

## AVANCE DE INVESTIGACIÓN

# DATACIONES ARQUEOMAGNÉTICAS EN LA CIUDADELA DE TEOTIHUACAN, SIERRA DE LAS NAVAJAS Y XALASCO

*Archaeomagnetic Datings in the Citadel of Teotihuacan, Sierra de las Navajas, and Xalasco*

*Anuar Gabriel Terán Guerrero,<sup>1</sup> Ana María Soler Arechalde,<sup>2,4</sup>  
Avto Goguitchaichvili,<sup>3,4</sup> Cecilia Caballero-Miranda,<sup>2</sup>  
Juan Morales,<sup>3,4</sup> Jaime Urrutia-Fucugauchi<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, México; <sup>2</sup> Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM, México;

<sup>3</sup> Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA), Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM, México;

<sup>4</sup> Servicio Arqueomagnético Nacional (SAN), Instituto de Geofísica, UNAM, México



Figura 1. Toma de especímenes y orientación en Pirámide de Quetzalcóatl, Ciudadela, Teotihuacan.

*Recibido: 14-1-2016. Aceptado: 18-1-2016. Publicado: 25-1-2016.*

**RESUMEN.** El control cronoestratigráfico es fundamental para el desarrollo del trabajo arqueológico, por ello el arqueomagnetismo se ha constituido como una gran herramienta para las dataciones. En este trabajo se muestran los resultados de dataciones arqueomagnéticas mediante la determinación de la dirección de magnetización de pisos de estuco de tres sitios de la cultura teotihuacana: Ciudadela de Teotihuacan, Sierra de las Navajas y Xalasco, Tlaxcala. Esta cultura se desarrolló en el centro de México a partir del año 1 d. C., teniendo su mayor esplendor durante los siglos IV al VI d. C. Tres etapas constructivas fueron muestreadas en la ciudadela de Teotihuacan: la preciudadela, la pirámide de Quetzalcóatl y la pirámide adosada. La Sierra de las Navajas en Hidalgo, a 50 km de Teotihuacan, era su principal proveedor de obsidiana, por lo que es de interés conocer sus periodos de ocupación. El motivo del análisis de los pisos de Xalasco, Tlaxcala, sitio de la cultura teotihuacana, es por encontrarse en la ruta de comunicación con la zona del Golfo de México. Utilizando la metodología y el programa de Pavón-Carrasco et al. (2014) se infieren intervalos de tiempo que nos permiten comprender la dinámica ocupacional de estos sitios.

**PALABRAS CLAVE:** datación arqueomagnética, Teotihuacan, estucos, variación secular geomagnética.

**ABSTRACT.** The chronostratigraphic control is fundamental during any archaeological survey. Recent studies over the Americas showed that archaeomagnetism emerges as a great tool for absolute dating purposes. In this paper, we report new archaeomagnetic datings obtained from stucco floors belonging to three sites of Teotihuacan: the Citadel of Teotihuacan, Sierra de las Navajas and Xalasco, Tlaxcala. This culture developed in central Mexico from AD 1, having its greatest splendor during the 4th to 6th centuries AD. Three construction phases were sampled in the citadel of Teotihuacan: the pre-Citadel, the Pyramid of Quetzalcoatl and the terraced pyramid. The Sierra de la Navajas in Hidalgo, located 50 km from Teotihuacan, was its main supplier of obsidian. The main interest of Xalasco, Tlaxcala is that it is located on the way to the Gulf of Mexico. The use of methodology developed by Pavón-Carrasco et al. (2014) allowed to define time intervals which help to understand the occupational dynamics of these sites.

**KEYWORDS:** archaeomagnetic dating, Teotihuacan, stuccos, geomagnetic secular variation.

## INTRODUCCIÓN

Teotihuacan fue una de las ciudades más grandes de Mesoamérica y sus primeras etapas constructivas se datan entre el año 1 y 150 d. C, que corresponde a las primeras etapas de la Ciudadela y el Templo de Quetzalcóatl (Gazzola 2009). Un evento que marca la evolución de la ciudad fue la construcción de la pirámide denominada adosada sobre el templo de Quetzalcóatl; el cual fue primero quemado como parte de un ritual que supone la expulsión del grupo que seguía a este dios y su probable llegada a Tikal, en Guatemala, a 1250 km de distancia (Fahsen 2000). El área de la Ciudadela también muestra afectaciones del Gran Incendio de 550 ± 25 d. C. Estos hechos permiten, mediante el arqueomagnetismo, realizar una secuencia cronoestratigráfica y compararla con dataciones de radiocarbono disponibles.

La economía de la gran urbe de Teotihuacan se propone sustentada de manera muy importante por el control de la obsidiana, siendo uno de sus mayores proveedores la Sierra de las Navajas, a una distancia de 50 km. El asentamiento en este sitio suponía campamentos temporales, pero se han encontrado al menos dos conjuntos habitacionales con arquitectura teotihuacana (Pastrana y Domínguez 2009), de donde provienen las muestras estudiadas y de ahí la importancia de conocer su cronología.

Por último, las caravanas del Golfo de México hacia Teotihuacan eran de gran importancia para los suministros de la gran urbe. La ruta del Golfo constaba de sitios de paso como Xalasco, en el estado de Tlaxcala, al oriente de la Cuenca de México, que muestra vestigios y entierros humanos característicos del periodo Clásico teotihuacano (Manzanilla 2011). La importancia de determinar sus etapas de ocupación es fundamental para comprender el desarrollo y funcionamiento de esta gran metrópoli como también su caída.

## MUESTREO

En el área de la ciudadela de Teotihuacan se extrajeron 5 muestras (diciembre de 2005): CEE1, CEE2, CQE1, CQE2, CQE3; las cuales corresponden al conjunto E (CE) y al templo de Quetzalcóatl (CQ). De ellas se obtuvieron un total de 59 especímenes, cada uno orientado independientemente. También se analizó una muestra de 2 bloques (PC1





Figura 2. Toma de muestras en Xalasco, Tlaxcala. Adhesión de testigos de madera con pegamento epóxico. Orientación con brújula magnética Brunton. Obtención de testigos con herramientas no magnéticas. Muestras de bloque orientadas con brújula Brunton.

y PC2) correspondiente a la etapa Preciudadela, que fue provista por la Dra. Julie Gazzola del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), de la cual se obtuvieron 24 especímenes.

En la Sierra de las Navajas, en diciembre de 2006, se extrajeron 4 muestras (SN: E1, E2, E3, E4), de las que se obtuvieron 34 especímenes, cada uno orientado independientemente.

En Xalasco, Tlaxcala, en diciembre de 2008, se extrajeron cinco muestras: XAL 3 con 11 especímenes orientados independientemente y cuatro muestras de bloque (XAL 4, XAL 5, XAL 6 y XAL 7), de las que se obtuvieron 49 especímenes.

Los especímenes se obtienen al adherir testigos cilíndricos de madera directamente sobre la superficie a muestrear y antes de ser extraídos se orientan cada uno con una brújula Brunton y se etiquetan (fig. 1). En el caso de las muestras de bloque, se orienta una de las superficies de la muestra con una brújula Brunton y posteriormente, en el labora-

torio, le son adheridos los testigos de madera, y a cada uno de ellos se le transfiere la marca del bloque y se etiquetan. Cada espécimen tiene un diámetro de 2.54 por 2.1 cm de alto. Para la adhesión de los testigos se emplea resina epóxica libre de elementos magnéticos (fig. 2).

## MÉTODOS DE PROCESAMIENTO

Con el fin de obtener la magnetización de cada espécimen, se realizó en el laboratorio un lavado magnético con campos alternos crecientes con equipo de marca MOLSPIN, con el fin de eliminar algunas magnetizaciones espurias. Después de cada incremento del campo, la muestra fue medida en un magnetómetro JR6 para así poder determinar la dirección de la magnetización característica del espécimen y, de ahí, inferir la dirección del campo magnético presente en el momento que se desea datar.

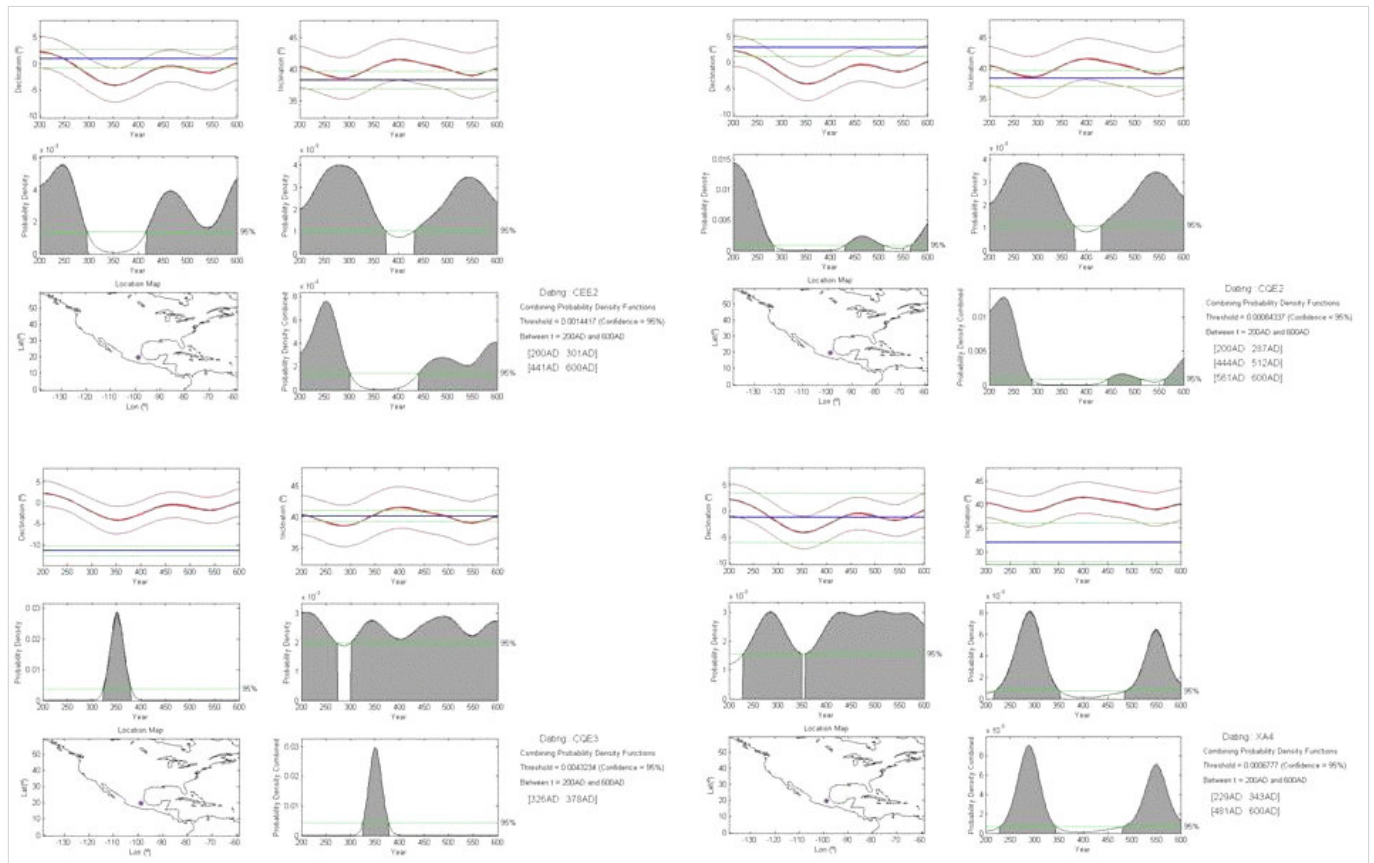


Figura 3. Datación con el programa de Pavón-Carrasco *et al.* (2014). Muestras CEE2, CQE2, CQE3 y XAL4.

Para el caso de las muestras no quemadas, la magnetización es adquirida al momento de fraguarse el estuco y, en el caso de muestras quemadas, dicha magnetización corresponde a la de la última exposición al fuego del material. En ambos casos se graba el campo presente en dicho momento.

Una vez obtenidas las direcciones de cada espécimen, se aplicó la estadística Fisher para obtener la dirección media por muestra. Se obtuvieron datos de declinación e inclinación de magnetización. La declinación corresponde al ángulo que forma la componente de la magnetización sobre el plano horizontal con el norte geográfico; la inclinación es el ángulo vertical que forma la magnetización con el plano horizontal. El  $\alpha_{95}$  es un parámetro estadístico de la incertidumbre de las mediciones; corresponde con un ángulo cuyos valores menores a  $10^\circ$  indican una buena concentración. Los parámetros  $r$  y  $k$  son de agrupamiento; cuanto más cercano esté  $r$  del número de especímenes y más alto sea  $k$ , mejores son los resultados. La datación se efectuó utilizando el programa Pavón-Carrasco *et al.* (2014) (fig. 3). También se realizaron pruebas de magnetismo de roca para una mayor confiabilidad en la determinación de la magnetización.

## RESULTADOS

Los resultados de las dataciones se muestran en la tabla 1, en donde  $n$  es el número de especímenes que intervinieron en los cálculos, y  $N$  es el número de especímenes medidos;  $q$  indica piso quemado y  $nq$  indica piso no quemado. Además de los datos de la dirección de magnetización, se anexa la información de datación arqueomagnética. Las dataciones son señaladas como probables, en virtud de la naturaleza del campo, ya que puede existir más de una coincidencia de la dirección del campo con el tiempo que le corresponde, de ahí la importancia del estricto control estratigráfico por parte del arqueólogo; por ello, y como criterio de selección, se incluye en la tabla la cronología arqueológica esperada. *Para fines de datación solo se aceptaron resultados con  $\alpha_{95}$  menores a  $10^\circ$ ; las muestras en las que se lee "Sin resultado" corresponden a muestras con  $\alpha_{95}$  mayor a  $10^\circ$ .*

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se obtuvieron 10 dataciones que corresponden a los periodos de ocupación de las áreas estudiadas,

Tabla 1. Resultados de las dataciones.

<b>Tabla 1</b>								
<b>Muestra</b>	<b>n/N</b>	<b>Dec</b>	<b>Inc</b>	<b>a<sub>95</sub></b>	<b>K</b>	<b>r</b>	<b>Fechas probables</b>	<b>Cronología Arqueológica Esperada</b>
<b>Ciudadela</b>								
CQE1(q)	9/10	359.0	37.6	3.9	174.4	9.0	[384-440]	Quema de pirámide y expulsión del Grupo militar y posible llegada de teotihuacanos a Tikal 379-439 d.C.
CQE2(q)	10/10	2.9	38.4	2.6	353.5	10.0	[397-440]	Quema de pirámide y expulsión del Grupo militar y posible llegada de teotihuacanos a Tikal 379-439 d.C.
CQE3(nq)	15/18	348.5	40.2	1.7	546.4	15.0	[324-386]	Construcción del Templo de Quetzalcóatl 325-350 d.C.
CEE1(nq)	10/11	359.0	38.0		MAD=16.5		Sin resultado	Construcción del Conjunto 325-350 d.C.
CEE2(q)	9/9	1.0	38.3	2.8	332.2	9.0	[435-600]	Gran Incendio 575 +/- 25
PC 1y 2 (nq)	21/24	3.0	39.0		MAD=13.8		Sin resultado	Etapa previa de Construcción de la Ciudadela
<b>Sierra de las Navajas</b>								
SNE1(q)	5/9	353.3	27.0	9.6	39.02	4.9	[469-540]	Xolalpan tardío 460-545 d.C.
SNE2(q)	6/8	9.6	34.4	8.7	37.05	5.9	[330-342] [391-550]	Xolalpan 325-550 d.C.
SNE3y E4(q)	13/16	356.0	40.0		MAD=13.4		Sin resultado	Tlalmimilolpa 200-270 d.C.
<b>Xalasco</b>								
Xa3(q y nq)	11/11	350.7	37.6	9.1	16.81	10.4	[100 aC 33] [158-170] [205-600]	Más joven a 690 d.C.
Xa4(nq)	6/14	358.8	32.0	8.2	41.99	5.9	[330-393] [399-410]	Xolalpan temprano 325-415 d.C.
Xa6(nq)	2/2						Sin resultado	
Xa7(q)	8/9	341.3	28.5	9.6	21.29	7.7	[540-589] [651-720]	<sup>14</sup> C(540-720) d.C.

lo que implica un 77 % de las muestras estudiadas. Los estudios arqueomagnéticos nos permiten también aportar información sobre la dinámica ocupacional. Los resultados de la Ciudadela describen su evolución, sus primeras etapas constructivas, la construcción de la Pirámide de Quetzalcóatl, su quema que corresponde a un ritual de expulsión. La datación de la quema permite inferir la posibilidad de la llegada del grupo expulsado hasta Tikal, Guatemala, como lo muestran algunos murales. También

se determina, tanto en la Ciudadela como en Xalasco, el ritual del gran incendio de Teotihuacan, lo que lo hace un evento de tipo regional.

La datación más tardía para Xalasco podría llevarnos a inferir que el sitio continuó ocupándose aún después de la caída de Teotihuacan. El presente trabajo es un importante aporte al conocimiento del campo magnético presente en el centro de México durante la época teotihuacana. Los datos, acompañados de otros métodos de datación como radiocar-



bono o termoluminiscencia, podrán ser incluidos para el mejoramiento de las curvas de variación secular, tanto a nivel local como mundial.

## Agradecimientos

AG agradece el apoyo del proyecto UNAM-PAPIIT IN105124. AMS y AG agradecen a la Dra. Linda R. Manzanilla N., la Dra. Julie Gazzola y el Dr. Alejandro Pastrana las facilidades para la toma y estudio de las muestras reportadas.

## Sobre los autores

ANUAR GABRIEL TERÁN GUERRERO es Físico con Maestría en Ciencias de la Tierra por la UNAM y estudiante de Doctorado en el área de Arqueomagnetismo en el LIMNA de Michoacán. Correo electrónico: [anuarteran@ciencias.unam.mx](mailto:anuarteran@ciencias.unam.mx).

ANA MARÍA SOLER ARECHALDE es Física con Maestría y Doctorado en Sismología y Física del Interior de la Tierra por la UNAM. Lleva más de 10 años trabajando sobre el arqueomagnetismo de México, en particular en datos direccionales dentro del Laboratorio de Paleomagnetismo de la Ciudad Universitaria, UNAM. También es corresponsable del recién creado Servicio Arqueomagnético Nacional. Correo electrónico: [anesoler@geofisica.unam.mx](mailto:anesoler@geofisica.unam.mx).

AVTO GOGUITCHACHVILI ([avto@geofisica.unam.mx](mailto:avto@geofisica.unam.mx)) es Licenciado en Física por la Universidad Estatal de Tbilisi (República de Georgia), Maestro y Doctor en Geofísica con especialidad en geomagnetismo por la Universidad de Montpellier, Francia. Actualmente es Investigador Titular del Instituto de Geofísica, Campus Morelia de la UNAM, y corresponsable del recién creado Servicio Arqueomagnético Nacional ([www.geofisica.unam.mx/michoacan/san/](http://www.geofisica.unam.mx/michoacan/san/)).

CECILIA CABALLERO MIRANDA es Ingeniera Geóloga con Maestría en Geología por la Facultad de Ciencias y Doctora en Ciencias de la Tierra por la UNAM, con especialidad en anisotropía de susceptibilidad magnética. Trabaja en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Ciudad Universitaria, UNAM. Correo electrónico: [cecilia@geofisica.unam.mx](mailto:cecilia@geofisica.unam.mx).

JUAN MORALES ([jmorales@geofisica.unam.mx](mailto:jmorales@geofisica.unam.mx)) es Licenciado en Física, Maestro y Doctor en Geofísica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Entre sus líneas de investigación destaca el arqueomagnetismo, con contribuciones importantes tanto en Mesoamérica como en otras partes del mundo.

Actualmente es responsable del Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA) y corresponsable del recién creado Servicio Arqueomagnético Nacional (SAN).

JAIME URRUTIA FUCUGAUCHI es Ingeniero Geofísico y Maestro en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México. Se doctoró en la Escuela de Física de la Universidad de Newcastle upon Tyne, Inglaterra. Áreas de interés: paleomagnetismo, exploración geofísica, tectónica, paleoclimas, meteoritos y cráteres de impacto. Es Investigador Titular en el Instituto de Geofísica de la UNAM. Correo electrónico: [juf@geofisica.unam.mx](mailto:juf@geofisica.unam.mx).

## REFERENCIAS

- FAHSEN, F. 2000. Kaminaljuyu y sus vecinos. En *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (1999)*, editado por J. P. Laporte, H. Escobedo, B. Arroyo y A. C. de Suasnávar, pp.42-65. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. URL: < [http://www.asociaciontikal.com/pdf/04.99\\_-\\_Federico\\_Fahsen.pdf](http://www.asociaciontikal.com/pdf/04.99_-_Federico_Fahsen.pdf) >.
- GAZZOLA, J. 2009. Características arquitectónicas de algunas construcciones de fases tempranas en Teotihuacán. *Arqueología* 42: 216-233. INAH.
- MANZANILLA, L. R. 2011. Sistemas de control de mano de obra y del intercambio de bienes suntuarios en el corredor teotihuacano hacia la costa del Golfo en el Clásico. *Anales de Antropología* 45: 9-32. IIA, UNAM.
- PASTRANA, A., S. DOMÍNGUEZ. 2009. Cambios en la estrategia de la explotación de la obsidiana de Pachuca: Teotihuacan, Tula y Triple Alianza. *Ancient Mesoamerica* 20/1: 129-148.
- PAVÓN-CARRASCO, F. J., M. L. OSETE, J. M. TORTA, A. DE SANTIS. 2014. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data. *Earth and Planetary Science Letters* 388: 98-109. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.046> >.
- SOLER-ARECHALDE, A. M., F. SÁNCHEZ, M. RODRÍGUEZ, C. CABALLERO-MIRANDA, A. GOGUITCHACHVILI, J. URRUTIA-FUCUGAUCHI, L. MANZANILLA, D. H. TARLING. 2006. Archaeomagnetic investigation of oriented pre-Columbian lime-plasters from Teotihuacan, Mesoamerica. *Earth, Planets and Space* 58/10: 1433-1439. < <http://link.springer.com/article/10.1186%2FBF03352639> >