



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



S4_010

Fantasmas de bosques y agua fósil en la Pampa del Tamarugal, norte de Chile

Gayo, E.M.^{1,2}, Latorre, C.^{1,2}, Jordan, T.E.³, Nester, P.L.³

(1) Center for Advanced Studies in Ecology and Biodiversity, Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

(2) Instituto de Ecología y Biodiversidad, Las Palmeras 3425, Ñuñoa, Santiago, Chile.

(3) Department of Earth and Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14853, US.

egayoher@bio.puc.cl

Introducción

Las variaciones en el clima se producen en múltiples escalas temporales que van desde el interanual al multi-milenial. El clima de las regiones áridas del planeta no es inmune a estos cambios. En efecto, diversas reconstrucciones paleoclimáticas realizadas en el Desierto de Atacama (>2000 msnm) y Andes centrales han detectado importantes variaciones en la frecuencia y magnitud de las precipitaciones a escalas multi-mileniales durante el Cuaternario tardío. Así, se ha evidenciado una alternancia entre fases secas (<10 mm/año) y fases húmedas (100-300 mm/año). Se hipotetiza a su vez que estas se relacionarían con el gradiente de las temperaturas superficiales del Pacífico ecuatorial y/o la disponibilidad de humedad en el Gran Chaco [1-8].

Al menos dos intervalos pluviales importantes ocurrieron durante el Pleistoceno tardío y conjuntamente se han llamado regionales Evento Pluvial de los Andes Centrales (siglas CAPE en inglés). Estos intervalos impactaron considerablemente la distribución de la biota terrestre [1-4,8] y los niveles freáticos [5,6,8] en el Desierto de Atacama central (22°-24°S). A su vez, estos intervalos fueron coetáneos con los aumentos de los niveles lacustres en las cuencas Altiplánicas, determinando así la formación de grandes paleolagos como “Tauca” (18.1-14.1 ka) y “Coipasa” (13-11 ka) [7].

Una tarea largamente pendiente ha sido la reconstrucción de las fluctuaciones climáticas en las tierras bajas del Desierto de Atacama (<2000 msnm). Debido a la ausencia de registros geohistóricos, se desconoce la cronología de los eventos paleoclimáticos y su relación con los acontecidos en la precordillera ¿Cuál fue el impacto de estos cambios



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

sobre la dinámica espacio-temporal de los ecosistemas y cuencas hidrológicas del núcleo hiperárido del Atacama?

En este estudio hemos analizado, datado e identificado macrorrestos provenientes de hojarasca fósil preservada en terrazas fluviales que emergen a partir de un sistema de tres valles tributarios de la cuenca endorreica de Pampa del Tamarugal sur (~21°S, ~1000 msnm). Las quebradas consideradas (Mani, Sipuca, Tambillo y Lomas de Sal) actualmente carecen tanto de cursos de agua superficiales como de vegetación. No obstante, dentro de estos valles inactivos se encuentra un conjunto de cuatro terrazas fluviales producidas por fluctuaciones pasadas en la descarga de aguas subterráneas y de escurrimiento superficial [9]. Estas terrazas están insertas en un valle angosto delimitado por sedimentos aluvionales del Mioceno tardío [9]. Prácticamente todos los sedimentos orgánicos están contenidos en una matriz de arcilla o arenisca fina a media en ondas laminadas, lo que sugiere depositación *in situ* sobre la superficie de las terrazas. Sólo nueve sedimentos orgánicos (n=13) colectados en Lomas de Sal, corresponden a depósitos de inundación de grano fino, los cuales probablemente fueron transportados a muy corta distancia.

Resultados

24 fechas de ^{14}C realizadas sobre hojas, troncos y raíces indican crecimiento *in situ* de vegetación sobre la superficie de las terrazas durante los intervalos 17.4-14.1 ka 12.1-11.8 ka y 1.0-0.7 ka.

Los análisis de macrorrestos realizados sobre los diferentes depósitos orgánicos del Pleistoceno tardío, revelan predominancia de *Escallonia angustifolia*, además de *Schinus molle*, *Cistanthe* sp, *Cortaderia atacamensis* y *Baccharis scandens*. Excepcionalmente en los depósitos *in situ* de Lomas de Sal, datados en ~14,6 ka, se registra *Prosopis tamarugo* y *Distichlis spicata*. Análisis de densidad absoluta (n° depósitos/ha) y un análisis tafonómico de los depósitos de *P. tamarugo* sugieren que estos corresponden a remanentes de un bosque *in situ* con una densidad arbórea ~21 árboles/ha.

La hojarasca del Holoceno tardío es mucho más diversa e incluye *P. tamarugo*, *C. atacamensis*, *Tessaria absinthoides*, *Tarasa operculata*, *Atriplex* spp, *Cisthante seresoides*, *Chenopodium petiolare*, *Zea mays*, entre otros taxa.

Discusión

Las comunidades fósiles preservadas en las diferentes terrazas fluviales de Pampa del Tamarugal sur son análogas a las que actualmente se desarrollan en valles con ríos perennes que cruzan la Depresión Intermedia y Precordillera al norte de los 20°S (e.g



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

quebradas Camiña y Tarapacá). Precisamente, incorporan taxa con formas de vida hidrófilas, freatófitas y halófilas, los cuales son indicadores de ecosistemas ribereños en el Atacama. Por su parte, el bosque *in situ* de *P. tamarugo-D. spicata* es equivalente a las formaciones vegetacionales freatófitas-halófitas que se encuentran restringidas a aquellos sectores más distales del Valle Longitudinal donde afloran aguas subterráneas de manera permanente. No obstante, este bosque del Pleistoceno habría sido ~10 veces más denso que sus análogos actuales, los cuales exhiben densidades entre 0,8 y 1,9 árboles/ha en los salares de Llamara y Zapiga, respectivamente. El desarrollo de estos bosques ribereños y freatófitas-halófitas “fantasmas” sugiere cambios ecológicos e hidrológicos importantes en las tierras bajas del Atacama durante la última deglaciación y el Holoceno tardío. La expansión de comunidades azonales hacia las quebradas actualmente inactivas de Pampa del Tamarugal sur representa incrementos locales en los niveles freáticos y persistencia de drenajes exorreicos perennes.

Nuestra cronología de los cambios hidrológicos inferidos para la Pampa del Tamarugal sur es prácticamente indistinguible con los principales cambios paleoclimáticos registrados durante el Cuaternario tardío en el Altiplano y >2000 msnm en el Desierto de Atacama central. En efecto, el crecimiento *in situ* de bosques, persistencia de ríos perennes e incremento local de la napa freática durante el Pleistoceno tardío coincide con los dos grandes estadios pluviales involucrados en CAPE. Precisamente, los cambios observados en Pampa del Tamarugal a los 17.4-14.1 ka ocurren de manera casi simultánea con el ciclo lacustre Tauca [7] e incrementos en las precipitaciones medias anuales documentado en paleomadrigueras de roedores del Atacama central [1-4, 8]. Registros de Lomas de la Sal y Q. Mani a su vez son coetáneos con la formación del paleolago Coipasa en Uyuni [7] y un incremento moderado de las precipitaciones registrado en las paleomadrigueras a los ~11.7 ka [1-4, 8]. Por su parte, la expansión de bosques ribereños e incrementos en los niveles freáticos a los 1.0-0.7 ka concuerda con una fase pluvial menor durante la “Anomalía Climática Medieval” (ACM), la cual ha comenzado a manifestarse en múltiples registros del Atacama central [2,4,5].

Esta coherencia cronológica sugeriría que la dinámica espacio-temporal de los sistemas y ecológicos de Pampa del Tamarugal estuvo acoplada a la variabilidad de las precipitaciones, las que ocurrieron en las tierras altas adyacentes durante el Cuaternario tardío. Así, la dinámica a largo plazo de estos sistemas habría sido modulada por fluctuaciones en la disponibilidad de humedad en el Gran Chaco y/o variabilidad en el gradiente de temperaturas superficiales marinas en el Pacífico ecuatorial.

Las transformaciones ecológicas e hidrológicas en la Pampa del Tamarugal sur durante el Cuaternario tardío tiene profundas implicancias para la valoración, manejo y conservación de las aguas subterráneas del Norte Grande. Nuestros resultados indican que a excepción de un breve intervalo durante el Holoceno tardío, en los últimos 18.000



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

años han ocurrido sólo dos eventos importantes de recarga en los acuíferos de Pampa del Tamarugal. De ahí que, un volumen considerable de aguas subterráneas en los acuíferos de la Pampa del Tamarugal deben ser catalogado como “fósil”, constituyendo reservas heredadas a partir del último ciclo glacial-interglacial y del Holoceno tardío.

Agradecimientos

Beca Conicyt AT-24080156. CASEB. IEB-Chile.

Literatura Citada

- [1] Betancourt, J.L., Latorre, C., Rech, J., et al. (2000) A 22,000-yr record of monsoonal precipitation from northern Chile's Atacama Desert. *Science*, vol. 289, 1546-1550.
- [2] Latorre, C., Betancourt, J.L., Rylander, K.A., et al. (2002) Vegetation invasions into Absolute Desert: A 45,000-yr rodent midden record from the Calama-Salar de Atacama Basins, northern Chile (22-24° S). *Geological Society of America Bulletin*, vol. 114, 349-366.
- [3] Latorre, C., Betancourt, J.L., Rylander, K.A., et al. (2003) A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23° S) over the last 13,500 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 194, 223-246.
- [4] Latorre, C., Betancourt, J.L., Arroyo, M.T.K. (2006) Late Quaternary vegetation and climate history of a perennial river canyon in the Río Salado basin (22°S) of northern Chile. *Quaternary Research*, vol., In Press.
- [5] Rech, J., Quade, J., Betancourt, J.L. (2002) Late Quaternary paleohydrology of the central Atacama Desert (22-24° S), Chile. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 114, 334-348.
- [6] Rech, J., Pigati, J.S., Quade, J., et al. (2003) Re-evaluation of mid-Holocene wetland deposits at Quebrada Puripica, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 194, 207-222.
- [7] Placzek, C., Quade, J., Patchett, P.J. (2006) Geochronology and stratigraphy of Late Pleistocene lake cycles on the Southern Bolivian Altiplano: implications for causes of tropical climate change. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 118, 515-532.
- [8] Quade, J., Rech, J.A., Betancourt, J.L., et al. (2008) Paleowetlands and regional climate change in the central Atacama Desert, northern Chile. *Quaternary Research*, vol. 69, 343-360.
- [9] Nester, P.L., Gayo, E., Latorre, C., et al. (2007) Perennial stream discharge in the hyperarid Atacama Desert of northern Chile during the latest Pleistocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, 19724-19729.