



## CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL EN BASE A LAS COMPOSICIONES $\delta^{18}\text{O}$ Y $\delta^{13}\text{C}$ EN CARBONATOS PEDOGENÉTICOS DEL NORESTE DE LA PATAGONIA

Pablo J. Bouza<sup>(1)</sup>, Alejandro J. Bisigato<sup>(2)</sup>, Daniela S. Funes<sup>(3)</sup> y Cristina Dapeña<sup>(4)</sup>

(1) Instituto Patagónico de Geología y Paleontología (IPGP), CONICET, CCT CENPAT, Boulevard Brown 2915,  
ZC: U9120ACD Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

bouza@cenpat-conicet.gob.ar

(2) Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC), CONICET, CCT CENPAT,  
Boulevard Brown 2915, ZC: U9120ACD Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

(3) Centro de Investigaciones Geológicas (CIG, UNLP), CONICET, CCT La Plata, diagonal 113 N° 275, B1904DPK,  
La Plata, Buenos Aires, Argentina.

(4) Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, CONICET-UBA), Ciudad Universitaria (C1428EHA)  
CABA, Argentina.

La composición  $\delta^{13}\text{C}$  de los carbonatos pedogenéticos (cp) refleja la composición isotópica del  $\text{CO}_2$  del suelo, la cual se relaciona a su vez con el  $\delta^{13}\text{C}$  de la biomasa, principalmente con las comunidades locales de vegetación (C3:C4). Mientras que la composición isotópica  $\delta^{18}\text{O}_{\text{cp}}$  presenta una buena correlación con la del agua de precipitación (p) local (Cerling y Quade 1993), la cual es determinada por la temperatura. Esta última relación fue utilizada por varios autores (e.g. Ferguson *et al.* 1999, Fricke y O'Neil 1999) como base para las reconstrucciones paleoclimáticas, principalmente a través de relaciones espaciales (método de la solución simultánea) a partir de la base de datos isotópicos del Organismo Internacional de Energía Atómica/Organización Meteorológica Mundial (IAEA/WMO 2021). Dadas las características climáticas de cada región, también es factible utilizar relaciones temporales utilizando los datos de isótopos de precipitación de una estación o grupo de estaciones de una determinada región. Todas estas relaciones están referidas a estimar la paleo-temperatura media anual. Sin embargo, puede ocurrir que las temperaturas estimadas acusen un sesgo hacia valores más altos dado que los carbonatos se forman durante la estación más seca y cálida del año, sumado a un enriquecimiento en  $\delta^{18}\text{O}_{\text{p}}$  por evaporación en la superficie e incluso antes de su ingreso al perfil del suelo. Pero también, la evapotranspiración conduce a la supersaturación de la solución del suelo y precipitación de carbonato durante la estación de crecimiento de las plantas. Otro factor importante es saber cuál es el agua almacenada durante el año que estará en equilibrio durante la formación del carbonato, esto es si la estación de lluvias es en verano (tipo monzónico) o es en invierno (tipo mediterráneo). Otro modo utilizado para determinar paleotemperaturas es mediante el método empírico, el cual consiste en establecer la relación  $\delta^{18}\text{O}_{\text{cp}}$ /temperatura media anual (TMA) obtenida a partir de calcretes holocenos (Dworkin *et al.* 2005).

En el noreste de la Patagonia, las acumulaciones de carbonatos fueron estudiadas en diferentes superficies geomórficas del Neógeno-Cuaternario como un proxy para dilucidar su génesis, establecer cronosecuencias y evaluar condiciones paleoambientales de formación. El origen pedogenético se confirmó mediante mineralogía de arcilla, descripciones micromorfológicas, análisis SEM-EDS y composiciones de isótopos estables de los carbonatos del suelo (Bouza 2012). El objetivo de la presente comunicación es reconstruir las condiciones paleoambientales mediante el uso de composiciones isotópicas  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  en carbonatos pedogenéticos (cp) del NE del Chubut, teniendo en cuenta las condiciones hidrológicas y las características climáticas-ecológicas de la región. Se seleccionaron siete antiguas terrazas de los Rodados Patagónicos (RP1-RP7), las cuales constituyen una cronosecuencia. En orden decreciente de edad relativa, los suelos corresponden a Petrocalcids→Haplocalcids→Natargids-Calciargids. El clima es árido, con una precipitación media anual (PMA) entre 170 a 260 mm/año y una evapotranspiración potencial (ETP) entre 800 a 700 mm/año. La TMA varía de 13,5 a 12,5 °C. La precipitación se distribuye a lo largo del año, con un máximo en otoño-invierno. El clima es mediterráneo marginal y la estación de crecimiento vegetativo se concentra principalmente entre invierno y principio de verano, siendo la vegetación predominantemente de tipo C3. Para estimar las paleotemperaturas a través de las relaciones temporales, se utilizó la base de datos meteorológica e isotópica de la estación de Puerto Madryn (CENPAT) que además forma parte de red nacional de colectores de isótopos en precipitación de Argentina. Se efectuó un balance de agua en el suelo a 40-100 cm de profundidad, considerada ésta como la que estaría en equilibrio durante la formación de carbonatos, sin efecto de enriquecimiento por evaporación. Los valores medios de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{cp}}$  fueron entre -4,7 ‰ a -6,1 ‰, mientras que para  $\delta^{18}\text{O}$  fueron entre -2,9 ‰ a -6,1 ‰. Estos valores se encuentran dentro del rango de carbonatos pedogenéticos y se empobrecen al aumentar la profundidad debido a la baja difusión del  $\text{CO}_2$  atmosférico y por la poca influencia de la evaporación. Por debajo de los 50 - 60 cm de profundidad, las



composiciones isotópicas se mantienen aproximadamente constantes. Dado que la temporada de crecimiento comienza en invierno, y la estación más cálida y seca comienza a principios de la primavera, los últimos tres meses de almacenamiento de agua del suelo a 40-100 cm fueron considerados para la estimación del paleoclima (julio-agosto-septiembre). El rango de temperaturas deducido a partir de los valores de  $\delta^{18}\text{O}_p$ , estaría en valores  $\leq$  MAT de la región ( $\sim 13^\circ\text{C}$ ). Esta deducción no coincide con la mayoría de los trabajos, donde las temperaturas de formación de carbonatos estarían sesgadas hacia la temporada de temperaturas más cálidas. La relación entre  $\delta^{18}\text{O}$  precipitación/temperatura para la estación de Puerto Madryn durante ese lapso (Fig. 1A), fue combinada con la ecuación de fraccionamiento isotópico dependiente de la temperatura  $\delta^{18}\text{O}$  calcita (SMOW) -  $\delta^{18}\text{O}$  agua (SMOW) (O'Neil *et al.* 1969) para obtener la siguiente ecuación:  $-0.64T^3 + (\delta^{18}\text{O pc SMOW} + 191.77) T^2 - 2.78 \times 10^6 = 0$ , T en  $^\circ\text{K}$ . La figura 1B muestra las paleotemperaturas estimadas a partir de relaciones espaciales de Ferguson *et al.* (1999) y Dworkin *et al.* (2005) y la relación temporal de la estación de Puerto Madryn a partir de valores de  $\delta^{18}\text{O pc}$  (SMOW) en carbonatos pedogenéticos a  $> 50$  cm de profundidad. Además, se utilizó la relación  $\delta^{18}\text{O pc}$  (PDB) / MAT propuesta por Dworkin *et al.* (2005), quienes tomaron los datos de Cerling y Quade (1993) para los carbonatos pedogenéticos holocenos. La relación temporal de este estudio muestra valores de paleotemperaturas que se encuentran entre las tendencias definidas por Ferguson *et al.* (1999) y Cerling y Quade (1993).

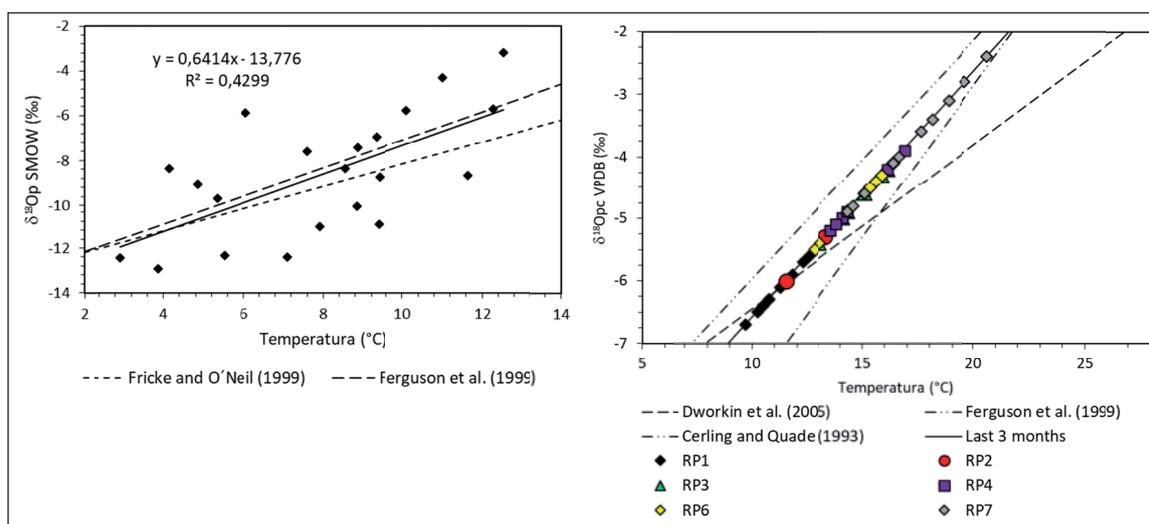


Figura 1. A) Relación entre  $\delta^{18}\text{O}$  precipitación/temperatura para la estación de Puerto Madryn durante julio-agosto-septiembre. B) Paleotemperaturas estimadas a partir de relaciones espaciales y temporales, y por el método empírico.

- Bouza, P.J. 2012. Génesis de las acumulaciones de carbonatos en Aridisoles Nordpatagónicos: su significado paleopedológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 69: 298-313.
- Cerling, T.E. y Quade, J. 1993. Stable carbon and oxygen isotopes in soil carbonates. En Swart P.K., Lohmann K.C., McKenzie J. y Savin S. (eds). *Climate Change in Continental Isotopic*.
- Dworkin, S., Nordt, L. y Atchley, S. 2005. Determining terrestrial paleotemperatures using the oxygen isotopic composition of pedogenic carbonate. *Earth and Planetary Science Letters* 237: 56-68.
- Ferguson, K.M., Gregory, R.T. y Constantine, A. 1999. Lower Cretaceous (Aptian-Albian) secular changes in the oxygen and carbon isotope record from high paleolatitude, fluvial sediments, southeast Australia: Comparisons to the marine record. En Barrera, E., y C.C. Johnson (eds.) *Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System*. Geological Society of America Special Paper 332: 59-72, Boulder, Colorado.
- Fricke, H.C. y O'Neil, J.R. 1999. The correlation between  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ratios of meteoric water and surface temperature: its use in investigation terrestrial climate change over geologic time, *Earth and Planetary Science Letters* 170: 181-196.
- IAEA/WMO, 2021. GNIP database. [http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html) (last access 05/2021).
- O'Neil, J.R., Clayton, R.N. y Mayeda, T.K. 1969. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. *The Journal of Chemical Physics* 51(12): 5547-5558.