

ESTUDIOS ARQUEOMAGNÉTICOS EN TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLÁN, TEOTIHUACAN Y TULA. EJEMPLOS DE LA IMPORTANCIA DEL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO.

Ana M. Soler^{1*}, Alan Barrera¹, Vicente Martínez¹, Raúl Barrera² y Jaime Urrutia¹

¹ Laboratorio de Paleomagnetismo, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus CU, México

² Proyecto de Arqueología Urbana CDMX, INAH, , México

*e-mail: anesoler@igeofisica.unam.mx

RESUMEN.

Se presentan los resultados de un análisis comparativo entre muestras de estucos para estudios arqueomagnéticos provenientes del Templo Mayor de Tenochtitlán, Teotihuacán y Tula en México y la posible afectación de su registro debido a su exposición a la contaminación ambiental. Se compararán los resultados de muestras expuestas y provenientes de excavación, como también quemadas y no quemadas, con base en los parámetros de estadística Fisher α_{95} y k . Se observa como las muestras quemadas provenientes de excavación son las que mejor registro del campo magnético presentan.

Palabras clave: Arqueomagnetismo, México central, contaminación.

ABSTRACT.

The results of a comparative analysis between samples of stuccos of archaeomagnetic studies from Templo Mayor of Tenochtitlán, Teotihuacán and Tula in Mexico and the possible effect of their record due to their exposure to environmental contamination are presented. The results of exposed and excavated samples, as well as burned and unburned samples, will be compared based on Fisher α_{95} and k statistic parameters. It is observed how the burned samples from excavation are the ones that best record the magnetic field as was expected.

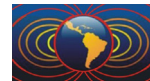
Keywords: Archaeomagnetism, Central Mexico, pollution.

Introducción.

Las evidencias de haber sido expuestas a altas temperaturas para las muestras arqueológicas con fines arqueomagnéticos es un criterio ampliamente utilizado para su selección, sin embargo, hay otros factores como la contaminación y lluvia ácida que deben tomarse en cuenta para obtener buenos resultados. Desde el año 1999 hemos venido trabajando de manera continua en diversos sitios del Centro de México (Fig.1). Uno de nuestros primeros trabajos se realizó en el Templo Mayor de Tenochtitlán, en esa ocasión las muestras fueron tomadas en estucos que ya llevaban casi 20 años expuestos y eran especímenes no quemados. También en ese año tomamos muestras en Teotihuacan en su parte central, todas ellas con evidencias de haber sido quemadas y expuestas al menos desde 1910. En ambos sitios se ha continuado trabajando y han podido obtenerse muestras de proyectos de excavación. En Tula en el año 2007 se tomaron tanto muestras de excavación como expuestas (desde los años 60), algunas de ellas con claras evidencias de exposición a altas temperaturas. También se incorporan al análisis los resultados en Teotihuacan y Tula de Wolfman (1990).

1. Análisis.

Se realiza un análisis de los resultados en cuanto a datos direccionales del registro del campo geomagnético en estucos tanto provenientes de excavación como expuestos, en muchos casos por más de 50 años para determinar si su magnetización era debida por exposición al fuego o al momento de fraguarse el estuco. Los registros se calificaron como buenos si tenían α_{95} menores de 10 y $k > 25$ (Tauxe *et al*, 1991). Los resultados



se muestran en la Tabla 1 cuya primera columna presenta al autor del muestreo, año y sitio de muestreo. En la 2ª columna el número de muestras provenientes de excavación; entre el número de muestras que fueron previamente excavadas y que pueden tener varios años expuestas. La 3ª y 4ª columna indican los porcentajes de muestras quemadas y no quemadas con buen registro, respectivamente, provenientes de excavación. La 5ª y 6ª columnas los porcentajes de muestras quemadas y no quemadas con buen registro, que llevan expuestas varios años. En la 6a columna el número de la referencia bibliográfica que lo reporta.

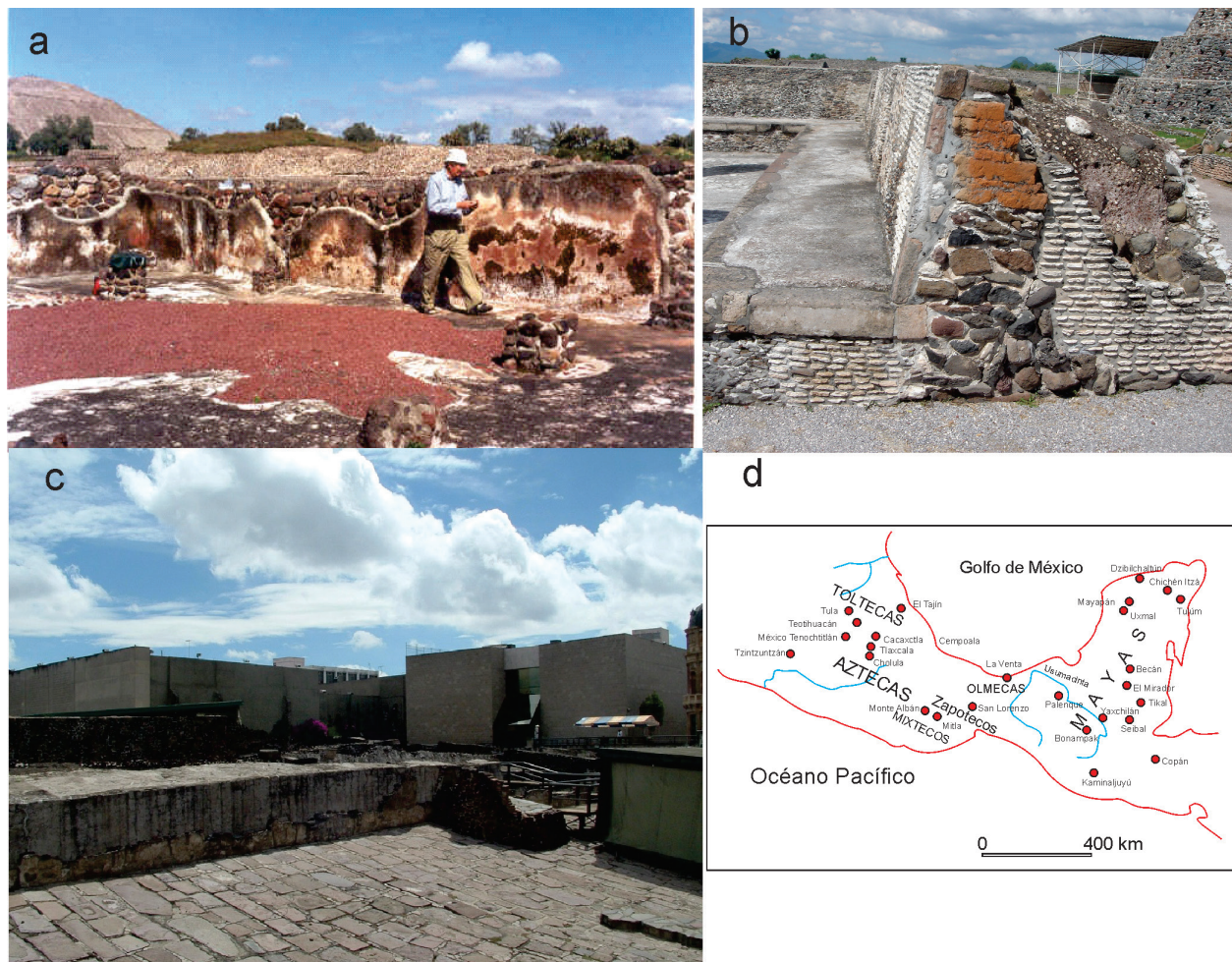
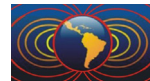


Figura 1. Sitios de Muestreo y su ubicación. a) Teotihuacán b) Tula c) Templo Mayor d) Ubicación de los sitios de muestreo.

2. Resultados

Templo Mayor. En el trabajo de Hueda (2000) se tomaron muestras en el Templo Mayor, que habían estado expuestas por más de 20 años y cuyos análisis de Pixe denotaron grandes contenidos de ozono. De este trabajo sólo una fue exitosa con un α_{95} de 9.6 y k de 34.22. En 2001 se tomaron 5 muestras de excavación en la calle de Apartado y los resultados no fueron mejores a pesar de ser muestras de excavación. A fines de 2012 dentro del proyecto de Arqueología Urbana de la CDMX se obtuvieron 8 muestras de excavación. En estos trabajos el porcentaje de éxito fue mayor (83%), pero el α_{95} promedio es de 9.5 y el k de 28, todas estas muestras son no quemadas.

**Tabla1.** Resultados para los Sitios: Teotihuacan, Templo Mayor Tenochtitlán y Tula.

TEMPLO MAYOR TENOCHTITLAN CIUDAD DE MEXICO						
Autor, fecha. Ubicación	No. muestras de Excavación/Expuestas	% muestras de Excavación Quemadas	% muestras de Excavación No quemadas	% muestras Expuestas Quemadas	% muestras Expuestas No Quemadas	Ref
Hueda, 1999. Templo Mayor	0/4				25	1
Rodríguez, 2003. Apartado	5/0		20			2
Soler y Barrera, 2015. Templo Mayor	8/0		75			3
PROMEDIO			48		25	
TEOTIHUACAN						
Wolfman, 1969-1973. Teopancazco	4/0	100				4
Soler y Tarling, 1999. Teotihuacan	0/4			50		5
Hueda, 1999. Teopancazco	8/0	100	50			1
Rodríguez, 2003. Xalla	15/0	100	27			2
Sánchez, 2005. Xalla	11/0		54			6
Sánchez, 2005. Teopancazco	4/0	100	50			6
Romero, 2008. Teopancazco	8/0	50	33			7
Hernández, 2010. Teopancazco	21/0	50	31			8
Terán, 2005 y 2008	3/3	100	67	100	100	9
PROMEDIO		85	44	75	100*	
TULA HIDALGO						
Wolfman, 1990. Tula	2/6	100		83(+)		4 +10
Martínez, 2012. Tula	8/13	17	0	29	33	10
PROMEDIO		59	0	56	33	

No. = número; % muestras = porcentaje de muestras. No. muestras y % de muestras, son muestras exitosas con $\alpha 95 < 10$ y $k > 25$. Referencias: 1) Hueda (2000); 2) Rodríguez (2003); 3) Soler *et al.* (2017); 4) Wolfman (1990); 5) Hueda y Soler (2001); 6) Sánchez (2005); 7) Romero (2008); 8) Hernández (2010); 9) Terán (2013 y 2016); 10) Martínez (2012); +10) Martínez (2012) con reinterpretación con nuevos datos radiométricos.



Teotihuacan. Entre 1969 y 1979, Wolfman tomó 9 muestras todas ellas expuestas al fuego y provenientes de excavación, que tenían $\alpha_{95} < 5$ y k media de 240 (Wolfman, 1990). En 1999 cuatro muestras fueron tomadas de estucos quemados y medidas en el Laboratorio de la Universidad de Plymouth. Sólo el 50 % presentó $\alpha_{95} < 10$ y $k > 25$, las muestras habían estado expuestas por más de 50 años. Hueda en 1999 tomó 8 muestras, todas de excavación y sólo 5 dieron resultados y únicamente las 3 quemadas mostraron $\alpha_{95} < 10$ y $k > 25$. Con Hueda en 1999 se comenzaron a tomar estucos no quemados, con el objetivo de probar si registraban una señal magnética similar a un sedimento, dada la forma en que son elaborados. El análisis se efectuó tanto en estucos de la zona maya como en la zona de México central, obteniéndose buenos resultados únicamente en los últimos. Esto lo atribuimos a que en la manufactura de los estucos del centro de México se añaden productos volcánicos como arena, ceniza, escoria molida y vidrio volcánico, lo que permite un mejor registro magnético. Los estudios también comprendieron la medición de la anisotropía de susceptibilidad magnética para la determinación de la fábrica, confirmándose la fábrica sedimentaria y por último la comparación de dirección del campo con muestras quemadas de la misma temporalidad, todo lo anterior nos permitió aseverar que los estucos no quemados registraban la dirección del campo magnético al momento de su fraguado (Hueda *et al*, 2004). Entre 2003 y 2008 se tomaron 62 muestras, todas ellas provenientes de excavación, y expuestas y no expuestas al fuego. Los resultados indican que la mayoría de las muestras con buen registro provenían de excavación y eran quemadas, siendo el valor medio de α_{95} para las muestras quemadas de 2.99 contra 7.98 de las no quemadas y las k correspondientes de 429 contra 68.

Tula. Entre 1969 y 1973 Wolfman tomó 8 muestras, 2 de excavación y 6 expuestas (pero no por más de 10 años), todas quemadas. En 2007 se realizó un extensivo muestreo tanto de muestras expuestas como de excavación. Las muestras no quemadas, en un importante porcentaje (más del 70%), no dan resultados. Esto lo atribuimos a que en la mezcla no fue necesario adicionar materiales volcánicos, dada la abundancia de calizas en la zona. Wolfman (1990) sólo acepta los resultados de 2 muestras, de acuerdo con la cronología con que se contaba en ese momento para el sitio. Martínez (2012) re-analiza estos resultados con nuevos datos radiométricos y 5 muestras más son aceptadas. Observamos una clara diferencia en los porcentajes de éxito entre los estudios de 1990 y 2012, lo que apunta al impacto de la polución en el área, más que a diferencia en la elaboración de los estucos ya que aquí las quemadas tienen un α_{95} promedio de 3.8 y el k es de 191.

3. Discusión.

Observamos en la Tabla 1 que en todos los sitios las muestras quemadas, tanto expuestas como las de excavación, son las que presentan los mayores porcentajes de resultados exitosos. El caso de expuesta no quemada exitoso de Teotihuacan es sólo con una muestra. La diferencia en el caso del Templo Mayor nosotros la atribuimos a la gran contaminación por automotores a que están expuestas las muestras en superficie. El efecto de la contaminación en los resultados más notorio es el caso de Tula, ya que la zona industrial ha crecido de forma muy importante, considerándosele una de las zonas más contaminadas del país. Es por ello que en Tula podemos observar cómo los porcentajes de buena señal magnética han disminuido notablemente. Las muestras quemadas de Tula, como puede observarse en la foto, denotan la exposición a altas temperaturas y hasta se repitió en 2012 una de las tomadas por Wolfman en los años 70, no obteniéndose buenos resultados. En el caso de Tula al contrario del Templo Mayor, observamos que los resultados tampoco son buenos en las de excavación, por lo que tendríamos que analizar hasta qué profundidad penetran los contaminantes, que en esa zona son fundamentalmente de tipo petroquímico y de la industria cementera. En el caso del Templo Mayor la contaminación subterránea es de tipo antropogénico más que químico. En Teotihuacan no observamos una clara diferencia entre las muestras provenientes de excavación y las expuestas, si se sigue el patrón general de mejores resultados en muestras quemadas,



pero no podemos inferir nada concluyente al respecto de las expuestas ya que no se cuenta con un número significativo de ellas.

Bibliografía

- Hernández Ávila, E.R., 2010. Control Cronométrico basado en Arqueomagnetismo de Teopancazco, Estado de México. Tesis de Física. Fac. Ciencias UNAM, 104 pp.
- Hueda, Y. 2000. Fechamiento arqueomagnéticos de estucos de los sitios de Teopancazco, Teotihuacan y Templo Mayor, Tenochtitlan. Tesis de Licenciatura en Arqueología, ENAH., México, 128 pp.
- Hueda, Y. y A.M. Soler, 2001. Fechamiento Arqueomagnético de estucos en los sitios de Teopancazco, Teotihuacan y Templo Mayor, Tenochtitlan. Informe presentado al consejo de arqueología INAH.
- Hueda-Tanabe, Y., Soler-Arechalde, A.M., Urrutia-Fucugauchi, J., Barba, L., Manzanilla, L., Rebolledo-Vieyra, M., Goguitchaichvili, A. 2004. Archaeomagnetic Studies in Central Mexico - Dating of Mesoamerican Lime-Plasters. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 147, 269-283.
- Martínez Miranda, V. 2012. TULA -EL TIEMPO PERDIDO- Fechamientos arqueomagnéticos. Licenciatura en Arqueología ENAH.México. 200 pp.
- Rodríguez Ceja, M. 2003. Análisis y Fechamiento Arqueomagnético de estucos de zonas habitacionales de Teotihuacan (Xalla) y Templo Mayor. Tesis de Física, Fac. Ciencias, UNAM. 64 pp.
- Romero, E., 2008. Fechamientos Arqueomagnéticos de pisos con control estratigráfico de la Excavación Teopancazco 2005, Teotihuacan. Tesis de Licenciatura en Física, Fac. de Ciencias, UNAM, México, 50 pp.
- Sánchez López, F. 2005. Nuevos fechamientos arqueomagnéticos de Xalla y Teopancazco, zonas habitacionales de Teotihuacan. Tesis de Física, Fac. Ciencias, UNAM, 90 pp.
- Soler Arechalde, A.M., A. Barrera Huerta, R. Barrera Rodríguez y J. H. Urrutia Fucugauchi, 2017. Datación arqueomagnética en edificios prehispánicos hallados en la Plaza Manuel Gamio. Memorias de la 1ª Mesa Redonda de Tenochtitlán con sede en el Colegio Nacional. Pruebas de galera.
- Soler-Arechalde, A. M., F. Sánchez, M. Rodríguez, C. Caballero-Miranda, A. Goguitchaishvili, J. Urrutia-Fucugauchi, L. Manzanilla, and D. H. Tarling, 2006. Archaeomagnetic investigation of oriented pre-Columbian lime-plasters from Teotihuacan. *Mesoamerica Earth Planets Space* 58 (10), 1433-1439.
- Tauxe, L., Kylastra, N., Constable, C. 1991. Bootstrap statistics for paleomagnetic data. *J. Geophys. Res.* 96, 11723-11740.
- Terán Guerrero, A., A. M. Soler-Arechalde, A. Goguitchaichvili, C. Caballero-Miranda, J. Morales, J. Urrutia-Fucugauchi, 2016. Dataciones Arqueomagnéticas en La Ciudadela de Teotihuacan, Sierra de las Navajas y Xalasco. *Arqueología Iberoamericana* 29, 15–20. ISSN 1989–4104. <http://laiesken.net/arqueologia/>
- Terán Guerrero, A. G. 2013. Estudios arqueomagnéticos en Ciudadela, Sierra de las Navajas y Xalasco, Cultura Teotihuacana. Maestría en Ciencias de la Tierra, Posgrado UNAM
- Wolfman, D., 1990. Mesoamerican chronology and archaeomagnetic dating, AD 1-1200. In Archaeomagnetic dating. Eghmy, J.L. y R.S. Sternberg editors, University of Arizona Press, Tucson