

9

PALEOCLIMA DEL HOLOCENO MEDIO EN LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE: POSIBLE INFLUENCIA DE FACTORES ASTRONÓMICOS EN EL PALEOAMBIENTE DE SALINAS DE LOS NUEVE CERROS

CARLOS AVENDAÑO, JUAN CARLOS BERRIO, CLAUDIA MORALES,
DOLORES PIPERNO, CARLA DEL CID, SILVIA DUARTE, NORA MACHUCA,
SERGIO MELGAR, ANÍBAL SACBAJÁ Y RAMIRO TOX†

34 SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA
2021

Museo Nacional de Arqueología y Etnología

26 al 30 de julio de 2021

Editores

Bárbara Arroyo

Luis Méndez Salinas

Gloria Ajú Álvarez

Referencia

Avendaño, Carlos *et al.*

2022 Paleoclima del Holoceno Medio en la Franja Transversal del Norte: Posible influencia de factores astronómicos en el paleoambiente de Salinas de los Nueve Cerros. En *34 Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2021* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 135-138. Asociación Tikal, Guatemala.



PALEOCLIMA DEL HOLOCENO MEDIO EN LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE: POSIBLE INFLUENCIA DE FACTORES ASTRONÓMICOS EN EL PALEOAMBIENTE DE SALINAS DE LOS NUEVE CERROS

CARLOS AVENDAÑO
JUAN CARLOS BERRIO
CLAUDIA MORALES
DOLORES PIPERNO
CARLA DEL CID

SILVIA DUARTE
NORA MACHUCA
SERGIO MELGAR
ANÍBAL SACBAJÁ
RAMIRO TOX†

PALABRAS CLAVE

Franja Transversal del Norte, Salinas de los Nueve Cerros, Paleoclimatología, Holoceno Medio.

ABSTRACT

Earth's climatology depends on several factors that have varied throughout geological history, from the annual to the millennial scale. Among these factors are external geodynamics that are related, on the one hand, to variability in solar radiation; and, on the other hand, to astronomical changes of orbital form, or eccentricity (cycles of 100,000 years, associated with the duration of ice ages); planetary inclination, or obliquity (every 45,000 years); and terrestrial orientation, or precession (every 25,000 years). Obliquity explains the change in seasonal intensity and also determines the millennial latitudinal migration of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). According to the sedimentary record analyzed in the neighborhood of Salinas Nueve Cerros (SNC), the palynological evidence (i.e., pollen, fungal spores, algae) and particle size, the paleoclimatology of the Northern Transverse Strip (FTN) of the last six millennia could be associated with the southern migration of the ITCZ. Beyond suggesting a hypothesis of environmental determinism, the astronomical influence on the hydrological regime of the FTN can open a perspective of critical discussion on the wide social adaptation of SNC inhabitants to millennial climatological variability.

INTRODUCCIÓN

La climatología de la Tierra depende de diversos factores que han variado a lo largo de la historia geológica, desde la escala anual hasta la milenaria. La escala temporal a la que suceden las oscilaciones climáticas se ajusta a los modelos orbitales propuestos por Milutin Milankovitch de Excentricidad, Oblicuidad y Pre-

cesión, los cuales duran más de 25,000 años (Bradley 2015). Cada uno de estos modelos explican con cierta precisión la regularidad de las variaciones orbitales, la cual se ve distorsionada por factores de variabilidad solar (e.g., máximos y mínimos), geodinámica interna de la Tierra (e.g., emisión de gases por vulcanismo), y ciclos biogeoquímicos (e.g. secuestro de carbón por vegetación) (Jacobson *et al.* 2000; Tartakovsky *et al.*

2016). En ese sentido, la variabilidad climática que sucede a escalas mayores de 20,000 años, se le denomina escala Milankovitch, y cuando son menores, escala sub-Milankovitch.

El modelo de la Excentricidad explica la variación de la forma orbital Terrestre alrededor del sol, de circular (0.0034) a elíptica (0.058), en donde 0.0 es equivalente a un círculo, y 1.0 a una elipse perfecta (Berger & Loutre 1992). Debido a que el Sol no se sitúa exactamente en el centro de la circunferencia o elipsis orbital terrestre, la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra varía en función de la forma orbital. Cuando la distancia es mayor al sol, la ubicación orbital de la Tierra se le conoce como Afelio, y cuando la distancia es menor como Perihelio. Cuando la órbita terrestre está en su forma más elíptica (mayor excentricidad), el tiempo de Perihelio orbital es mayor, y se da cerca de un incremento del 23% de radiación solar que llega a nuestro planeta (Szarka *et al.* 2021). Cuando la órbita es menos excéntrica, nótese que la distancia de la Tierra al Sol se mantiene más en modo Afelio, y más en modo Perihelio cuando es más excéntrica. La excentricidad sucede posiblemente por la influencia gravitacional de Júpiter y Saturno en la órbita terrestre, la cual varía en forma, en un ciclo aproximado de 100,000 a 400,000 años (Bradley 2015). Actualmente, el verano en el hemisferio norte (HN) se da en el momento de Afelio, y es por ello que no es tan intenso (las masas de hielo no se derriten por completo). El invierno en el HN se da en Perihelio, por eso no es tan frío, y así la Tierra no entra en una glaciación.

Es importante mencionar que las estaciones se dan por el grado de inclinación planetaria, explicado por el modelo de Oblicuidad, y no únicamente por la distancia de la Tierra al Sol (Zeeden *et al.* 2019). La inclinación implica meses con mayor o menor insolación. La Oblicuidad es uno de los ciclos astronómicos de larga duración, la cual explica la variabilidad de la inclinación de la Tierra de 24.5° a 22.1° cada 20 mil años (máximo a mínimo), y de 22.1° a 22.1° cada 40 mil años. A 24.5° la estacionalidad es más intensa porque cada hemisferio recibe una mayor radiación solar (Ferreira *et al.* 2014).

Para entender la paleoclimatología a la cual ha sido expuesto un territorio, es necesario comprender los factores que explican los modelos climatológicos, ya que los mismos son relevantes para explicar la exposición

temporal a la cual ha sido expuestos grupos sociales ancestrales en términos paleoambientales (Avendaño 2012), en este caso la variabilidad térmica y de precipitación. A continuación, se presenta la paleoclimatología reconstruida para la Ecoregión Lachuá (ER) en donde se localiza hoy en día la ciudad ancestral de Salinas de los Nueve Cerros (SNC) a lo largo de la Franja Transversal del Norte (FTN) (Woodfill *et al.* 2015).

EFFECTO DE LA OBLICUIDAD ASTRONÓMICA EN EL PALEOAMBIENTE DE SALINAS DE LOS NUEVE CERROS

Durante el Máximo Termal del Holoceno (11,000 - 5000 años atrás), la oblicuidad alcanzó su valor máximo (24.5°), y así se sabe que la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), migró hacia el norte, lo que explica un incremento de la temperatura en el planeta (Renssen *et al.* 2012). Lo contrario ocurre cuando la oblicuidad disminuye (hacia 22.1°), la ZCIT migra hacia el sur, y la temperatura global disminuye (el Neoglacial, durante los últimos 5000 años). La posición de Guatemala en la zona límite de la migración máxima norteña de la ZCIT, explica la precipitación regional estacional, incrementada en regiones montañosas (i.e., barlovento-precipitación orográfica). La FTN está localizada al pie de cerro del Arco de Uxpanapa (Wendt 1987), que se extiende desde Veracruz, México, hasta Guatemala a través de la Sierra de los Cuchumatanes, Lacandón, Chama, Las Minas y Santa Cruz, lo cual implica la intercepción de vientos del Monzón Norteamericano (MNA) (“frentes del norte”) que acarrearán humedad Mar Caribe.

Según el marco global, en el presente Neoglacial, Guatemala se describiría bajo condiciones secas y cálidas (baja precipitación) por la migración sureña de la ZCIT, sin embargo, no sucede así por la mayor influencia del MNA. Así como la ZCIT está asociada a la Celda Atmosférica de Hadley, las celdas restantes se ajustan (Ferrel y Polares) ante cambios de la oblicuidad planetaria (Hastenrath 2002). Si la ZCIT migra hacia el sur, los “frentes del norte” tienen una mayor influencia en Guatemala, acarrearán humedad y vientos húmedos del Mar Caribe (principalmente). Además, la topografía de la FTN asegura la existencia de la precipitación orográfica. En este sentido el Arco de Uxpanapa se entiende como un cinturón de alta precipitación que ha

funcionado como un refugio climático desde posiblemente el Mioceno (Wendt 1987). A partir de la reconstrucción paleoambiental realizada en función de la colecta de indicadores paleoecológicos del Núcleo PM-1 (114 cm de profundidad con fecha basal de 6022 años antes del presente), en las orillas de la Laguna de Lachuá (localizado a 5 km del epicentro de SNC), se logró cubrir el final Máximo Termal del Holoceno y el Neoglacial. A lo largo del núcleo se observó evidencia de la disminución de la oblicuidad en el registro sedimentario, a partir, igualmente de una disminución no-lineal y gradual del tamaño de partícula, de dominancia de arenas (mayor tamaño) a dominancia de limo-arcillas (menor tamaño), como indicadoras del aumento del nivel de la Laguna Lachuá (Rengers & Wohl 2007), por un aumento en la precipitación en la escala milenaria (desde el Holoceno Medio, disminución de la oblicuidad planetaria). Esta asociación y correlación fue posible establecerla al comparar el tamaño de partícula del núcleo PM1 con el registro de la Cuenca de Cariaco (Caribe de Venezuela) (Haug *et al.* 2001). Esta comparación ofreció apreciar como la climatología de la FTN es inversa a la de la Cuenca de Cariaco por influencia del Monzón Norte Americano, ya que en la primera la precipitación ha posiblemente aumentado a pesar de la migración sureña de la ZCIT (Liu *et al.* 2015), mientras en la segunda la misma ha disminuido según lo indican valores menores de titanio (Haug 2001; Peterson & Haug 2006). La relación es no lineal, y por lo tanto altamente compleja, ya que a pesar de que la relación es positiva, para la FTN un menor tamaño de partícula sugiere una mayor precipitación, y para Cariaco, un menor valor de titanio sugiere una menor precipitación ($r=0.36$, $p<0.05$). La evidencia de un aumento de precipitación en la FTN se ha confirmado en un estudio reciente que indica que entre 1970-2016, dicha región ha sido la que ha presentado las mayores lluvias a nivel de Guatemala (Machuca *et al.* 2019).

Lecciones

Con base en el análisis del registro sedimentario (ca. 6000 años antes del presente), sugerimos como la FTN ha mantenido condiciones climáticas altamente dinámicas, con una tendencia no-lineal hacia el aumento de la precipitación durante los últimos 5000 años por la influencia de la ZCIT y Monzón Norteamericano (en función de la Oblicuidad). La exploración de la clima-

tología de la FTN debe ser integrada a procesos locales, regionales y globales (Oblicuidad), para comprender la dinámica paleoambiental bajo la cual los pobladores de Salinas de los Nueve Cerros establecieron un centro urbano agroforestal (i.e., Jardines Forestales) durante aproximadamente dos milenios (Avendaño 2012). ¿Qué podemos aprender sobre la resiliencia socioecológica de los pueblos Mayas ancestrales y la vinculación con los pueblos presentes? Mucho que explorar en términos paleoecológicos, y mucho que aprender en términos culturales.

REFERENCIAS

- Avendaño, C.
2012 *Natural and cultural landscape evolution during the Late Holocene in North Central Guatemalan Lowlands and Highlands Natural and cultural landscape evolution during the Late Holocene in North Central Guatemalan Lowlands and Highlands* [Doctoral]. University of Toronto.
- Berger, A., y Loutre, M.
1992 Astronomical solutions for paleoclimate studies over the last 3 million years. *Earth and Planetary Science Letters*, 111(2), 369-382.
- Bradley, R.
2015 Paleoclimatic Reconstruction. En *Paleoclimatology* (pp. 1-11). Elsevier.
- Ferreira, D., Marshall, J., O’Gorman, P., y Seager, S.
2014 Climate at high-obliquity. *Icarus* 243, 236-248.
- Hastenrath, S.
2002 The intertropical convergence zone of the eastern Pacific revisited. *International Journal of Climatology*, 22(3), 347-356.
- Haug, G.
2001 *Cariaco Basin Trace Metal Data* (Data Contribution Series #2001-071; NOAA/NGDC Paleoclimatology Program). GBP PAGES/World Data Center A for Paleoclimatology.

- Haug, G., Hughen, K., Sigman, D., Peterson, L., y Röhl, U.
2001 Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone through the Holocene. *Science* 293(5533), 1304-1308.
- Jacobson, M., Charlson, R., y Rodhe, H.
2000 Introduction: Biogeochemical cycles as fundamental constructs for studying earth system science and global change. *International Geophysics* (editado por M. Jacobson, R. Charlson, H. Rodhe, & G. Orians), (Vol. 72, pp. 3-13). Elsevier Inc.
- Liu, Y., Lo, L., Shi, Z., Wei, K., Chou, C., Chen, Y., Chuang, C., Wu, C., Mii, H., Peng, Z., Amakawa, H., Burr, S., Lee, Y., DeLong, L., Elderfield, H., y Shen, C.
2015 Obliquity pacing of the western Pacific Intertropical Convergence Zone over the past 282,000 years. *Nature Communications*, 6(1), 10018.
- Machuca, N., Duarte, S., y Avendaño, C.
2019 *Relación histórica del cambio ambiental y actividad antrópica en la planicie aluvial en la cuenca baja del río Chixoy: Línea base para planes de mitigación y prevención de inundaciones en la Sección Norte de la Ecoregión Lachuá* [Informe Final]. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Escuela de Biología, CCQQFar, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Peterson, L., y Haug, G.
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*, 234(1), 97-113.
- Rengers, F., y Wohl, E.
2007 Trends of grain sizes on gravel bars in the Rio Chagres, Panama. *Geomorphology*, 83(3-4), 282-293.
- Renssen, H., Seppä, H., Crosta, X., Goosse, H., y Roche, D.
2012 Global characterization of the Holocene Thermal Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 48, 7-19.
- Szarka, L., Soon, W., y Cionco, R.
2021 How the astronomical aspects of climate science were settled? On the Milankovitch and Bacsák anniversaries, with lessons for today. *Advances in Space Research*, 67(1), 700-707.
- Tartakovsky, V., Krutikov, V., Volkov, Y., & Cheredko, N.
2016 Application of a principle of synchronicity to an analysis of climatic processes. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 48, 012002.
- Wendt, T.
1987 Las selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México: Evidencia de refugios florísticos cenozoicos. *Anales Del Instituto de Biología*, 58, 29-54.
- Woodfill, B., Dillon, B., Wolf, M., Avendaño, C., y Canter, R.
2015 Salinas de los Nueve Cerros, Guatemala: A Major Economic Center in the Southern Maya Lowlands. *Latin American Antiquity*, 26(2), 162-179.
- Zeeden, C., Meyers, S. R., Hilgen, F. J., Lourens, L. J., y Laskar, J.
2019 Time scale evaluation and the quantification of obliquity forcing. *Quaternary Science Reviews*, 209, 100-113.