



**DETAILED ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE SECULAR VARIATION CURVE
TO MESOAMERICA AND EARLY TIMES.
ANÁLISIS DETALLADO Y MEJORAS DE LA CURVA DE VARIACIÓN SECULAR
PARA MESOAMÉRICA Y OCUPACIONES TEMPRANAS DE AMERICA.**

Ana Ma. Soler Arechalde
Universidad Nacional Autónoma de México
Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica

Resumen

La comprobación de la hipótesis de que los estucos que tenían escoria volcánica molida en su preparación podían registrar el campo magnético sin necesidad de haber sido expuestos al fuego, permitió considerar un mayor número de contextos a muestrear y además el poder registrar su fecha de elaboración. Desde este primer trabajo hasta la actualidad se ha estado laborando de manera intensiva por parte del Laboratorio, además de que ha habido la incorporación de numerosas dataciones de radiocarbono para México central, lo que ha mejorado la estratigrafía y cronología de Mesoamérica. A la luz de estas nuevas dataciones arqueomagnéticas y radiométricas se presenta una nueva curva de variación secular del 400 aC al 1600 dC. Se muestra la comparación de la CVS para Mesoamérica con los modelos Arch3K y Cals3K y para el suroeste de EU de Lengyel 2000 y Eighmy 1990.

Las investigaciones realizadas en el abrigo rocoso de Los Grifos en el sur de México nos permitió construir una nueva CVS del 4,000 al 16,000 años antes del presente empleando rocas volcánicas y registros de lagos.

Abstract

Testing the hypothesis about the stuccos, which had volcanic scoria in its preparation, could register the magnetic field without being exposed to heat, allowed considering a great number of contexts to be sampled and to register its elaboration date. Since this first work until now, the Laboratory has been working intensively, besides there has been the incorporation of numerous radiocarbon dating data of central Mexico, which have improved the stratigraphy and chronology of Mesoamerica. With this new archaeomagnetic and radiometric dating, a new secular variation curve from 400aC to 1600 dC is shown. This shows the comparison of the CVS for Mesoamerica with the Arch3K and Cals3K models, and for the southwest of the US of Lengyel 2000 and Eighmy 1990. The investigations that took place in the rocky shelter of Los Grifos in the south of Mexico, allowed us to elaborate a new CVS from 4000 to 16000 years before today by using volcanic rocks and lake records

Introducción

La primera curva de variación secular del año 1 al 1200 dC para Mesoamérica fue publicada por Wolfman en 1990 sobre estucos quemados. A raíz de análisis químicos realizados sobre estucos mexicanos donde, en los del Centro de México se detectó la presencia de escoria volcánica molida, se planteó la hipótesis de que los estos estucos podrían registrar el campo geomagnético, sin necesidad de estar quemados. Esta hipótesis se comprobó en 2000, ya que los registros magnéticos eran buenos y las fechas obtenidas en los mismos estratos mediante radiocarbono correspondían



con las obtenidas mediante arqueomagnetismo. Este hecho permitió el estudio de un mayor número de contextos y de eventos, ya que se puede establecer la fecha de elaboración de los estucos.

Los buenos resultados obtenidos en el año 2000 y el continuo trabajo del Laboratorio en diversos contextos arqueológicos aunado a la incorporación de un mayor número de dataciones de radiocarbono han permitido el mejoramiento y ampliación de la curva de variación secular para Mesoamérica y poblamiento temprano de América.

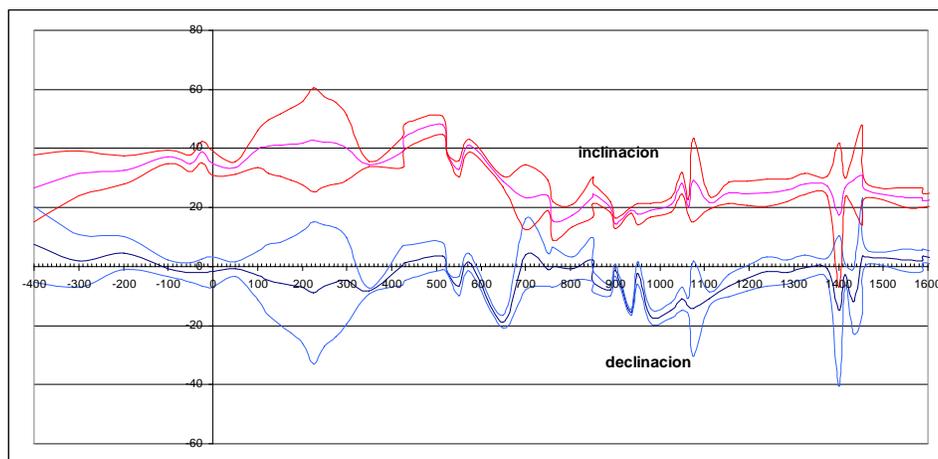
La curva de variación secular para Mesoamérica

El primer esfuerzo para construir la CVS para Mesoamérica del año 1 al 1200 dC fue hecho por Wolfman en su tesis de doctorado en 1973. El muestreo fue en 14 sitios de México, Guatemala; Honduras y El Salvador, de los que extrajo 78 muestras. Solo 14 de las mismas fueron desmagnetizadas hasta 30 mT, ya que todas eran quemadas y mostraban un buen agrupamiento. De ellas obtuvo 64 dataciones arqueomagnéticas de las que únicamente 9 fueron directamente correlacionadas con dataciones de radiocarbono.

En 1986 Latham y colaboradores realizaron estudios paleomagnéticos sobre una estalagmita en San Luis Potosí, de los que se obtuvieron 19 direcciones del campo geomagnético con fechas U-Th del año 762 al 1551 dC.

En el año 2000 con la tesis de Hueda se obtuvieron 58 muestras de Teotihuacan, Teopancazco, Cacaxtla, Xochicalco y Templo Mayor, sitios del Centro de México. Para poder datar mediante arqueomagnetismo se construyó una nueva CVS. En esta curva se incorporaron los datos de Wolfman (1991), los de Latham et al(1986) y datos de rocas volcánicas dentro del periodo del 1 al 1200 dC. Para ello se empleó la técnica de ventana móvil de 100 años, donde las declinaciones e inclinaciones promedio se calcularon mediante la estadística Fisher y para su interpolación splines cúbicos.

A partir del año 2001 se continuó trabajando de manera intensiva mediante tesis de Licenciatura en Física (Rodríguez, 2003, Guerrero, 2003, Sánchez, 2005, Romero, 2008, López, 2008, Saavedra, 2010, Hernández, 2010 y Fregoso, 2010), muestreándose 7 nuevos sitios y nuevas etapas en Teopancazco, Templo Mayor y Xochicalco. En 2011 con los trabajos realizados en El Tejar, Veracruz pudimos expandir la curva hasta el 400 aC (Aguilar y Morales, 2011).



Curva de variación secular para Teotihuacan (19.7N ,98.8W) del 400aC al 1600 dC.



El proceso de construcción de la curva es un continuo, ya que nuevas fechas son incorporadas a la misma cuando se cuenta con la corroboración de dataciones de radiocarbono. Desde 1999 hemos muestreado 13 sitios, todos en México, habiendo obtenido más de 100 muestras y 50 nuevas fechas.

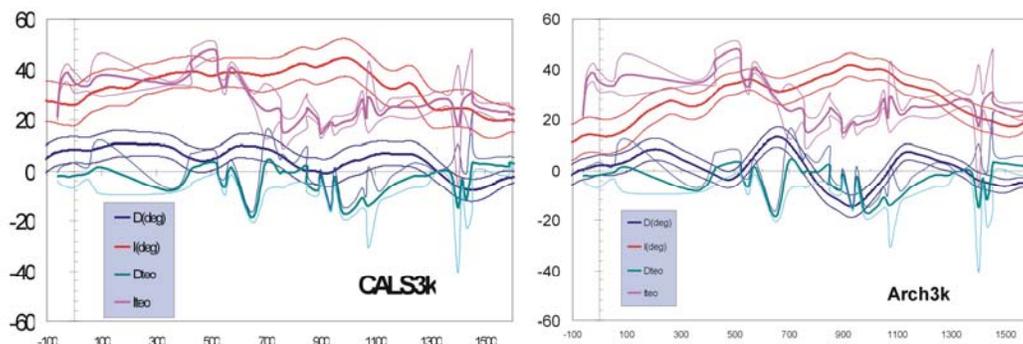
Nuestro extenso trabajo en Teopancazco con la Dra Manzanilla del Instituto de Investigaciones Antropológicas y las Dras Beramendi y González del Laboratorio de Radiocarbono, ambas instituciones de la UNAM, nos permitió proponer una nueva cronología para Teotihuacan, basada en las dataciones de radiocarbono y como restricción en la estadística Bayesiana las dataciones arqueomagnéticas.

La nueva cronología propuesta para Teotihuacan es: Tlalmimilolpa del 200 al 270 dC, la transición de Tlalmimilolpa a Xolalpan del 240 al 350 dC, Xolalpan temprano del 325 al 415 dC, Xolalpan tardío del 415 al 545 dC. La cronología es soportada por 30 fechas de radiocarbono y una restricción arqueomagnéticas como punto flotante, la fecha del Gran Incendio de 550 +/-25 dC (Manzanilla, 2003a,b; Soler-Arechalde et al, 2006). Los límites de los diferentes periodos de esta cronología obtenidos mediante el modelo Bayesiano muestran notable concordancia con las fechas arqueomagnéticas, lo que corrobora la validez del modelo.

Con el fin de mejorar el proceso de datación en 2010 se introdujo la última versión de esta CVS al programa RENDATE de Lannos (2004) que emplea la estadística Bayesiana para seleccionar las fechas más probables.

Existen aun muchos intervalos de la CVS con un solo dato, por tanto es necesario aumentar nuestras áreas de estudio para contar con un número mayor de datos por periodo de tiempo.

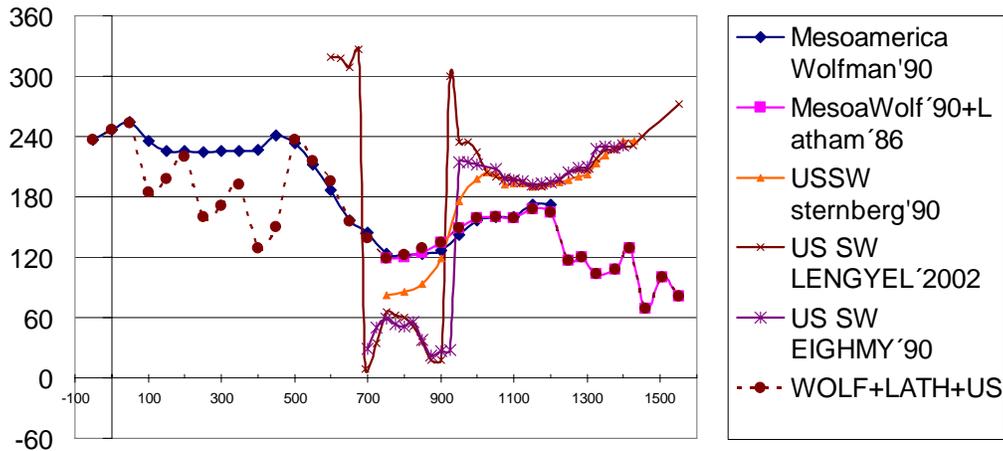
La comparación con los modelos CALSk3K y Arch3K (Korte et al.,2009 y Donadini et al.,2009) muestran que para el suavizamiento de la curva y poder asegurar que algunos cambios abruptos son reales y minimizar los errores es necesario un número mayor de datos, esto es aumentar tanto el número de sitios muestreados como de temporalidades.



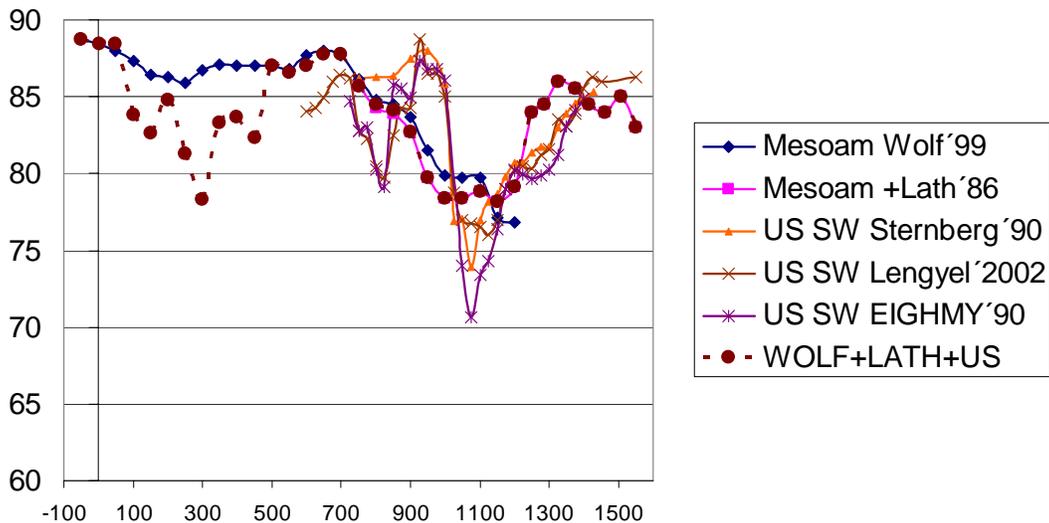
Modelos CAL3K y Arch3k calculado para Teotihuacan (19.7N,98.8W)
D(deg) Declinación, I(deg) Inclinación comparado con
CVS para Teotihuacan (Dteo-Declinación , Iteo-Inclinación)



A continuación se muestra una comparación entre diversas curvas de variación secular: la curva de Wolfman de 1990, la curva de Wolfman y la inclusión de los datos de Latham de 1986, la del suroeste de EU de Sternberg 1990, la de Lengyel 2000, la de Eighmy 1990, y finalmente la de Wolfman, Latham y nuestros datos. Podemos observar que la forma de las curvas es muy similar pero no la magnitud de los cambios, lo que refleja cambios regionales de la variación secular del campo magnético terrestre.



Variación secular en Longitud para Mesoamérica y Suroeste de Estados Unidos, autores varios.



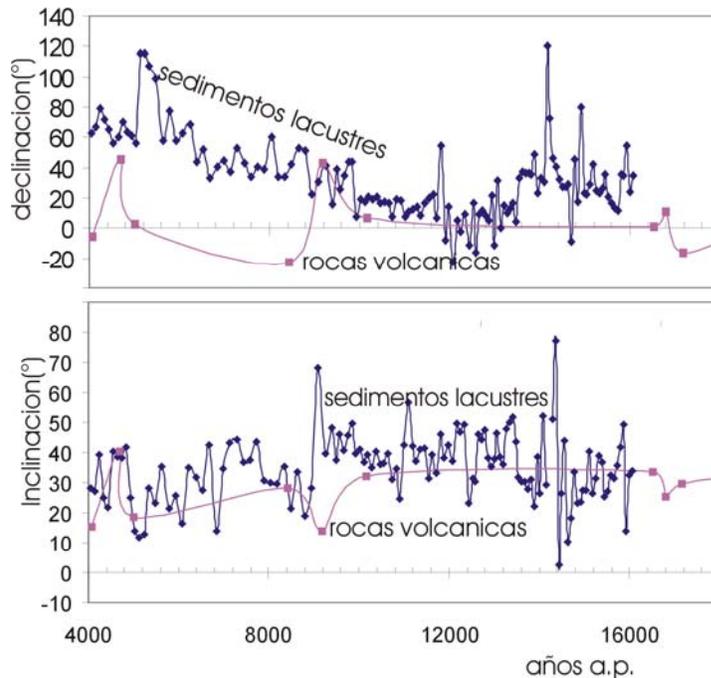
Variación secular en Latitud para Mesoamérica y Suroeste de Estados Unidos, autores varios.

LA CVS para la ocupación temprana de America

Durante tres temporadas de excavación 2007,2008 y 2009, el abrigo rocoso de los Grifos en Chiapas fue muestreado bajo la dirección del Dr. Acosta del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM. Este sitio de ocupación temprana de América nos impulsó a desarrollar una nueva CVS del 4000 al 16000 AP. Rocas volcánicas y sedimentos del lago de Chalco fueron empleados. Como los sedimentos lacustres fueron obtenidos de núcleos no fue



posible determinar su declinación real. Quince registros de rocas volcánicas fueron usados. Los resultados obtenidos mostraron buena correspondencia con las dataciones de radiocarbono del sitio muestreado.



CVS del 4000 al 16000 antes de presente para el Centro de México.

Sedimentos lacustres (Ortega,1992); Rocas Volcánicas (Clement et al.,1993;Conte, 2006; González et al.;1997,Michalk, 2010, Urrutia, 1996; Urrutia y del Pozo,1993; Vlag et al.,2000)

Muestra	N	<u>Dec</u>	<u>Inc</u>	R	k	α_{95}	Fechas probables	Fecha 14C
LG04	6	343.2	23.2	5.96	132.83	4.55	6,150 ± 250a.p.	
							8,800 ± 100a.p.	8930±150 y 9540±150 a.p
LG05	4	350.8	33.2	3.94	49.22	10.05	8,800 ± 100a.p.	8930±150 y 9540±150 a.p
LG10	3	344.9	11.2	2.98	107.51	8.95	5,600 ± 600 a.p.	
							8,950 ± 250 a.p.	8930±150 y 9540±150 a.p

Tabla de direcciones características con fechas probables y de 14C para muestras de población temprana de México en Los Grifos, Chis.(Fregoso,2010).

Conclusiones

Como puede observarse es necesario un mayor muestreo conjuntamente con dataciones de radiocarbono u otro método radiométrico para la construcción mas sólida y de mayor exactitud de la CVS para México, Mesoamérica y población temprana de América.



Bibliografía

- Aguilar Parra L. I. y Morales Sánchez, R. 2011. Estudio arqueomagnético: Una aplicación a la cronología de la arquitectura de tierra en el sitio “La Joya”, Veracruz. Tesis de Arqueología, ENAH, 182 pp.
- Clement B.M, C.B. Connor y G. Graper, 1993. Paleomagnetic estimate of the emplacement temperature of the long-runout Nevado de Colima volcanic debris avalanche deposit, Mexico, *Earth and Planetary Science Letters*, v. 120, pp. 499-510
- Conte-Fassano, G., J. Urrutia-Fucugauchi, A. Goguitchaichvili y J. Morales Contreras, 2006. Low-latitude paleosecular variation and the time-averaged field during the late Pliocene and Quaternary – Paleomagnetic study of the Michoacan-Guanajuato volcan field, Central Mexico, *Earth, Planets Space*, v. 58, pp. 1359-1371
- Fregoso Urrutia D. 2010. Estudio Arqueomagnético en el abrigo rocoso “los Grifos, Chiapas; sitio de ocupación temprana en América. Tesis de Licenciatura en Física, Fac. de Ciencias, UNAM. 124 p.
- Donadini, F., Korte, M. and Constable, C. 2009. Geomagnetic field for 0–3 ka: 2. A New data Sets for Global modeling, *Geochem. Geophys. Geosystems*, 10, Q06007, doi: 10.1029/2008GC002295.
- Eighmy, J. 1990. Archaeomagnetic secular variation in the American Southwest, A.D. 700-900; final results from Dolores Archaeological Program in *Archaeomagnetic Dating*, Eighmy, Jeffrey y Stenberg Editores, Tucson, USA, The University of Arizona Press, pp. 226-236.
- Gonzalez, S., Sherwood G., Böhnell H. y Schnepf, E. 1996. Paleosecular variation in Central Mexico over the last 30,000 years: the record from lavas, *Geophysical Journal International*, v. 130, n. 1, pp. 201-219.
- Guerrero, X., Análisis Arqueomagnético de estucos del Valle de México. Tesis de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias, UNAM, 31 p.
- 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 p.
- Hueda, Y., A.M. Soler-Arechalde, J. Urrutia-Fucugauchi, L. Barba, L. Manzanilla, M. Rebolledo & A. Goguitchaishvili, 2004. Archaeomagnetic studies in central México – dating of Mesoamerican lime-plasters. *Phys. Earth & Planet. Int.* 147, pp. 269-283.
- Korte, M., F. Donadini and C. G. Constable, 2009. Geomagnetic field for 0–3 ka: 2. A New series of time-varying global models, *Geochem. Geophys. Geosystems*, 10, Q06008, doi: 10.1029/2008GC002297.
- Lanos, P., 2004. Bayesian Inference of Calibration Curves: Application to Archaeomagnetism, en C. E. Buck y A. R. Millard (comps.), *Tools for Constructing Chronologies. Crossing Disciplinary Boundaries*. Springer-Verlag, pp. 43-82.
- Latham, A.G., H.P. Schwarz & D.C. Ford, 1986. The paleomagnetism and U-Th dating of Mexican stalagmite, DAS2. *Earth & Planet. Sci. Lett.*, 79, pp. 195-207.
- Lengyel, S. 2002. A revision to US Southwest Archaeomagnetic Master Curve, *Journal of Archeological Sc.* v. 29, no. 12, pp. 1423-1433.



Michalk, D.M., A. Muxworthy, H. Bönhel, J. Maclennan y N. Nowaczyk, 2010. Evaluation of the multispecimen parallel differential pTRM method: a test on historical lavas from Iceland and Mexico, *Geophysical Journal International*, v. 173, pp. 409-420.

Ortega, B., 1992. Paleomagnetismo, magnetoestratigrafía y paleoecología del cuaternario tardío en el lago de Chalco, Cuenca de México, Tesis de Doctorado.

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.

Saavedra Cortes, S. P., 2010. Estudio arqueomagnético en el área de Tecamac, Estado de México, Tesis de Licenciatura en Física, Fac. de Ciencias, UNAM. 78 p.

Sánchez, F., 2005. Nuevos Fechamientos de Xalla y Teopancazco, zonas habitacionales de Teotihuacan. Tesis de Licenciatura en Física, Fac. de Ciencias, UNAM, México, 90 p.

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*, v. 58 (No. 10), pp. 1433-1439.

Sternberg, R., 1990. Archaeomagnetic secular variation in American Southwest, AD 700-1450 in *Archaeomagnetic dating*, Eighmy, Jeffrey y Stenberg Editores, Tucson, USA, The University of Arizona Press, pp. 199-225.

Urrutia-Fucugauchi, J., 1996. Paleomagnetic study of the Xitle-Pedregal de San Angel lava flow, southern Basin of Mexico, *Physics of the Earth and planetary Interiors*, v. 97, pp. 177-196.

Urrutia-Fucugauchi, J. y A. Martin del Pozzo, 1993. Implicaciones de los datos paleomagnéticos sobre la edad de la Sierra de Chichinautzin, cuenca de México, *Geofísica Internacional*, v. 32, p. 523-533.

Vlag, P., L. Alva-Valdivia, C.B. de Boer, S. Gonzalez, J. Urrutia-Fucugauchi, 2000. A rock- and paleomagnetic study of a Holocene lava flow in Central Mexico, *Physics of the Earth and planetary Interiors*, v. 118, pp. 259-272.

Wolfman, D., 1973. A re-evaluation of Mesoamerican chronology: AD 1-1200. Tesis de Doctorado, Colorado University, 293 pp.

Wolfman, D., 1990. Mesoamerican chronology and archaeomagnetic dating, AD 1-1200, en: *Archeomagnetic dating*, Eighmy, Jeffrey y Stenberg Editores, Tucson, USA, The University of Arizona Press, pp. 261-391.