

RESEARCH ARTICLE

DATACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA DE LA JOYA (VERACRUZ, MÉXICO)

Archaeomagnetic Dating of the Earthen Architecture from La Joya (Veracruz, Mexico)

**Rocío Morales Sánchez,¹ Lilia Ivonne Aguilar Parra,¹
Ana María Soler Arechalde,^{2,3} Avto Goguitchaichvili^{3,4}**

¹ DSA, INAH, México; ² Instituto de Geofísica, UNAM, Ciudad Universitaria, México; ³ Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM, Campus Morelia, México; ⁴ Estancia sabática, Geophysics, Department of Physics, University of Alberta, Canadá
(✉ anesoler@igeofisica.unam.mx)

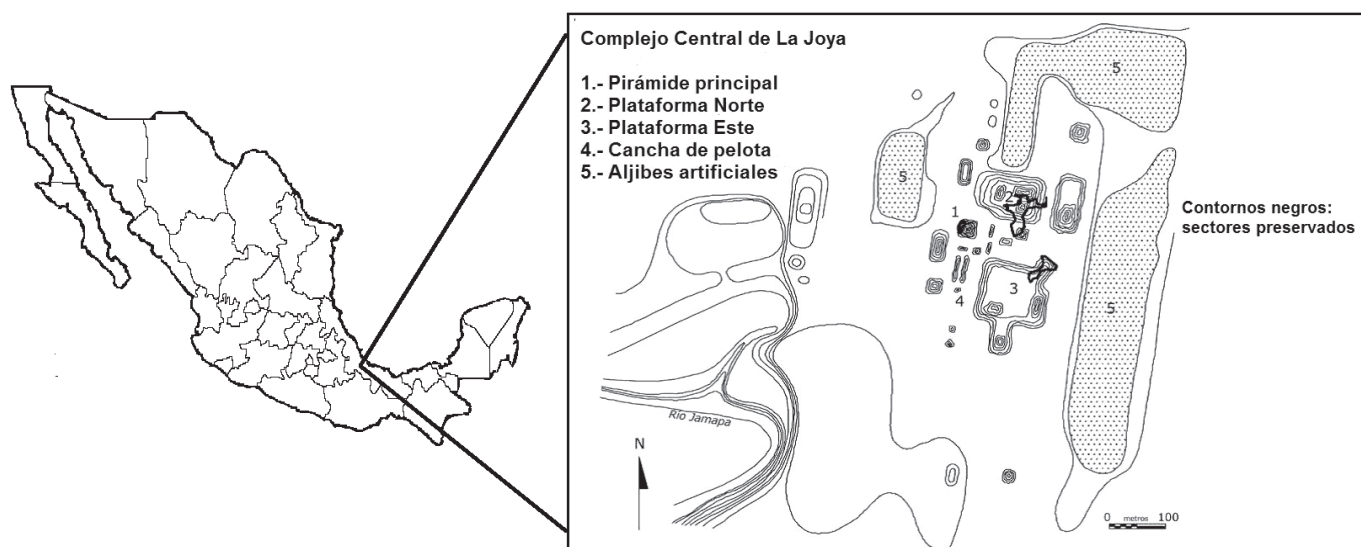


Figura 1. Complejo arquitectónico del sitio La Joya, Veracruz, México (tomado de Daneels y Guerrero 2013: 18).

RESUMEN. Se reportan los resultados del estudio arqueomagnético efectuado en La Joya, Veracruz, sitio de arquitectura de tierra del Clásico ubicado en la parte central de la costa del golfo de México. Se obtuvieron diecinueve dataciones, la mayoría de las cuales pertenecen al Clásico Temprano (300-700 DC), cuando el sitio tuvo su mayor auge, seguidas por las del Clásico Tardío (700-1000 DC) asociadas a la fase constructiva final, incluyendo las del Preclásico correspondientes al inicio del asentamiento. Se comprobó la factibilidad de la aplicación del arqueomagnetismo a la arquitectura de tierra en condiciones climáticas tropicales, y se obtuvieron cuatro fechas de radiocarbono del Preclásico para ser anexadas a la curva de variación secular magnética de Mesoamérica.

PALABRAS CLAVE. Datación arqueomagnética; arquitectura de tierra; La Joya; golfo de México; Mesoamérica.

ABSTRACT. We report the results of an archaeomagnetic study carried out at La Joya, Veracruz, a Classic earthen architecture site located in the central part of the Gulf of Mexico coast. Nineteen datings were obtained, most of which

Recibido: 3-10-2022. Aceptado: 12-10-2022. Publicado: 28-10-2022.

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. Arqueol. Iberoam. Open Access Journal.
License CC BY 3.0 ES. <https://n2t.net/ark:/49934/281>. <http://purl.org/aia/5009>.

belong to the Early Classic (AD 300–700), when the site had its greatest growth, followed by those from the Late Classic (AD 700–1000) associated to the final constructive phase, including those from the Preclassic corresponding to the beginning of the settlement. The feasibility of applying archaeomagnetism to earthen architecture under tropical climatic conditions was tested, and four Preclassic radiocarbon dates were obtained to be appended to the magnetic secular variation curve of Mesoamerica.

KEYWORDS. *Archaeomagnetic dating; earthen architecture; La Joya; Gulf of Mexico; Mesoamerica.*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha despertado el interés por los sitios mesoamericanos con arquitectura de tierra, sobre todo respecto al análisis de los sistemas constructivos y estrategias de protección aplicables a sus edificios; además de su estudio integral y sistemático donde se incluye, por supuesto, la determinación de su desarrollo cronológico. Este último factor determinó que se llevara a cabo el análisis arqueomagnético con fines de datación en La Joya, antigua ciudad del Clásico ubicada en la zona costera central del actual estado de Veracruz, México.

Los resultados de dicho estudio son los que se presentan a continuación. Pertenecen a la investigación que se hizo para evaluar la factibilidad y eficacia del método en el sitio, que es representativo de la arquitectura de la región a base de tierra compactada, técnica constructiva que no había sido contemplada hasta ese momento. Representó un reto por ubicarse en un ambiente tropical altamente húmedo, condición poco favorable para el registro de la magnetización en los contextos muestreados (muros y pisos no quemados y quemados y paredes de hornos) y, como consecuencia, para la obtención de las fechaciones.

Sin embargo, gracias a que el antiguo asentamiento se levantó bajo un excelente sistema constructivo y a que su emplazamiento fue fundamentalmente estratégico, cada uno de los edificios hoy conservados dio paso a que se logaran resultados exitosos, sobre todo en los contextos que no fueron expuestos al fuego, los cuales, presuntamente, serían más susceptibles a sufrir alteraciones en sus elementos constitutivos.

Lo anterior permitió efectuar dataciones arqueomagnéticas que apuntan principalmente hacia el Clásico Temprano (300-700 DC), momento en el que la ciudad ya cuenta con un gran complejo arquitectónico. Le siguieron el Preclásico Superior y el Clásico Tardío (700-1000 DC). Los datos que contaban con dataciones de radiocarbono se incorporaron a las curvas de va-

riación secular de México. También se obtuvieron datos de épocas más tempranas (a partir de 400 AC-1 DC) que aportaron información sobre el inicio del sitio, así como del Clásico Tardío correspondiendo a la fase constructiva final del trazado urbano.

Finalmente, se puede concluir que el estudio arqueomagnético realizado en La Joya arrojó resultados significativos, demostrando que su aplicación en la arquitectura de tierra tiene un alto nivel de confiabilidad, condición que se constató al datar distintos contextos; pero, sobre todo, por las condiciones climatológicas, que en un principio podrían haber representado un impedimento.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Joya es un sitio mesoamericano emplazado en la zona centro de la planicie costera del actual estado de Veracruz, dentro de la jurisdicción del municipio de Medellín de Bravo. Se localiza sobre una suave elevación constituida por una paleoduna rodeada de terrazas aluviales en la cuenca baja, donde confluyen los ríos Jamapa y Cotlaxtla, los cuales provienen de las inmediaciones del Pico de Orizaba (Citlaltépetl), y cuya travesía hacia la costa va llevando a su paso una cuantiosa cantidad de arcillas que se van depositando a lo largo de las terrazas aluviales de la zona (Liberotti 2020: 398).

La antigua ciudad tiene una extensión aproximada de 500 000 m². Sus coordenadas geográficas son 19° 04' 00" latitud norte y 96° 09' 00" longitud oeste y tiene una altura de 7 m s. n. m. Esta porción del estado se caracteriza por estar en tierras bajas y ser irrigada por una amplia red hidrológica, donde predomina un clima tropical húmedo con temperaturas medias anuales de 24 y 26 °C y, en el mes más frío, ligeramente por encima de los 18 °C. En la temporada de lluvias correspondiente a los meses de verano alcanza una precipitación anual media de 1500 a 2000 mm. Para la época de invierno, se tiene la presencia de nortes y huracanes,

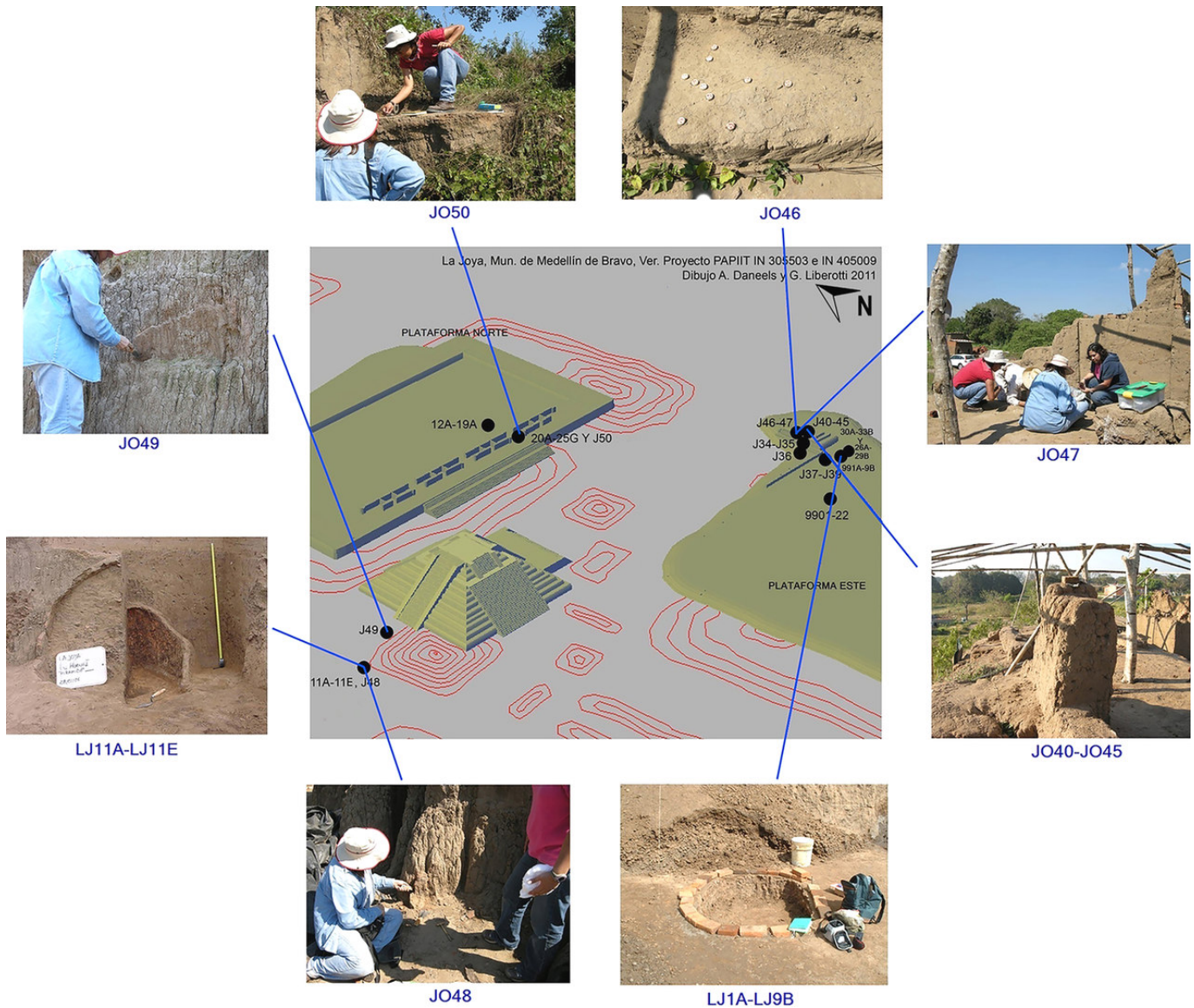


Figura 2. El sitio La Joya, donde se presentan algunos de los contextos de los cuales fueron extraídas las muestras. Plano modificado de Daneels (2011).

con vientos que logran velocidades de 50 a 130 km/h y de 63 a 118 km/h, respectivamente. Los primeros se presentan entre septiembre y mayo y son vientos fríos, generalmente secos, que propagan nubes de polvo con un fuerte empuje abrasivo. De junio a noviembre, que es el periodo de huracanes, se producen desbordamientos de ríos y deslaves de las laderas de las sierras cercanas (Daneels y Piña 2020: 199).

Este panorama climatológico prevaleciente en esa parte del golfo de México, y que a la vista no es nada favorecedor para la arquitectura de tierra del sitio, no fue impedimento para los antiguos constructores del lugar en el desarrollo de un inmejorable sistema constructivo que es objeto de estudio por parte de los especialistas. Según Daneels y Guerrero, su emplazamiento

fue estratégico al permitir a los antiguos habitantes tanto un óptimo desarrollo agrícola, por la presencia de agua durante todo el año, como utilizar y transformar el suelo local de los depósitos fluviales para la construcción y extensión de su propia ciudad (Daneels y Guerrero 2012: 35).

Bajo esta perspectiva derivó el estudio que a continuación se presenta, donde se planteó la posibilidad de realizar la datación de distintos contextos del sitio; considerando que era una excelente oportunidad para probar la aplicabilidad del método arqueomagnético en este tipo de entorno donde, como ya se mencionó, las condiciones ambientales son un factor poco favorable para llevarlo a cabo, sobre todo si tomamos en cuenta que el arqueomagnetismo solo había sido aplicado en contex-

tos expuestos al fuego y en condiciones climáticas totalmente diferentes.

DESCRIPCIÓN DEL SITIO

Con base en las evidencias arqueológicas, la antigua ciudad de La Joya ha sido identificada como parte de la

llamada *cultura Remojadas*, concepto que Alfonso Medellín asignó en la década de los sesenta a las poblaciones establecidas en la zona centro del estado veracruzano durante el Clásico (figura 1) (Medellín 1960, citado en Daneels y Guerrero 2012: 36).

Su ocupación se inicia en el periodo olmeca, hacia el año 1000 AC y perdura hasta el Clásico Temprano (300 DC), momento en que la ciudad alcanzó su máximo

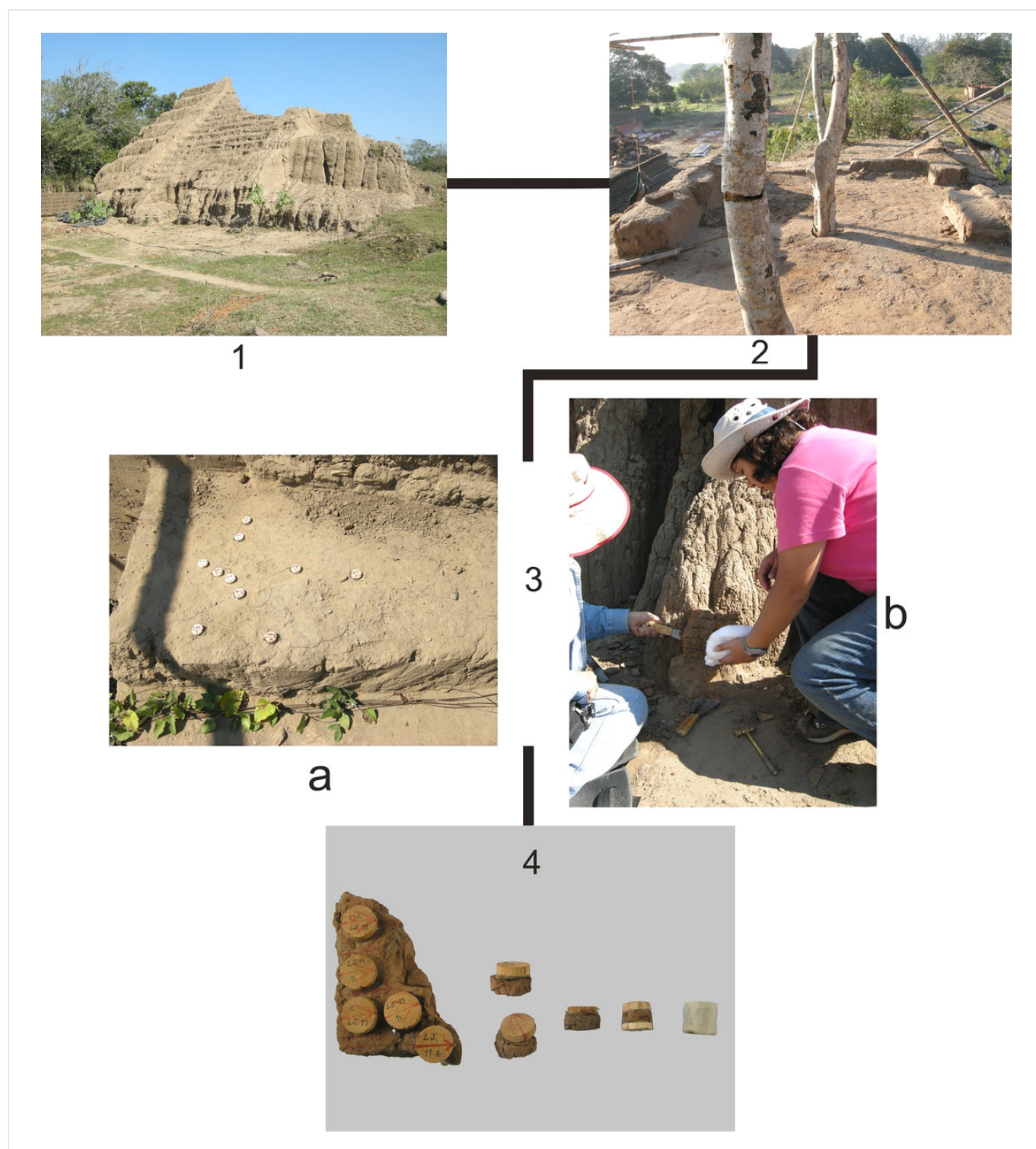


Figura 3. Pasos para la obtención y preparación de las muestras y especímenes arqueomagnéticos.

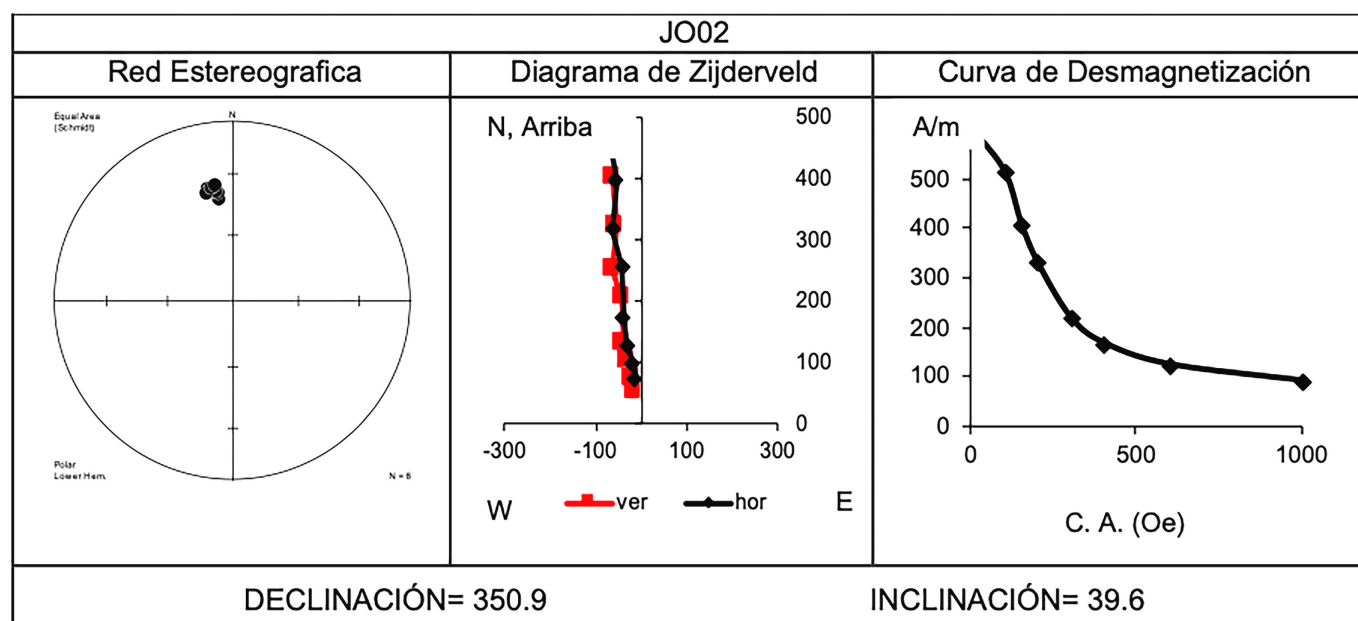


Figura 4. Desmagnetización del espécimen JO02. Panel izquierdo: red estereográfica. Panel central: diagrama de Zijderveld, en donde se muestran las dos componentes. Panel derecho: curva de desmagnetización. Como se puede observar, presenta una magnetización tendente al origen, con muy poca dispersión y su intensidad fue disminuyendo considerablemente.

crecimiento y desarrollo urbano, mostrando un importante conjunto arquitectónico central rodeado al norte, oriente y poniente por tres aljibes de planta longitudinal. Esta área central está constituida por una amplia plaza monumental acotada por tres grandes plataformas y, al oeste, por una pirámide con una altura aproximada de 22 a 25 m. A su vez, la pirámide forma parte de una segunda plaza que es de forma cuadrangular y limita al norte con la propia pirámide, al sur con la cancha del juego de pelota, más dos plataformas laterales al este y al oeste, que corresponde al ordenamiento característico de la región denominado *plano estándar* (Daneels y Piña 2020: 127).

A partir de 2004, La Joya ha sido explorada por Daneels, quien reporta que es un sitio edificado totalmente con tierra cruda donde los antiguos pobladores emplearon diferentes sistemas constructivos: tierra apisonada, adobes y recubrimientos térreos (Daneels y Guerrero 2012: 34-35); con lo cual dieron respuesta a su necesidad de vivienda, adaptando y haciendo uso sostenible de los recursos que tuvieron a su alcance (Daneels y Guerrero 2013: 18-19).

Es importante mencionar que La Joya tiene un nivel elevado de destrucción. Daneels menciona que se conserva menos del 5 % del volumen del complejo arquitectónico, ya que la tierra de los edificios ha sido utilizada como materia prima para la fabricación de ladrillos y tejas.

OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS ARQUEOMAGNÉTICAS

Muestreo en el sitio arqueológico

Del sitio La Joya se obtuvieron 24 muestras constituidas por 196 especímenes de pisos y muros quemados y no quemados, de hornos y de una base de una pilastra. Las muestras provienen de los tres edificios que conforman el sitio y fueron tomadas a lo largo de tres temporadas de campo (2005, 2008 y 2009) (figura 2).

Obtención y preparación de las muestras

Para la extracción de las muestras, se utilizaron dos métodos: el de obtención por especímenes y el de obtención por bloque. Para la obtención de especímenes, se limpió la superficie de la muestra, a la que posteriormente se le adherieron discos de madera (testigos), los cuales fueron orientados respecto al norte magnético con una brújula tipo *Brunton*, midiendo su azimut y su echado.

Para la obtención de un bloque, se toma el rumbo y el echado de un fragmento de un piso o de un muro; para esto, se marca una línea recta y, con una escuadra, se trazan líneas paralelas a esa línea. En ambos casos, se anotan las orientaciones y los registros pertinentes. Pos-

Tabla 1. Direcciones resultantes y parámetros estadísticos para la muestra JO01-JO22 del sitio La Joya.

Muestra	N	DEC	INC	α_{95}	R	K
JO01-JO22	22	356.7	39.1	3.1	21.79	97.85

teriormente, se embalan para ser trasladados al laboratorio (figura 3).

Procesamiento de las muestras

En el laboratorio, las muestras se consolidan y cortan para introducirlas en el portamuestras y medir la magnetización natural remanente (NRM) de cada espécimen en un magnetómetro JR6. Las mediciones se llevaron a cabo tanto en el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM, en Ciudad de México, como en el Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA), en Morelia, Michoacán. Dichas mediciones fueron procesadas con el programa REMA-6, mediante el cual se obtuvieron los datos de declinación, inclinación e intensidad de la magnetización remanente de cada espécimen.

La NRM de todos los especímenes de una muestra se graficó en una red estereográfica para observar el grado de agrupamiento. Con ella se eligieron los especí-

menes y pasos de la desmagnetización, que se realizó mediante campos alternos. Del procesado de cada espécimen se obtiene su red estereográfica, diagrama vectorial, espectro de desmagnetización y dirección característica (figura 4).

Al tener ya las direcciones graficadas por cada sitio en una red estereográfica con el programa *Spheristat*, se puede observar si las muestras poseen una sola componente y, por tanto, están bien agrupadas; o si se encuentran a lo largo de un plano, lo que implica que tienen una componente secundaria; o si no muestran ningún tipo de agrupamiento (Soler-Arechalde 2006: 22). Se empleó la estadística de Fisher para obtener la dirección media característica de la muestra.

También se determinó la anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) de cada uno de los especímenes, utilizando un susceptibilímetro *Kappabridge* KLY 2 para conocer la distribución de los minerales ferromagnéticos de los especímenes.

En la tabla 1 presentamos el resultado de la muestra JO01-JO22 a la que pertenece el espécimen JO02.

Tabla 2. Direcciones resultantes con sus parámetros estadísticos y dataciones para las muestras del sitio La Joya del periodo Preclásico. Se reporta su identificación, el número de especímenes incluidos en el cálculo (#), declinación e inclinación media obtenidas mediante la estadística de Fisher y sus parámetros correspondientes α_{95} , R, K. También se muestra su ubicación y si la muestra está quemada (Q), la fecha mediante radiocarbono y la datación arqueomagnética. Como en este caso no se cuenta con datos arqueomagnéticos para ese fragmento de la curva, se toman los datos de radiocarbono como los de datación arqueomagnética y se anexan a la curva de variación secular magnética.

Muestra	#	Dec	Inc	α_{95}	R	K	Ubicación	Fechas ^{14}C AC	Datación AC
LJ11	5	1.5	51.5	10.0	4.93	519.91	Pirámide Muro Q de Horno 1	350-300	350-300
LJ30- LJ33B	9	4.7	29.0	8.3	8.799	39.72	Plataforma Este (pre) Horno 2 Piso Q	400-170	400-170
JO48	8	338.9	51.6	4.62	7.919	85.96	Pirámide (pre) Horno 1 Pared Q	350-300	350-300
JO49	5	312.9	20.9	3.3	4.99	546.99	Pirámide (pre) Horno 2 Pared Q	350-300	350-300

Tabla 3. Direcciones resultantes con sus parámetros estadísticos y dataciones para las muestras del sitio La Joya del periodo Clásico Temprano. Se reporta su identificación, el número de especímenes incluidos en el cálculo (#), declinación e inclinación media obtenidas mediante la estadística de Fisher y sus parámetros correspondientes α_{95} , R, K o MAD en el caso de un solo espécimen. También se muestra su ubicación y si la muestra está quemada (Q), la fecha mediante radiocarbono o estratigrafía (*) y la datación arqueomagnética (en el caso de contar con datos de radiocarbono, los datos son anexados a la curva de variación secular). * Esta datación es por correlación estratigráfica y/o secuencia cerámica.

Muestra	#	Dec	Inc	α_{95} / MAD	R	K	Ubicación	Fechas ^{14}C DC Estratigrafía	Datación DC Obtenida
LJ12A- LJ15B	2	352.2	46.0	5.9	4.976	169.1	Plataforma Norte Etapa II Piso Q	230-410 *	420-440
LJ16A- LJ19A	3	349.8	38.0	7.5	2.993	272.2	Plataforma Norte Etapa II Piso Q	230-410 *	337-360 406-430
LJ20A- LJ25G	8	323.9	56.6	8.4	7.931	102.0	Plataforma Norte Etapa I y II	230-410 *	304-325
JO36	11	354.9	36.9	12.7	10.69	8.398	Plataforma Este Etapa IIIC Piso Q	500-700	554-603
JO37	1	359.9	39.9	7.1	-	-	Plataforma Este Etapa IIIA Piso 1 Q	Hacia 400 *	413-432
JO38	1	348.4	23.1	5.7	-	-	Plataforma Este Etapa IIIA Piso 2 Q	Hacia 400 *	365-420
JO40	10	353.7	38.2	3.3	9.959	218	Plataforma Este Etapa IIIA Inf Piso Q	Hacia 400 *	412-429
JO41	8	347.7	36.0	4.9	7.947	131	Plataforma Este Etapa IIIA Inf	Hacia 400 *	408-425
JO42	2	345.2	37.2	18.5	1.989	81.89	Plataforma Este Etapa IIIA Inf	Hacia 400 *	340-422
JO43	6	348.4	34.4	3.9	5.983	294.4	Plataforma Este Etapa IIIA Inf	Hacia 400 *	402-424
JO44	6	352.6	29.4	6	5.96	125.4	Plataforma Este Etapa IIIA Inf Piso Q	Hacia 400 *	353-423
JO45	12	355.9	42.2	7.1	11.72	38.67	Plataforma Este Etapa IIIA Inf Piso Q	Hacia 400 *	423-435
JO46	10	350.3	36.3	6.8	9.826	51.83	Plataforma Este Etapa IIIA Sup Piso Q	Hacia 450 *	402-428
JO47	6	351.0	35.1	4.16	5.981	259.3	Plataforma Este Etapa IIIA Sup Piso Q	Hacia 450 *	402-426
JO50	16	352.1	37.0	2.9	15.91	160	Plataforma Norte Edificio de acceso Piso Q	Hacia 400 *	409-427

Tabla 4. Ubicación de las muestras del sitio La Joya que no presentaron un buen registro de la dirección del campo geomagnético y, por tanto, no pudo efectuarse la datación arqueomagnética. Se reporta su identificación, el número de especímenes, su ubicación y datación mediante radiocarbono o estratigrafía. La palabra «(pre)» después del nombre del edificio significa que la muestra proviene de una etapa previa a la construcción de dicho edificio. * Esta datación es por correlación estratigráfica y/o secuencia cerámica.

Muestra	#	Ubicación	Fechas de ^{14}C o estratigráficas (*)
LJ1A-LJ9B	20	Plataforma Este (pre) Muro quemado del Horno 2	410-230 AC
LJ26A-LJ29B	8	Plataforma Este (pre) Horno 2 Muro quemado	400-170 AC
JO34-JO35	2	Plataforma Este Etapa IIIA superior Cara W Muro quemado, andador de acceso	Hacia 450 DC *
JO39	2	Plataforma Este Etapa IIIA Piso 3 quemado	Hacia 400 DC * (Clásico Temprano)

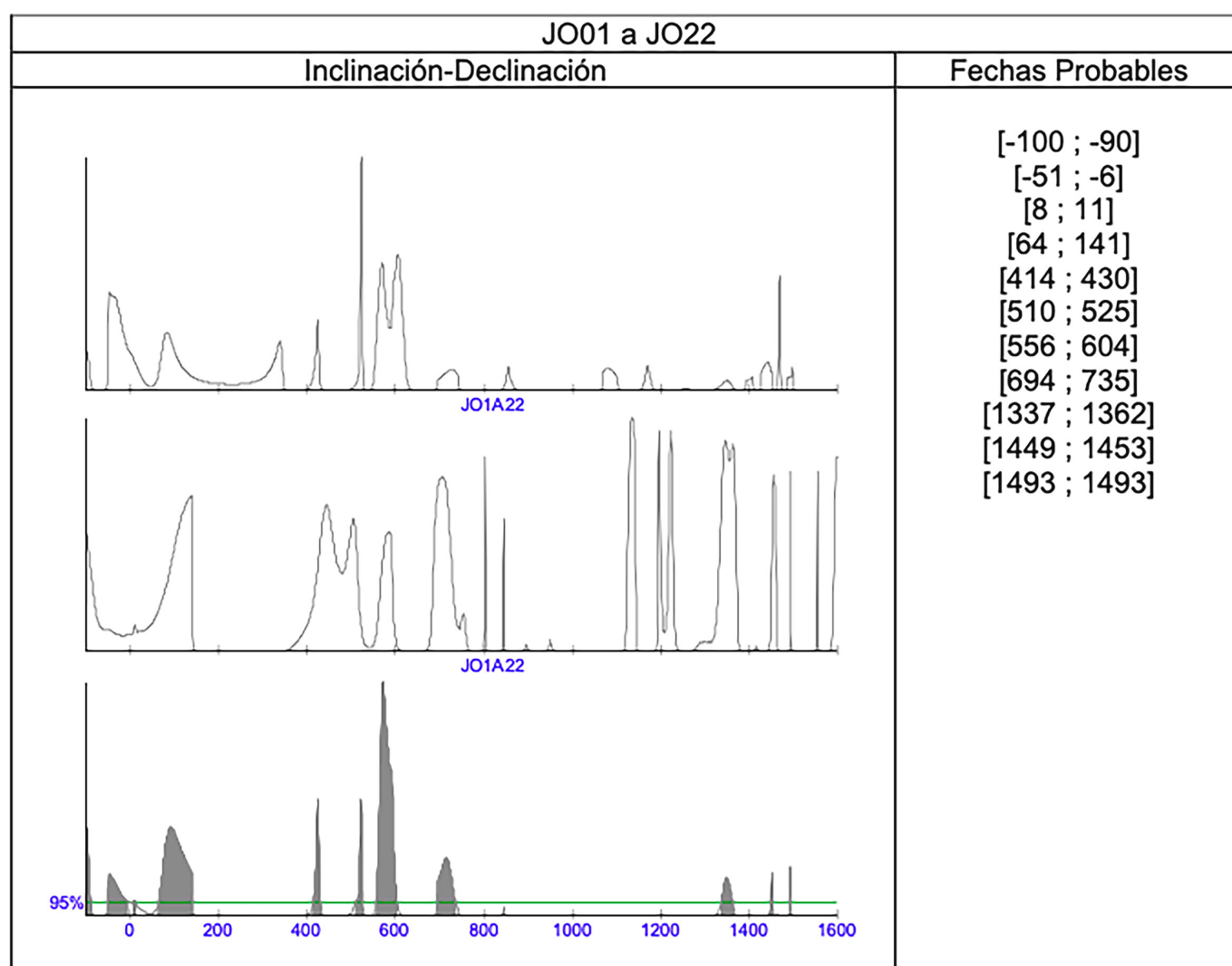


Figura 5. Direcciones medias de la muestra JO01-JO22 obtenidas con el programa *Rendate*. Se observan las gráficas para su inclinación, declinación y la combinación de ambas, obteniendo una serie de intervalos de fechas probables a elegir.

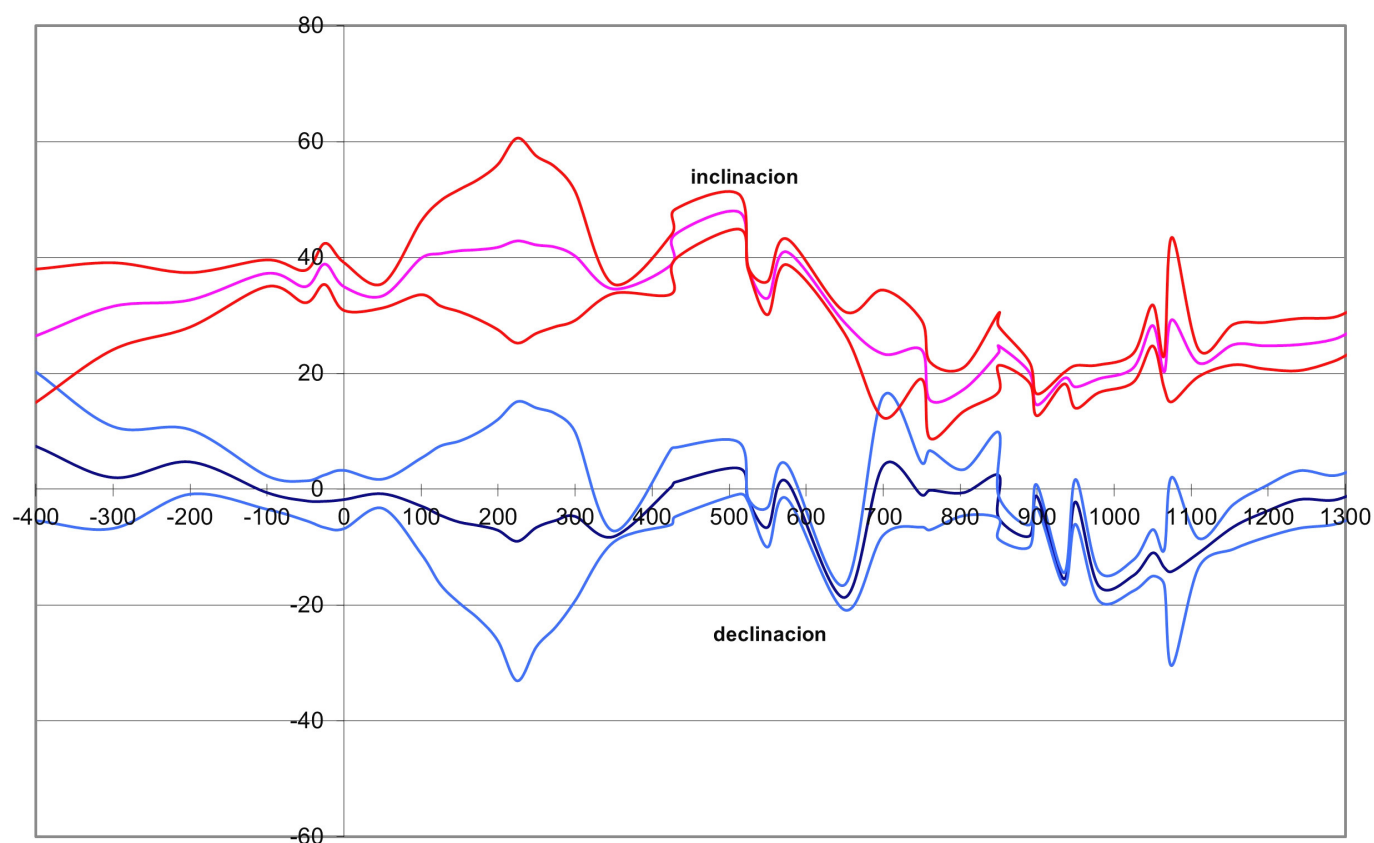


Figura 6. Curva de variación secular de Mesoamérica del 400 AC al 1300 DC (modificada de Soler-Arechalde *et al.* 2006).

RESULTADOS

En las tablas 2 (muestras del Preclásico) y 3 (muestras del Clásico) se presentan las direcciones medias obtenidas de 19 de las 24 muestras tomadas, el número de especímenes incluidos en el cálculo, su ubicación, declinación e inclinación media conseguida mediante la estadística de Fisher y sus parámetros correspondientes α_{95} , R, K. También se muestra la fecha mediante radiocarbono o estratigrafía y la datación arqueomagnética. Como puede observarse en la mayoría de las muestras provenientes de los contextos quemados, sus direcciones de magnetización apuntan a un buen comportamiento, teniendo un $\alpha_{95} < 10^\circ$ y los valores de K altos, lo cual nos indica que las direcciones obtenidas son confiables.

Hay dos muestras que cuentan con un solo espécimen (JO37 y JO38) y únicamente se reportan, pues se corresponden con los periodos temporales esperados. Las muestras JO36 y JO42 cuentan con un $\alpha_{95} > 10^\circ$, pero también se reportan por la misma razón que las anteriores (tabla 3).

La tabla 4 ofrece la ubicación de las muestras LJ1A-LJ9B, LJ26A-LJ29B, LJ34-LJ35 y JO39; todas de la

Plataforma Este. No mostraron una dirección estable y, por tanto, no fue posible efectuar el ejercicio de datación arqueomagnética.

Los resultados obtenidos de las mediciones de la anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) nos indican que la mayoría de los elementos muestreados proceden de una fábrica de tipo sedimentario.

Las dataciones para cada muestra fueron calculadas con el programa *Rendate*, con el cual se emplearon dos curvas de variación secular, la de declinación y la de inclinación (figura 6, modificada de Soler-Arechalde *et al.* 2006). El programa *Rendate* (Lanos 2004), mediante estadística bayesiana, compara con la curva los valores de inclinación y declinación obtenidos y después los combina para determinar, con un 95 % de confiabilidad, una serie de intervalos con fechas probables (figura 5). Para poder elegir la más factible, se tomó en cuenta el contexto arqueológico y se cotejó con las obtenidas por carbono 14.

Los resultados se muestran en la tabla 3. Las muestras de la tabla 2 no fueron comparadas con la curva de variación secular. Los resultados de las muestras LJ11, LJ30A-LJ33B, JO48 y JO49 (tabla 2) no se procesaron con el programa *Rendate*, ya que no hay datos para

esa parte de la curva y, al contar con fechas de radiocarbono, se emplearon estas para ampliar la curva en 400 años, es decir, del 400 AC al 1 DC (figura 6).

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

La aplicación del método arqueomagnético en la arquitectura de tierra del sitio La Joya generó una serie de datos importantes. Comenzaremos mencionando que dadas las características ambientales del lugar donde se localiza y otros factores (como los cambios de temperatura, la acidez de la lluvia, el *intemperismo*, la erosión y lixiviación por el agua de lluvia, entre otros), no provocaron modificaciones estructurales en la composición de las muestras (arcillas, limos y arenas), ya que a lo largo de su procesamiento y análisis se obtuvieron buenos resultados; confirmando que los contextos muestreados están constituidos en cierta proporción por minerales ferromagnéticos, que fueron los responsables del registro del campo magnético de esa época.

Se comprobó que los pisos de barro crudo (no quemados) tienen la misma capacidad de conservar la dirección del campo magnético en el momento del fraguado, lo que corresponde a la fecha de su elaboración.

También se observó que los contextos quemados presentan dispersiones menores que los no quemados, como indican las muestras JO45 y JO46 con un α_{95} de 7.1 y 6.8, respectivamente; ya que sus direcciones de magnetización apuntan a un buen comportamiento, lo cual precisa que ambas muestras poseen un nivel alto de confiabilidad. Lo anterior indica que, del total de 24 muestras, en el 75 % de ellas se logró determinar su dirección característica y, por tanto, fueron aptas para la datación de los contextos. De manera particular, de las muestras quemadas se obtuvo un 85.71 % con excelentes resultados y solo el 14.29 % no contó con las características requeridas y fueron descartadas. Las muestras no quemadas fueron 3 con 28 especímenes; estadísticamente, los resultados fueron exitosos en su totalidad.

La curva de variación secular se amplió hacia periodos más tempranos, específicamente hacia el Preclásico Superior a partir del 400 AC al 1 DC. En este caso, se incorporaron los datos obtenidos de los hornos de la Plataforma Este y del horno de la Pirámide (muestras LJ11, LJ30A-LJ33B, JO48 y JO49), los cuales, de acuerdo con el radiocarbono, fueron utilizados durante esa etapa. Este dato es significativo, ya que los referentes de datación se han dirigido principalmente hacia el periodo Clásico, especialmente para el sitio de Teotihuacan.

En cuanto a los alcances y limitaciones del arqueomagnetismo, es necesario contar con algún otro método de datación, esto es, que en las gráficas del programa *Rendate* hay una serie de intervalos (entre 3 y 20) con distintas fechas, las cuales, al cotejarlas con los resultados de los otros métodos, permiten elegir cuál de ellos es el más probable.

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que las fechas obtenidas son cercanas a las del radiocarbono, aunque los intervalos del arqueomagnetismo son más cortos, siendo la confiabilidad del 95 % igual para ambos métodos.

Otra de las ventajas que ofrece es la fácil obtención de las muestras, un menor tiempo de procesamiento y análisis, así como un menor costo.

Para concluir, se sugiere emplear el método en cualquier tipo de contexto, no solo para la comprobación de sus resultados, sino para los sitios con arquitectura de tierra como La Joya que, de acuerdo con el presente estudio, ha sido el único que se ha llevado a cabo hasta este momento en el país.

Agradecimientos

A la Dra. Annick Daneels, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por aceptar la intervención en su proyecto arqueológico «Temporalidad y Función de la Arquitectura de Tierra» en el sitio La Joya, Veracruz. Avto Goguitchaichvili agradece el apoyo de DGAPA-UNAM durante la estancia sabática, así como el soporte parcial del proyecto CONACYT 252149.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANEELS, A. 2011. La arquitectura monumental de tierra entre el Preclásico Tardío y el Clásico Temprano: desarrollo de la traza urbana de La Joya, Veracruz, México. En *XXIV Simposio Internacional de Investigaciones Arqueológicas de Guatemala*, pp. 115-125. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
<http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/03/10.10-_Daneels.pdf>.

- DANEELS, A.; L. GUERRERO. 2012. La Joya, Veracruz, un sitio prehispánico construido con tierra: sistemas constructivos y pruebas de preservación en trópico húmedo. *Intervención (México)* 3, 6: 34-43.
<https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-249X2012000200005&script=sci_arttext>.
- DANEELS, A.; L. GUERRERO. 2013. Rescate de estructuras prehispánicas de barro crudo en la costa veracruzana, México. En *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012*, pp. 17-26. Valladolid: Universidad de Valladolid.
<<https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2013/01tr-daneels.pdf>>.
- DANEELS, A.; A. D. PIÑA. 2020. La arquitectura de tierra en La Joya, Veracruz: estudio de un sitio clásico hecho de tierra. En *Arquitectura mesoamericana de tierra*, ed. A. Daneels, vol. I, pp. 195-224. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- LANOS, P. 2004. Bayesian Inference of Calibration Curves: Application to Archaeomagnetism. En *Tools for Constructing Chronologies. Crossing Disciplinary Boundaries*, eds. C. E. Buck y A. R. Millard = *Lecture Notes in Statistics* 177: 43-82. Londres: Springer.
- LIBEROTTI, G. 2020. Estudio arqueomagnético, reconstrucción 3D y comparación del material constructivo de la Joya (México) y Arslantepe (Turquía). En *Arquitectura mesoamericana de tierra*, ed. A. Daneels, vol. I, pp. 395-414. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- SOLER-ARECHALDE, A. M. 2006. *Investigaciones arqueomagnéticas en México. Fundamentos, historia y futuro*. Monografías del Instituto de Geofísica 10. México: UNAM.
- SOLER-ARECHALDE, A. M.; F. SÁNCHEZ; M. RODRÍGUEZ; C. CABALLERO-MIRANDA; A. GOGUITCHASHVILI; 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: 1433-1439.