

RESEARCH ADVANCE

**GUACHIMONTONES DE TEUCHITLÁN: UN ESTUDIO  
ARQUEOMAGNÉTICO PARA MEJORAR LA CRONOLOGÍA  
DEL OCCIDENTE DE MÉXICO**

*Guachimontones of Teuchitlan: An Archaeomagnetic Survey  
to Improve the Chronology of Western Mexico*

*Verónica López-Delgado,<sup>1,2</sup> Ana M. Soler-Arechalde,<sup>1,2</sup>  
J. Rodrigo Esparza-López,<sup>3</sup> Avto Gogutchachvili,<sup>1,2</sup>  
Cecilia I. Caballero-Miranda,<sup>1</sup> Juan Morales<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM, Ciudad de México, México

<sup>2</sup> Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia, México

<sup>3</sup> Centro de Estudios Arqueológicos, El Colegio de Michoacán, A. C., La Piedad, México



Figura 1. Toma de la muestra Gu10, piso en el interior del Círculo B, Loma Alta.

*Recibido: 30-1-2017. Aceptado: 8-2-2017. Publicado: 15-2-2017.*

**RESUMEN.** *A través de la datación arqueomagnética de Guachimontones de Teuchitlán, Jalisco, se contribuye a la cronología prehispánica del Occidente de México. A partir de 16 muestras arqueomagnéticas (81 especímenes en total) de hornos, pisos quemados y no quemados recolectados en 2005 y 2010, se hicieron mediciones para determinar la dirección media de cada muestra en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la UNAM (Ciudad de México y Campus Morelia). Se obtuvieron dataciones arqueomagnéticas con  $\alpha_{95} < 10^\circ$  para el 88% de las muestras y corresponden a las épocas de ocupación del sitio. Este estudio aporta 2 nuevos datos a la curva de variación de Mesoamérica, registra modificaciones arquitectónicas en una edificación y apoya la teoría de reocupación del sitio hacia el periodo Epiclásico (450-900 d. C.).*

**PALABRAS CLAVE:** *datación arqueomagnética, Occidente de México, Guachimontones.*

**ABSTRACT.** *This study contributes to the pre-Hispanic chronology of Western Mexico through archaeomagnetic dating of the archaeological site Guachimontones (Teuchitlán, Jalisco). Systematic magnetic measurements were carried out to determine the mean direction of each sample at the UNAM paleomagnetism laboratories (Mexico City and Campus Morelia). Sixteen analyzed samples (81 specimens in total) come from furnaces, burned and unburnt floors, collected between 2005 and 2010. Archaeomagnetic dates with precision parameter  $\alpha_{95} < 10^\circ$  were obtained for 88% of the samples, and corresponds to the site occupation periods. This study thus contributes new and reliable data to the reference variation curve of Mesoamerica in addition to documenting architectural modifications in the building sequence at Guachimontones and supporting the theory of reoccupation of this site during the Epiclassic period (450-900 A.D.).*

**KEYWORDS:** *Archaeomagnetic dating, Western Mexico, Guachimontones.*

## INTRODUCCIÓN

Guachimontones de Teuchitlán es un sitio arqueológico del estado de Jalisco y centro nuclear de la tradición Teuchitlán. Alojado en una cuenca lacustre dentro de los valles del volcán Tequila, pertenece al Occidente de México, vasta área que ha sido poco estudiada. El sitio se caracteriza por estructuras circulares de tamaño monumental rodeadas de plataformas que fueron construidas con mampostería, mezcla de rocas y arcillas finas. La cronología de la tradición Teuchitlán, basada en registros cerámicos (Weigand *et al.* 2008), está compuesta de 8 etapas desde el año 1500 a. C. hasta el 1250 d. C. Las nuevas dataciones arqueomagnéticas son de suma importancia para corroborar o reinterpretar los datos de radiocarbono con que se cuenta, a fin de establecer una cronología detallada para el Occidente de México.

## LA CURVA DE VARIACIÓN SECULAR DE MESOAMÉRICA

La datación arqueomagnética se basa en las variaciones del campo magnético terrestre en el tiem-

po y espacio, así como en la capacidad de los minerales ferromagnéticos de orientarse con la dirección del campo al ser expuestos a temperaturas superiores a su temperatura de Curie ( $T_c$ ), o durante su deposición. El contar con una curva de variación secular (CVS) para una región hace posible comparar la dirección de magnetización de una pieza arqueológica con las variaciones de dicha CVS y, de esta forma, determinar intervalos temporales en los que exista coincidencia para, posteriormente, seleccionar un intervalo acorde al contexto arqueológico, fase constructiva o alguna datación de radiocarbono existente.

La primera CVS para Mesoamérica fue propuesta por Wolfman (1990). En 1999 se mostró que los estucos pueden comportarse como rocas sedimentarias y registrar el campo magnético en el momento de fraguarse (Hueda *et al.* 2004). A partir de entonces, se realizaron múltiples estudios en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la UNAM, reportados en tesis de Arqueología, Física y posgrado de Ciencias de la Tierra (Soler-Arechalde *et al.* 2006), añadiendo a la CVS solo aquellos datos con dataciones por radiocarbono asociadas. La CVS actual (Soler-Arechalde *et al.* 2006) se modeló me-

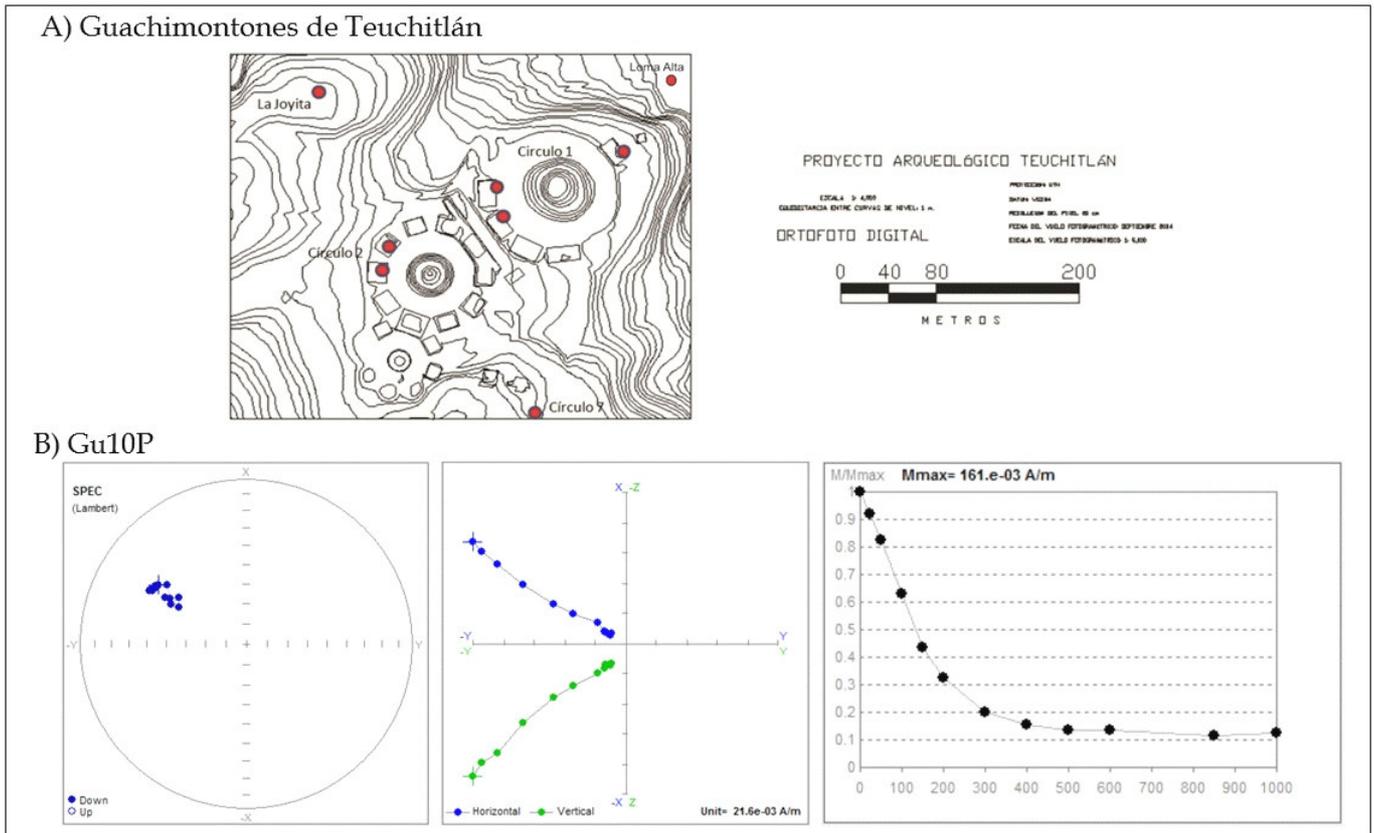


Figura 2. A) Ubicación de muestras en plano de Guachimontones de Teuchitlán (modificado de Weigand et al. 2008). En rojo se observa la ubicación donde se tomaron las muestras arqueomagnéticas en el sitio. B) Desmagnetización del espécimen Gu10P analizado en Remasoft v3.0. Panel izquierdo: proyección estereográfica en la que se observa la estabilidad de la magnetización durante el proceso de desmagnetización. Panel central: diagrama vectorial (Zijderveld) asociado, en el que se muestran simultáneamente, en dos planos, las componentes horizontal y vertical de la magnetización durante el proceso de desmagnetización. Panel derecho: curva de desmagnetización, la cual muestra la intensidad de la remanencia en función del campo aplicado.

dante el uso de *splines cúbicos* (curva definida en porciones mediante polinomios de tercer grado), siguiendo un modelo jerárquico y ventanas móviles para los polos con promedio de 100 años (Barbetti 1977; Lanos *et al.* 2005); y es actualizada de manera continua, tratando de cubrir un mayor número de sitios y temporalidades. Mediante el uso del programa *Rendate* (Lanos y Dufresne 2008), el cual utiliza estadística bayesiana, se obtuvieron los intervalos de coincidencia con un 95% de confiabilidad.

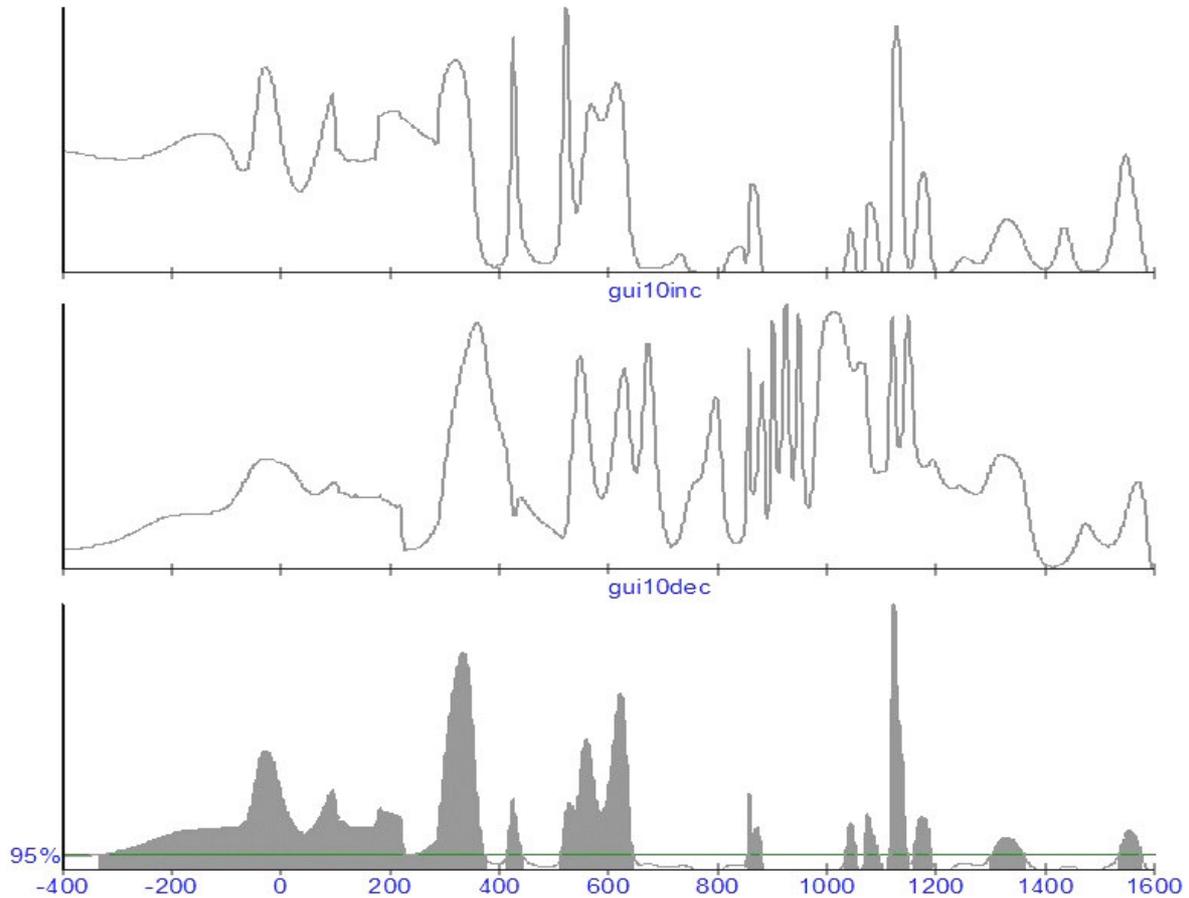
## METODOLOGÍA

Cada espécimen se obtuvo por la adhesión del material a estudiar a un cilindro de madera, el cual fue orientado *in situ* con una brújula Brunton (fig. 1). En la figura 2 se localizan los sitios de recolec-

ción de las muestras. Los 81 especímenes fueron desmagnetizados por campos alternos en las instalaciones del Laboratorio de Paleomagnetismo de la UNAM (Ciudad de México y Unidad Morelia), y procesados con el programa *Remasoft v.3.0* (Chadima y Hroudá 2006). La dirección media se obtuvo por medio de estadística de Fisher.

Para caracterizar la mineralogía magnética de los materiales analizados en esta investigación se realizaron estudios de propiedades magnéticas en todos los especímenes: determinaciones de susceptibilidad magnética ( $\kappa$ ) y de anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS, por sus siglas en inglés), utilizando un puente de susceptibilidades *Kappabridge KLY3*, así como ciclos de histéresis y adquisición de curvas de magnetización remanente isothermal (IRM, por sus siglas en inglés) mediante un magnetómetro *Micromag*.

A) Intersecciones entre la dirección media y la curva de variación secular para la muestra Gu10, usando Rendate.



B) Dirección media e intersecciones probables para la muestra Gu10.

Muestra	N	Dec (3°)	Inc (°)	$\alpha_{95}$	k	R	Intersecciones probables con el 95% de confianza entre dirección media y Curva de Variación Secular en Rendate
Gu10	8	349.5	40.2	10.8	16.76	7.582	[-331 ; 225] [228 ; 372] [414 ; 442] [514 ; 644] [855 ; 879] [1035 ; 1051] [1070 ; 1094] [1116 ; 1146] [1161 ; 1191] [1302 ; 1360] [1535 ; 1575]

Figura 3. A) Intersección de la dirección media con la CVS para la muestra G10, obtenida con Rendate. Las intersecciones están representadas por las áreas grises. B) Dirección media e intervalos de intersección con la curva de variación secular para la muestra Gu10, obtenidos con Rendate. Se observa el número de especímenes (N), la declinación e inclinación medias, los parámetros estadísticos  $\alpha_{95}$ , k y R, así como los intervalos donde dicha dirección se interseca con la *curva de variación secular*, con probabilidad al 95% de confianza de que dicha dirección sea la del campo magnético en el pasado. Debido a la naturaleza del campo magnético de la Tierra, puede haber más de una posible.

## DATACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA

Las temporalidades para cada muestra fueron estimadas al determinar los intervalos de intersección entre la CVS y los valores de declinación e inclina-

ción medias determinadas en cada muestra por medio del *software Rendate*, con un intervalo de confianza del 95%.

Una vez determinadas las temporalidades, que pueden ser más de una, se seleccionó la más proba-

Tabla 1. *Dataciones arqueomagnéticas en Guachimontones de Teuchitlán*. Se observa la identificación de la muestra, el número N de especímenes que la conforman, la dirección de magnetización expresada como declinación (Dec) e inclinación (Inc), los parámetros estadísticos  $\alpha_{95}$ , k y R para cada determinación, así como la localización y datación arqueomagnética para cada muestra de Guachimontones de Teuchitlán. El signo menos en la datación arqueomagnética significa a. C.

Muestra	N	Dec (°)	Inc (°)	$\alpha_{95}$	k	R	Localización	Datación Arqueomagnética
Gu1 y Gu2	9	347.7	29.9	3.4	139.4	8.943	Estructura 3, La Joyita B, Guachimontones	[-117 ; -112]
Gu3	4	354.9	46.5	8.13	74.8	3.96	Fogón, La Joyita A, Guachimontones	[-248 ; -77]
Gu4	4	358.7	36.6	3.85	234.3	4.983	Piso quemado, Estructura 8, Círculo 2, Guachimontones	[-100 ; -113]
Gu5	4	8	24.3	8.2	73.79	3.959	2º muro Estructura 7, Círculo 1, Guachimontones	[683 ; 771]
Gu6	7	4.2	28.3	8.8	29.39	6.796	3er muro Estructura 7, Círculo 1, Guachimontones.	[682 ; 758]
Gu7	7	351.6	15.4	7.3	41.98	6.857	1er muro Estructura 7, Círculo 1, Guachimontones.	[751 ; 820]
Gu8	3	329.2	55.8	5.17	319.6	2.994	Plataforma 2, Círculo 1, Guachimontones	[116 ; 175]
Gu9	5	354	36.4	5.39	120.4	4.967	Plataforma A, Círculo 7, Guachimontones	[-100 ; 224]
Gu10	8	349.5	40.2	10.8	16.76	7.582	Apisonado central interno de Círculo B, Loma Alta	[97 ; 372]
Gu11	6	13.2	48.7	8.73	5.866	37.29	Horno Central, Juego de Pelota NW, Guachimontones	[427 ; 523]
Gu12	5	5.5	29.7	12.9	21.63	4.815	Piso quemado, Juego de Pelota 2 NW, Guachimontones	[50 ; 308]
Gu13	6	358.8	46.5	6.8	59.67	5.916	Horno grande, Talleres, Guachimontones	[556 ; 625]
Gu14	3	5.6	40.0	8.16	129.372	2.984	Horno grande, Talleres, Guachimontones	[559 ; 621]
Gu15	6	353.7	32.0	4.4	143.2	5.965	Horno grande, Talleres, Guachimontones	[530 ; 575]
Gu16	4	13.5	47.4	9.285	50.06	3.94	Apisonado externo interno del Círculo B, Loma Alta	[97 ; 218]

ble tomando en consideración el contexto arqueológico, las etapas constructivas o las dataciones de radiocarbono disponibles, obteniendo finalmente la datación arqueomagnética.

Las temporalidades obtenidas fueron comparadas con el modelo global de armónicos esféricos *Arch3k* (Donadini *et al.* 2009), el cual incluye datos mundiales de flujos de lava y muestras arqueológicas, corroborándose los resultados.

## RESULTADOS

La mayoría de las muestras mostraron una componente de magnetización unidireccional, con un buen agrupamiento,  $\alpha_{95} < 10^\circ$  y valores de *k* altos (tabla 1). En la figura 3 se muestra la dirección media para la muestra Gu10 y su intersección con la CVS utilizando *Rendate*. Las dataciones arqueomagnéticas de Guachimontones de Teuchitlán se pre-

Etapa	Formativo Temprano	Formativo Medio	Formativo Tardío	Clásico Temprano	Clásico Medio	Epiclásico	Postclásico Temprano	Postclásico Tardío
Fase	El Opeño	San Felipe	El Arenal	Ahuanulco	Teuchitlán I	Teuchitlán II	Sta. Cruz de B.	Etzatlán
Edad	-1500 ; -1000	-1000 ; -300	-300 ; 200	200 ; 400	400 ; 700	700 ; 900	900 ; 1250	1250 ; contacto
Muestra Arqueo-magnética			Gu3 Gu1 y Gu2 Gu4 Gu9 Gu8 Gu12 Gu10	Gu12 Gu16 Gu10 Gu11	Gu11 Gu15 Gu14 Gu13	Gu6 Gu5 Gu7		

Figura 4. Dataciones arqueomagnéticas en la cronología de Guachimontones de Teuchitlán (modificado de Weigand *et al.* 2008). Se observan las muestras Gu1 a Gu16 en los periodos del sitio.

sentan en la tabla 1. A partir de los estudios de propiedades magnéticas, se identificó la titanomagnetita como el mineral portador de la magnetización, con tamaño de grano compatible con el de los dominios magnéticos seudosencillos (PSD). Todas las muestras presentan fábrica magnética propia de la roca sedimentaria.

La dirección media de cada muestra se comparó con el modelo global *Arch3k*, obteniéndose en general una buena coincidencia, a excepción de la muestra Gu8 que no coincide en declinación e inclinación, así como la muestra Gu3 en inclinación.

## DISCUSIÓN

Las muestras Gu1 y Gu2 pertenecen a La Joyita B, uno de los sectores más antiguos de Guachimontones, por lo que la datación arqueomagnética de [-117; -112] es coherente con el sitio.

La muestra Gu3, tomada en La Joyita A, registra el último uso habitacional de esta área, determinado entre [-248; -77]. Para este contexto se tiene una datación de radiocarbono correspondiente a edades tempranas: [-387; -351], [-314; -310], [-298; -230] y [-219; -208], datación correspondiente a muestras encontradas en el fogón que puede ser más joven que la última utilización del fogón.

La muestra Gu4 corresponde a un piso quemado de la Estructura 8 del Círculo 2, el intervalo de intersección obtenido con la *curva de variación secular* es [-400; 113], pero el contexto arqueológico indica que el inicio de la construcción del Círculo 1, Círculo 2 y Juego de Pelota fue alrededor del año

-100 (100 a. C.), por lo que buena parte del intervalo no corresponde a la etapa constructiva. Por esta razón, la datación arqueomagnética se acorta a [-100; 113]. La razón de que el rango de intersección con la curva sea tan grande se debe a la naturaleza de la *curva de variación secular*, es decir, tenemos poca resolución por la falta de datos en esta temporalidad temprana.

Las dataciones arqueomagnéticas de Gu5, Gu6 y Gu7 son cercanas, lo que indica su contemporaneidad y dan certeza al estudio porque estas tres muestras son parte de una misma estructura: corresponden a las paredes 1, 2 y 3 de la Plataforma 7. Para esta estructura existe una determinación de radiocarbono de una ofrenda en el interior de la plataforma, datada entre [-41; -9] y [-2; 60], correspondiente a las primeras etapas constructivas hacia -100 (100 a. C.), y las paredes fueron construidas 700 años después. Se sabe que la finalización de la arquitectura monumental del Círculo 1 fue alrededor del año 100 (100 d. C.), pero Weigand encontró en el anfiteatro, cercano a la Plataforma 7, cerámica tipo *seuso-cloisonné* datada entre [450; 900] (Beekman 2010). Las edades de las paredes de la Plataforma 7 [683; 771], [682; 758] y [751; 820] registran una modificación arquitectónica de la plataforma confirmando la reocupación del sitio.

La muestra Gu8 fue tomada en la Plataforma 2 del Círculo 1 y la datación arqueomagnética confirma lo que se sabía del sitio: la consolidación de estas estructuras fue en [116; 175]. Existe una datación por radiocarbono de un otate asociado a esta estructura y las edades estimadas son [82; 107],

[114; 180] y [190; 215]. Se observa correspondencia con nuestro resultado.

La datación de la muestra Gu9, tomada en la Plataforma A del Círculo 7, tiene un rango de intersección con la curva de variación secular de [-300; 224], que no concuerda con la fase constructiva del sitio debido probablemente a la carencia de datos en etapas tempranas. Basándose en el contexto arqueológico, el periodo puede ser reducido a [-100; 224], pero es necesaria una edad de radiocarbono para estas estructuras con el fin de confirmar el periodo de ocupación.

Las muestras Gu10 y Gu16 corresponden a suelos compactados en el interior del Círculo B de Loma Alta, área circundante que fue construida después de la nuclear. Estos suelos compactos fueron creados sin exposición al calor ni consolidados con algún otro material. Garantizamos nuestras dataciones con  $\alpha_{95} < 10^\circ$  y por AMS sabemos que la adquisición de magnetización fue sedimentaria. El periodo obtenido de [67; 229] corresponde a un año después del periodo constructivo del año 100.

Las muestras Gu11 a Gu15 provienen del área circundante a Guachimontones, donde ahora se encuentra el Centro Interpretativo «Phil Weigand». En esta zona hay 5 hornos y un Juego de Pelota correspondientes a una posttemporalidad de Guachimontones y representa una posterior ocupación de la tradición Teuchitlán cerca del Clásico Tardío.

Gu11 proviene de un horno central a la mitad del Juego de Pelota 2 NW y su datación arqueomagnética es [427; 523], confirmando la cronología del sitio hacia el Clásico Tardío, después del Guachimontones de la tradición de Teuchitlán.

Gu12 es un piso quemado en la cabeza del juego de pelota. Como la construcción del sitio se inició alrededor de los años 50 y 100 d. C. y la intersección con la curva es [-420; 308], el límite inferior puede fijarse en el año 50 y el resultado de la datación es [50; 308], mostrando actividad después del comienzo de la ocupación.

Gu13, Gu14 y Gu15 son muestras tomadas en tres secciones de un horno gigante. Debido a que las muestras son quemadas, presentan  $\alpha_{95} < 5^\circ$ . Las respectivas dataciones arqueomagnéticas [556; 625], [552; 629] y [530; 575] representan el último uso del horno. Estos resultados confirman la reocupación del sitio durante el Clásico Tardío. Las

dataciones arqueomagnéticas realizadas en Guachimontones de Teuchitlán y áreas adyacentes confirman la cronología del sitio y proporcionan nuevos registros a la arqueología del Occidente prehispánico de México (fig. 4). Dos nuevas direcciones, Gu3 y Gu8, podrán ser incluidas en la *curva de variación secular* porque tienen dataciones de radiocarbono asociadas.

## CONCLUSIONES

Las muestras presentaron direcciones con el 88% de los casos concordantes con los periodos de ocupación y las dataciones de radiocarbono disponibles. Solo 2 muestras presentaron  $\alpha_{95} > 10^\circ$ , Gu10 y Gu12 con  $10.8^\circ$  y  $12.9^\circ$ ; se reportan porque sus dataciones corresponden a su posición estratigráfica. El estudio de propiedades magnéticas indica la presencia de titanomagnetitas como principal mineral portador de la magnetización y una fábrica sedimentaria en todas las muestras quemadas y no quemadas.

La comparación de dataciones obtenidas mediante la curva modificada de Soler-Arechalde *et al.* (2006) con el modelo *Arch3k* es muy satisfactoria, ya que solo la muestra Gu8 no coincide con el modelo; esto no puede atribuirse a un error en la determinación de magnetización de la muestra ( $\alpha_{95} = 5.3^\circ$ ), sino a la falta de datos en la *curva de variación secular* para esta región de México.

Las direcciones arqueomagnéticas de las muestras Gu3 y Gu8 pueden anexarse a la *curva de variación secular* de Mesoamérica debido a que son coincidentes con las dataciones de radiocarbono reportadas. Con estas edades confirmadas por otro método, es posible mejorar la resolución de la curva para las edades [-248; -77] y [116; 175], y contribuir a los modelos globales como el *Arch3k*.

Los resultados de este estudio apoyan la hipótesis de Weigand *et al.* (2008) sobre una reocupación del sitio en el Epiclásico. Esto representa una contribución importante a la cronología de la ocupación de Guachimontones.

Las dataciones obtenidas en Guachimontones son también una relevante aportación para entender el desarrollo cultural del Occidente de México.

## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada financieramente por el proyecto CONACYT n.º 252149 y, parcialmente, por UNAM-PAPIIT IN101717.

WOLFMAN, D. 1990. Mesoamerican chronology and archaeomagnetic dating, AD 1-1200. En *Archaeomagnetic Dating*, eds. J. L. Egihmy y R. S. Sternbeg, pp. 261-391. Tucson, Arizona: The University of Arizona Press.

## REFERENCIAS

- BARBETTI, M. 1977. Measurements of recent geomagnetic secular variation in southeast Australia and the question of dipole wobble. *Earth and Planetary Science Letters* 36: 207-218.
- BEEKMAN, C. 2010. Recent Research in Western Mexican Archaeology. *Journal of Archaeological Research* 18/1: 41-109.
- CHADIMA, M., F. HROUDA. 2006. Remasoft 3.0: a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer. *Travaux Géophysiques* 27: 20-21.
- DONADINI, F., M. KORTE, C. G. CONSTABLE. 2009. Geomagnetic field for 0-3 ka: 1. New data sets for global modeling. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 10/6: Q06007. <http://doi.org/10.1029/2008GC002295>.
- HUEDA, Y., A. M. SOLER-ARECHALDE, J. URRUTIA-FUCUGAUCHI, L. BARBA, L. R. MANZANILLA, M. REBOLLEDO-VIEYRA, A. GOGUITCHAICHVILI. 2004. Archaeomagnetic studies in central México: Dating of Mesoamerican lime-plasters. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 147: 269-283.
- LANOS, P., M. LE GOFF, M. KOVACHEVA, E. SCHNEPP. 2005. Hierarchical modelling of archaeomagnetic data and curve estimation by moving average technique. *Geophysical Journal International* 160: 440-476.
- LANOS, P., P. DUFRESNE. 2008. Bayesian Archaeomagnetic and Radiocarbon dating: the RenDate software. En *Radiocarbon and Archaeology, 5th International Symposium*. Zurich, Suiza.
- SOLER-ARECHALDE, A. M., F. SÁNCHEZ, M. RODRÍGUEZ, C. CABALLERO-MIRANDA, A. GOGUITCHAICHVILI, J. URRUTIA-FUCUGAUCHI, L. MANZANILLA, D. H. TURLING. 2006. Archaeomagnetic investigation of oriented pre-Columbian lime-plasters from Teotihuacan, Mesoamerica. *Earth, Planets and Space* 58/10: 1433-1439.
- WEIGAND, P. C., C. BEEKMAN, R. ESPARZA, EDS. 2008. *Tradición Teuchitlán*. El Colegio de Michoacán y Secretaría de Cultura del Estado de Jalisco.

## FE DE ERRATAS

En la fig. 4 de la pág. 32, donde dice «Ahuanulco» debe decir «Ahualulco».