



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Los Foraminíferos en el noroccidente de Suramérica durante el Mioceno, comparación entre el Pacífico y Caribe de Colombia

Raúl Trejos Tamayo<sup>1,2</sup>, Mónica Duque Castaño<sup>2</sup>, Lina Osorio Tabares<sup>2</sup>, Darwin Garzón Oyola<sup>2</sup>, Alejandro Rodas<sup>2</sup>, Sebastián Poveda<sup>2</sup>, Felipe Vallejo<sup>2</sup>, Andrés Pardo<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales-Colombia

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Estratigrafía – IIES, Grupo de Investigaciones en Estratigrafía y Vulcanología – GIEV, Cumadaya, Universidad de Caldas, Manizales Colombia.

### RESUMEN

Análisis de foraminíferos extraídos en rocas de edad Mioceno (Burdigaliano - Tortoniano) de las cuencas de Atrato y Sinú-San Jacinto en el Pacífico y Caribe colombiano respectivamente, son comparados con el fin de entender el comportamiento de las masas de aguas superficiales y profundas y de los medios sedimentarios. Nuestros resultados indican que, durante el Serravaliano, alrededor de 13 Ma., las asociaciones de foraminíferos indican situaciones particulares en cada cuenca, así: en el Pacífico las masas de agua superficiales antes de 13 Ma fueron cálidas, mientras que las masas de aguas profundas fueron poco oxigenadas. Después de ese periodo de tiempo, las masas de agua fueron frías en superficie y bien oxigenadas en profundidad. En el Pacífico, los foraminíferos bentónicos para el mismo periodo de tiempo, registran cambios de batimetrías profundas a someras. En el Caribe, durante el Serravaliano, alrededor de 13 Ma., las masas de aguas superficiales pasaron de frías a cálidas y las masas de agua profundas pasaron de alta a baja oxigenación. Sin embargo, el parámetro batimétrico fue igual que en el Pacífico, pasando de profundidades batiales a neríticas. Nuestros resultados muestran, de manera preliminar, que en el Mioceno medio las masas de agua y los medios sedimentarios en las cuencas marinas fueron afectadas por eventos geológicos que pudieron interferir en los parámetros de circulación oceánica y de desarrollo de las cuencas sedimentarias.

**Palabras clave:** Serravaliano, Noroccidente de Suramérica, foraminíferos, Istmo de Panamá

### ABSTRACT

Foraminifera extracted from Miocene (Burdigalian - Tortonian) rocks from the Pacific and Caribbean basins from Colombia were compared in order to understand the behavior of the surface-water and deep-water masses and sedimentary environments related in both basins. Our results shown that during the Serravallian (around 13 Ma.) the foraminifera assemblage was different in each basin. In the Pacific surface water were warm and deep waters were little oxygenated before Serravallian. After that period of time, surface water masses were cold and deep-water masses were well-oxygenated. Changes in bathymetry for the same period of time, going from deeper to shallower bathymetries. In the Caribbean basin, during Serravallian, surface water masses went from cold to warm, while deep-water masses were from high to low oxygenation. However, the bathymetric parameter was the same as in the Pacific, from bathyal to neritic. These preliminary results shown that in the middle Miocene the water masses and the sedimentary marine environments were affected by geological events that interfered in the parameters of ocean circulation and development of the sedimentary basins.

**Key words:** Serravallian, Northwestern South America, foraminifera, Panama Isthmus.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el debate sobre la temporalidad del cierre de las vías marítimas Centroamericanas durante el Cenozoico ha generado nuevas investigaciones en torno a las evidencias geológicas que expliquen el desarrollo del Istmo de Panamá y los efectos en las cuencas sedimentarias (marinas y continentales), la circulación oceanográfica, los cambios en los ecosistemas, entre otros, explicando múltiples modelos en los que el cierre temprano (Mioceno medio) y tardío (Plioceno) del Istmo podrían ser posibles (Sepulchre et al., 2014; Montes et al., 2015; O'Dea et al., 2016; Jaramillo et al., 2017; Molnar et al., 2017; O'Dea et al., 2018). Uno de los puntos críticos en torno a esta problemática, es el comportamiento de la circulación oceánica, que según modelos como los de Duque Caro (1990), la circulación superficial fue libre entre Caribe y Pacífico en el Mioceno temprano-medio, pero fue restringida durante el Mioceno tardío, posibilitando la intensificación de corrientes como la del Golfo en el Caribe y las del Chile-Perú y California en el Pacífico, hasta llegar al cierre total por medio del Istmo de Panamá y generando el parámetro de circulación actual, favoreciendo el intercambio biótico entre las américas y favoreciendo la glaciación en el hemisferio norte (Haug and Tiedemann, 1998; Haug et al., 2001; Cione et al., 2015). No obstante, son pocos los trabajos que se han enfocado a entender esta problemática comparando registros de alta resolución entre el Caribe y el Pacífico en secuencias marinas onshore, cercanas al corazón de los eventos geológicos durante el Mioceno. En este sentido, la esquina noroccidental de Suramérica, a la altura de Colombia, se convierte en un lugar crítico en el entendimiento de los sucesos geológicos a escala regional y global que se han derivado del establecimiento de la barrera geográfica entre el mar Caribe y el Océano Pacífico (Duque-Caro, 1990). En este trabajo, se muestran los resultados de foraminíferos recolectados en rocas de las cuencas sedimentarias Miocenas, en las regiones Pacífica y Caribe de Colombia (Figura 1). El comportamiento de las asociaciones de foraminíferos ante las condiciones oceanográficas profundas y superficiales muestra como las condiciones son cambiantes en ambas cuencas en el Serravaliano, lo que se puede asociar a eventos geológicos como pulsos de levantamiento en Centroamérica, levantamiento de las cordilleras en Colombia y cambios en la dinámica oceanográfica

global.

## METODOLOGÍA

Se recolectaron foraminíferos de las rocas sedimentarias de edad Mioceno aflorantes en los acantilados costeros en la región de Ladrilleros Juanchaco en el Pacífico colombiano y en la región del Caribe en los acantilados costeros de Puerto Escondido y en el pozo P18 perforado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia (ANH), en el año 2009 (Figura 1). Las muestras fueron tratadas con tripolifosfato de sodio y tamizadas por vía húmeda y vía seca con tamices de apertura 63 y 125  $\mu\text{m}$  siguiendo el procedimiento propuesto por Thomas and Murney (1983). La descripción taxonómica se basó principalmente en las propuestas de Bolli et al., 1994; Jones, 1994; Holbourn et al., 2013; entre otros.

## RESULTADOS

En el Pacífico, la Secuencia Sedimentaria de Ladrilleros Juanchaco se depositó, de acuerdo a foraminíferos planctónicos, nanofósiles calcáreos y diatomeas, en un intervalo entre 16.3 y 10.8 Ma, entre el Burdigaliano y el Tortoniano (Vallejo et al., 2016). En dicho intervalo, principalmente durante el Serravaliano (alrededor de 13 Ma.), las condiciones paleoceanográficas superficiales y profundas cambiaron, pasando de aguas superficiales cálidas/oligotróficas a frías/eutróficas, y masas de aguas profundas de baja oxigenación a bien oxigenadas, con incremento en la concentración de los nutrientes. También se notan variaciones en la batimetría; los foraminíferos bentónicos registran el paso de ambientes batiales a neríticos. Por su parte, en el Caribe, el pozo P18 contiene foraminíferos planctónicos que indican un intervalo de sedimentación entre 16.3 a 11.2 Ma. (Burdigaliano-Tortoniano). Contrario al Pacífico, para el mismo intervalo de tiempo, las aguas superficiales fueron frías/eutróficas antes del Serravaliano (alrededor de 13 Ma.); después de ese periodo de tiempo fueron cálidas/oligotróficas. Las condiciones profundas, según los foraminíferos bentónicos del pozo P18 y de Puerto Escondido, están determinadas por cambios en la oxigenación, siendo óxico-subóxico antes del Serravaliano y mayoritariamente disódico hacia el Tortoniano, periodo en el que se incrementa los procesos eutróficos. No obstante, en la base del pozo P18 (pre-Serravaliano), las asociaciones de foraminíferos bentónicos representan ambientes

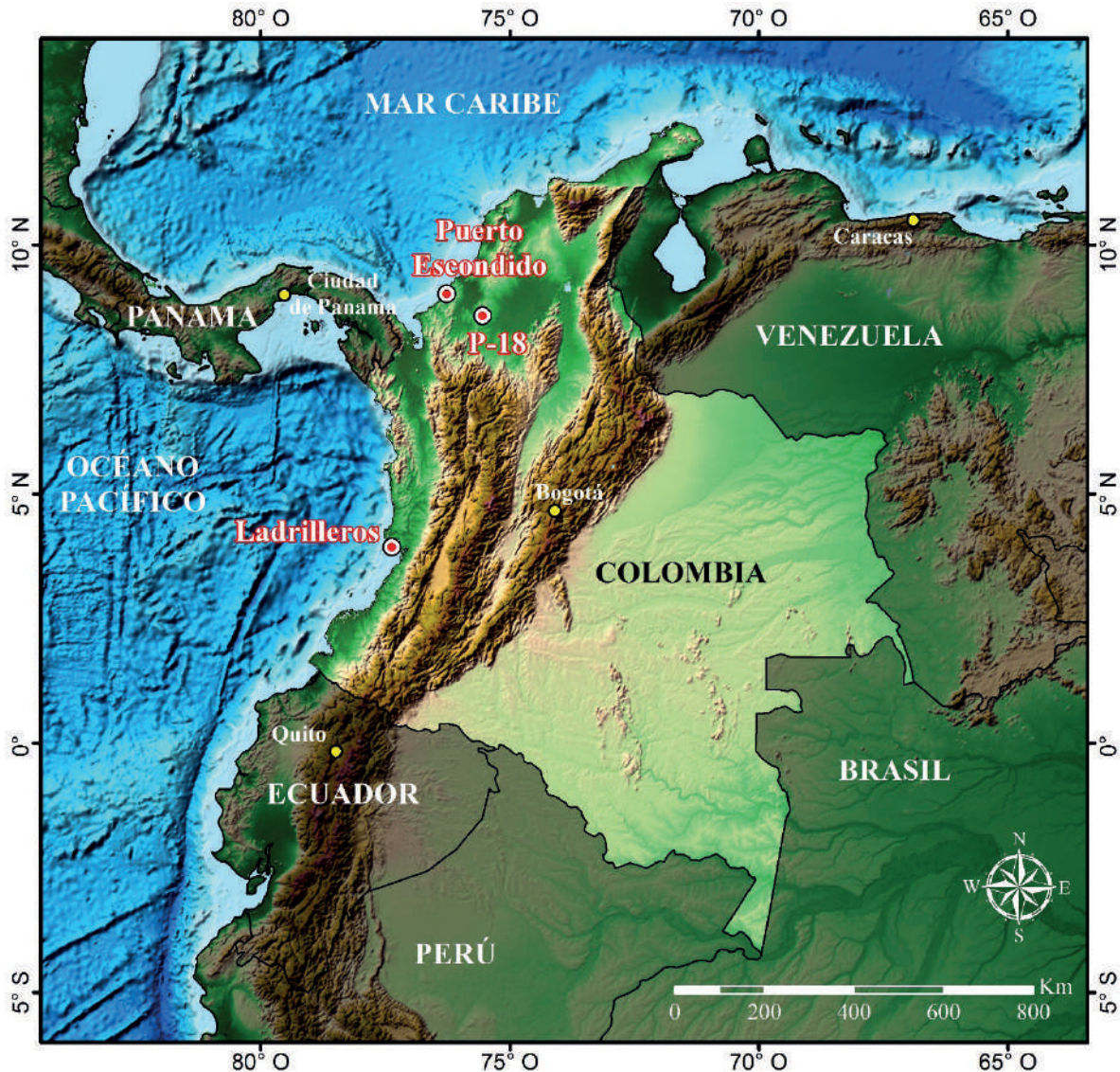


Figura 1. Localización de la secuencia Ladrilleros en el Pacífico y de la Sección de Puerto Escondido y el Pozo P18 en el Caribe colombiano.

batiales, pero hacia el techo (Serravaliano-Tortoniano), las asociaciones son principalmente neríticas.

## CONCLUSIONES

Nuestra información indica que para el Mioceno medio las condiciones paleoceanográficas son cambiantes entre las cuencas del Caribe y del Pacífico. Posiblemente pulsos de levantamiento relacionados a la creación del Istmo de Panamá, al levantamiento de los Andes del Norte, entre otros eventos regionales y globales, determinan los cambios en las cuencas de la margen periférica del norte de Suramérica, restringiendo la circulación libre entre Caribe y Pacífico e intensificando corrientes en el en el Mar Caribe, probablemente la Corriente del Golfo y en el Pacífico como las

corrientes de Chile-Perú al sur y California al norte.

## REFERENCIAS

- Bolli, H.M., Beckmann, J.P., Saunders, J.B. (1994). Benthic foraminiferal biostratigraphy of the south Caribbean Region. Cambridge University Press. Pp. 408.
- Cione, A. L., Gasparini, G. M., Soibelzon, E., Soibelzon, L. H., Tonni, E. P., 2015. The Great American Biotic Interchange: A South American Perspective, Springer Verlag, London, p. 97.
- Duque-Caro, H. (1990b). Neogene stratigraphy, paleoceanography and

- paleobiology in northwest South America and the evolution of the Panama Seaway. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 77, 203–234.
- Haug, G., Tiedemann, R., 1998. Effect of the formation of the Isthmus of Panama on Atlantic Ocean thermohaline circulation. *Nature*, 393, 673–676.
- Haug, G., Tiedemann, R., Zahn, R., Ravelo, A. C., 2001. Role of Panama uplift on oceanic freshwater balance. *Geological Society of America*, 29, 3; 207–210.
- Holbourn, A., Henderson, A., MacLeod, N., 2013. *Atlas of benthic foraminifera*. Wiley-Blackwell. P 250.
- Jaramillo, C., Montes, C., Cardona, A., Silvestro, D., Antonelli, A., Bacon, C., 2017. Comment (1) on “Formation of the Isthmus of Panama” by O’Dea et al. *Sci. Adv.* 3: e1602321.
- Jones, R. W. (1994). *The Challenger foraminifera*. Oxford University Press, 292.
- Molnar, P., 2017. Comment (2) on “Formation of the Isthmus of Panama” by O’Dea et al. *Sci. Adv.*; 3: e1602320
- Montes, C., Cardona, A., Jaramillo, C., Pardo, A., Silva, J. C., Valencia, V., Ayala, C., Pérez-Angel, L. C., Rodríguez-Parra, L. A., Ramirez, V., Niño, H., 2015. Middle miocene closure of the Central American Seaway. *Science* 348, 226–229.
- O’Dea, A., Lessios, H.A., Coates, A. G., Eytan, R. I., Restrepo-Moreno, S. A., Cione, L. A., Collins, L. S., Queiroz, A. de. Farris, D. W., Norris, R. D., Stallard, R. F., Woodburne, M. O., Aguilera, O., Aubry, M-P., Berggren, W. A., Budd, A. F., Cozzuol, M. A., Coppard, S. E., Duque-Caro, H., Finnegan, S., Gasparini, G. S., Grossman, E. L., Johnson, K. G., Keigwin, L. D., Knowlton, N., Leigh, E. G., Leonard-Pingel, J. S., Marko, P. B., Pyenson, N. D., Rachello-Dolmen, P. G., Soibelzon, E., Soibelzon, L., Todd, J. A., Vermeij, G. J., Jackson, J. B. C., 2016. Formation of the Isthmus of Panama. *Sci. Adv.* 2, e1600883.
- O’Dea, A., Lessios, H. A. Coates, A. G., Eytan, R. I., Collins, L. S., Cione, A. L., de Queiroz, A., Farris, D. W., Norris, R. D., Restrepo-Moreno, S. A., Stallard, R. F., Woodburne, M. O., Aguilera, O., Aubry, M-P., Berggren, W. A., Budd, A. F., Cozzuol, M. A., Coppard, S. E., Finnegan, S., Gasparini, G. M., Grossman, E. L., Johnson, K. G., Keigwin, L. D., Knowlton, N., Leigh, E. G., Leonard-Pingel, J. S., Marko, P. B., Pyenson, N. D., Rachello-Dolmen, P. G., Soibelzon, E., Soibelzon, L., Todd, J. A., Vermeij, G. J., Jackson, J. B. C., 2018. Formation of the Isthmus of Panama: Response to Jaramillo et al. *Science Advances Letter*.
- Sepulchre, P., Arsouze, T., Donnadiou, Y., Dutay, J. C., Jaramillo, C., Le Bras, J., Martin, E., Montes, C., Waite, A. J., 2014. Consequences of shoaling of the Central American Seaway determined from modeling Nd isotope. *Paleoceanography* 29, 176–189.
- Thomas, F.C., Murney, M.G. (1985). *Techniques for extraction foraminifers and ostracodes from sediment samples*. Canadian technical report of Hydrography and ocean Sciences. No 54. 1-32.