

VARIABILIDAD DE LA MONZÓN DE VERANO DURANTE LOS ÚLTIMOS 30 MIL AÑOS EN LOS ANDES NOR- ORIENTALES PERUANOS

M.R Bustamante¹, F. da Cruz¹, A. Sifeddine^{2,3}, J.L. Guyot³, J. Apaestegui³, N. Strkis¹, F. Sondag³

mariabustamante1@gmail.com

¹ - Instituto de Geociências (Universidade de São Paulo)

Rua do Lago 562, São Paulo-SP, Brasil 05508-080

² - LMI PALEOTRACES (Univ. Federal Fluminense, IRD, Univ. Antof). Departamento de Geoquímica. UFF

³ - France LMTG (IRD-CNRS-UPS Toulouse), IRD, Brasilia (DF), Brazil

Palabras-clave: Monzón SudAmericana, Zona de Convergencia Intertropical, Holoceno, Espeleotema

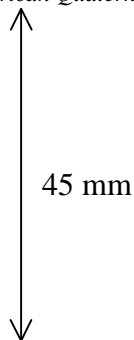
1. INTRODUCCION

Estudios recientes sobre la variabilidad climática en América del Sur, principalmente en la región tropical al sur de la línea ecuatorial, han mostrado una correlación inversa y casi simultánea con el hemisferio norte en lo referente a la insolación y a la ocurrencia de eventos milenarios durante al menos el último y penúltimo periodos glaciales-interglaciares.

Se han realizado muchos estudios sobre los eventos milenarios en el centro (Rodbell and Seltzer, 1999) y sur del Perú (Abbot et al., 2003). Otros estudios han sido llevados a cabo en el nordeste y sudeste de Brasil (Jennerjahn et al. 2004, Wang et al., 2006, Wang et al. 2007) que han ayudado a progresar en el conocimiento del rol que tiene el gradiente de temperatura superficial (SST) del Océano Atlántico en el clima de Sudamérica y cómo este influencia a la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical) y la MSA (Monzón Sud Americana).

En este trabajo nos vamos a focalizar en la región norte de los andes orientales peruanos, donde pocos estudios se han realizado hasta el momento (Reuter et al, 2009, Van Breukelen et al, 2008). El trabajo de Van Breukelen, en la caverna de Tigre Perdido en la provincia de Nueva Cajamarca, desarrolla una reconstitución de las lluvias de esta zona basado en análisis de isotopos estables de oxigeno, abarcando los últimos 13.5 kyr siendo este el registro de mayor extensión temporal conocido en esta área de estudio. En este contexto presentamos el registro, proveniente de la caverna Nueva Halana, ubicada a una mayor altitud (1500 metros más) que Tigre Perdido, cubriendo los últimos 30 kyr.

Las estalagmitas de Nueva Halana así como las del Tigre Perdido están sometidas a cambios en el desplazamiento de la Convergencia Intertropical (ZCIT) y a la intensidad de la Monzón Sudamericana (MSA). Nuestro estudio es de primordial importancia en la región, pues nos permite comprender a una mayor escala de tiempo el comportamiento la ZCIT y de



la MSA, así como comprender la variabilidad de la precipitación en la región en altitudes mayores a las ya estudiadas con anterioridad.

Los estudios de Lachinet (2009) han mostrado que la diferencia en altitud puede afectar la signatura isotópica del oxígeno, siendo ésta menor en altitudes menores. Pero en este caso parece que el efecto de la altura no influencia la señal.

Otra importante diferencia entre estos dos registros y que afecta el valor de la signatura isotópica es la continentalidad (Lachinet, 2009) estando Nueva Halana ubicada más cerca a los áridos andes occidentales y lejos de la humedad de la cuenca amazónica, debería tener un valor más bajo en su señal, mientras que el Tigre Perdido que está más cerca a la fuente de humedad proveniente del océano atlántico y de la cuenca amazónica, debería poseer una mayor signatura en su señal. Pero esto no se observa, entonces tampoco es la continentalidad la que está afectando la señal.

Hemos visto en este trabajo que el patrón de precipitación es inverso a la del hemisferio norte como ya había sido confirmado por otros trabajos realizados en la región (Peterson and Haug, 2006, Jennerjahn et al., 2004, Baker et al., 2005), pues la precipitación está correlacionada directamente con la curva de insolación, la cual varía según la latitud y el hemisferio y afecta el desplazamiento de la ZCIT. También observamos una amplitud mayor en nuestro registro, ubicado a mayor altitud y más próximo a los andes occidentales, creemos que esto se debe a mayores extremos de precipitación pues cuando la monzón (MSA) llega trae mucha humedad pero cuando se retira queda un clima más árido que el de la caverna de el Tigre Perdido, en cambio a una altura más baja donde la humedad es mayor y no varía de manera tan marcada, la amplitud del registro no es tan grande.

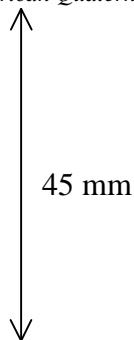
2. LUGAR DE ESTUDO

La estalagmita Sha2 fue colectada en la caverna Santa Halana, ubicada en la provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas, en los Andes nor-orientales peruanos, a 2500 msnm.. La muestra es una estalagmita de 1m 50 cm que estaba activa cuando fue colectada y pertenece a la galería principal a 1km de la entrada.

En esta área de estudio, la insolación controla la dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Esto resulta en un patrón de lluvia estacional conforme la ZCIT migra al sur sobre el océano, llevando humedad al continente siguiendo el desplazamiento latitudinal de la insolación máxima (Marengo and Nobre, 2001).

3. MÉTODOS E MATERIALES

Análisis Isotópicos



Los registros isotópicos $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ fueron analizados en el (LIE-CPGEO) en IGc-USP. Fueron cortados y pulidos a través de sus ejes de crecimiento. El muestreo fue realizado con un “milling device”, cuya máxima resolución es de 400 μm . Para cada análisis ca. 100 a 200 μg de polvo de CaCO_3 fue colectado.

Los registros isotópicos fueron analizados con un Espectrómetro de Masa de Fuente Gaseosa Deltaplus Advantage da ThermoFinnigan acoplado a un sistema de preparación automática de muestras tipo Finnigan Gas-Bench II. La precisión analítica general es de $< 0.2\text{‰}$ para $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en carbonatos.

Geocronología

Los espeleotemas fueron datados por el método U/Th en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Minnessota), en los Estados Unidos, usando un Espectrómetro de Masa Magnético de tipo Multicolector Sector (MC-ICPMS), que permite obtener dataciones con una precisión de 0,5 % (2σ).

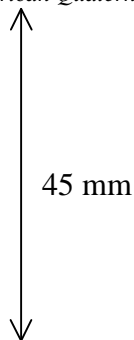
4. RESULTADOS E DISCUCION

La señal isotópica de Nueva Halana parece seguir la curva de insolación. Otros estudios incluidos el de Van Breukelen et al (2008) ya encontraron este patrón de comportamiento en la región. En especial luego del Younger Dryas $\sim 12.8 - 11.5$ Ky B.P. (Y. D.), la señal isotópica aumenta de manera abrupta ($\sim 6\text{‰}$ de $\delta^{18}\text{O}$) entrando de este modo al holoceno, esto puede ser interpretado como una disminución de la humedad (Seltzer et al., 2000) Observamos también la diferencia de amplitud entre la señal de Nueva Halana y Nueva Cajamarca, siendo marcadamente mayor en Nueva Halana. Al parecer las áreas de altitud similar a la que se encuentra la caverna Santa Halana están situadas en el borde de la región de actuación de la monzón de verano (MSA) y por eso son más susceptibles a la variación climática que las áreas en la parte baja, como Nueva Cajamarca (Caverna Tigre Perdido).

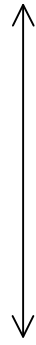
Lo interesante es que los valores de $\delta^{18}\text{O}$ son en media más altos en Santa Halana que en Tigre Perdido. Como la caverna está localizada a una mayor altitud se esperaba un mayor fraccionamiento isotópico debido efecto de la altitud, y por ende que los valores d $\delta^{18}\text{O}$ fueran más bajos para Santa Halana. Entonces, creemos que el área de Santa Halana es más sensible a mudanzas climáticas siendo en media más seca que Nueva Cajamarca la mayor parte del Holoceno (los últimos 10 kyr BP).

Por otro lado, la región se vuelve más húmeda que Cajamarca en eventos muy húmedos (con la llegada del monzón). Por ejemplo, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ durante el YD, ~ 12.5 Kyr , son muchos más bajos en Santa Halana.

REFERENCIAS



- Abbot, M.B., Wolfe, B.B., Wolfe, A.P., Seltzer, G.O., Aravena, R., Mark, B.G., Polissar, P.J., Rodbell, D.T., Rowe, H.D., Vuille, M., 2003. Holocene paleohydrology and glacial history of the central Andes using multiproxy lake sediment studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 194, pp. 123-138.
- Baker, P.A., Fritz, S.C., Garland, J., & Ekdahl, E., 2005. Holocene hydrologic variation at lake Titicaca, Bolivia/Perú, and its relationship to North Atlantic climate variation. *Journal of Quaternary Science*, vol. 20, pp. 655-662.
- Jennerjahn, T.C., Ittekkot, V., Arz, H.W., Behling, H., Pätzold, J., & Wefer, G., 2004. Asynchronous Terrestrial and Marine Signals of Climate Change During Heinrich Events. *Science*, vol. 306, pp. 2236-2239.
- Lachinet, S., 2009. Climatic and environmental controls on speleothem oxygen-isotope values. *Quaternary Science Reviews*, vol. 28, pp. 412-432.
- Marengo, J.A., & Nobre, C.A., 2001. General characteristics and variability of climate in the basin and its links to the global climate system. In: McClain, M.E., Victoria, R.L., Richey, J.E. (Eds.), *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. Oxford University Press, pp. 17-41.
- Peterson, L.C. & Haug, G.H., 2006. Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 234, pp. 97-113.
- Reuter, J, et al. A new perspective on the hydroclimate variability in northern South America during the Little Ice Age. *Geophysical Research Letters*. VOL. 36, L21706. (2009).
- Rodbell, D. T., & Seltzer, G.O., 1999. Rapid Ice Margin Fluctuations during the Younger Dryas in the Tropical Andes. *Quaternary Research*, vol. 54, pp. 328-338.
- Van Breukelen, M.R., Vonhof, H.B., Hellstrom, J.C., Wester, W.C.G., Kroon D., 2008. Fossil dripwater in stalagmites reveals Holocene temperature and rainfall variation in Amazonia. *Earth and Planetary Science Letters*, doi:10.1016/j.epsl.2008.07.060.
- Wang, X., Auler, A.S., Edwards, R.L., Cheng, H., Ito, E., Solheid, M., 2006. *Quaternary Science Reviews*, vol. 25, pp. 3391-3403.



45 mm

Wang, X., Auler, A.S., Edwards, R.L., Cheng, H., Ito, E., Wang, Y., Kong, X., Solheid, M.,
2007. Millennial –scale precipitation changes in souther Brazil over the past 90, 000 years.
Geophysical Research Letters, vol. 34, L23701.