

**SGP**  
FUNDADA 1924

## XVIII Congreso Peruano de Geología

# Utilización de estromatolitos y quimiofacies-patrón del Grupo Mina Verdún (Neoproterozoico de Uruguay), en el modelado de un yacimiento calcáreo, para una industria cementera

**Daniel G. Poiré<sup>1</sup>, Flavio J. García Repetto<sup>2</sup> y José M. Canalicchio<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP), Diag. 113 n° 275 (esquina 64), 1900 La Plata, Argentina. poire@cig.museo.unlp.edu.ar

<sup>2</sup> Cementos Artigas SA, Ruta 8 km 114, 30000 Minas, Uruguay. fjr1948@gmail.com

<sup>3</sup> Cementos Avellaneda SA, Paraje San Jacinto, 7400 Olavarría, Argentina. jmc@ol.cavellaneda.com.ar

## 1. Introducción

La sucesión sedimentaria del Cerro Verdún, a 3 km al oeste de la ciudad de Minas, Departamento de Lavalleja, Uruguay (Fig. 1), está constituida por pelitas negras, margas, calizas, dolomías, conglomerados polimícticos y cuarcitas, las cuales son cruzadas por cuerpos ígneos de distintas dimensiones. Las calizas de esta sucesión son intensamente explotadas por la compañía Cementos Artigas SA, para la fabricación de cemento portland, por lo cual la cantera "Mina Verdún" deja al descubierto gran parte de dicha sucesión. A lo largo de los años este yacimiento ha sido considerado como metamórfico y de ubicación estratigráfica incierta dentro del complejo Grupo Lavalleja (Caorsi y Goñi 1958; Bossi et al., 1965). En los últimos años, a través del descubrimiento de estromatolitos (Poiré et al., 2003a) y la realización de estudios estratigráficos, sedimentológicos y geoquímicos, de superficie y subsuelo, se ha podido esclarecer su estratigrafía (Poiré et al., 2005; Poiré y Gaucher, 2009; Poiré, 2014). Esto ha permitido calificar al yacimiento como sedimentario en lugar de metamórfico, y modelarlo mucho más adecuadamente, de forma integral y obtener un modelo geológico de bloques correcto, el cual es imprescindible para lograr el máximo aprovechamiento del yacimiento, en la fabricación de cemento. El objetivo de este trabajo es dar a conocer dicho modelo geológico de yacimiento y la novedosa metodología utilizada para la obtención del mismo.

## 2. Grupo Mina Verdún

### 2.1. Estratigrafía

El Grupo Mina Verdún (Poiré et al, 2003b; 2005) está conformado de base a techo por (Fig. 2): i) Formación Cerro Las Víboras (Gaucher et al., 2004; 40 m de metariolitas foliadas, grises); ii) Formación Don Mario (Poiré et al, 2003b; 2005; 40 m, base no expuesta, lutitas negras), iii) Formación La Toma (Poiré et al, 2003b; 2005; 15 m, margas verdes oscuras a negras), iv) Formación El Calabozo (Poiré et al, 2003b; 2005; 170 m, calizas grises, masivas, laminadas y estromatolíticas), y v) Formación Gibraltar (Poiré et al, 2003b; 2005; 60 m, techo no expuesto, dolomías en tonalidades pálidas amarillentas, verdes y rosas hasta gris oscuras, con estromatolitos digitados), calizas rosas, y pelitas y margas negras). Mediante una discordancia angular los conglomerados polimícticos de la Formación Las Ventanas Midot (1984), cubren al Grupo Mina Verdún. En contraposición, las cuarcitas del Cerro Verdún se apoyan sobre este grupo por contacto tectónico. Tanto el Grupo Mina Verdún como la Formación La Ventana están cortados por un enjambre longitudinal de diques de rumbo latitudinal, tabulares, subverticales, de basaltos y andesitas, de hasta 7 m de espesor, que no cortan a las cuarcitas del Cerro Verdún (González et al., 2004). Producen salbandas de metamorfismo de contacto en las rocas de caja, localizadas en una faja de hasta 1 m de potencia en las

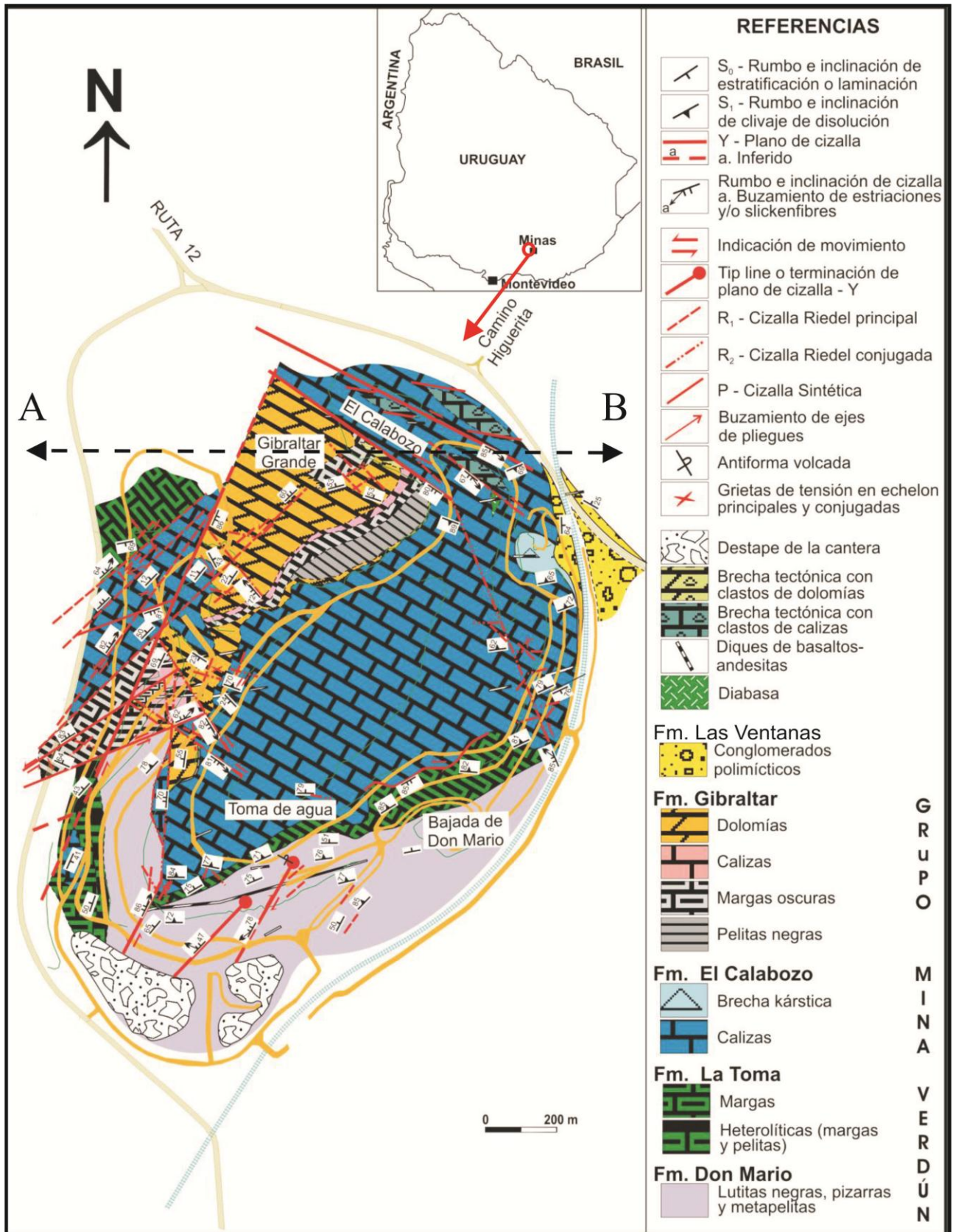


Fig.1. Mapa geológico y de ubicación del yacimiento Mina Verdún, Minas, Uruguay

paredes de los diques, transformando en hornfels a las pelitas y pizarras, y en skarns a las calizas.

El ordenamiento estratigráfico arriba expuesto ha servido de plataforma fundamental para la interpretación

geológica y comportamiento geoquímico del yacimiento, como así también su forma de yacencia, distribución y cálculo de reservas de las calizas de las formaciones El Calabozo y Gibraltar, recursos básicos en la fabricación de



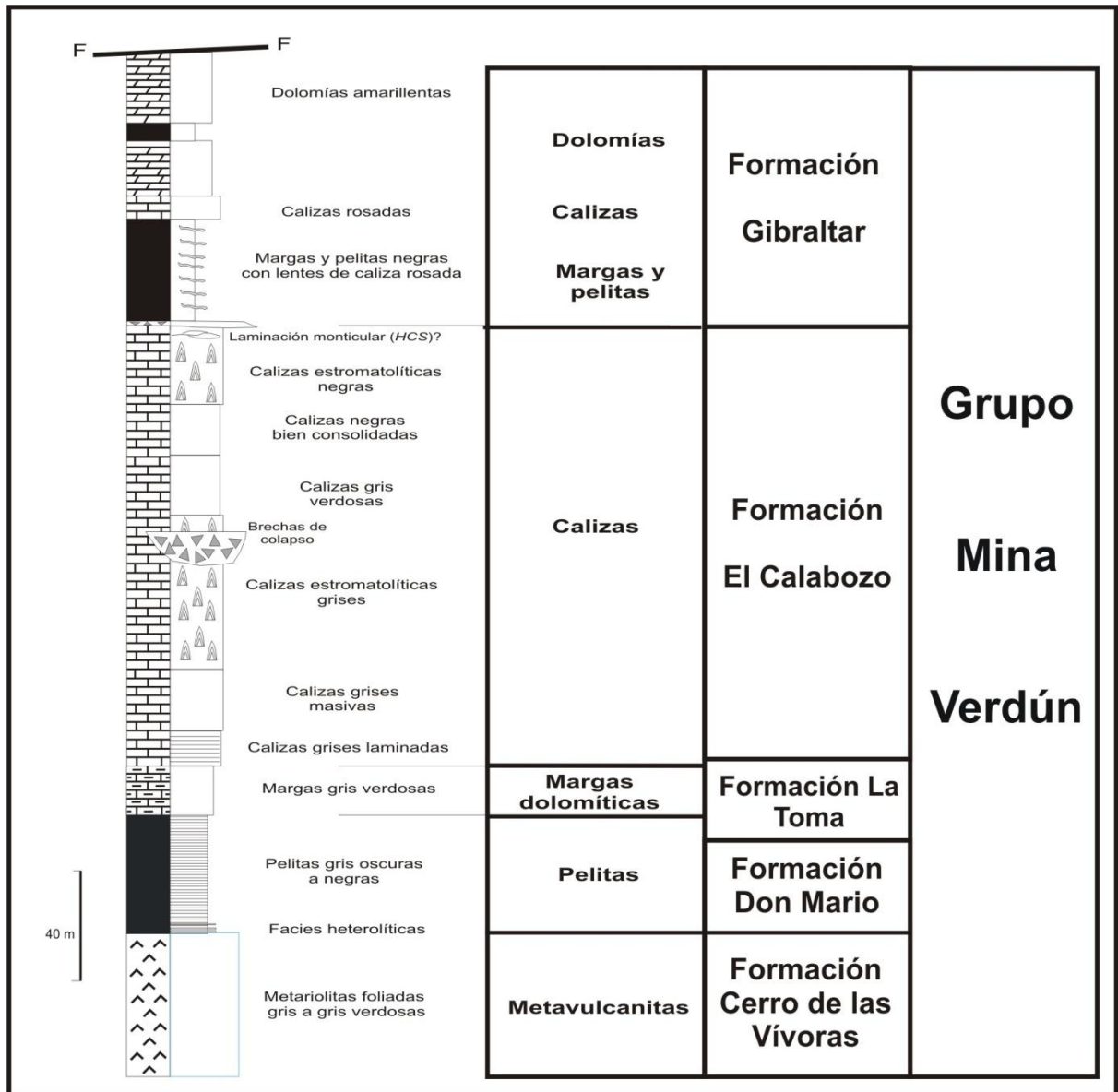


Fig.2. Cuadro estratigráfico general del yacimiento Mina Verdún.

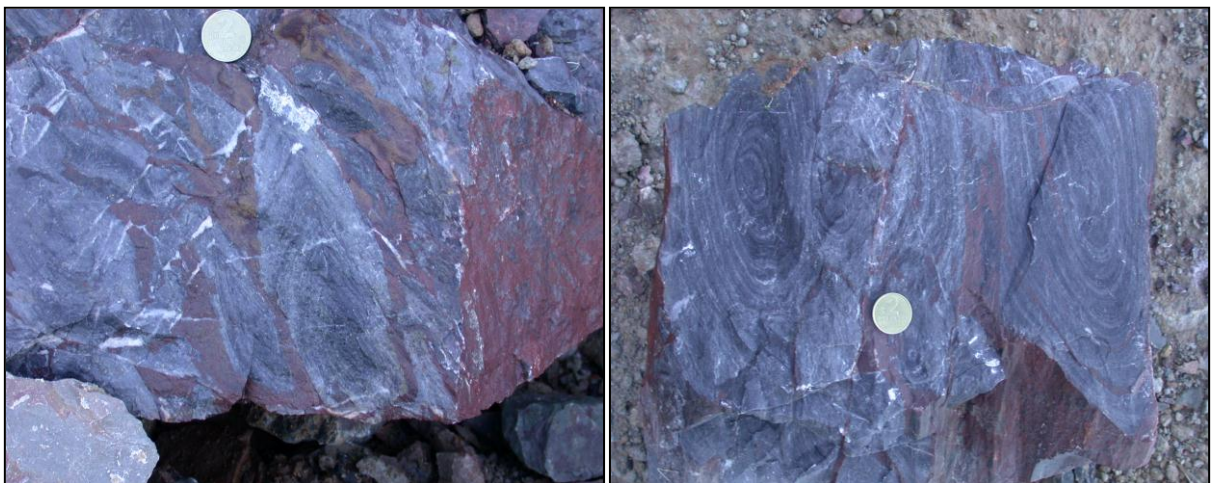


Fig.3. *Conophyton* fm., Fm. El Calabozo, Grupo Mina Verdún, yacimiento Mina Verdún.

cemento. Sin embargo, para alcanzar dicho conocimiento se ha diseñado una metodología de “quimiofacies-patrón” en pozos, a partir de más de 5000 análisis de Fluorescencia de Rayos X.

## 2.2. Estromatolitos

La Formación El Calabozo porta una importante cantidad de estromatolitos, de morfología bastante mono-específica, esencialmente columnar, de láminas cónicas, compuesta por *Conophyton* fm. (Fig. 3), acompañados por probables *Jacutophyton* fm. (Poiré et al., 2005). Posteriormente, se han registrado en testigos corona, la presencia de estromatolitos columnares digitados, pero en la Formación Gibraltar (Poiré et al., 2006).

En ambos casos, los estromatolitos hallados han sido de suma utilidad a la hora de obtener el modelo estructural del yacimiento, ya que sus columnas verticales y laminación cónica, permiten establecer la polaridad de las capas y el  $S_0$  (estratificación) de cada una de ellas. Cabe consignar que el modelo estructural establecido es de cizallamiento frágil-dúctil (Poiré et al., 2005).

## 2.3. Quimiofacies-Patrón

El ordenamiento estratigráfico arriba expuesto ha servido de plataforma fundamental para la interpretación geológica y comportamiento geoquímico del yacimiento, como así también su forma de yacencia, distribución y cálculo de reservas de las calizas de las formaciones El Calabozo y Gibraltar, recursos básicos en la fabricación de cemento. Sin embargo, para alcanzar dicho conocimiento se ha diseñado una metodología de quimiofacies-patrón en pozos, a partir de más de 10.000 análisis de Fluorescencia de Rayos X.

Las quimiofacies-patrón surgen del análisis y comparación de los resultados de fluorescencia de rayos X de rutina en las fábricas de cemento y las litologías típicas de cada unidad estratigráfica.

Dichas quimiofacies-patrón permiten discriminar en principio, rocas sedimentarias de rocas ígneas (diabasas, granitos y diques), por la presencia de  $\text{Na}_2\text{O}$  en estas últimas.

Por su parte, a partir de la relación  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , se establecen las siguientes categorías de rocas sedimentarias: calizas, dolomías, margas carbonáticas, margas silíceas y formas de deformación.

De modo tal que las quimiofacies-patrón ayudan a definir la estratigrafía de un pozo cuando sólo se tienen análisis químicos de los mismos. Es importante señalar aquí, el alto beneficio alcanzado a través de la aplicación de quimiofacies-patrón en el modelado geológico-minero, orientado a una fábrica de cemento.

Finalmente se ha procedido al modelado de bloques de este yacimiento en un software minero específico (Surpac-Gencom) a partir de la carga de: a) topografía (nube de puntos), b) collar de pozos, c) química de todos los pozos, d) modelado de fallas, y e) perfiles y plantas geológicas con la estratigrafía interpretada a partir de las quimiofacies-patrón.

La metodología aquí desarrollada, ha sido de vital importancia no solo para modelar el yacimiento sino también para diagramar nuevos planes de exploración, de desarrollo y diagramación de planes de explotación.

## 3. Conclusiones

El hallazgo de estructuras sedimentarias orgánicas (estromatolitos) muy bien preservadas, en una sucesión anteriormente considerada metamórfica, ha posibilitado establecer una estratigrafía formal para la misma, bajo los considerandos generales de toda sucesión sedimentaria.

Asimismo, estos estromatolitos han sido muy útiles para la construcción del modelo estructural del yacimiento.

Una vez alcanzado el modelo estratigráfico y el estructural, la aplicación del método de las quimiofacies-patrón en cantera y en pozos, han posibilitado establecer el modelado de bloques que permite explotar el yacimiento de manera racional, bajo las consignas químicas que la fabricación de cemento exige. La utilización de *softwares* mineros para graficar en 3D el modelo geológico, con su estructura y quimismo, es de gran utilidad para delinear los planes de explotación, en forma coherente y de máximo aprovechamiento del recurso minero.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los colegas Pablo D. González, Néstor Canessa y Alfredo Benialgo del Centro de Investigaciones Geológicas de Argentina, por el apoyo de campo e interpretación del modelo geológico en gabinete. A los técnicos Daniel Mártire y Pablo García del mismo instituto por las tareas de DRX y confección de cortes delgados; a la empresa INGAR de Argentina y a Enrique Faúndez Llanos de Chile, por el procesamiento de datos y el modelo de bloques con los *softwares* específicos.

## Referencias

- Bossi, J., Fernández, A., Elzalde, G., 1965. Predevoniano en el Uruguay. Boletín de la Facultad de Agronomía 78, Montevideo.
- Caorsi, J., Goñi, J., 1958. Geología Uruguay. Boletín Instituto Geológico del Uruguay 37. Montevideo.
- Gaucher, C., Cernuschi, F., Chigliano, L., 2004. 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).
- González, P.D., Poiré, D.G., Canalicchio, J.M., García Repeto, F.J., 2004. Geología y marco tectono-magmático de un enjambre longitudinal de diques del Terreno Nico Pérez (Minas, Uruguay). IV Congreso Uruguayo de Geología, CD trabajo 52.
- Midot, D., 1984. Etude Geologique et diagnostic Metallogenique l'exploration du Secteur de Minas (Uruguay). Tesis Doctoral, Université Pierre et Marie Curie, París, 175 pp. (inédito).
- Poiré, D.G., 2014. Grupo Mina Verdún. En: J. Bossi y C. Gaucher (Eds.) Geología del Uruguay - Tomo I:

- Predevónico. Universidad de la República, p. 233-251, Montevideo (Uruguay).
- Poiré, D.G., Gaucher, C., 2009. Lithostratigraphy. Neoproterozoic-Cambrian evolution of the Río de la Plata Palaeocontinent. In: 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, p. 87-101.
- Poiré, D.G., Canalicchio, J.M., García Repetto, F.J., 2003a. Precambrian columnar stromatolites in the sedimentary succession of the Verdún Hill, Minas Lavalleja Department, Uruguay. 3° Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Resúmenes, p. 193-195.
- Poiré, D.G., González, P.D., Canalicchio, J.M., García Repetto, F.J., 2003b. Litoestratigrafía y estromatolitos de la sucesión sedimentaria precámbrica de la cantera Mina Verdún, Minas, Uruguay. En E. Peçois (Ed.), *Estratigrafía Del Precámbrico Del Uruguay*. Revista De La Sociedad Uruguaya De Geología, Publicación Especial 1: p. 108-123, CD.
- Poiré, D.G., González, P.D., Canalicchio, J.M., García Repetto, F.J., Canessa, N.D., 2005. Estratigrafía del Grupo Mina Verdún, Proterozoico de Minas, Uruguay. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, v. 12 (2), p. 125-143.
- Poiré, D.G., Canessa, N.D., García Repetto, F.J., Canalicchio, J.M., 2006. Digitate columnar stromatolites from Neoproterozoic dolostones of Gibraltar Formation, Mina Verdún Group, Uruguay. *Southamerican Symposium of Isotope Geology, Short Paper*, p. 284-286 (ISBN 9974-0-0327-X).