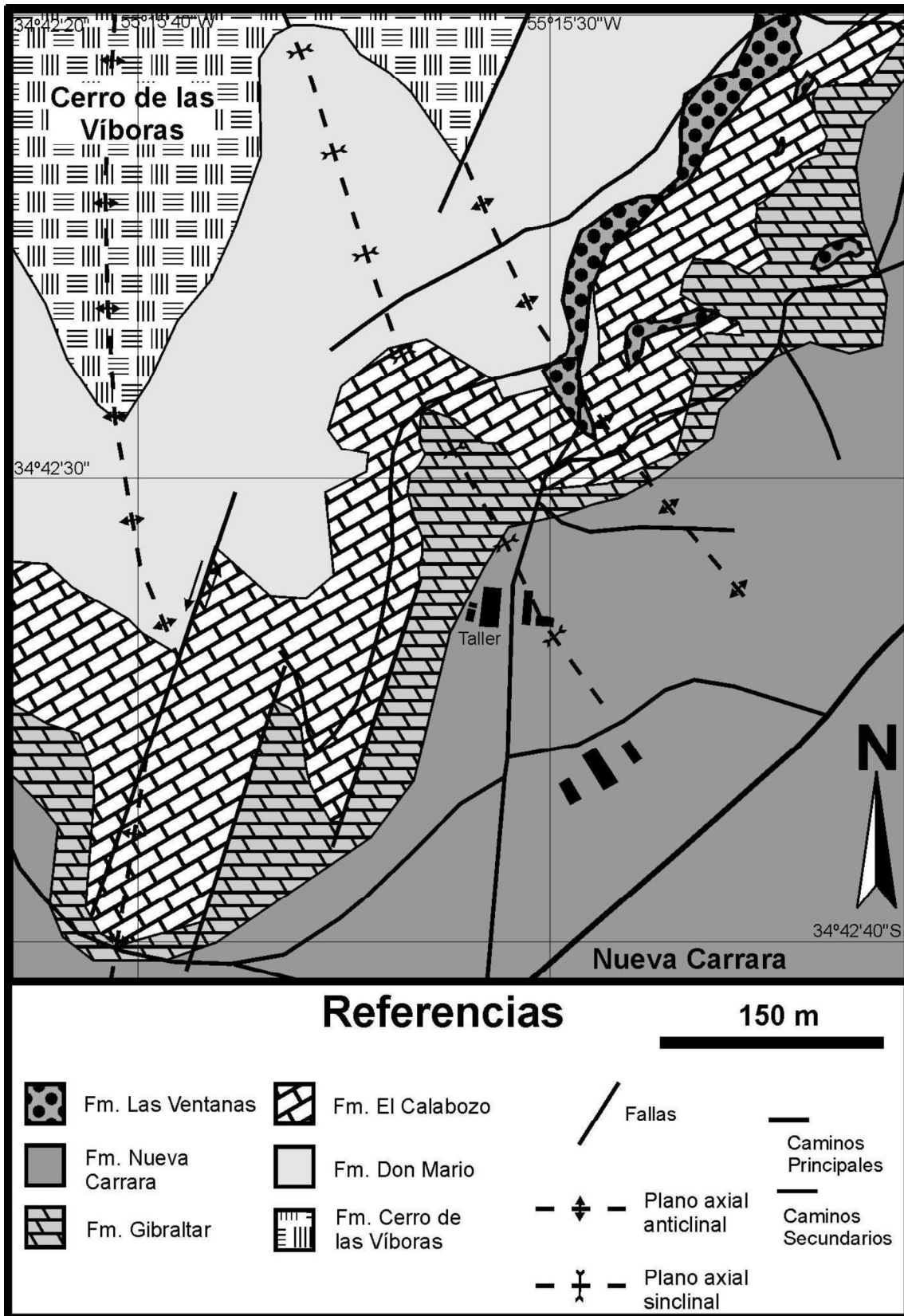


FIGURA N° 2: Mapa geológico de detalle de la Cantera Burgueño (simplificado).

de la Formación: Poiré et al. 2003) como en Cantera Burgueño, aunque en esta última con potencias menores a 5 m. Las margas se componen de clastos predominantemente tamaño limo de cuarzo, filosilicatos, dolomita, calcita y feldespatos subordinados. Los filosilicatos se componen de illita y clorita (Poiré et al. 2005). Las margas son mayormente a predominio dolomítico, aunque también aparecen margas calcáreo-dolomíticas. Como estructura sedimentaria ubicua se observa laminación plano-paralela, con bases netas (erosivas) y gradación normal. Hacia el tope se observan ritmitas dolosiltito (o marga dolomítica)-calcarenita impura, que transicionan hacia las calizas estromatolíticas de la Formación El Calabozo. Desde el punto de vista geoquímico presentan 40-45% de SiO₂ y 25-35% de CaCO₃, correspondiendo el resto mayormente a MgCO₃ y Al₂O₃ (Poiré et al. 2005). Esto denota que los componentes principales de la roca son clastos de cuarzo y carbonatos (dolomita + calcita). Los valores de δ¹³C reportados por Gaucher et al. (2006a) muestran valores negativos de hasta -3.3 ‰ PDB en la base, pasando gradualmente a valores moderadamente positivos (+1.5 ‰ PDB) en el tope (Fig. 4).

Formación El Calabozo. Se trata de la unidad más característica del Grupo Mina Verdún, y la de mayor importancia económica. Alcanza una potencia máxima de 170 m en su estratotipo (Mina Verdún; Fig. 1), no superando los 60 m en Cantera Burgueño (Fig. 2) y Paso del Molino.

Se compone fundamentalmente de calizas, las cuales mayormente son estromatolíticas. La asociación estromatolítica está francamente dominada por el morfogrupo *Conophyton*, con columnas cilíndricas que pueden llegar a 70 cm de altura. Muy subordinadamente aparecen estromatolitos microdigitados, columnares dendroideos (Poiré et al. 2005) y dómicos, hasta ahora solo observados en Cantera Burgueño. En su estratotipo en la Mina Verdún, Poiré et al. (2005) dividen esta unidad en seis miembros informales a saber (de base a tope):

- 15 m calizas grises, rojas y verdes laminadas, con 65 a 75% de CaCO₃.
- 30 m calizas grises masivas, con 85% de CaCO₃.
- 50 m calizas estromatolíticas a *Conophyton*, con tenores de 93% de CaCO₃.
- 30 m calizas gris verdosas, mostrando contenidos de 83% de CaCO₃.
- 15 m calizas silíceas negras, caracterizadas por altos contenidos de SiO₂ de hasta 42%.
- 30 m calizas estromatolíticas negras a *Conophyton*, con tenores de 89% de CaCO₃.

En Cantera Burgueño se observa aproximadamente la misma secuencia, con las siguientes diferencias: (1) menor potencia; (2) mayor impronta térmica, posiblemente debido a metamorfismo de contacto y a la proximidad a la Zona de Cizalla de Sarandí del Yí; y (3) decoloración de las calizas por pérdida de materia orgánica durante el metamorfismo.

Desde el punto de vista quimioestratigráfico, la Formación El Calabozo en su estratotipo presenta valores de δ¹³C consistentemente entre +0.27 y +2.4 ‰ PDB, constituyendo un característico plateau (Fig. 4). El δ¹⁸O de estos carbonatos oscila entre -9.1 y -19.7 ‰ PDB. En Cantera Burgueño también se determinaron los valores de δ¹³C y δ¹⁸O para calizas y dolomías (formaciones El Calabozo y Gibraltar), obteniéndose valores de δ¹³C variando entre +0.74 y -0.60 ‰ PDB (Gaucher et al. 2006a). A su vez, las razones de δ¹⁸O obtenidas de entre -20.7 y -15.1 ‰ PDB son significativamente más negativas que en la sección de Mina Verdún (Fig. 4). Esto implica que en Cantera Burgueño los carbonatos han sido sometidos a mayor temperatura durante el metamorfismo, lo que es corroborado por la paragénesis mineral de margas y pelitas, por la notoria decoloración de las litologías ricas en materia orgánica y la correlación casi lineal entre δ¹³C y δ¹⁸O. La decoloración mencionada sugiere que la materia orgánica puede haber reaccionado con el carbonato en Cantera Burgueño, dando como producto razones de δ¹³C más bajas que en la sección tipo en Mina Verdún. Lo mismo es aplicable para el área de Paso del Molino, donde se obtuvieron valores de δ¹³C predominantemente negativos para 7 muestras entre -2.7 y +0.22 ‰ PDB, con valores muy negativos de δ¹⁸O entre -14.7 y -28.7 ‰ PDB. En una gráfica δ¹³C vs. δ¹⁸O, se observa un arreglo casi lineal de los datos. Se trata por tanto del mismo fenómeno de alteración térmica-hidrotermal que se ha observado en Cantera Burgueño.

Formación Gibraltar. Ocurre en las tres áreas de afloramiento conocidas del Grupo Mina Verdún (Fig. 1), alcanzando una potencia máxima de unos 85 m en Cantera Burgueño (Fig. 2). En la base presenta intercalaciones de pelitas grises y verdes con calizas rosadas y rojas, las cuales llegan a un tenor de entre 60 y 78% de CaCO₃ según Poiré et al. (2005). Por encima de las mismas se disponen unos 45 m de dolomías

GRUPO MINA VERDUN

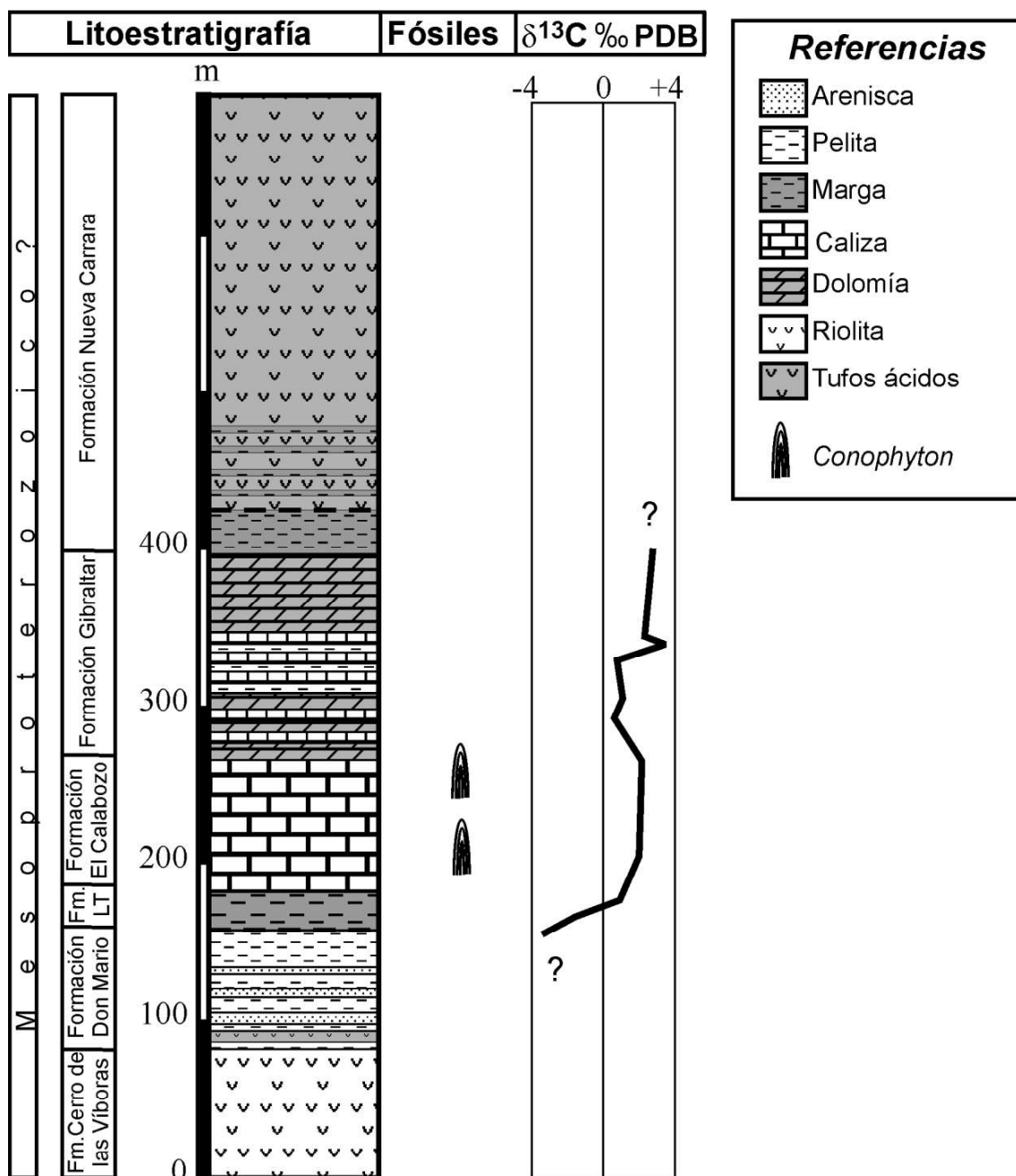


FIGURA N° 3: Lito-, bio- y quimioestratigrafía del Grupo Mina Verdún. Fm. LT: Formación La Toma.

masivas rosadas y amarillentas, cristalinas, muy tenaces, con venillas recristalizadas blancas. El espesor de éstas es altamente variable por fenómenos de *boudinage* de la dolomía más competente. Las dolomías se explotan desde hace algún tiempo en Cantera Burgueño como árido para la construcción, debido a su gran tenacidad y al carácter inerte en agregados de hormigón.

Quimioestratigráficamente se caracteriza la Formación Gibraltar en su estratotipo por valores exclusivamente positivos y crecientes de $\delta^{13}\text{C}$ entre +0.15 y +4.0 ‰ PDB, y $\delta^{18}\text{O}$ entre -4.1 y -13.8 ‰ PDB (Fig. 4).

Formación Nueva Carrara. Esta unidad tiene su área tipo al E de Cantera Burgueño, constituyendo el subsuelo del poblado de Nueva Carrara (Fig. 2). Se apoya concordantemente sobre la Formación Gibraltar, y su techo no está expuesto. La unidad se compone de metamargas verdes a clorita en la base, seguidas por más de 300 m de lapilli-tufos riolíticos a clorita y cuarzo β con intercalaciones subordinadas de otras piroclásticas y metamargas verdes. Los tufos se componen de una matriz fina de cuarzo y clorita con fenocristales de cuarzo β y feldespato potásico con sus bordes corroídos de hasta 2.5 mm, y más raramente de plagioclasa con textura poiquilítica. Se observan pómez y fiammes de composición clorítica, muscovítica y de cuarzo; las fiammes presentan un tamaño de hasta 0.6 mm de largo por 0.2 mm de ancho. Asimismo ocurren clastos de dacitas, microclina y feldespatos perfiticos. Las metamargas verdes con las que se interestratifican se componen de clorita y carbonatos. Finalmente, aparecen metapelitas cloríticas subordinadas, sin carbonato. Una muestra de lapilli-tufos de esta unidad se encuentra siendo analizada con vistas a su datación por U-Pb.

En todas las áreas de afloramiento conocidas del Grupo Mina Verdún, la **Formación Las Ventanas** sobreyace con discordancia angular y erosiva a dicha unidad (Blanco & Gaucher 2005). Es de destacar que tanto en Cantera Burgueño como en la Mina Verdún, la Formación Las Ventanas comienza con diamictitas con 35-40% de matriz rojiza (ferruginosa), y clastos principalmente de carbonatos, riolitas y tufos ácidos, metapelitas, granitos caolinitizados, cuarcitas y metamorfitos ricos en epidoto. Las diamictitas rellenan un paleokarst desarrollado sobre los carbonatos del Grupo Mina Verdún (Gaucher et al., en prensa), y la composición de los clastos refleja fuertemente la geología local. La ocurrencia de *dropstones*, niveles Heinrich en pelitas asociadas y las características petrográficas de las diamictitas indican un origen glacial para las mismas (Gaucher et al., en prensa). Por encima de las diamictitas ocurren ortoconglomerados polimícticos característicos del Miembro Quebrada de Viera de la Formación Las Ventanas (Gaucher et al., en prensa).

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Es característica la abundancia de fallas afectando la secuencia, mostrando un estilo tectónico predominantemente rúptil. Los rumbos medidos en planos de estratificación son mayormente N15E a N45E, con buzamientos más frecuentes en el entorno de 70°. Mientras en el estratotipo predominan las fallas y una estructura prácticamente monoclinas (Poiré et al. 2003, 2005), en Cantera Burgueño se observan pliegues más complejos, de superficie axial groseramente NS y eje buzando fuertemente al S (Fig. 2). Esto último está claramente relacionado a la cercanía a la Zona de Cizalla Sarandi del Yí, que afecta al Grupo Mina Verdún (Fig. 1). Es posible determinar el sentido sinistral de algunas de las fallas mapeadas (Fig. 2), sugiriendo que se trata de estructuras generadas durante la reactivación de la Zona de Cizalla Sarandi del Yí (Oyhantçabal et al. 1993). La mayor competencia de las dolomías de la Formación Gibraltar da lugar a fenómenos de *boudinage* de las mismas, complicando localmente la interpretación de la estratigrafía y generando fuertes variaciones en el espesor de las diferentes unidades.

EDAD: BIO Y QUIMIOESTRATIGRAFIA

El reconocimiento de que la Formación Las Ventanas sobreyace con discordancia erosiva y angular al Grupo Mina Verdún en las tres áreas de afloramiento conocidas provee la edad mínima más confiable de que se dispone. De acuerdo a las asociaciones de acritarcas descritas de la Formación Las Ventanas (Blanco & Gaucher 2005; Gaucher et al., en prensa), dicha unidad se asigna al Ediacareense temprano, esto es, en torno a 600 Ma. Por lo tanto, el Grupo Mina Verdún no sólo es más antiguo que 600 Ma, sino que ya estaba plegado y parcialmente erosionado al depositarse la Formación Las Ventanas (Gaucher et al., en prensa).

Los datos quimioestratigráficos publicados por Gaucher et al. (2006a), han permitido hacer inferencias independientes sobre la edad de depositación del Grupo Mina Verdún. Según dichos autores, las relaciones isotópicas de carbono en el estratotipo reflejan la composición del agua de mar, contrariamente a lo observado en Cantera Burgueño, donde se verifica alteración térmica importante, al igual que en la sección de Paso del Molino.

Grupo Mina Verdún

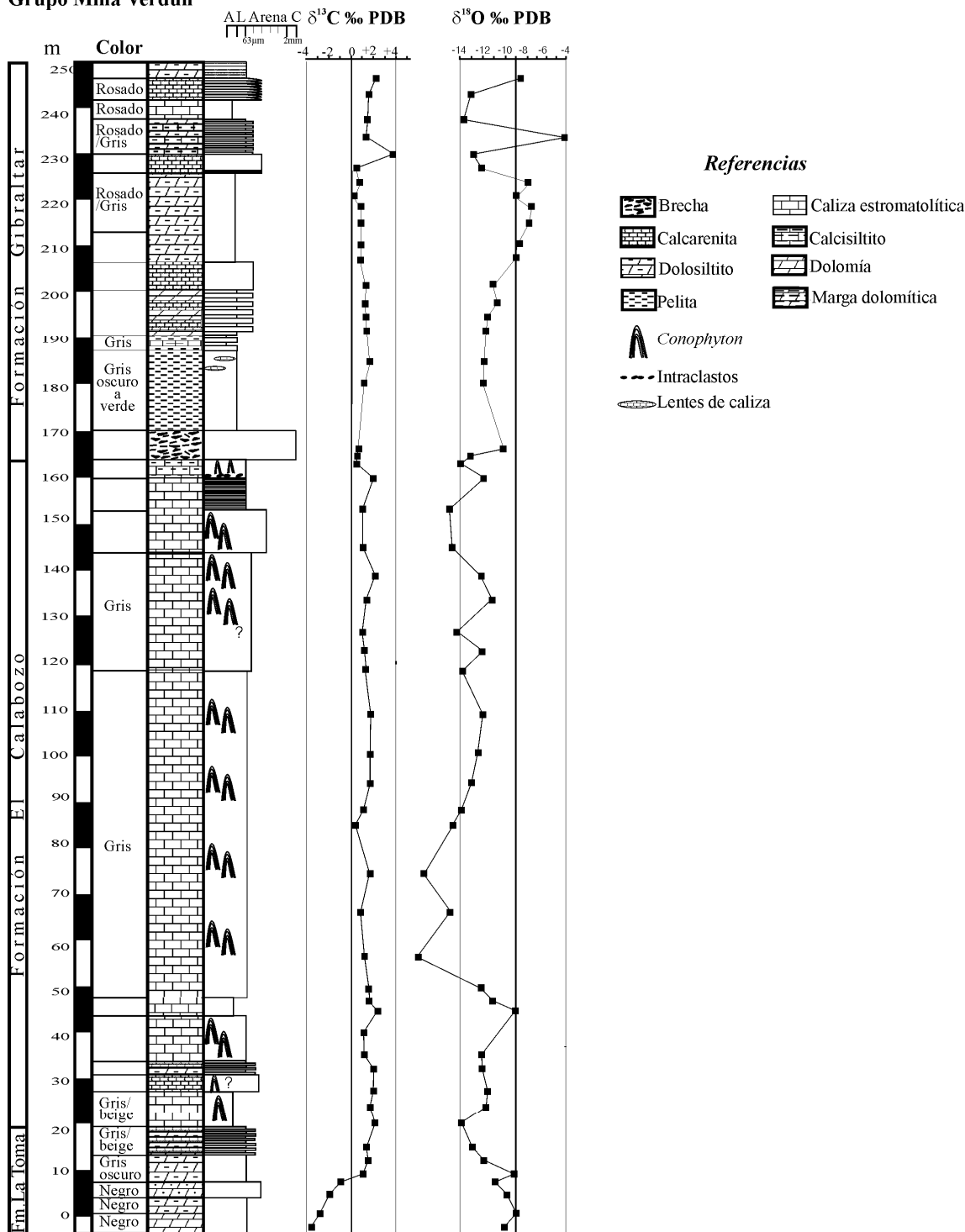


FIGURA Nº 4: Lito- y quimioestratigrafía del Grupo Mina Verdún en su sección tipo (extraído de Gaucher et al., 2006a).

La curva de isótopos de carbono obtenida en el estratotipo (Gaucher et al. 2006a; Fig. 4) se caracteriza por: (a) una excursión negativa restringida a la base, seguida de valores moderadamente positivos en el resto de la sección; (b) amplitud moderada de las variaciones seculares de $\delta^{13}\text{C}$ de hasta 5.5 ‰ (transición entre

formaciones La Toma y El Calabozo); (c) la ocurrencia de un *plateau* en torno a +2 ‰ PDB en la mayor parte de los carbonatos, y (d) valores absolutos de $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -3,3 y +4,0 ‰ PDB.

De acuerdo a curvas globales de $\delta^{13}\text{C}$ publicadas por Kah et al. (1999), la curva obtenida para el Grupo Mina Verdún se asemeja fuertemente a la composición isotópica de carbonatos del Mesoproterozoico superior y Neoproterozoico inferior (Toniano), entre 1300 y 850 Ma. Esta edad está en consonancia con la edad mínima Ediacarensis temprano (ca. 600 Ma) que proveen las acritarcas descritas por Blanco & Gaucher (2005) y Gaucher et al. (en prensa) para la Formación Las Ventanas, la cual sobreyace al Grupo Mina Verdún. Si se tiene en cuenta que el Grupo Mina Verdún ya estaba plegado y karstificado cuando se deposita la Formación Las Ventanas, una edad de depositación mesoproterozoica resulta factible.

Se realizaron diez análisis de la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en calizas del Grupo Mina Verdún en su estratotipo. Seis análisis en calizas de la Formación El Calabozo arrojaron valores entre 0.7099 y 0.7189. Cuatro análisis de calizas de la parte inferior de la Formación Gibraltar mostraron valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ muy altos, entre 0.7355 y 0.7412. Estos valores son extremadamente altos e implican aporte de estroncio radiogénico a partir de silicatos, no reflejando la composición isotópica de estroncio del agua de mar (0.7050 a 0.7060 entre 1300 y 800 Ma: Shields 2007). Por tanto, los análisis de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no aportan en este caso nuevos elementos para acotar la edad del Grupo Mina Verdún.

Cabe acotar que las asociaciones estromatolíticas dominadas por *Conophyton* son más frecuentes en carbonatos del Mesoproterozoico. Walter (1994) ubica el período de mayor diversidad y abundancia de *Conophyton* en el Mesoproterozoico tardío, entre 1350 y 1050 Ma. Un ejemplo es el Grupo Itaiacoca (Sallun Filho & Fairchild 2005) en el sudeste de Brasil (Cinturón Ribeira), para el cual Siga Jr. et al. (2003, 2006) reporta una edad mínima de 934 ± 36 Ma (U-Pb TIMS en zircones de metadiabasas). El Grupo Paranoá de Brasil (Cinturón Brasilia) también se caracteriza por asociaciones estromatolíticas dominadas por *Conophyton*, a las cuales se le asigna una edad entre 1200 y 900 Ma en base a dataciones Rb-Sr y a sus relaciones estratigráficas (Sallun Filho & Fairchild 2005). Los grupos Uluksan y Nunatsiaq basal del Supergrupo Bylot de Canadá también poseen niveles de carbonatos dominados por *Conophyton*, los cuales han sido datados por Pb-Pb en 1200 Ma (Sherman et al. 2002).

DISCUSION

En el Terreno Nico Pérez existen varias sucesiones sedimentarias que incluyen carbonatos, con edades entre Neoarqueano y Cámbrico, y que presentan claras diferencias con el Grupo Mina Verdún según definido arriba. Hasta el momento no se conoce en Uruguay ninguna sucesión que pueda correlacionarse con dicho Grupo, citándose a continuación, desde un punto de vista descriptivo, las características que los diferencian.

Las calizas del Grupo Mina Verdún se diferencian de la Formación Polanco (Grupo Arroyo del Soldado, Gaucher 2000; Gaucher et al., 1996, 1998, 2004a; Fig. 1) por:

- (a) poseer estromatolitos y ser de origen biogénico principalmente;
- (b) presentar potencias máximas de 250 m, comparados con 900 m para la Formación Polanco (Gaucher et al. 2004a);
- (c) estar en contacto en la base con margas de hasta 20 m de potencia, mientras que la Formación Polanco se apoya sobre limolitas de la Formación Yermal (Gaucher 2000);
- (d) aflorar muy escasamente, en contraste con la buena densidad de afloramientos de la Formación Polanco;
- (e) presentar una curva de $\delta^{13}\text{C}$ con valores negativos en la base, moderada amplitud de oscilaciones y un *plateau* en torno a 2 ‰ PDB; contrastando fuertemente con la curva que se conoce para la Formación Polanco (Gaucher et al. 2004a); y
- (f) ser parte de una sucesión que contiene riolitas y tufos ácidos, a diferencia del Grupo Arroyo del Soldado, sin vulcanitas (Gaucher 2000).

La edad de la Formación Polanco está bien definida como Ediacarensis (Gaucher 2000; Gaucher et al. 2004a), siendo más joven que el Grupo Mina Verdún. Los ambientes de sedimentación son marinos de plataforma más

profunda en el caso de la Formación Polanco, y más someros para el Grupo Mina Verdún. Un ejemplo de yacimiento calcáreo constituido por la Formación Polanco es la Mina La Plata de ANCAP (Gaucher et al. 2004c, 2006a).

Las calizas del Grupo Mina Verdún pueden diferenciarse de aquellas del Grupo Carapé (Fig. 1) sensu Bossi et al., (1998), Bossi & Navarro (2001) y Bossi et al. (este congreso) pues:

- (a) Poseen estromatolitos, desconocidos en el Grupo Carapé
- (b) El grado de metamorfismo en el Grupo Mina Verdún nunca alcanza el grado medio, como en el Grupo Carapé (Rossini & Aubet 2000)
- (c) Ocurren fuera de la escama tectónica de Carapé, delimitada por el cabalgamiento de Puntas del Pan de Azúcar (Oyhantçabal et al. 2001);
- (d) No se asocian a intrusiones graníticas subconcordantes (boudines), como en el caso del Grupo Carapé (Bossi & Navarro 2001; Bossi et al., este congreso)
- (e) La deformación de las calizas en el Grupo Mina Verdún es francamente dúctil y de menor intensidad que en el Grupo Carapé, con un carácter más dúctil.

Es muy importante la diferenciación del Grupo Mina Verdún del Grupo Fuente del Puma sensu Bossi et al. (1998; Fig. 1), ya que pueden encontrarse en contacto tectónico. Pueden citarse las siguientes diferencias :

- (a) falta de asociación con metavulcanitas básicas (prasinitas) y metagabbros, típicos en el Grupo Fuente del Puma;
- (b) presencia de estromatolitos, desconocidos en el Grupo Fuente del Puma;
- (c) naturaleza biogénica, en contraste con los carbonatos predominantemente clásticos del Grupo Fuente del Puma;
- (d) calizas más puras (hasta 95% CaCO₃) que las que ocurren en el Grupo Fuente del Puma (ejemplo: Yacimiento N° 5 de ANCAP).

Finalmente, se diferencian los carbonatos del Grupo Mina Verdún de los de la Formación Cerro de Villalba (Gaucher et al. 1996, 2006b; Complejo Las Tetás: Hartmann et al. 2001; Castiglioni 2005; Fig. 1) por las siguientes características:

- (a) ocurrencia de calizas, contrastando con únicamente dolomías en la Formación Cerro de Villalba;
- (b) asociación con vulcanitas ácidas, mientras que la Formación Cerro de Villalba se asocia a areniscas y conglomerados de clastos cuarzosos;
- (c) ocurrencia de *Conophyton* dominando la asociación estromatolítica, mientras en la Formación Cerro de Villalba hay una mayor diversidad, que incluye estromatolitos dómicos, columnares y muy subordinadamente *Conophyton*;
- (d) presentar una curva de $\delta^{13}\text{C}$ con valores negativos de hasta $-3,3\text{‰}$ PDB en la base, valores positivos de hasta $+4\text{‰}$ PDB en el tope, mediana amplitud de oscilaciones y un plateau en torno a 2‰ PDB. La Formación Cerro de Villalba se caracteriza por valores de $\delta^{13}\text{C}$ en torno a 0 (entre $+0,64$ y $-0,49\text{‰}$ en secciones bien preservadas y de $+0,16$ a $-1,98\text{‰}$ en aquellas con metamorfismo de contacto: Gaucher et al. 2006b).

CONCLUSIONES

El Grupo Mina Verdún es una secuencia vulcanosedimentaria marina, caracterizada por riolitas en la base (Formación Cerro de Las Víboras), sobreyacidas por rocas siliciclásticas finas (formaciones Don Mario y La Toma), un paquete carbonático de calizas y dolomías en su parte media (formaciones El Calabozo y Gibraltar), y piroclastitas ácidas en el tope (Formación Nueva Carrara). La extensión areal conocida abarca tres zonas de afloramiento entre Minas y Pan de Azúcar. Es constante la asociación con diamictitas y ortoconglomerados de la Formación Las Ventanas, que recubren con discordancia angular y erosiva al Grupo Mina Verdún.

La edad de la secuencia es pre-Ediacareense, y de acuerdo a las asociaciones estromatolíticas y los datos quimioestratigráficos presentados aquí, está limitada al intervalo Mesoproterozoico tardío-Toniano (1300-850 Ma).

Desde el punto de vista económico, las calizas de la Formación El Calabozo son las que soportan la mayor parte de la industria del cemento portland en Uruguay. Su bajo contenido en magnesio las habilita para su uso como corrector para portland, así como para la fabricación de cal. La decoloración que muestran las calizas en la parte sur (Cantera Burgueño, Paso del Molino) es una característica favorable a la hora de fabricar cal o cargas minerales carbonáticas. Finalmente cabe destacar que las dolomías masivas de la Formación Gibraltar tienen un importante uso como áridos para la construcción, permitiendo la remoción de "estériles" en las explotaciones de caliza sin costo extra.

Agradecimientos

El presente trabajo es un resumen de los resultados obtenidos en el marco del proyecto CSIC-VSP C-40, titulado "Estratigrafía, petrografía, edad y distribución del Grupo Mina Verdún, unidad clave para la industria del cemento y cal". Nuestro agradecimiento especial va a las empresas que permitieron el acceso a los yacimientos y apoyaron de varias maneras los trabajos de investigación, específicamente a la Compañía Nacional de Cementos (CNC, Pan de Azúcar) y a Cementos Artigas SA (Minas). Se agradece especialmente al Ing. Flavio García Repetto, Ing. José María Canalicchio (Cementos Artigas) y al Ing. Carlos Correa (CNC) por su colaboración. Parte de los costos de trabajos de campo y análisis isotópicos fueron proporcionados por los proyectos PROSUL/ CNPq N° 490349/2004-8 y 490136/2006-0. Esta es una contribución al proyecto IGCP 478.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BLANCO, G., GAUCHER, C., 2005. Estratigrafía, paleontología y edad de la Formación Las Ventanas (Neoproterozoico, Uruguay). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12 (2): 115-131.
- BOSSI, J., FERRANDO, L., MONTAÑA, J., CAMPAL, N., MORALES, H., GANCIO, F., SCHIPILOV, A., PIÑEYRO, D., SPRECHMANN, P., 1998. Carta geológica del Uruguay. Escala 1:500.000. Geoeditores, Montevideo.
- _____, NAVARRO, R., 2001. Grupo Carapé: su reivindicación. *Revista Sociedad Uruguaya Geología* 8, 2-12.
- BOSSI, J., GAUCHER, C. 2004. The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay: an allochthonous block accreted in the Cambrian to SW-Gondwana. *Gondwana Research*, 7: 661-674.
- CASTIGLIONI, E. 2005. Carbonatos del Neoarqueano del terreno Nico Pérez y su posible aplicación industrial. Trabajo final de Licenciatura en Geología, Facultad de Ciencias, Montevideo, 51 pp.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. 1992. An introduction to the rock-forming minerals.-Second edition; xvi + 696 pp., 237 figs.; Harlow (Longman).
- GAUCHER, C. 2000. Sedimentology, paleontology, and stratigraphy of the Arroyo del Soldado Group, (Vendian to Cambrian, Uruguay). *Beringeria*, 26: 1-120.
- _____, SPRECHMANN, P., SCHIPILOV, A. 1996. Upper and Middle Proterozoic fossiliferous sedimentary sequences of the Nico Pérez Terrane of Uruguay: Lithostratigraphic units, paleontology, depositional environments and correlations. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 199: 339-367.
- _____, SIAL, A.N., BLANCO, G., SPRECHMANN, P. 2004a. Chemostratigraphy of the lower Arroyo del Soldado Group (Vendian, Uruguay) and palaeoclimatic implications. *Gondwana Research*, 7 (3): 715-730.
- _____; CERNUSCHI, F., CHIGLINO, L., 2004b. Ocurrencia de *Conophyton* en Cantera Burgueño (Nueva Carrara, Uruguay): nuevos afloramientos del Grupo Mina Verdún y su importancia. IV Congreso Uruguayo de Geología, Actas (CD ROM).

- _____; CHIGLINO, L. & PECOITS, E. 2004c. Southernmost exposures of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay): palaeogeographic implications for the amalgamation of W-Gondwana. *Gondwana Research* 7 (3): 701-714.
- _____, POIRÉ, D.G., SIAL, A.N., CERNUSCHI, F., CHIGLINO, L., FERREIRA, V.P., GONZÁLEZ, P.D., MARTÍNEZ, G. 2005. Chemostratigraphy of the Mina Verdún Group, Uruguay: a pre-glacial Neoproterozoic succession? 2nd Symposium on Neoproterozoic – Early Paleozoic Events in Southwestern Gondwana, *Extended Abstracts*, Windhoek, 20-23.
- _____, SIAL, A.N., POIRÉ, D.G., CERNUSCHI, F., FERREIRA, V.P., CHIGLINO, L., GONZÁLEZ, P.D., MARTÍNEZ, G., PIMENTEL, M.M. 2006a. Chemostratigraphy of the Mina Verdún Group and other cement-grade Proterozoic limestone deposits in Uruguay. V South American Symposium on Isotope Geology, *Short Papers*: 250-253, Punta del Este.
- _____, SIAL, A.N., CASTIGLIONI, E., FERREIRA, V.P., CAMPAL, N., SCHIPILOV, A., KAWASHITA, K. 2006b. South America's oldest fossils: isotopic evidences of a Neoarchean age for stromatolitic carbonates of the Nico Pérez Terrane, Uruguay. V South American Symposium on Isotope Geology, *Short Papers*: 245-249, Punta del Este.
- _____, BLANCO, G., CHIGLINO, L., POIRÉ, D.G., GERMS, G.J.B. (en prensa) Acritarchs of Las Ventanas Formation (Ediacaran, Uruguay): implications for the timing of coeval rifting and glacial events in western Gondwana. *Gondwana Research*.
- GONZÁLEZ, P.D., POIRÉ, D.G., CANALICCHIO, J.M., GARCÍA REPETTO, F., 2004. Geología y marco tectono-magmático de un enjambre longitudinal de diques del Terreno Nico Pérez (Minas, Uruguay). In: IV Congreso Uruguayo de Geología, Actas (CD-ROM), Montevideo.
- HARTMANN, L.A., CAMPAL, N., SANTOS, J.O., MAC NAUGHTON, N. J., SCHIPILOV, A., 2001. Archean crust in the Río de la Plata Craton, Uruguay: SHRIMP U-Pb reconnaissance geochronology. *J. South Am. Earth Sci.*, 14: 557-570.
- JACOBSEN, S.B., KAUFMAN, A.J. 1999. The Sr, C and O isotopic evolution of Neoproterozoic seawater. *Chemical Geology*, 161: 37-57.
- KAH, L.C., SHERMAN, A.G., NARBONNE, G.M., KNOLL, A.H., KAUFMAN, A.J., 1999. $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy of the Proterozoic Bylot Supergroup, Baffin Island, Canada: implications for regional lithostratigraphic correlations. *Can. J. Earth Sci.*, 36: 313-332.
- OYHANTÇABAL, P., DE SOUZA, S., MUZIO, R., 1993 Geología y aspectos estructurales del borde orogénico en el extremo Sur del Cinturón Dom Feliciano. *Rev. Bras. Geociencias*, 23(3):296-300.
- OYHANTÇABAL, P., SPOTURNO, J. GOSO, E., HEIMANN, A., BERGALLI, L. 2001. Asociaciones litológicas en las supracrustales del grupo Lavallega y sus intrusiones asociadas en la hoja Fuente del Puma (Sur de Minas, Uruguay). In: XI Congreso Latinoamericano y III Congreso Uruguayo de Geología, Actas (CD-ROM), Montevideo, Nr. 246.
- POIRÉ, D.G., GONZÁLEZ, P.D., CANALICCHIO, J.M., GARCÍA REPETTO, F., 2003. Litoestratigrafía y estromatolitos de la sucesión sedimentaria Precámbrica de la cantera Mina Verdún, Minas, Uruguay. *Revista Sociedad Uruguaya Geología*, 3, Publicación Especial 1: 108-123.
- _____, GONZÁLEZ, P.D., CANALICCHIO, J.M., GARCÍA REPETTO, F., CANESSA, N.D. 2005. Estratigrafía del Grupo Mina Verdún, Proterozoico de Minas, Uruguay. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12 (2): 125-143.
- ROSSINI, C.A., AUBET, N.R. 2000. La región Zanja del Tigre-Carapé (Maldonado-Uruguay) y sus rocas metacalcáreas. Estudio geológico e implicancias estratigráficas y económicas. *Revista Sociedad Uruguaya Geología*, 7: 36-47.
- SALLUN FILHO, W., FAIRCHILD, T.R. 2005. Estudio comparativo entre estromatólitos do tipo *Conophyton* das faixas Ribeira e Brasília. *Revista do Instituto Geológico São Paulo*, 26: 1-18.
- SHERMAN, A.G., JAMES, N.P., NARBONNE, G.M. 2002. Evidence for reversal of basin polarity during carbonate ramp development in the Mesoproterozoic Borden Basin, Baffin Island. *Can. J. Earth Sci.*, 39: 519-538.

- SHIELDS, G.A. 2007. A normalised seawater strontium isotope curve and the Neoproterozoic-Cambrian chemical weathering event. *Earth Discussions*, 2: 69-84.
- SIGA JR., O, BASEI, M.A.S., SATO, K., PRAZERES FILHO, H.J., CURY, L.F., WEBER, W., PASSARELLI, C.R., HARARA, O.M., REIS NETO, J.M., 2003. U-Pb (zircon) ages of metavolcanic rocks from the Itaiacoca Group: tectonic implications. *Revista do Instituto de Geociências-USP*, 3: 39-49.
- _____, O, BASEI, M.A.S., PASSARELLI, C.R., SATO, K., PRAZERES FILHO, H.J., CURY, L.F., HARARA, O.M., REIS NETO, J.M., BASEI, G.B. 2006. Geochronology of the Itaiacoca Belt (Paraná, Brazil): tectonic implications. V South American Symposium on Isotope Geology, *Short Papers*: 186-189, Punta del Este.
- WALTER, M.R. 1994. Stromatolites: The main geological source of information on the evolution of the early benthos. In: Bengtson, S.(ed.): *Early Life on Earth*, Nobel Symposium No. 84: 270-286, New York (Columbia University Press).