

ARQUEOLOGÍA IBEROAMERICANA

VOLUMEN 48 • DICIEMBRE 2021 • AÑO XIII • ISSN 1989-4104



HALLAZGOS RECIENTES SOBRE LA NAVEGACIÓN TRADICIONAL EN EL NORTE DE COLOMBIA.

Recent Findings on Traditional Navigation in Northern Colombia (pp. 3-7).

CATÁLOGO DE DATACIONES ABSOLUTAS DISPONIBLES PARA LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE LA QUEMADA, ZACATECAS, NORTE DE MESOAMÉRICA.

Catalog of Absolute Dates Available for the Archaeological Area of La Quemada, Zacatecas, Northern Mesoamerica (pp. 8-29).

HORNOS DE CAL DE MONTE ALBÁN, MÉXICO: ESTUDIO COMBINADO DE ESPECTROMETRÍA DE INFRARROJO ATR-FTIR Y ARQUEOMAGNETISMO.

Lime Kilns from Monte Alban, Mexico: Combined ATR-FTIR Infrared Spectrometry and Archaeomagnetism Study (pp. 30-43).

ANÁLISE ARQUEOMÉTRICA E IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUEIMA DE CERÂMICAS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO RIBEIRÃO CANOAS III, SÃO

GONÇALO DO ABAETÉ, MINAS GERAIS, BRASIL. *Archaeometric Analysis and Identification of Firing Parameters of Ceramics from the Ribeirão Canoas III Archaeological Site, São Gonçalo do Abaeté, Minas Gerais, Brazil* (pp. 44-54).

PROBABLE MIGRACIÓN DE GRUPOS NAYARITAS AL CAÑÓN DE BOLAÑOS.

Probable Migration of Nayarit Groups to the Bolaños Canyon (pp. 55-64).

ESTRUCTURA ORGANOLÓGICA Y EFECTO SONORO DE UNA BOTELLA ANTROPOMORFA DE TRIPLE ELIPSOIDE CON DOBLE SILBATO DE LA CULTURA

BAHÍA DEL ECUADOR (600 A. C.-650 D. C.). *Organological Structure and Sound Effect of an Anthropomorphic Triple Ellipsoid Bottle with Double Whistle from the Bahia Culture of Ecuador (600 BC-650 AD)* (pp. 65-92).

INSCRIPCIONES JEROGLÍFICAS MAYAS MISCELÁNEAS SOBRE CERÁMICA DEL CLÁSICO TEMPRANO EN EL PARQUE NACIONAL TIKAL, GUATEMALA.

Miscellaneous Maya Hieroglyphic Inscriptions on Early Classic Pottery from Tikal National Park, Guatemala (pp. 93-102).

SOBRE LA LEY DEL COLAPSO DE LAS CIVILIZACIONES SEGÚN LA ARQUEOLOGÍA DE LOS FENÓMENOS SOCIALES.

On the Law of Collapse of Civilizations according to the Archaeology of Social Phenomena (pp. 103-108).

PREMIO INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGÍA 2021 DE LA REVISTA *ARQUEOLOGÍA IBEROAMERICANA*.

2021 International Archaeology Award (p. 109).

A Peer-Reviewed Open Access Journal of World Archaeology

<https://laiesken.net/arqueologia/> - <http://purl.org/aia>

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea

© Pascual Izquierdo Egea, 2021. License CC BY 3.0 ES.

Mail: <http://purl.org/aia/info>. Printed in Spain.

ARQUEOLOGÍA IBEROAMERICANA

VOLUMEN 48 • DICIEMBRE 2021 • AÑO XIII • ISSN 1989-4104

REVISTA CIENTÍFICA INTERNACIONAL DE ACCESO ABIERTO ARBITRADA POR PARES Y DOBLE CIEGO
(A PEER-REVIEWED OPEN ACCESS JOURNAL OF WORLD ARCHAEOLOGY)

CONSEJO EDITORIAL (*Editorial Board*)

Editor y Director (*Chief Editor & Publisher*)

Dr. Pascual Izquierdo-Egea (Laboratory of Theoretical Archaeology, ES)

Associate Editor

Prof. Dr. Emily Lena Jones (University of New Mexico, US)

Editorial Assistants

Dr. Rachel Egan (Front Range Community College, US)

Emma R. Messinger (University of Pittsburgh, US)

Christina M. Carolus (Yale University, US)

George Chambers (University of Westminster, UK)

CONSEJO ASESOR (*Advisory Board*)

Dr. Guillermo Acosta Ochoa (UNAM, MX), Dra. Silvia Alfayé Villa (Univ. de Zaragoza, ES), Prof.^a Dra. Bárbara Arroyo de Pieters (Univ. del Valle de Guatemala, GT), Prof. Dr. Javier Baena Preysler (Univ. Autónoma de Madrid, ES), Prof. Dr. Andrew K. Balkansky (Southern Illinois University at Carbondale, US), Prof. Dr. Marshall Joseph Becker (West Chester University of Pennsylvania, US), Dr. Gustavo Bujalesky (CONICET, AR), Dra. M.^a Teresa Cabrero García (UNAM, MX), Prof.^a Dra. M.^a Cruz Cardete del Olmo (Univ. Complutense de Madrid, ES), Prof. Dr. Pedro A. Carretero (Univ. Nacional de Chimborazo, EC), Prof.^a Dra. Teresa Chapa Brunet (Univ. Complutense de Madrid, ES), Prof. Dr. Luis Carlos Duarte Cavalcante (Universidade Federal do Piauí, BR), Prof. Dr. José d'Encarnação (Universidade de Coimbra, PT), Prof. Dr. Marcelo Fagundes (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, BR), Prof. Dr. Alberto García Porras (Univ. de Granada, ES), Prof.^a Dra. Magdalena A. García Sánchez (El Colegio de Michoacán, MX), Dra. Heidi Hammond (CONICET, AR), Dr. Guillermo N. Lamenza (CONICET, AR), Prof. Dr. Francisco Javier Jover Maestre (Univ. de Alicante, ES), Prof.^a Dra. María Lazarich González (Univ. de Cádiz, ES), Dr. Jesús Carlos Lazcano Arce (UNAM, MX), Dr. Alexandra Legrand-Pineau (Maison René-Ginouvès d'Archéologie et Ethnologie, FR), Prof. Dr. Antonio Lezama (Univ. de la República, UY), Dra. María Laura López (CONICET, AR), Dr. José Antonio López Sáez (CSIC, ES), Dra. Julieta Lynch (CONICET, AR), Prof. Dr. Joyce Marcus (University of Michigan, US), Dr. Simon Martin (University of Pennsylvania, US), Dr. Joan Negre (UAB, ES), Dr. Marcos Plischuk (CONICET, AR), Prof. Dr. John W. Rick (Stanford University, US), Prof. Dr. Daniel Schávelzon (CONICET, AR), Prof. Dr. G. Richard Scott (University of Nevada, Reno, US), Prof. Dr. Charles Stanish (University of South Florida, US), Prof.^a Dra. Vera Tiesler (Univ. Autónoma de Yucatán, MX), Prof. Dr. Alexandre Tokovinine (The University of Alabama, US), Prof.^a Dra. María Fernanda Ugalde (PUCE, Ecuador), Prof.^a Dra. Gabriela Uruñuela y Ladrón de Guevara (Univ. de las Américas Puebla, MX), Prof. Dr. Lidio M. Valdez (MacEwan University, CA), Prof. Dr. Mary Van Buren (Colorado State University, US), Prof. Dr. Desiderio Vaquerizo Gil (Univ. de Córdoba, ES).

<https://www.laiesken.net/arqueologia/>

Revista científica internacional de acceso abierto arbitrada por pares y doble ciego, publicada en edición continua semestral y distribuida a través de Internet en formato electrónico PDF. *Online open access journal published semiannually in PDF electronic format.* ISSN 1989-4104. Tit. abreviado: *Arqueol. Iberoam. DOAJ Seal for Open Access Journals.* Indexada en *Directory of Open Access Journals (DOAJ), LATININDEX, Scopus, European Reference Index for the Humanities and Social Sciences (ERIH PLUS), Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Anthropological Literature, Academic Search Premier, Fuente Académica Plus, Regesta Imperii, REDIB, DICE, WorldCat, Library of Congress, DULCINEA, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).* © De esta edición, Pascual Izquierdo Egea, 2021. Pina de Ebro (Zaragoza, España). Licencia *Creative Commons Attribution 3.0 Spain (CC BY 3.0 ES).* Printed in Spain. ✉ <http://purl.org/aia/info>.

RESEARCH ADVANCE

HALLAZGOS RECIENTES SOBRE LA NAVEGACIÓN TRADICIONAL EN EL NORTE DE COLOMBIA

Recent Findings on Traditional Navigation in Northern Colombia

Wilhelm Londoño Díaz

Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia
(wlondono@unimagdalena.edu.co)

RESUMEN. Este avance describe recientes hallazgos sobre la navegación indígena en el norte de Colombia. Al usar la noción de «navegación indígena» no se discrimina entre tiempos precolombinos y tiempos históricos. Dicha noción es muy útil para ver continuidades en la cultura material. Dado que es una investigación en marcha, se vienen tomando fuentes históricas, etnográficas y, en menor medida, arqueológicas, para comprender los elementos generales de la navegación indígena en esta parte del mundo.

PALABRAS CLAVE. Navegación; indígenas; Caribe; historia; arqueología; Colombia.

ABSTRACT. This paper describes recent findings on indigenous navigation in northern Colombia. Using the notion of “indigenous navigation” does not discriminate between pre-Columbian and historical times. This notion is very useful to see continuities in material culture. Since this is an ongoing research, historical, ethnographic and, to a lesser extent, archaeological sources are being used to understand the general elements of indigenous navigation in this part of the world.

KEYWORDS. Navigation; indigenous; Caribbean; history; archaeology; Colombia.

INTRODUCCIÓN

En algunas recopilaciones de documentos españoles del siglo XVI (Tovar 1994) se reseñaron los enfrentamientos y saqueos que se produjeron entre 1525 y



Figura 1. Anclas indígenas de probable origen prehispánico. Fuente: Casa del Patrimonio de Taganga.

1528 cerca de la recién fundada ciudad de Santa Marta, ahora ubicada en el norte de Colombia. En la famosa batalla de Pueblo Grande, ocurrida tal vez en el verano de 1528, la persona que escribió el documento reportó que varios heridos fueron llevados en «balsas y

Recibido: 21-7-2021. Modificado: 23-7-2021. Aceptado: 1-8-2021. Publicado: 9-8-2021.



Figura 2. Monóxilo de Camarones, Guajira, Colombia.

canoas» desde la ciénaga hasta Santa Marta. Este escrito es de gran relevancia porque nos habla de la existencia de dos tipos de naves menores. Más adelante, cuando el documento narra las exploraciones al norte de Santa Marta, se mencionan las canoas como artefactos usados en contextos indígenas, por lo que es fácil comprender que este tipo de naves era usado por los nativos y no traído por los españoles. No se puede decir lo mismo de las «balsas», que probablemente sí fueron hechas mediante técnicas importadas de la península ibérica. Al hacer un sumario de las exploraciones efectuadas actualmente en el Caribe colombiano, con miras a hallar elementos de navegación indígena, encontramos que, por lo menos etnográficamente, hay dos tipos de embarcaciones: monóxilos, es decir, naves hechas de un solo tronco, y balsas construidas con listones dispuestos en un marco.

ANCLAS INDÍGENAS

Respecto a las evidencias históricas, los documentos coloniales narran con frecuencia aspectos sobre la cul-

tura material indígena y es ahí donde es posible inferir los tipos de arquitectura naval existentes en el momento de la conquista. Estas descripciones de las crónicas españolas son importantes puntos de partida para comprender las tradiciones tecnológicas nativas.

Sin embargo, el registro arqueológico es más errático, en especial porque la acidez de los suelos tropicales hace que las condiciones de conservación de la madera sean mínimas (Sánchez *et al.* 2008). Aunque la posibilidad de conservación en el fondo del mar es eventualmente mayor, aún no se tienen reportes de hallazgos subacuáticos de canoas. De todas formas, hay algunas evidencias importantes como un par de anclas encontrado en un contexto prehispánico (figura 1). Según la información suministrada por el Cabildo Mayor de la comunidad indígena de Taganga, las anclas se hallaron en un contexto arqueológico del poblado, cerca del actual cementerio de la población. En esta área y en zonas adyacentes es factible localizar evidencias, como la cerámica indígena, que hablan del elevado potencial arqueológico del sitio.

Las anclas que se muestran en la figura 1 forman parte del repertorio de elementos de cultura náutica indígena.



Figura 3. Canoa de Camarones, Riohacha, Guajira, Colombia.

na que reposan en el Museo de la Memoria de la comunidad indígena de Taganga, Magdalena (Londoño 2020). En este museo se hace una recreación de las artes de pesca tradicionales que involucran a las canoas, las redes de pesca y las anclas.

CANOAS MONÓXILAS

En términos etnográficos, las evidencias sobre la navegación indígena son más abundantes. A lo largo de todo el litoral adyacente a la Sierra Nevada de Santa Marta, se han podido detectar algunas canoas hechas con un solo tronco (Elkin 2002), como se dijo arriba, que forman parte de una arquitectura naval en pleno proceso de desaparición. Los monóxilos, para el caso de Colombia, se fabrican con árboles como el caracolí (*Anacardium excelsum*). El proceso de manufactura consiste en cortar un árbol, según las necesidades de carga de pasajeros de la canoa, para proceder a reducir el tronco a las dimensiones que tendría la eslora; después, por medio de la excavación del tronco se hace la concavidad para dar forma al casco de la nave (figura 2).

Una de las características de los monóxilos, como el de la figura 2, es que proceden de tradiciones familiares; es decir, son elementos heredados, en especial de los abuelos, cuyos nietos son los actuales pescadores de la región. No se han vuelto a fabricar monóxilos porque desde la década de 1960 existen estrictas regulaciones sobre la poda de árboles como el caracolí. Estos vetos están relacionados directamente con la creación de áreas protegidas como el Parque Nacional Natural Tayrona. En muchos de estos monóxilos es posible apreciar procesos de reparación de partes rotas usando madera y resinas sintéticas que comienzan a llegar a la región en la década de 1970. En la actualidad, los pescadores de zonas como Camarones, en la Guajira colombiana, han optado por hacer sus canoas ya no de madera sino de fibra de vidrio.

En la figura 3 podemos observar que, actualmente, las canoas hechas de fibra de vidrio son usadas con vela para transitar las lagunas que se encuentran en lugares como la población de Camarones. Esto lo hacen especialmente indígenas de la etnia *wayuu* o wayú.

Si pudiéramos hacer una estratigrafía, tendríamos que los monóxilos se fabricaron hasta la década de 1960,



Figura 4. Barca de molde y listón, Camarones, Riohacha, Guajira.

después fueron refaccionados hasta que se comenzó a usar solamente la fibra de vidrio, en la primera década del siglo XXI, para reemplazar de forma definitiva la madera como fuente primaria de fabricación. Hoy en día, según lo confirmé con pescadores *wayuu*, las canoas de madera no se reparan, sino que se hacen y arreglan canoas de fibra de vidrio. Al parecer, estamos ante la última fase de los monóxilos restaurados que, cuando tengan algún tipo de avería, serán llevados a tierra para ser abandonados o reciclados como otro tipo de artefacto.

BARCAS DE MOLDE Y TIMÓN

Además de las canoas monóxilas, encontramos en el norte de Colombia una técnica mediterránea reportada en Brasil (Castro y Gomes-Dias 2015). Esta técnica consiste en el uso de moldes y listones para producir las barcas y permite construir embarcaciones siguiendo un marco previo, al que se le van agregando listones para formar partes como el casco. Para el caso del norte de Colombia, estas naves se usaban para pescar en áreas

alejadas de la costa y, en las décadas de 1960 y 1970, se les añadieron motores diésel (figura 4). Este desarrollo tecnológico está asociado con el dinero que circuló en la región como consecuencia de la bonanza que dejó el cultivo de *cannabis*.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Como se puede apreciar en este avance, se han podido identificar, mediante tres tipos de fuentes, datos sobre la navegación indígena en el norte de Colombia. La primera fuente, por orden cronológico, es la arqueológica. Tal como lo indican las dos anclas halladas en Taganga, hay sólidas evidencias de tecnologías navales para hacer cabotajes sobre el litoral. Después tenemos las reseñas históricas, en especial los documentos españoles que describen cómo los indígenas se desplazaban en sus canoas.

Finalmente, contamos con los datos etnográficos que nos hablan de la producción de monóxilos, los cuales se dejaron de fabricar varias décadas atrás; este alto en la producción de artefactos se debió a la ausencia de la

materia prima necesaria para la producción de las canoas.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo financiero de la Universidad del Magdalena y de la Fundación Gerda Henkel para adelantar los trabajos de campo de esta investigación.

REFERENCIAS

- CASTRO, F.; D. GOMES-DIAS. 2015. Moulds, Graminhos and Ribbands: a pilot study of the construction of saveiros in Valença and the Baía de Todos os Santos area, Brazil. *International Journal of Nautical Archaeology* 44, 2: 410-422.
- ELKIN, D. C. 2002. Water. In *International Handbook of Underwater Archaeology*, eds. C. V. Ruppé y J. F. Barstad, pp. 313-329. Boston: Springer.
- LONDOÑO, W. 2020. *Cultural Heritage Management and Indigenous People in the North of Colombia: Back to the Ancestors' Landscape*. Routledge.
- SÁNCHEZ, S.; G. CRESPO; M. HERNÁNDEZ; Y. GARCÍA. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes* 31, 2: 99-118.
- TOVAR, H. 2010. *Relaciones y visitas a los Andes. Siglo XVI: Tomo III. Región Caribe*. Bogotá: Uniandes.

RESEARCH ARTICLE

**CATÁLOGO DE DATACIONES ABSOLUTAS DISPONIBLES
PARA LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE LA QUEMADA,
ZACATECAS, NORTE DE MESOAMÉRICA**

*Catalog of Absolute Dates Available for the Archaeological
Area of La Quemada, Zacatecas, Northern Mesoamerica*

*Alejandra García Pimentel,¹ Carlos Torreblanca,²
Miguel Cervantes Solano,¹ Rubén Cejudo,¹ Rafael García,¹
Avto Goguitchaichvili,¹ Juan Gerardo Rivera Belmontes,² Juan Morales¹*

¹ Servicio Arqueomagnético Nacional, UNAM, Campus Morelia, México; ² Delegación INAH Zacatecas, México
(miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx)



Figura 1. Vista aérea de la zona arqueológica de La Quemada (foto: Juan Gerardo Rivera Belmontes).

RESUMEN. *La zona arqueológica de La Quemada es uno de los asentamientos más grandes e importantes de la frontera norte de Mesoamérica. Se localiza en el municipio de Villanueva, en el Estado de Zacatecas. Las investigaciones arqueológicas han permitido definir la secuencia ocupacional del sitio en tres fases: Malpaso (400-600/650 AD), compartiendo decoración incisa-esgrafiada con la cerámica Canutillo correspondiente a la cultura Chalchihuites; La Quemada (600/650-850 AD), durante la cual el asentamiento presentó su mayor crecimiento arquitectónico y se con-*

Recibido: 28-7-2021. Modificado: 29-7-2021. Aceptado: 6-8-2021. Publicado: 23-8-2021.

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. Arqueol. Iberoam. Open Access Journal.
License CC BY 3.0 ES. <https://n2t.net/ark:/49934/252>. <http://purl.org/aia/4802>.

solidó como centro de poder; y Ciudadela (850-1000 AD), periodo en que se produjo el proceso de abandono y tuvo lugar un fuerte incendio. Los primeros datos cronológicos absolutos obtenidos para La Quemada corresponden a métodos radiométricos y fueron producto de los trabajos de campo realizados por Pedro Armillas en los años 1951 y 1952, obteniendo 3 fechas; más tarde, en los años 1963 y 1964, conseguiría 7 fechas más para La Quemada y 2 para el sitio Presa de Ambosco, ubicado a 6 km de La Quemada. En 1986, Peter Jiménez y Charles Trombold obtuvieron 4 fechas para el sitio Las Adjuntas, localizado a 4 km de La Quemada. Posteriormente, se lograron 39 dataciones de las excavaciones realizadas entre 1988 y 1993 por SUNY Buffalo en La Quemada y, en 1997, Ben A. Nelson publicó los contextos estratigráficos de las mismas. En 2018, Paula Turkon et alii publicaron 6 fechas correspondientes a La Quemada, obtenidas mediante métodos dendrocronológicos. Finalmente, en 2019 y 2020 se comunicaron las últimas dataciones absolutas obtenidas para La Quemada, conseguidas empleando métodos arqueomagnéticos. El primero de estos estudios (López et al. 2019) arrojó dos fechas y del segundo (Torreblanca et al. 2020) se obtuvieron 4 más. A partir de lo anterior se construyó una base de datos con 66 dataciones absolutas, observando que más de la mitad de las dataciones se encuentra dentro del intervalo que va del año 600 al 800 AD, el cual corresponde a la fase ocupacional La Quemada. Además, según el método de datación, se agruparon los intervalos de edad disponibles para cada estructura y se encontró que un fogón de la cancha del Juego de Pelota cuenta con una edad más reciente (hacia 1623 AD), lo cual indica su uso durante el periodo colonial de México, y que las estructuras Terraza 18 y Midden 11 son las más antiguas, al presentar fechas entre 130 y 170 AD. Finalmente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de multirrangos y Kruskal-Wallis. El análisis de varianza y multirrangos posibilitó clasificar 3 grupos homogéneos (I, II, III) y se observó que algunas estructuras mostraron una superposición respecto a los grupos. La clasificación y el análisis estadístico realizado para las dataciones absolutas existentes permitieron identificar la cantidad de estructuras fechadas por métodos absolutos, las estructuras más jóvenes y las más antiguas, así como los periodos de uso de cada una de ellas; siendo lo más importante de este análisis que posibilita observar, en orden cronológico, el desarrollo constructivo de La Quemada, Zacatecas.

PALABRAS CLAVE. Mesoamérica; La Quemada; datación radiométrica; dendrocronología; arqueomagnetismo.

ABSTRACT. The archaeological area of La Quemada is one of the largest and most important settlements in the northern border of Mesoamerica. It is located in the municipality of Villanueva, in the State of Zacatecas. Archaeological research has allowed to define the occupational sequence of the site in three phases: Malpaso (400–600/650 AD), sharing incised decoration with the Canutillo ceramics corresponding to the Chalchihuites culture; La Quemada (600/650–850 AD), during which the settlement presented its greatest architectural growth and consolidated as a center of power; and Ciudadela (850–1000 AD), a period in which the process of abandonment and a strong fire took place. The first absolute chronological data obtained for La Quemada correspond to radiometric methods and were the result of field work carried out by Pedro Armillas in 1951 and 1952, obtaining 3 dates; later, in 1963 and 1964, he obtained 7 more dates for La Quemada and 2 for the Ambosco Dam site, located 6 km from La Quemada. In 1986, Peter Jiménez and Charles Trombold obtained 4 dates for the Las Adjuntas site, located 4 km from La Quemada. Subsequently, from excavations conducted between 1988 and 1993 by SUNY Buffalo at La Quemada, 39 dates were achieved and, in 1997, Ben A. Nelson published the stratigraphic contexts of those dates. In 2018, Paula Turkon et alii published 6 dates corresponding to La Quemada, obtained by dendrochronological methods. Finally, in 2019 and 2020, the last absolute dates for La Quemada were announced, obtained using archaeomagnetic methods. The first of these studies (López et al. 2019) provided two dates and from the second study (Torreblanca et al. 2020) 4 more were obtained. From the above, a database containing 66 absolute dates was constructed, observing that more than half of them fall within the interval from 600 to 800 AD, which corresponds to the La Quemada occupational phase. In addition, according to the dating method, the age intervals available for each structure were grouped, and it was found that a hearth from the Ballgame Court has a more recent age (around 1623 AD), which indicates its use during the colonial period in Mexico, and that the structures Terrace 18 and Midden 11 are the oldest, presenting dates between 130 and 170 AD. Finally, an analysis of variance (ANOVA) and a multi-range and Kruskal-Wallis test were performed. The analysis of variance and the multi-range test allowed to classify 3 homogeneous groups (I, II, III) and it was observed that some structures showed an overlap with respect to the groups. The classification and statistical analysis carried out for the existing absolute dates allowed to identify the number of structures dated by absolute methods, the

youngest and oldest structures, as well as the periods of use of each one of them; the most important aspect of this analysis is that it made it possible to observe in chronological order the constructive development of La Quemada, Zacatecas.

KEYWORDS. *Mesoamerica; La Quemada; radiometric dates; dendrochronology; archaeomagnetism.*

INTRODUCCIÓN

El sitio arqueológico de La Quemada (figura 1) se localiza en el centro del Estado de Zacatecas, México, en el municipio de Villanueva, al sur de la ciudad de Zacatecas, en el amplio valle de Malpaso, el cual cuenta con un importante cuerpo de agua denominado río Malpaso. La Quemada es uno de los asentamientos más grandes de la frontera norte de Mesoamérica. Ha sido descrito como un centro ceremonial compuesto por terrazas, plataformas, escaleras, calzadas, canchas de pelota, patios hundidos, templos y complejos residenciales, la mayoría de los cuales están encerrados dentro de una serie de imponentes acantilados y enormes muros de mampostería.

Sus estructuras fueron construidas sobre la cúspide y las laderas del escarpado cerro de Los Edificios. La colina alargada de noroeste a sureste fue adaptada y nivelada, de modo que se crearon grandes plataformas para fines ceremoniales, administrativos y de vivienda.

La arquitectura del sitio se asemeja a la tradición mesoamericana y los complejos cuentan con un amplio sistema de caminos, plazas, salón de columnas, juego de pelota y pirámides (Trombold 1985).

Dentro del valle de Malpaso existen varios asentamientos esparcidos alrededor de La Quemada, comunicados por una red de caminos prehispánicos (Trombold 1985). Dichos sitios tenían distintas funciones: transporte e intercambio de recursos naturales, talleres de artesanía, espacios sagrados y posibles áreas administrativas secundarias. También se ha señalado la posible existencia de un paisaje ritual donde se dedicaban ceremonias al Sol (Medina González 2000).

En la actualidad, pueden observarse cinco niveles. El primero se ubica sobre la parte sur del cerro y corresponde a un espacio que era de acceso común para todos los habitantes del asentamiento. La entrada principal de la gran ciudad estaba conformada por dos bases piramidales. Un gran camino empedrado de 35 m de ancho y 400 m de longitud conducía al Salón de las Columnas y a la Gran Plaza, donde se celebraban las ceremonias religiosas. La cancha principal del juego de pelota tenía un acceso para todo el público y la Pirámide Votiva era el sitio en el cual residía la deidad principal de los habitantes. Dos amplias escaleras conectaban

con el segundo nivel, en el cual se encontraban espacios de uso habitacional, ceremonial y administrativo; en este nivel fueron localizados El Cuartel, la Plaza Circular de la Pirámide y una gran plaza rodeada por salas conocidas como el Conjunto de los Maestros, en el que hallamos una base piramidal, un altar central y grandes salones. Sobre el tercer nivel existía una plaza, rodeada por habitaciones, con un altar central y una pirámide, la cual es conocida como la Plaza de los Sacrificios. Además, sobre este mismo nivel, posiblemente, existió un salón de columnas (Hers 1995). Finalmente, en la cima noroccidental y noreste del cerro, se localizaba el quinto nivel, conocido como el área de La Ciudadela, la cual consistía en una plaza con un altar central, una base piramidal y un salón de columnas (Torreblanca 2020). El conjunto de La Ciudadela está delimitado por un muro de 4 m de alto y 4 m de espesor y cuenta con dos accesos, al norte y al noreste, este último correspondiente a una escalinata monumental de 70 m de longitud.

Las funciones y relaciones de La Quemada han sido muy controvertidas y especulativas. Durante los siglos XVI al XIX fue correlacionada con el legendario Chicomóztoc, a través del cual pasaron los mexicas durante su peregrinaje en el viaje a Anáhuac. Los arqueólogos la han visto como un enclave de Teotihuacan, un imperio tolteca e incluso un bastión tarasco contra las intrusiones chichimecas (Jiménez Betts 1994, 2005; Jiménez Betts y Darling 2000).

La Quemada tuvo una interacción importante con Alta Vista, sitio de la cultura de los chalchihuites al norte de Zacatecas, con la región de los cañones al oeste de Zacatecas y el Bajío, y con la región del Tunal Grande. Su alfarería, conocida como Tepozan, que se destacaba por su compleja iconografía, se distribuyó sobre estas áreas. La Quemada se convirtió en el centro religioso más importante de la región, lo cual quedó manifestado en la arquitectura del asentamiento: la base piramidal más grande de la zona, tres canchas para el juego de pelota y varias plazas con pirámides. En La Quemada existen tres salones de columnas donde se concentraba el poder social y religioso; tienen características arquitectónicas que trascendieron en Tula con el Palacio Quemado durante el Posclásico Temprano (Hers 1995; Torreblanca y Dueñas 2020).

SECUENCIA OCUPACIONAL DEL SITIO

Las actividades arqueológicas han permitido profundizar en la cronología, secuencia ocupacional y procesos de abandono ocurridos en La Quemada. La primera fase de ocupación del valle de Malpaso y La Quemada, denominada Malpaso, aconteció entre los años 400 y 600/650 AD debido a la similitud con la decoración incisa-esgrafiada de la cerámica Canutillo correspondiente a la cultura Chalchihuites (Jiménez 2005; Jiménez y Darling 2000). Durante este periodo, Teotihuacan alcanzaba su máximo crecimiento poblacional y complejidad urbana, es decir, su máximo esplendor (Manzanilla 2017). Las regiones del cañón de Juchipila y los Altos de Jalisco tuvieron una presencia importante en La Quemada y quizás hayan sido el origen de sus primeros habitantes (Torreblanca *et al.* 2020; Jiménez y Darling 2000; Lelgemann 2010).

La segunda fase, denominada La Quemada (600/650-850 AD), representa el apogeo del sitio y marca su inicio con la caída de Teotihuacan, un acontecimiento que genera la aparición de un centro de poder regional. Durante esta fase tuvo lugar el mayor crecimiento arquitectónico del sitio y se consolidó como centro de poder en el valle y centro religioso en la región. La iconografía cerámica cambió radicalmente de los motivos geométricos a las representaciones figurativas, como en Chalchihuites (Hers 2005).

Se sabe que, a finales del siglo X, varios accesos y escalinatas principales, que comunicaban los distintos niveles de la acrópolis, comenzaron a ser reducidos y algunos fueron finalmente cancelados (Torreblanca *et al.* 2020; Jiménez 1994).

La tercera y última fase, denominada Ciudadela (850-1000 AD), culminó mediante un fuerte incendio del sitio, el cual quedó evidenciado con la presencia de vigas carbonizadas cubiertas por fragmentos de techo y con suelos quemados (Jiménez y Darling 2000).

ESTUDIOS DE CRONOLOGÍA ABSOLUTA REALIZADOS EN LA QUEMADA

I. Fechas radiométricas correspondientes al sector de El Cuartel y sitios aledaños a La Quemada

La ardua tarea de colocar a La Quemada dentro de una cronología regional absoluta comenzó hace 70 años, cuando Pedro Armillas, durante su temporada de tra-

bajo de campo, en los años 1951 y 1952, recolectó una serie de muestras que sometió a análisis en el laboratorio de radiocarbono de la Universidad de Michigan. Dichas muestras fueron analizadas utilizando el método del dióxido de carbono (CO₂)-disulfuro de carbono (CS₂), el cual constituía una mejora respecto al método del dióxido de carbono (CO₂) utilizado frecuentemente en los laboratorios de aquel tiempo. Sin embargo, no estuvo exento de algunas deficiencias, como las inconsistencias ocasionales resultantes de problemas en la química de la preparación, lo que eventualmente llevó al abandono del método. En un intento por compensar esta y otras variables, como el rango de variaciones en la calibración, en general, el error estadístico de ± 100 fue duplicado por el laboratorio de Michigan hasta el año de 1963. Dicho error solo reflejaba limitaciones en el procedimiento y no tomaba en cuenta problemas como el material orgánico intrusivo en la muestra (Crane y Griffin 1956; Trombold 1990).

Estas primeras tres fechas obtenidas por Armillas correspondieron a excavaciones realizadas en el sector de El Cuartel, ubicado sobre la acrópolis de La Ciudadela. La primera de estas fechas (M-430, 1065 \pm 200 AD) se obtuvo de una viga de madera del techo, localizada en escombros sin excavar inmediatamente al norte de una habitación excavada. La segunda fecha (M-431, 1175 \pm 200 AD) se tomó a partir de una concentración de madera carbonizada situada junto a una pared manchada por el humo. Ambas dataciones son tardías y no reflejan con precisión el periodo de mayor actividad de construcción en la acrópolis. Lo anterior podría deberse a la contaminación de la muestra en el caso de la primera fecha y a una reocupación efímera (posiblemente chichimeca) en cuanto a la segunda (Trombold 1990). La tercera fecha (M-432, 745 \pm 200 AD) se obtuvo de madera de construcción ubicada en la parte superior occidental de El Cuartel. A pesar de su posición y de la naturaleza de la muestra, esta datación parece ser válida porque se ajusta a la secuencia general obtenida desde 1952 (Trombold 1990).

Durante la temporada de trabajo de campo correspondiente a los años 1963 y 1964, Armillas obtuvo 9 fechas, 7 pertenecientes a La Quemada y 2 al sitio de la Presa de Ambosco, ubicado a 6 km al suroeste de La Ciudadela. Las 10 fechas reunidas para La Quemada corresponden nuevamente al sector de El Cuartel y fueron analizadas por el mismo método CO₂-CS₂. Tres de las fechas obtenidas en esta temporada se agrupan alrededor del año 737 \pm 120 AD: las muestras M-1651 (720 \pm 120 AD), M-1653 (720 \pm 120 AD) y M-1655 (770

± 120 AD), esta última conseguida de una muestra compuesta procedente de la superficie del techo de la habitación 4. Según los estudios realizados, la fecha M-1653 debería coincidir con la M-1654 (870 ± 120 AD), ya que ambas fueron tomadas de postes que sostenían el mismo techo; sin embargo, como se obtuvo de madera, la edad un poco más tardía de M-1654 podría reflejar una ligera contaminación. Una datación radicalmente distinta fue conseguida de la misma área (M-1652, 410 ± 120 AD); su posición cronológica temprana podría deberse a un error técnico del tipo ocasionalmente encontrado en el método o a la reutilización de la madera de construcción de una parte del sitio previamente ocupada. La fecha de M-1656 (1180 ± 110 AD) derivó de una pequeña y posiblemente insuficiente muestra de carbón correspondiente a tres distintas unidades de excavación y es, por lo tanto, considerada de poco valor o confiabilidad (Trombold 1990).

El promedio de las cuatro fechas anteriores (excluyendo la M-1656), 739 ± 140 AD, indica el periodo de mayor actividad de construcción en el sector de El Cuartel y también, probablemente, de varios de los niveles superiores. La datación M-1658 (930 ± 120 AD) refuerza lo anterior y podría considerarse una de las más importantes dentro de esta serie, debido a que dicha muestra de carbón fue obtenida de una chimenea circular con contorno de roca; la muestra se ubicaba 50 cm por encima de la superficie del techo superior colapsado de la última construcción, ocupación y destrucción de la habitación sobre la cual se encontraba. Lo anterior significa que, posiblemente, un grupo distinto, y en apariencia efímero, de personas ocupó el asentamiento y vivió sobre sus ruinas entre los años 810 y 1050 AD; lo cual podría indicar la caída de La Quemada o, al menos, la finalización del periodo de construcción a gran escala durante los años 835 y 850 AD (Trombold 1990).

En lo que se refiere a las dos fechas obtenidas del sitio Presa de Ambosco, la primera (M-1659, 850 ± 120 AD) se tomó de frijoles carbonizados ubicados en un compartimento de almacenamiento hecho de arcilla. La segunda (M-1660, 990 ± 110 AD) se obtuvo de maíz carbonizado localizado en la segunda mitad del mismo compartimento (Trombold 1990).

En 1986, Peter Jiménez y Charles Trombold realizaron excavaciones en el sitio Las Adjuntas, ubicado 4 km al oeste de La Quemada, del cual se consiguieron cuatro dataciones. La fecha Beta-18194 (850 ± 70 AD) se recolectó de una muestra de maíz carbonizado y representa la fase de construcción intermedia de la platafor-

ma de una habitación que delimita el lado norte de la Plaza 1. Se utilizó el factor de corrección (derivado de la misma muestra de maíz) y se obtuvo la fecha corregida 620 ± 70 AD. Este mismo factor de corrección fue aplicado también a la muestra de maíz carbonizado obtenida por Armillas (M-1660) para la Presa de Ambosco, lo que generó la datación corregida 730 ± 110 AD. La diferencia que existe entre estas dos fechas corregidas refleja los problemas comunes al datar plantas con temporadas de cultivo únicas. Muy probablemente, las fechas reales deben ser iguales, ya que ambas fueron tomadas con las mismas características y la distancia entre ambos lugares es menor a 4 km. La fecha Beta-18195 (750 ± 100 AD) fue obtenida de carbón separado por agua ubicado sobre una chimenea al oeste de la Plaza 3 del sitio Las Adjuntas. La fecha Beta-18196 (780 ± 70 AD) se tomó de carbón de leña depositado en la parte más baja del piso de un conjunto de habitaciones ubicado en el lado norte de la Plaza 3. La fecha Beta-28036 (500 ± 60 AD) se obtuvo de restos de carbón de leña localizados en el nivel inferior del relleno de la plataforma que se construyó como una extensión norte de este complejo habitacional (Trombold 1990).

II. Fechas radiométricas correspondientes a la Terraza 18

De las excavaciones realizadas entre 1988 y 1993 por SUNY Buffalo en La Quemada, se obtuvieron 39 dataciones radiométricas y, en 1997, Ben A. Nelson publicó los contextos estratigráficos de las mismas. De lo anterior es importante mencionar que los rangos de edad calibrados fueron calculados por el programa *CALIB* (Stuiver y Becker 1986). Una de las áreas excavadas durante esta temporada fue la Terraza 18, la segunda más grande del sitio. Se encuentra a lo largo de una calzada que avanza por el lado norte de su patio principal y después se conecta con una gran escalera que asciende a una pequeña pirámide o altar. Pueden distinguirse tres episodios de construcción sobre la Terraza 18: 1) la expansión de la subestructura; 2) los arreglos de estructuras construidas inmediatamente sobre la subestructura o tras la demolición de anteriores estructuras, pero sin cambios en la subestructura; y 3) el mantenimiento de estructuras y superficies existentes. En términos generales, la subestructura de la terraza se construyó en dos grandes etapas: la primera, en la que alcanzó el 80 % de su tamaño, y la segunda, cuando se expandió vertical y horizontalmente para tomar su for-

ma actual. Cuando la terraza fue ampliada, sus edificios fueron destruidos y se construyeron nuevamente para adaptarse a la ampliación. Tanto los edificios como el patio fueron renovados periódicamente en una serie de episodios de mantenimiento. En algún momento, todo ese complejo de estructuras, a excepción del templo, fue nuevamente destruido y reconstruido en un nuevo arreglo (Nelson 1997).

Existen 19 dataciones para la Terraza 18, incluyendo el Basurero 7, estrechamente asociado a la misma. El primer estrato, la superficie del terreno natural subyacente a la terraza, está representado por las fechas n.º 38 (540 ± 80 AD) y n.º 39 (650 ± 50 AD), las cuales fueron obtenidas de material carbonizado encontrado sobre un fogón construido sobre un lecho de roca. La muestra n.º 30 es de leña y la n.º 39 es de una mazorca de maíz carbonizada. Ambas corresponden al mismo episodio de uso y deben fijar el momento de construcción de la terraza. Debido a que el fogón estaba intacto y aún contenía restos de combustible, este material probablemente fue depositado justo antes de que el área fuese cubierta por la construcción de la terraza; de lo contrario, el material carbonizado se habría desintegrado (Nelson 1997).

El segundo estrato, relleno perteneciente al primer episodio de construcción de la terraza, está representado por la muestra n.º 37 (390 ± 70 AD), que proviene de una sola pieza de carbón localizada en el relleno, debajo de la banqueta este. Sin embargo, dicha fecha no es razonablemente temprana, comparada con la n.º 38 y otras pruebas discutidas, por lo cual fue rechazada (Nelson 1997). El tercer estrato presenta dos fechas: la primera (n.º 22, 530 ± 60 AD) proviene de una concentración de carbón perteneciente a una pieza de madera, la cual se encontró sobre el pasillo de un pequeño patio interior, encima de la banqueta este, y quizás sea parte de una viga de madera que fue destruida durante el periodo de reconstrucción; y la segunda (n.º 19, 670 ± 120 AD) se recolectó en la esquina suroeste del patio principal y proviene de trozos de carbón sobre la capa de preparación del primer piso del patio original (Nelson 1997).

El cuarto estrato, correspondiente al relleno de la última subestructura de la terraza, no está representado por ninguna fecha. Todas las dataciones obtenidas para el quinto estrato pertenecen a la banqueta oeste. La fecha n.º 4 (600 ± 50 AD) proviene de madera carbonizada del poste sur que soportaba el techo principal del templo. La fecha n.º 12 (630 ± 60 AD) procede de piezas dispersas de carbón obtenidas del relleno co-

locado al reconstruir y reordenar las estructuras en el Patio B, el patio hundido al oeste del templo. La fecha n.º 15 (690 ± 90 AD) proviene de carbón disperso entre los dos primeros pisos de una habitación al oeste del templo (Nelson 1997).

El sexto estrato, que incluye materiales estructurales relativos a la segunda y última reordenación de edificios después de la ampliación de la terraza, está representado por tres dataciones. Las fechas n.º 1 (690 ± 50 AD) y n.º 2 (630 ± 60 AD) son estratigráficamente equivalentes y provienen de madera carbonizada que se encontró sobre el piso del templo y, probablemente, representan vigas del techo. Estas vigas constituyen las últimas reparaciones importantes realizadas en el templo; sin embargo, también podrían ser vigas reutilizadas pertenecientes a una estructura anterior. La fecha n.º 3 (740 ± 50 AD) proviene del poste norte que soportaba el techo del templo; es importante mencionar que este poste fue reubicado y posiblemente remplazado cuando el templo se expandió hacia el norte (Nelson 1997).

El séptimo estrato, con material en uso en el momento del abandono, está representado por siete fechas. Existe la posibilidad de que pueda haber transcurrido un tiempo significativo desde la construcción de los últimos edificios y el final real de la ocupación; por esa razón, los materiales del séptimo estrato se distinguirían de los del sexto. Entre las muestras enviadas al análisis de radiocarbono, los materiales en uso durante el momento de abandono del sitio provienen, aparentemente, de carbón asociado a depósitos de restos esqueléticos humanos.

Como señalaron Pijoan y Mansilla en 1990, las muestras de cráneos y huesos largos son una característica general de La Quemada y, en particular, de la Terraza 18 en el interior del templo, el patio principal, los pasillos y el pequeño Patio B. Los huesos se encontraron desordenados según un patrón indicador de que en algún momento estuvieron suspendidos en las paredes, techos o estantes. Los materiales expuestos al aire libre están asociados al carbón, el cual podría corresponder a estantes de cráneos o leña asociada a los rituales realizados con el material esquelético.

Sin embargo, la distribución de las fechas de estos especímenes señala que la madera asociada con el material esquelético se mantuvo alrededor del patio durante bastante tiempo o bien que se trataba de madera muy vieja cuando fue cortada. Uno de estos casos es la muestra n.º 18 (500 ± 80 AD), derivada de una concentración de carbón localizada entre los huesos huma-

nos a lo largo del muro oriental del templo, sobre el pasillo del lado oeste del patio principal. La posición de los cráneos y huesos largos sugiere que podrían haber estado suspendidos sobre la pared exterior del templo. La fecha n.º 13 (600 ± 60 AD) proviene de un depósito similar en el Patio B. El material esquelético formaba una hilera a lo largo del borde del patio y descansaba sobre el suelo y parte de la pared, por lo que, posiblemente, el material estuvo suspendido sobre el pasillo del patio (Nelson 1997).

Una fecha coherente con el tiempo probable de abandono del sitio es la n.º 21 (840 ± 70 AD), que procede de una sola pieza de carbón asociada a un cráneo y huesos largos. Se encontraba debajo de la pared de mampostería colapsada de la plataforma superior y, en apariencia, era la subestructura de un edificio desde el que podía contemplarse la Terraza 18.

Otras dos fechas, correspondientes al séptimo estrato y que preceden inmediatamente al momento de abandono, son las muestras n.º 17 (660 ± 60 AD) y n.º 14 (720 ± 60 AD). La primera (n.º 17) se obtuvo de una concentración de carbón localizada sobre el suelo de la cancha del Juego de Pelota; su fuente no es clara, podría representar materiales de construcción que quedaron a la deriva durante la descomposición de las estructuras, o bien pertenecer a algún artefacto de madera asociado al juego de pelota e incluso a algún incendio posocupacional dentro de la cancha. La segunda muestra (n.º 14) se obtuvo a partir de piezas dispersas de carbón en la capa de relleno acumulado sobre el mismo patio. La última fecha perteneciente al séptimo estrato es la n.º 16 (820 ± 60 AD); se tomó de leña ubicada sobre un fogón extramuros, 4.5 m al este de la plataforma con vistas al templo. Esta muestra es considerada el mejor indicador del momento de abandono del sitio (Nelson 1997).

Se rechazaron dos dataciones también correspondientes a la Terraza 18, debido a que son contradictorias respecto a otras fechas obtenidas y asociadas a información estratigráfica. La fecha n.º 20 (230 ± 100 AD) proviene de piezas de carbón dispersas en el piso de un pasillo exterior sobre la banqueta oeste. Esta fecha temprana es inaceptable y se contradice con dataciones cercanas, como la n.º 15, que son varios siglos estratigráficamente anteriores y posteriores a ella. La fecha n.º 5 (310 ± 60 AD) procede de una pieza de carbón ubicada en el relleno acumulado después de la última renovación y, probablemente, al final de la ocupación del Patio B. Esta es otra datación temprana inaceptable, ya que no concuerda con fechas de materiales ubicados debajo de la

misma unidad arquitectónica (fecha n.º 12). La mejor justificación para sus edades tan tempranas es que ambos materiales pertenecen a la parte interior de una viga muy antigua (Nelson 1997).

III. Fechas radiométricas correspondientes al Basurero 11

Dentro de La Quemada existen varios basureros. Uno de los más fechados es el Basurero 11, ya que fue uno de los vertederos del núcleo monumental ubicado en la base del acantilado natural que separa el núcleo del flanco oeste. Se obtuvieron 13 dataciones, de las cuales dos fueron rechazadas. El basurero no ha sido perturbado y se formó por acreción, es decir, acumulación gradual de desechos. Su perfil manifiesta una serie de zonas de suelo relativamente claras, alternando luz y oscuridad en paralelo a la pendiente inclinada. Las capas oscuras están relativamente cargadas de material carbonizado y existe una considerable cantidad de artefactos en todo el depósito. Uno de los criterios para elegir las muestras fue que estuviesen claramente asociadas con un estrato u otro. El Basurero 11 está dividido en cuatro estratos: temprano, medio, tardío y posocupacional.

La implicación de esta interpretación estratigráfica es que mientras las fechas obtenidas de los estratos temprano, medio y tardío podrán considerarse indicadores cronológicos altamente fiables, aquellas de la zona posocupacional podrían representar casi cualquier fase de ocupación y son de interés únicamente a la hora de fechar el sitio como un todo (Nelson 1997).

La fecha más temprana correspondiente al estrato temprano es la n.º 34 (610 ± 60 AD), la cual proviene de una pieza sencilla de carbón; se cree que el origen de esta muestra, así como de las de todos los estratos, es la leña. Otras dos fechas del estrato temprano son la n.º 32 (630 ± 90 AD) y la n.º 33 (670 ± 100 AD), obtenidas de concentraciones de carbón que podrían no derivar de la misma pieza de madera (Nelson 1997).

El estrato medio también está representado por tres fechas. La n.º 35 (540 ± 80 AD) procede, probablemente, de una concentración de carbón de una especie sencilla de madera. Esta fecha representa un pequeño retroceso respecto a otras de los estratos ocupacionales y quizás se deba a algún error en el muestreo. Las otras dos dataciones correspondientes a este estrato son la n.º 28 (610 ± 80 AD) y la n.º 31 (640 ± 80 AD), las cuales provienen de una concentración de carbón (Nelson 1997).

Tabla 1a. Edades obtenidas por métodos radiométricos en La Quemada.

DATACIONES REALIZADAS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO "LA QUEMADA"					
Estructura	Descripción	Fecha de datación	Especimen / Muestra	Etiqueta	Intervalo de edad (d.C.)
El cuartel	Viga de techo de madera, de una habitación norte	Griffin, Amillas, 1951, 1952	M-430	1	1065 ± 200
El cuartel	Madera carbonizada junto a una pared manchada de humo	Griffin, Amillas, 1951, 1952	M-431	2	1175 ± 200
El cuartel	Madera de construcción ubicada en la parte superior	Griffin, Amillas, 1951, 1952	M-432	3	745 ± 200
El cuartel		Amillas, 1963, 1964	M-1651	4	720 ± 120
El cuartel		Amillas, 1963, 1964	M-1652	5	410 ± 120
El cuartel		Amillas, 1963, 1964	M-1653	6	720 ± 120
El cuartel		Amillas, 1963, 1964	M-1654	7	870 ± 120
El cuartel	Techo de la habitación 4	Amillas, 1963, 1964	M-1655	8	770 ± 120
El cuartel	Muestra de carbón	Amillas, 1963, 1964	M-1656	9	1180 ± 110
El cuartel	Habitación 4	Amillas, 1963, 1964	M-1658	10	930 ± 120
Presa de Ambosco	6 km al suroeste de la ciudadela, frijoles carbonizados	Amillas, 1963, 1964	M-1659	11	850 ± 120
Presa de Ambosco	6 km al suroeste de la ciudadela, maíz carbonizado	Amillas, 1963, 1964	M-1660	12	730 ± 110
Las Adjuntas	4 km al oeste de la ciudadela, maíz carbonizado	Jiménez&Trombold, 1986	Beta-18194	13	620 ± 70
Las Adjuntas	4 km al oeste de la ciudadela, carbón vegetal separado por	Jiménez&Trombold, 1986	Beta-18195	14	750 ± 100
Las Adjuntas	4 km al oeste de la ciudadela, carbón de leña	Jiménez&Trombold, 1986	Beta-18196	15	780 ± 70
Las Adjuntas	5 km al oeste de la ciudadela, carbón de leña	Jiménez&Trombold, 1986	Beta-28036	16	500 ± 60
Terraza 18	Viga carbonizada	Nelson, 1997	B-44790	17	690 ± 50
Terraza 18	Viga carbonizada	Nelson, 1997	B-44791	18	630 ± 60
Terraza 18	Poste carbonizado	Nelson, 1997	B-44792	19	740 ± 50
Terraza 18	Poste carbonizado	Nelson, 1997	B-44793	20	600 ± 50
Terraza 18	pieza de carbón	Nelson, 1997	B-44794	21	310 ± 60
Midden 6	piezas de carbón	Nelson, 1997	B-44795	22	680 ± 60
Midden 6	piezas de carbón	Nelson, 1997	B-44796	23	490 ± 80

El estrato tardío está representado por dos fechas: la n.º 26 (660 ± 90 AD) y la n.º 27 (800 ± 80 AD), ambas derivadas de concentraciones de carbón (Nelson 1997). El estrato posocupacional presenta tres dataciones: la n.º 9 (610 ± 60 AD), la n.º 8 (630 ± 60 AD) y la n.º 11 (700 ± 60 AD), las cuales provienen de concentraciones de carbón de materiales dispersos. Se cree que las fuentes de estas fechas podrían ser materiales de construcción de edificios destruidos sobre la Terraza 18, ubi-

cada por encima del basurero, aunque también es posible que provengan de restos de leña (Nelson 1997).

Dos dataciones correspondientes al Basurero 11 fueron rechazadas debido a su incompatibilidad con el ordenamiento estratigráfico de las otras. Una de las anteriores es la n.º 10 (290 ± 120 AD), procedente del estrato posocupacional, consistente en una muy pequeña concentración de carbón que requirió un conteo de tiempo prolongado en el laboratorio y su desviación

Tabla 1b. Edades obtenidas por métodos radiométricos en La Quemada.

Estructura	Descripción	Fecha de datación	Especimen / Muestra	Etiqueta	Intervalo de edad (d.C.)
Midden 11	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-44797	24	630 ± 60
Midden 11	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-44798	25	610 ± 60
Midden 11	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-44799	26	290 ± 120
Midden 11	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-44800	27	700 ± 60
Terraza 18	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62001	28	630 ± 60
Terraza 18	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62002	29	600 ± 60
Terraza 18	piezas de carbón dispersas	Nelson, 1997	B-62003	30	720 ± 60
Terraza 18	piezas de carbón dispersas	Nelson, 1997	B-62004	31	690 ± 90
Terraza 18	Concentración de carbón (leña)	Nelson, 1997	B-62005	32	820 ± 60
Terraza 18	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62007	33	660 ± 60
Terraza 18	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62009	34	500 ± 80
Terraza 18	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62010	35	670 ± 120
Terraza 18	piezas de carbón dispersas	Nelson, 1997	B-62011	36	230 ± 100
Terraza 18	pieza de carbón	Nelson, 1997	B-62012	37	840 ± 70
Terraza 18	Concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62013	38	530 ± 60
Midden 7	pieza de carbón	Nelson, 1997	B-62016	39	460 ± 90
Midden 7	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62017	40	650 ± 60
Midden 7	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62018	41	610 ± 60
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62019	42	660 ± 90
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62020	43	800 ± 80
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-62021	44	610 ± 80
Midden 12	piezas de carbón dispersas	Nelson, 1997	B-62023	45	1816 ± 1
Midden 15	piezas de carbón dispersas	Nelson, 1997	B-62025	46	740 ± 70
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-66554	47	640 ± 80
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-66555	48	630 ± 90
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-66556	49	670 ± 100
Midden 11	pieza de carbón	Nelson, 1997	B-66557	50	610 ± 60
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-66558	51	540 ± 80
Midden 11	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-66559	52	400 ± 60
Terraza 18	pieza de carbón	Nelson, 1997	B-77238	53	390 ± 70
Terraza 18	concentración de carbón	Nelson, 1997	B-77240	54	540 ± 80
Terraza 18	mazorca de maíz carbonizada	Nelson, 1997	B-77239	55	650 ± 50

Edades obtenidas por métodos radiométricos en La Quemada, Zacatecas

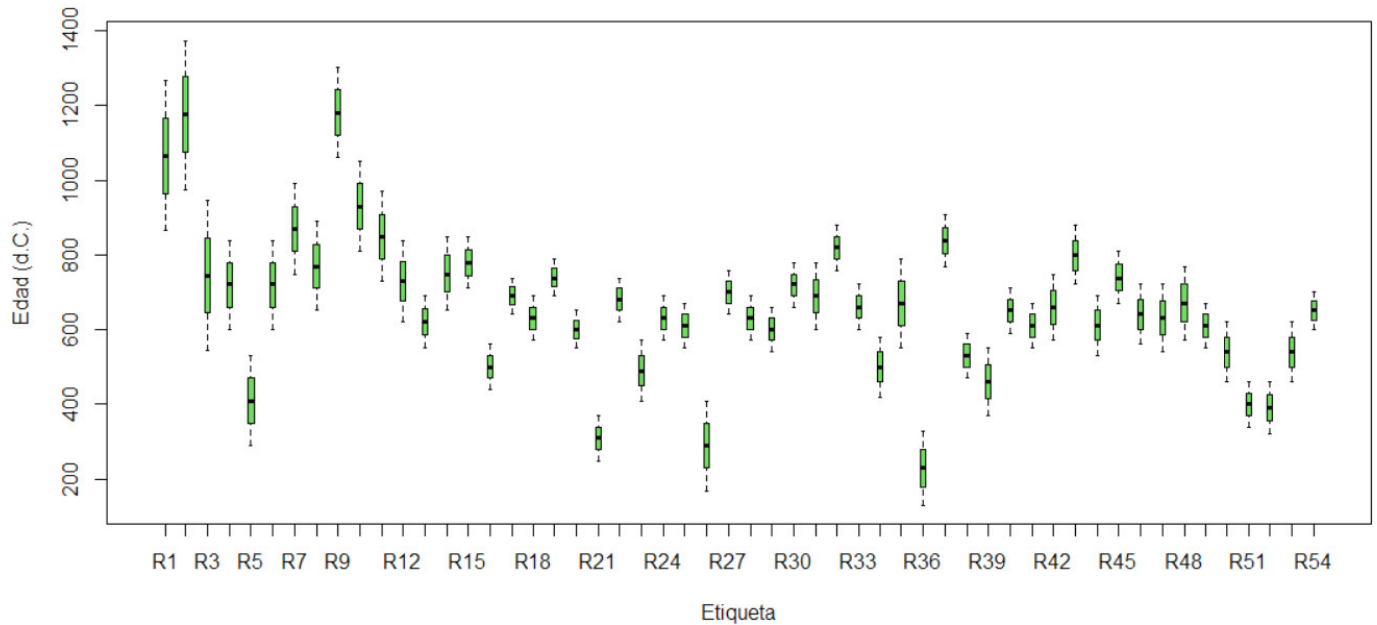


Figura 2. Gráfica de los intervalos de edades radiométricas obtenidas en La Quemada.

estándar es la más alta respecto a todas las muestras analizadas. Si la determinación de la edad es precisa, el material corresponde posiblemente a los anillos internos de una viga de madera que ya era muy antigua cuando se cortó. La fecha n.º 36 (400 ± 60 AD) proviene del estrato medio, pero no puede considerarse representativa del mismo, ya que existen cinco dataciones entre el estrato medio y el temprano que son dos o tres siglos posteriores a esta (Nelson 1997).

IV. Fechas radiométricas correspondientes a los basureros 6, 7, 12 y 15

Se obtuvieron dos dataciones pertenecientes al Basurero 6. La fecha n.º 7 (490 ± 90 AD) proviene de una sola pieza de carbón del más antiguo de los tres estratos ocupacionales del basurero. Aunque esta datación es considerablemente anterior a la mayoría de las obtenidas y es bastante sorprendente por su posición sobre el basurero, hay pocos motivos para rechazarla; exceptuando la existencia de la fecha n.º 6 (680 ± 80 AD), mucho más tardía y correspondiente al mismo estrato. El contexto de ambas muestras parece estar bien fundamentado, sin embargo, la muestra n.º 6 procede de trozos de carbón dispersos (Nelson 1997).

Se consiguieron tres fechas pertenecientes al Basurero 7, el cual está asociado a la Terraza 18 y parcialmente cubierto por la misma, lo cual las hace particularmente importantes, ya que representan a materiales

desechados de las estructuras residenciales y ceremoniales que se excavaron intensamente en la Terraza 18. Dos de las fechas obtenidas corresponden al estrato temprano: la n.º 25 (610 ± 60 AD) y la n.º 24 (660 ± 50 AD) pertenecen a un depósito que se extiende por debajo del muro exterior occidental de la Terraza 18, lo cual se debe a que, en apariencia, el basurero se acumuló antes de que la terraza se expandiera hasta su dimensión final. Por lo tanto, estas muestras deben ser relativamente tempranas y comparables con las del primer y segundo estrato de la terraza. La fecha n.º 23 (460 ± 90 AD) pertenece al estrato tardío del basurero y es claramente contradictoria respecto a las obtenidas para el estrato temprano; además, la muestra se tomó de un trozo de carbón asociado a tuestos de la cultura Chalchihuites que debería coincidir con la datación 750-900 AD (Kelley 1985), por lo cual fue rechazada dicha fecha (Nelson 1997).

En el Basurero 12 se obtuvo la fecha n.º 29 (1816 ± 1 AD), que parece corresponder a un incendio forestal reciente. Este basurero tenía un estrato único e indiferenciado, por lo que no hay grandes posibilidades de obtener una mejor determinación de la edad (Nelson 1997).

La fecha n.º 30 (740 ± 70 AD), perteneciente al Basurero 15, se obtuvo de trozos de carbón dispersos y constituye el estrato ocupacional único de dicho vertedero, el cual está asociado con una de las terrazas ubicadas pendiente abajo de la Terraza 18. Si la cadena de

terrazas, de la cual forma parte la Terraza 18, creció gradualmente pendiente abajo, entonces la fecha media de ocupación de dicha terraza asociada, de la que se obtuvo la muestra, debe ser posterior a las dataciones obtenidas de la Terraza 18, y dicha proposición parece concordar con la fecha obtenida (Nelson 1997).

V. Estimación de edades por métodos dendrocronológicos

El arqueólogo Marco Antonio Santos Ramírez realizó excavaciones, durante la temporada 2012-2014, en estancias correspondientes al sector de El Cuartel, que permitieron tener un mejor entendimiento de ese complejo habitacional. Este último tuvo dos fases de construcción. La más antigua fue una estructura de un solo piso en forma de media luna relativamente pequeña y con una función probablemente ceremonial. Posteriormente, el espacio fue remodelado con una mampostería de dos pisos hecha de un adobe distinto al que se observa en otros sectores del sitio. Los materiales de construcción, así como las finas cerámicas localizadas en esta zona, sugieren que dicha área albergaba una población de élite (Jiménez 2004; Ramírez 2014). Las 13 habitaciones interconectadas de la planta baja estaban cerradas al público e intencionalmente separadas; posiblemente, ello marcaba la separación habitacional del linaje gobernante. El piso superior parece haber sido utilizado para actividades sociales y públicas (Ramírez 2014). Se localizaron algunas vigas caídas, probablemente empleadas como soportes del techo entre los dos pisos, dentro de las habitaciones. Las vigas estaban muy bien conservadas, algunas de las cuales aparecieron carbonizadas parcialmente. Estas vigas, junto con algunas muestras de madera recuperadas por Armillas en las excavaciones anteriores, proporcionaron el primer conjunto de muestras para realizar estudios dendrocronológicos en La Quemada: siete muestras correspondientes a las excavaciones de Santos Ramírez en La Quemada, la muestra INAH 16 procedente de las excavaciones efectuadas por Pedro Armillas y una muestra recolectada en la Terraza 18 (Turkon *et al.* 2018).

Los análisis dendrocronológicos se basan en dos principios básicos (Fritts 1976; Schweingruber 1988; Speer 2010). Primero, los árboles aptos para realizar este tipo de análisis producen un anillo de árbol visible anualmente en respuesta a sus condiciones de crecimiento. Estos cambios en las condiciones de crecimiento de los árboles son evidentes en la densidad del tejido, el color y el tamaño celular dentro de cada anillo. El número

de anillos anuales en la sección de corte de un árbol registra la edad biológica del mismo. El anillo más externo de una capa representa el último año de crecimiento. El anillo ubicado inmediatamente por debajo de la corteza representa el año en el que el árbol fue talado y su presencia es importante para la interpretación arqueológica. El segundo principio básico es que los anchos de los anillos anuales varían en respuesta al cambio climático y factores ambientales como la temperatura y el promedio de lluvia: produciendo anillos más anchos cuando las condiciones son favorables y anillos estrechos cuando son adversas (Fritts 1976). Independientemente de las circunstancias individuales, los árboles de idéntica especie ubicados en la misma región geográfica, bajo condiciones climáticas y limitaciones ambientales similares, producen con el tiempo patrones de crecimiento similares. Por lo anterior, la dendrocronología representa un método de datación que puede colaborar en la construcción cronológica de los sitios arqueológicos (Turkon *et al.* 2018).

Una aplicación exitosa de un estudio dendrocronológico requiere las siguientes condiciones previas: 1) especies de árboles con anillos de crecimiento anual, 2) múltiples muestras por especie, 3) la presencia de 50 o más anillos por muestra, 4) árboles que crecieron en la misma región geográfica, 5) árboles que crecieron en el mismo periodo de tiempo y 6) una respuesta de crecimiento principalmente asociada al clima y no a condiciones ambientales específicas a microescala (Turkon *et al.* 2018).

Las muestras obtenidas para el estudio dendrocronológico de La Quemada cuentan con anillos de crecimiento anual, lo que satisface la primera condición. Existen algunas muestras por especie, cumpliendo con la segunda condición. La mayoría de las muestras contienen más de 50 anillos como lo requiere la tercera condición. Las restricciones en transporte que existieron en el tiempo de ocupación del sitio sugieren que las muestras corresponden a árboles que crecieron en la misma región geográfica, cumpliendo con la cuarta condición. Al realizar el análisis de los resultados, se «cruzaron» satisfactoriamente las fechas obtenidas para distintas especies, lo cual sugiere que los árboles crecieron en el mismo periodo de tiempo y bajo las mismas condiciones climáticas, cumpliendo con la quinta y sexta condición (Turkon *et al.* 2018).

Para las colecciones de La Quemada, todas las muestras con 40 anillos o más se midieron con un microscopio binocular estándar y una platina de medición a 0.01 mm de precisión. Las mediciones fueron cuida-

Tabla 2. Edades obtenidas por métodos dendrocronológicos en La Quemada.

DATACIONES DENDROCRONOLÓGICAS REALIZADAS EN LA QUEMADA						
Estructura	Descripción	Número de				
		Anillos	Tipo de pino	Carbón o Madera	Etiqueta	Intervalo de edad calibrada
El cuartel	Habitación K	174	III	M	61	466 - 639 d. C.
Terraza 18		39	III	C	62	623 - 661 d. C.
El cuartel	Habitación E	58	III	C	63	654 - 711 d. C.
El cuartel	Habitación E	41	I	C	64	665 - 704 d. C.
El cuartel	Habitación K	91	I	C	65	637 - 726 d. C.
El cuartel	Viga quemada recuperada en la exploración de Armillas	56	I		66	715 - 770 d. C.

dosamente conciliadas dentro de las secuencias de muestras individuales y sus radios fueron combinados antes de intentar cruzar las fechas con las secuencias de anillos de árboles de otras muestras, siendo igualmente conciliadas cuando los anillos faltantes o falsos eran evidentes en las comparaciones entre muestras. En el caso de las muestras que tenían muchos fragmentos del mismo árbol, se midieron los fragmentos más grandes y se combinaron las mediciones resultantes cuando las características visibles de los patrones de los anillos podían encajar (Turkon *et al.* 2018).

Se compararon las secuencias de anchura de anillos en muestras del mismo sitio y contexto para una posible datación cruzada, utilizando los métodos dendrocronológicos establecidos de comparación visual, los años marcadores distintivos y pruebas estadísticas de apoyo (Cook y Kairiukstis 1990), incluyendo la distribución *t* de Student, la intercorrelación y los coeficientes de tendencia proporcionados por el software *Tellervo* y *COFECHA* (Brewer 2014; Holmes 1983). Las muestras con fechas cruzadas en el mismo contexto se combinaron en cronologías. A continuación, se compararon las cronologías y las muestras individuales de diferentes contextos; de nuevo, si alguna de esas secuencias se cruzaba con éxito, se combinaban tales conjuntos de datos (Turkon *et al.* 2018).

Lo anterior describe cómo se construyó una cronología para los anillos de árbol. Sin embargo, cuando se elabora una cronología arqueológica para una especie, un periodo y una región geográfica para la que no existen cronologías de referencia con fecha de calendario establecida para situarla en el tiempo absoluto, se considera una «cronología flotante». Una fecha de radiocarbono en las muestras utilizadas en la datación puede situar la cronología en el tiempo de forma aproximada. Sin embargo, un *wiggle match* de radiocarbono en los anillos de los árboles logra una ubicación más específi-

ca y precisa con un error relativo mucho menor (Bayliss 2007; Bronk Ramsey *et al.* 2001; Galimberti *et al.* 2004). El método del *wiggle matching* ayuda a obtener las dataciones absolutas creando un conjunto de datos de múltiples fechas de ^{14}C separadas por el número de anillos entre los segmentos de anillos de árboles datados. Para ello, después de combinar las secuencias de fechas cruzadas en cronologías, se eligieron muestras para la datación por ^{14}C . Se escogieron dos muestras de la cronología según sus largas secuencias de anillos o sus contextos culturalmente significativos. Se seleccionó de cada muestra una serie de segmentos de anillos secuenciales a escala decenal y se cortaron para la datación por radiocarbono. Para cada *wiggle match*, se compiló un conjunto de datos de las fechas de ^{14}C colocadas a lo largo de la misma línea de tiempo que sus respectivos segmentos y se ajustó a la curva de calibración internacional de radiocarbono *IntCal13* del hemisferio norte (Reimer *et al.* 2013), utilizando la función *D_Sequence* en el software *OxCal* (Bronk Ramsey *et al.* 2001; Turkon *et al.* 2018).

Determinar el año en que se taló un árbol es clave para establecer las fechas de construcción y el rango de ocupación de un sitio arqueológico. El anillo más externo, indicado por la presencia de corteza o de un borde de paja, es el último anillo de crecimiento e indica el año en que murió el árbol. Una vez que los conjuntos de datos de los anillos de los árboles han sido absolutamente datados, las fechas de construcción y ocupación se determinan por las edades finales de las muestras. Para cada muestra, si el anillo de crecimiento más externo se encuentra en el borde de la madera, entonces la fecha de su anillo exterior es la fecha de tala e indica el rango de dataciones más antiguo para el uso cultural del árbol. Sin embargo, en el caso de las maderas encontradas en los sitios arqueológicos, con frecuencia falta el borde de la madera debido a su preparación para

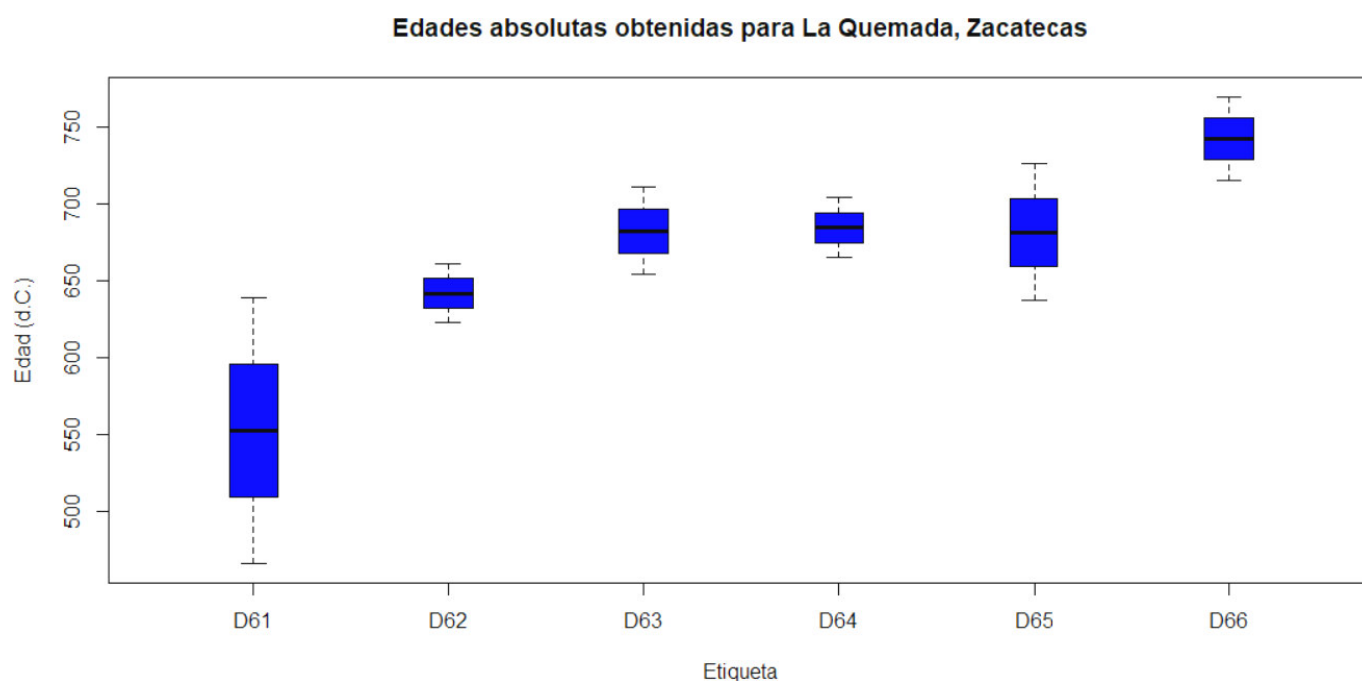


Figura 3. Gráfica de los intervalos de edad obtenidos por métodos dendrocronológicos en La Quemada.

la construcción o a la descomposición natural. Por ello, las fechas del anillo exterior existente en estas muestras dan una fecha de «tala posterior», lo cual indica que la construcción tuvo que ser ulterior a ese año.

Tanto la medición de anillos como los resultados del *wiggle matching* señalan que las tres vigas de los cuartos E y K dentro del complejo de El Cuartel (LAQ28, LAQ29 y LAQ30) fueron taladas con una diferencia aproximada de 20 años entre sí. La tala de las vigas correspondientes a la sala E (LAQ28, LAQ29) fue posterior al año 711 ± 4 AD y la tala de la viga de la sala K sucedió después del año 726 ± 4 AD. Una viga también correspondiente a la sala K (LAQ31) sugiere una construcción anterior, ya que fue talada después del año 639 ± 4 AD (Turkon *et al.* 2018).

Debido al tamaño, la resistencia y la buena conservación de estas muestras, se cree que se utilizaron como vigas de soporte del techo. El cuarto K fue una sala interior de varios pisos (Santos Ramírez 2014) que requirió un soporte estructural amplio.

El hecho de que las dos muestras (LAQ30 y LAQ31) se encontrasen una al lado de la otra en el mismo contexto, pero que los anillos de árbol conservados y las fechas probables de uso muestren hasta 100 años de diferencia entre ellas, apoya la interpretación de remodelación propuesta por Santos Ramírez (2014). Es posible que la primera viga se utilizara durante la fase inicial de construcción, después del año 639 ± 4 AD y que, debido a su buen estado, se reciclase durante la segun-

da fase de construcción cuando se cortaron las otras vigas, en algún momento después del año 726 ± 4 AD. El último anillo de árbol existente en la muestra de una posible viga recuperada en el templo de la Terraza 18 (LAQ35) corresponde al año 661 ± 4 AD, lo cual podría interpretarse como la fecha de construcción inicial de la terraza (Turkon *et al.* 2018).

VI. Estimación de edades por arqueomagnetismo

Como se mencionó anteriormente, La Quemada es un sitio que sufrió fuertes incendios, lo que lo convierte en un excelente candidato para llevar a cabo estudios arqueomagnéticos. En 2019 se recolectaron muestras en la Plaza de los Sacrificios y en el Salón de las Columnas en un intento por determinar con precisión los intervalos de edad correspondientes a la caída y abandono del sitio, el cual aparentemente ocurrió mediante un incendio intencional como ritual de clausura (López-Delgado *et al.* 2019).

Dos muestras (LQ3 y LQ4) corresponden al sector norte del Salón de las Columnas. La primera proviene de un piso quemado de arcilla endurecida y la segunda pertenece a un fragmento de la fachada de la pared (López-Delgado *et al.* 2019).

La Plaza de los Sacrificios, situada sobre el tercer nivel del asentamiento, es decir, en la cima de la colina, consiste en una gran plaza con altar en el centro y ha-

Tabla 3. Intervalos de edad obtenidos por métodos arqueomagnéticos en La Quemada.

DATACIONES ARQUEOMAGNÉTICAS REALIZADAS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO "LA QUEMADA"							
Estructura	Descripción	Intensidad	Inclinación	Declinación	α_{95}	Etiqueta	Intervalo obtenido
Salón de columnas	LQ3, piso quemado de arcilla endurecida y LQ4, pared aplastada quemada de la fachada del salón de columnas	$56.5 \pm 3.9 \mu\text{T}$ (LQ3)	40.59°	345.55°	3.4°	55	1018 - 1163 d.C.
Plaza de los sacrificios	Pisos quemados	$40.6 \pm 2.6 \mu\text{T}$ (LQ1)	33.67°	356.16°	2.1°	56	854 - 968 d.C.
Cancha de juego de pelota	fogón1		34.7°	351.3°	2.6°	57	931 - 1006 d.C.
Cancha de juego de pelota	fogón2		33.4°	358.9°	2.7°	58	693 - 947 d.C.
Cancha de juego de pelota	fogón2		33.4°	358.9°	2.7°	59	1463 - 1623 d.C.
Cancha de juego de pelota	Cavidad/hoyo quemado		33.1°	354.7°	3.2°	60	757 - 980 d.C.

bitaciones hacia el este, el sur y el oeste; mientras que en la dirección norte se encuentra un basamento piramidal. De esta área se consiguieron las muestras LQ1 y LQ2, correspondientes a pisos quemados (López-Delgado *et al.* 2019).

Las muestras fueron sometidas a experimentos de magnetismo de roca, con los que se obtuvieron las curvas termomagnéticas (k/T) que permitieron identificar a la magnetita pobre en titanio (muy cercana a la fase magnetita ferrimagnética) como responsable de la magnetización de los pisos (López-Delgado *et al.* 2019). Se consiguieron direcciones paleomagnéticas confiables para 23 de los 32 especímenes, todas ellas correspondientes a las muestras LQ1, LQ2 y LQ3.

No se logró ninguna dirección paleomagnética para el sitio LQ4 (8 especímenes), debido a que el experimento de desmagnetización por campos alternos no pudo separar la componente primaria de la magnetización de la muestra.

En base a lo anterior, las direcciones medias para la Plaza de los Sacrificios se obtuvieron utilizando todos los especímenes correspondientes a LQ1 y LQ2, que arrojaron una $\text{Inc} = 33.67^\circ$ y $\text{Dec} = 356.16^\circ$ con parámetros de incertidumbre $\alpha_{95} = 2.1^\circ$ y $k = 323$. En el caso del Salón de las Columnas, las direcciones medias se calcularon tomando en cuenta los 8 especímenes pertenecientes a la muestra LQ3, que proporcionaron una $\text{Inc} = 40.59^\circ$ y $\text{Dec} = 345.55^\circ$ con parámetros de incertidumbre $\alpha_{95} = 3.4^\circ$ y $k = 266$.

Doce especímenes de las muestras LQ1 y LQ3 suministraron resultados fiables para ser sometidos a experimentos de paleointensidad: 1) el diagrama de Arai contiene más de 6 puntos, 2) la fracción f (Coe *et al.* 1978) de remanencia inicial es más de la mitad, 3) el factor de calidad $q \geq 5$, 4) no se observa comportamiento cóncavo hacia arriba en el diagrama de Arai, 5) no hay evidencia de la desviación de la magnetización remanente hacia la dirección del campo de laboratorio y 6) chequeos positivos de $pTRM$ dentro del 15 % durante la fase inicial de calentamiento hasta los 400°C y dentro del 10 % entre los 400 y 560°C de calentamiento. Además, la curva termomagnética asociada a las muestras presenta un comportamiento razonablemente reversible, mientras que la gráfica de histéresis y la curva de magnetización remanente isotérmica indican la probable presencia de pequeños minerales ferromagnéticos pseudodominio.

Los especímenes pertenecientes a la muestra LQ1, correspondiente a la Plaza de los Sacrificios, arrojaron una paleointensidad media de $40.6 \pm 2.6 \mu\text{T}$; mientras que los especímenes correspondientes a la muestra LQ3, procedente del Salón de las Columnas, proporcionaron una paleointensidad media de $56.5 \pm 3.9 \mu\text{T}$ (López-Delgado *et al.* 2019).

Utilizando el modelo *SHA.DIF14k* (Pavón-Carrasco *et al.* 2011, 2014), se obtuvo el intervalo 854-968 AD como la edad más probable del incendio de los pisos para la Plaza de los Sacrificios (LQ1 y LQ2). Cabe se-

Edades obtenidas por métodos arqueomagnéticos en La Quemada, Zacatecas

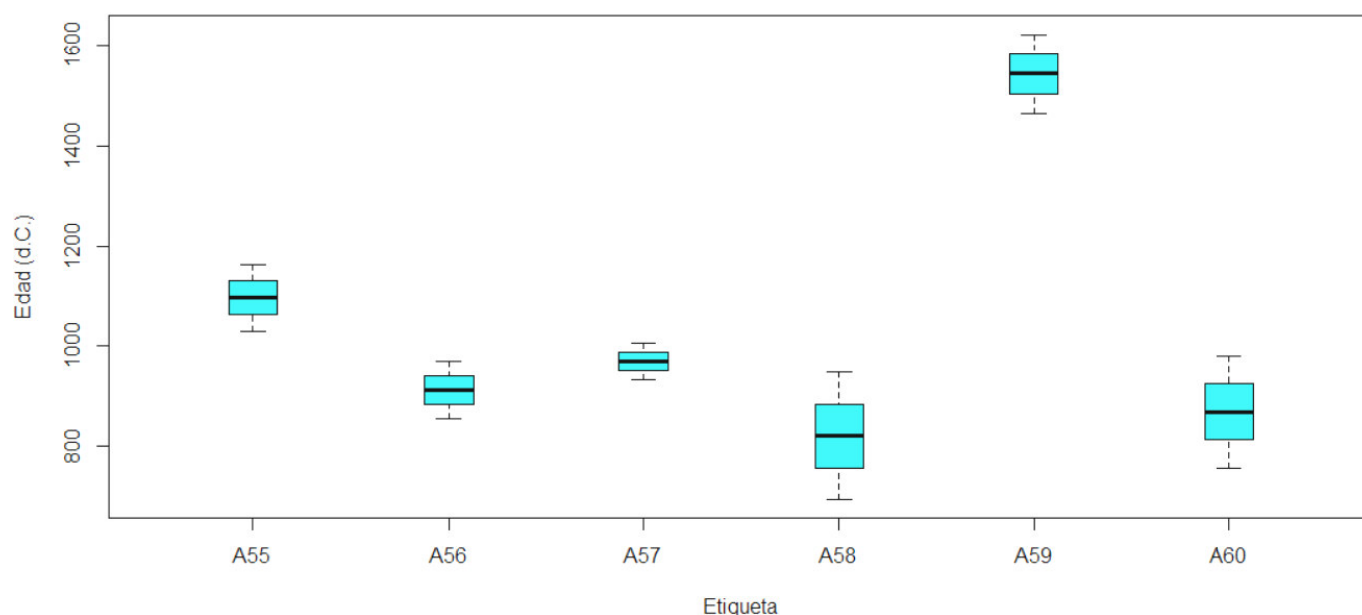


Figura 4. Gráfica de los intervalos de edad obtenidos por métodos arqueomagnéticos en La Quemada. Se muestran los dos intervalos conseguidos para el fogón 2.

ñalar que el intervalo 722-820 AD, también suministrado por el modelo para estas muestras, no debe ser descartado completamente. Para el Salón de las Columnas (LQ3 y LQ4) se consiguió el intervalo 1018-1163 AD como la edad más probable del incendio de los pisos, lo cual no coincide con el núcleo principal de estimaciones de edad radiométrica de alta calidad técnica disponibles para La Quemada. Entonces, estos resultados pueden indicar que La Quemada fue incendiada en dos etapas o bien cabe la posibilidad de que haya ocurrido un incendio general en varias secciones del sitio entre los años 854 y 968 AD y que el Salón de las Columnas se haya vuelto a incendiar entre los años 1018 y 1163 AD (López-Delgado *et al.* 2019).

Se realizó un segundo estudio arqueomagnético en La Quemada para situar la cancha principal del Juego de Pelota dentro de un marco cronológico absoluto. En esta ocasión, se muestrearon dos fogones localizados en salas asociadas a la cancha y una cavidad quemada sobre una de las paredes. Esta cancha del Juego de Pelota se ubica en el primer nivel del asentamiento, al pie de la ladera sur del cerro, y consistía en una estructura de 80 m de largo por 15 m de ancho con orientación de norte a sur. Sus paredes laterales tenían 1.50 m de altura y su estructura poseía la forma de una «I» latina con cabezas en sus extremos norte y sur, manteniendo el patrón tradicional mesoamericano. En su extremo sur existía una plataforma anexa, a la cual se accedía por

una escalera ubicada al sur. Las excavaciones arqueológicas revelaron la presencia de tres habitaciones asociadas a la cancha del Juego de Pelota, divididas por muros de mampostería y asociadas a tres fases de ocupación basadas en la superposición de elementos arquitectónicos. La presencia de fogones al interior de estas habitaciones, así como un depósito de huesos humanos en la parte exterior de la Plataforma Sur y una cavidad tallada cubierta de ceniza en una de las paredes, fueron relevantes para este estudio (Torreblanca *et al.* 2020).

Las dos primeras áreas seleccionadas para el muestreo arqueomagnético corresponden a los dos fogones que se encontraban dentro del depósito de la última fase de ocupación, por lo que, teóricamente, pertenecen a la fase anterior. El primer fogón (fogón 1) consistía en un agujero rectangular sobre el suelo de 25 cm de largo por 15 cm de ancho y 10 cm de profundidad. El segundo fogón (fogón 2) tenía una forma circular de 50 cm de diámetro y estaba cubierto con losas semiesféricas de arcilla. La tercera área seleccionada para el muestreo se ubicó en la zona exterior de la cancha del Juego de Pelota, en la que se localizó una pared plegada (hundida) y depósitos secundarios de restos óseos. En la esquina noroeste, tallado sobre la roca madre, se descubrió un agujero de aproximadamente 30 cm de diámetro por 9 cm de profundidad (cavidad quemada) que se encontraba cubierto de ceniza (Torreblanca *et al.* 2020).

Edades absolutas obtenidas para La Quemada, Zacatecas

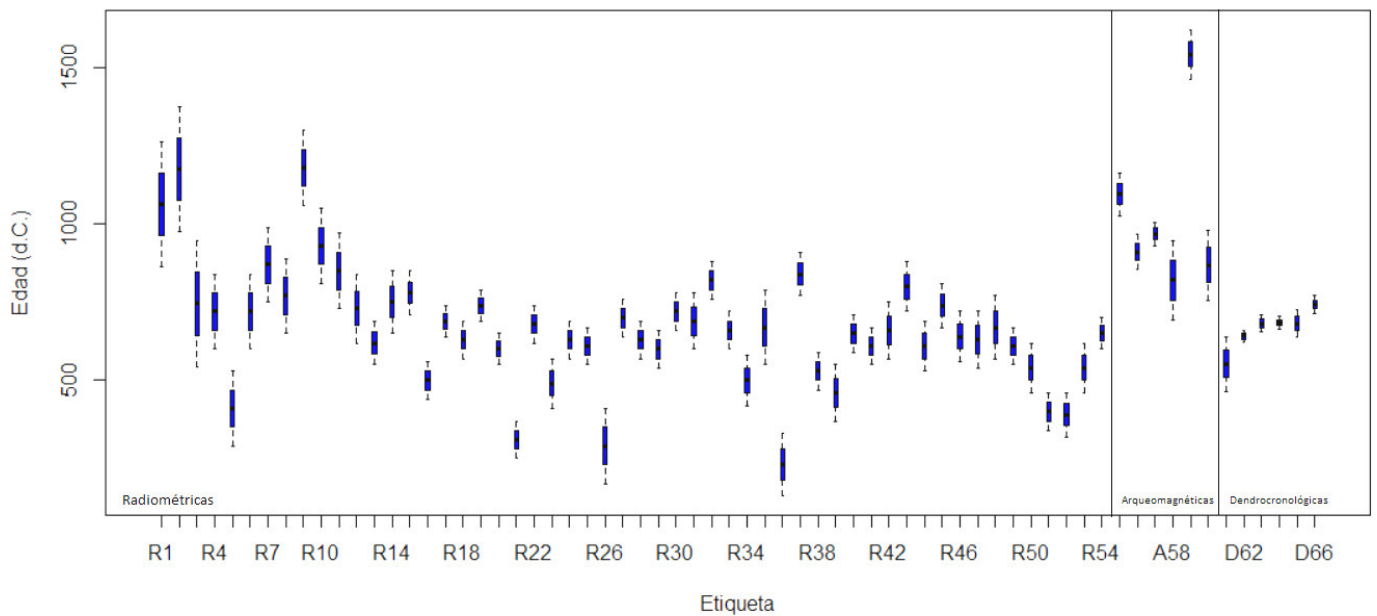


Figura 5. Gráfica de los intervalos de edad obtenidos mediante los tres métodos de datación absoluta.

Las muestras fueron sometidas a experimentos de magnetismo de roca con los que se obtuvieron las curvas termomagnéticas (k/T) que permitieron identificar a la magnetita pobre en titanio (muy cercana a la magnetita pura) como la responsable de la magnetización de los fogones y la cavidad quemada; además, se observó un comportamiento irreversible en las curvas, lo que descartó la realización de experimentos de paleointensidad (Torreblanca *et al.* 2020).

Se obtuvieron direcciones paleomagnéticas fiables para los 44 especímenes, ya que todos presentaron un comportamiento lineal de su magnetización primaria, con magnetizaciones secundarias o viscosas que se eliminaron fácilmente al aplicarse campos de $15 \mu\text{T}$. Sin embargo, al momento de calcular las direcciones medias utilizando la estadística de Fisher (1953), algunos especímenes presentaban direcciones que salían del patrón de agrupación, por lo que no fueron tomados en cuenta (Torreblanca *et al.* 2020).

La dirección media para el fogón 1 se obtuvo a partir de 13 de los 16 especímenes, que arrojaron una $\text{Inc} = 34.7^\circ$ y $\text{Dec} = 351.3^\circ$ con el parámetro $\alpha_{95} = 2.6^\circ$. Para el fogón 2, la dirección media se obtuvo a partir de 8 de los 12 especímenes, que dieron una $\text{Inc} = 33.4^\circ$ y $\text{Dec} = 358.9^\circ$ con el parámetro $\alpha_{95} = 2.7^\circ$. Finalmente, la dirección media para la cavidad quemada se obtuvo a partir de 6 de los 11 especímenes, que arrojaron una $\text{Inc} = 33.1^\circ$ y $\text{Dec} = 354.7^\circ$ con el parámetro $\alpha_{95} = 3.2^\circ$. Aunque las direcciones medias de las tres estruc-

turas resultaron muy similares, se tomó la decisión de realizar la datación arqueomagnética en cada una de ellas utilizando el modelo *SHA.DIF.14k* (Pavón-Carrasco *et al.* 2011, 2014). Para el fogón 1 se obtuvo el intervalo 931-1006 AD como la edad más probable del último calentamiento o uso del mismo. Se consiguieron dos intervalos de edad más probable del último uso o calentamiento para el fogón 2: 693-947 AD y 1463-1623 AD. Finalmente, para la cavidad quemada se logró el intervalo 757-980 AD como la edad más probable de su último uso o calentamiento. Tres de estos intervalos pertenecen a la fase de ocupación de La Quemada, así como a su transición a la fase Ciudadela, la cual representa el último periodo de actividad en el área antes de que se abandonara el Juego de Pelota. Sin embargo, el intervalo 1463-1623 AD, correspondiente al fogón 2, muestra una posible ocupación tardía que podría interpretarse como una reocupación del sitio por grupos zacatecos durante el Posclásico (Torreblanca *et al.* 2020).

ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó un análisis estadístico de los datos que nos permitió cuantificarlos y observar su tendencia. Para lo anterior utilizamos el punto medio del intervalo de edad obtenido en el caso de las dataciones por métodos radiométricos y arqueomagnéticos y, para el caso de las

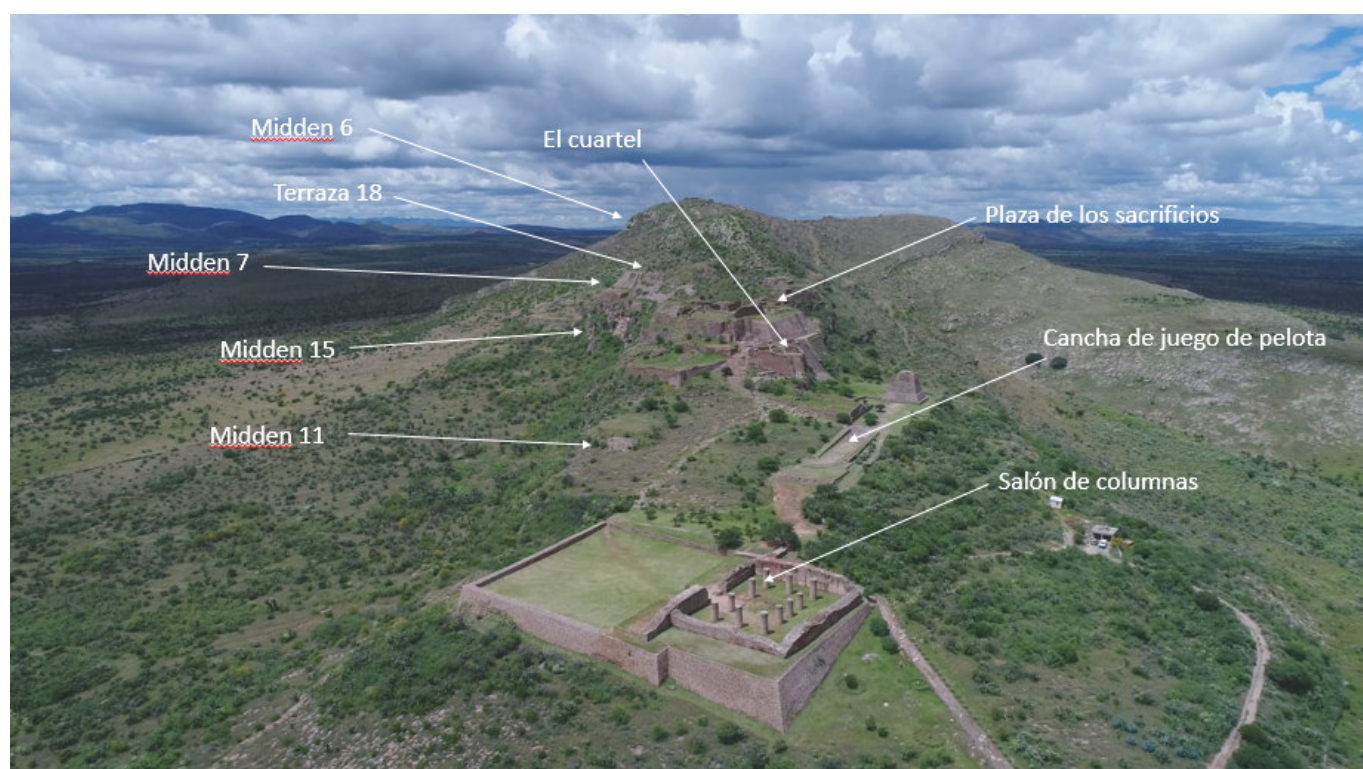


Figura 6. Imagen aérea de La Quemada señalando las estructuras que cuentan con dataciones absolutas (foto: Juan Gerardo Rivera Belmontes).

edades por métodos dendrocronológicos, empleamos el límite superior del intervalo de edad obtenido, ya que este supone el momento de tala del árbol y el uso del mismo dentro del contexto arqueológico.

La base de datos construida a partir de este análisis contiene 66 fechas absolutas, 54 radiométricas, 6 arqueomagnéticas y 6 dendrocronológicas. Se observa que más de la mitad de las dataciones se encuentran dentro del intervalo del año 600 al 800 AD, el cual corresponde a la segunda fase ocupacional del sitio denominado La Quemada. Encontramos que 56 de las fechas obtenidas se hallan dentro de alguna de las fases ocupacio-

nales definidas para La Quemada, 5 dataciones son tempranas respecto a la primera fase y 5 son tardías respecto a la última fase.

Además, según el método de datación, se agruparon los intervalos de edad disponibles para cada estructura de La Quemada, con la finalidad de hacer un análisis estadístico descriptivo del conjunto y determinar si existían diferencias significativas entre las edades de las estructuras.

Se clasificaron 13 estructuras en función del intervalo de edad y el método de datación, de lo cual se dedujo que la cancha del Juego de Pelota es la estructura con el intervalo de edad más joven (693-1623 AD), lo

Tabla 4. Frecuencias de las edades absolutas obtenidas en La Quemada.

Intervalo de edad	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
200-400	5	7,58
400-600	10	15,15
600-800	37	56,06
800-1000	9	13,64
1000-1200	4	6,06
1200-1400	0	0,00
1400-1600	1	1,52
TOTAL	66	100,00

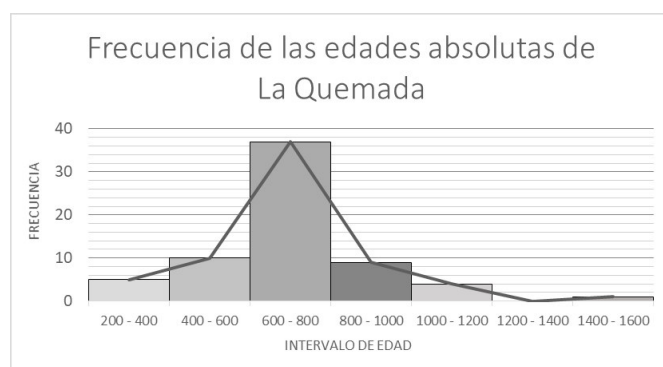


Figura 7. Histograma y polígono de frecuencias de las dataciones absolutas obtenidas en La Quemada.

Tabla 5. Edades que se encuentran dentro de los intervalos definidos para las tres fases ocupacionales de La Quemada.

Fase ocupacional	intervalo de edad	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
Malpaso	400-650	23	34,85
La Quemada	650-850	28	42,42
Ciudadela	850-1000	5	7,58

cual indica su uso durante el periodo de la conquista de México; su datación fue obtenida a partir de un estudio arqueomagnético aplicado a un fogón. Por otro lado, la Terraza 18 y Midden 11 resultaron ser las estructuras más antiguas al presentar edades entre los años 130 y 170 AD; su datación fue conseguida por métodos radiométricos (tabla 5).

Las edades medias más recientes (911-1091 AD) fueron reportadas por las estructuras Salón de las Columnas, Juego de Pelota y Plaza de los Sacrificios, obtenidas por medio de estudios arqueomagnéticos. Por otro lado, las edades medias más antiguas (573-599 AD) fueron proporcionadas por las estructuras Midden 6, 7 y 11, obtenidas por métodos radiométricos. El método dendrocronológico reportó edades medias de 642 y 669 AD para las estructuras Terraza 18 y El Cuartel, respectivamente (tabla 6).

La estructura El Cuartel fue datada por el método radiométrico (El Cuartel_R) y dendrocronológico (El Cuartel_D) con una edad media de 859 y 669 AD, respectivamente. Es probable que la estructura El Cuartel

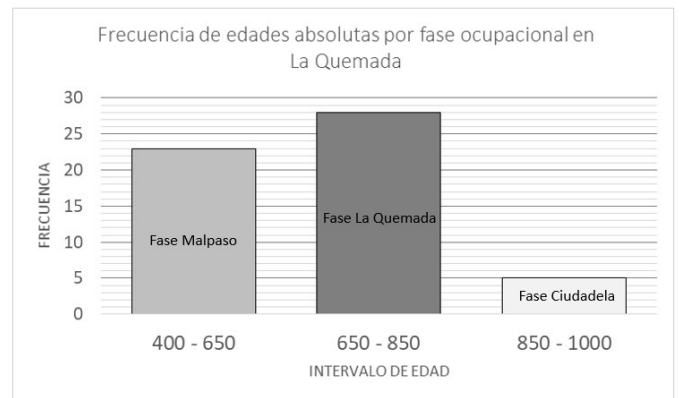


Figura 8. Frecuencia de las edades correspondientes a los intervalos de las fases ocupacionales en La Quemada.

haya estado en uso durante un periodo extenso desde 290 a 1375 AD, lo que explicaría la diferencia de edades en ambos métodos (tabla 7 y figura 9).

La estructura Terraza 18 fue datada por el método radiométrico (Terraza 18_R) y dendrocronológico (Terraza 18_D) con edades medias similares: 602 y 642 AD, respectivamente; por lo cual es probable que su desarrollo haya ocurrido en un periodo corto de tiempo (tabla 7).

Se realizó también un análisis de varianza (ANOVA), una prueba de multirrangos y otra de Kruskal-Wallis para determinar si los valores de las edades medias de las 13 estructuras exhibían diferencias significativas que permitiesen establecer una agrupación cronológica entre ellas. El análisis de varianza y multirrangos posibilitó clasificar 3 grupos homogéneos (I, II, III) mediante el método de diferencia mínima significativa de Fisher

Tabla 6. Edad de cada estructura en La Quemada y el método de datación empleado.

Estructura	Método	Promedio	Mediana	SD	Min	Max
Salón de columnas	Arqueomagnético	1091	1091	73	1018	1163
Cancha de juego de pelota	Arqueomagnético	1050	958	313	693	1623
Plaza de los sacrificios	Arqueomagnético	911	911	57	854	968
El cuartel	Radiométrico	859	853	261	290	1375
Presa de Ambosco	Radiométrico	790	785	122	620	970
Midden 15	Radiométrico	740	740	70	670	810
El cuartel	Dendrocronología	669	683	76	466	770
Las Adjuntas	Radiométrico	663	670	133	440	850
Terraza 18	Dendrocronología	642	642	19	623	661
Terraza 18	Radiométrico	602	630	166	130	910
Midden 11	Radiométrico	599	620	143	170	880
Midden 6	Radiométrico	585	595	122	410	740
Midden 7	Radiométrico	573	590	107	370	710
		695	670	225	130	1623

Tabla 7. Resultados de la prueba multirrangos aplicada a la edad de cada estructura.

Estructura	Edad Media	Grupo
Salón de columnas	1091	III
Cancha de juego de pelota	1050	III
Plaza de los sacrificios	911	III
El Cuartel R	859	II, III
Presa de Ambosco	790	II, III
Midden 15	740	II
El Cuartel D	669	I, II
Las Adjuntas	663	I, II
Terraza 18 D	642	I, II
Terraza 18 R	602	I
Midden 11	599	I
Midden 6	585	I
Midden 7	573	I

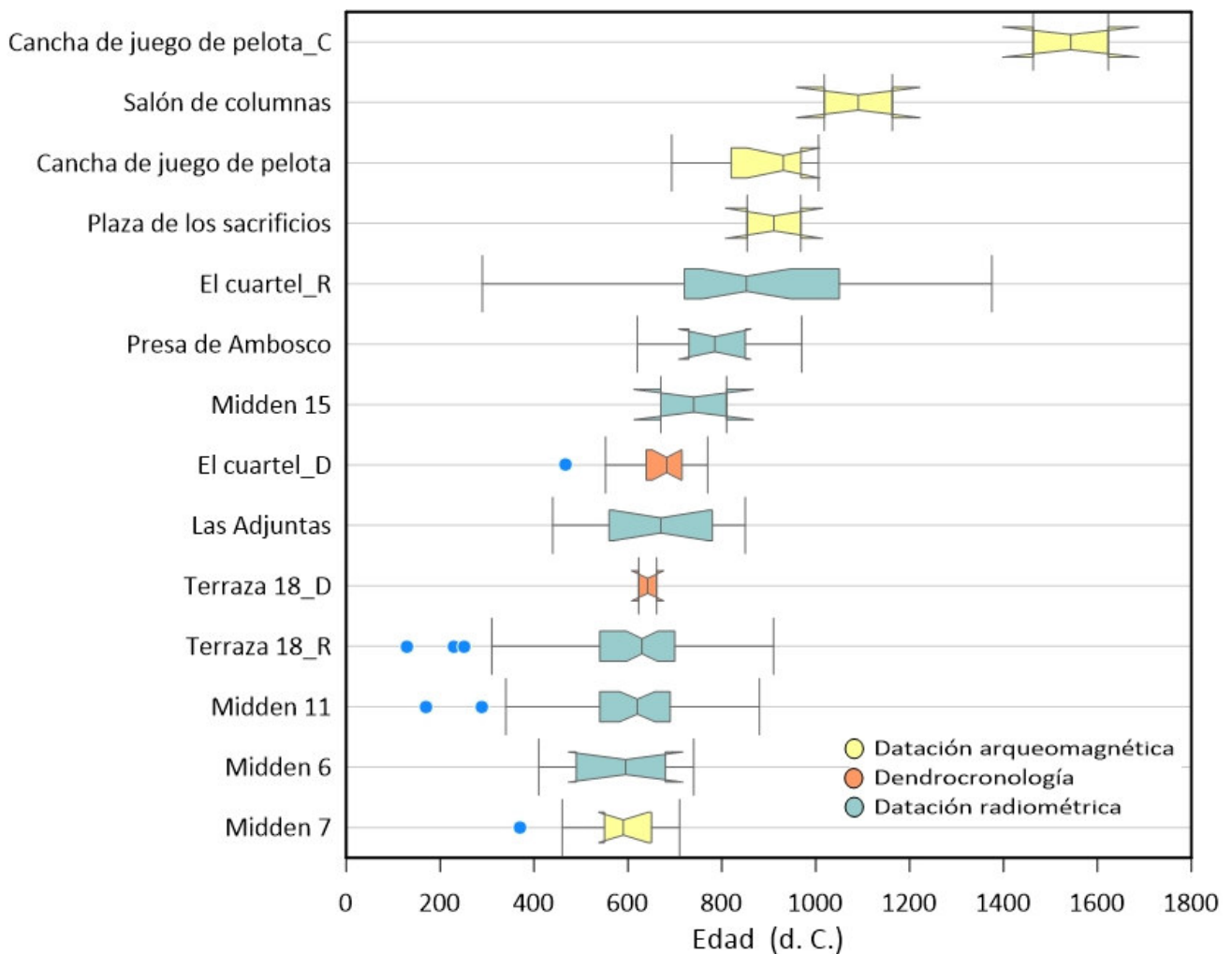


Figura 9. Edades obtenidas por métodos arqueomagnéticos, dendrocronológicos y radiométricos de 13 estructuras de La Quemada, Zacatecas.

aplicado a los valores de las medianas (tabla 7). Se observó que algunas estructuras mostraron una superposición respecto a los grupos de la clasificación. El Grupo I, que se refiere a la edad más antigua (573-599 AD) incluye las estructuras Midden 6, 7, 11 y Terraza 18; el Grupo II, con edad media de 740 AD, solamente abarca la estructura Midden 15; y el Grupo III, que se refiere a la edad más reciente (911-1091 AD), comprende el Salón de las Columnas, la cancha del Juego de Pelota y la Plaza de los Sacrificios (tabla 7).

La prueba de Kruskal-Wallis mostró un valor estadístico de 71.8 y un valor p de 1.4×10^{-10} , el cual fue menor a 0.05, por lo que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de las edades. En la figura 9 podemos observar que las estructuras de La Quemada exhiben edades diferentes, lo cual permitió agruparlas y clasificarlas según la cronología, encontrando un desarrollo de las estructuras durante el periodo de 130 a 1623 AD. Las estructuras Midden 7, 6, 11 y posiblemente la construcción de la estructura El Cuartel y Terraza 18, fueron las primeras y se ubican en el periodo que va del año 130 al 661 AD. Los sitios aledaños de Las Adjuntas y Presa de Ambosco, así como las estructuras El Cuartel y Midden 15, fueron desarrolladas y ocupadas entre los años 440 y 970 AD.

CONSIDERACIONES FINALES

La clasificación y el análisis estadístico realizado para las dataciones absolutas existentes en La Quemada permitieron identificar la cantidad de estructuras fechadas por métodos absolutos, las estructuras más recientes, así como las más antiguas, los periodos temporales de

uso de cada una de ellas y lo más importante es que este análisis posibilita observar en orden cronológico el desarrollo constructivo de La Quemada, Zacatecas.

Es necesario hacer un mayor análisis en la interpretación de los contextos para poder comprender qué es lo que se está fechando, ya que las muestras de carbón procedentes de rellenos, así como los restos vegetales (frijol o maíz), por lo general no son confiables. En cambio, las vigas pueden ser un poco más seguras, aunque hay que considerar la idea del mantenimiento y las remodelaciones de estos materiales constructivos.

El estudio del desarrollo prehispánico del occidente de México ha experimentado un crecimiento durante la última década. La Quemada, siendo uno de los sitios más representativos, es el que cuenta con más datos cronológicos absolutos hasta el día de hoy. Sin embargo, los trabajos deben continuar, pues aún existen distintas estructuras con evidencia de incendio que en un futuro servirán para realizar más dataciones por el método arqueomagnético y, con ello, se podrá saber más acerca del periodo de abandono del sitio y de la posible reocupación del mismo por otros grupos. Por ello, no es menos importante realizar estudios de otros sitios regionales que permitan establecer, mediante dataciones absolutas, su contemporaneidad y sus relaciones comerciales o sociales.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada financieramente por los proyectos CONACYT n.º 252149, CONACYT CF-2019-1761, UNAM-PAPIIT-IN101920, UNAM-PAPIIT-IN113321.

REFERENCIAS

- ARMILLAS, P. 1964. Condiciones ambientales y movimientos de pueblos en la frontera septentrional de Mesoamérica. En *Homenaje a Fernando Márquez-Miranda*, pp. 62-82.
- ARMILLAS, P. 1969. Section of anthropology: the arid frontier of Mexican civilization. *Transactions of the New York Academy of Sciences* 31, 6 Series II: 697-704.
- BAYLISS, A. 2007. Bayesian Buildings: An Introduction for the Numerically Challenged. *Vernacular Architecture* 38, 1: 75-86.
- BREWER, P. W. 2014. Data Management in Dendroarchaeology Using Tellervo. *Radiocarbon* 56, 4: S79-S83.
- BRONK RAMSEY, C.; J. VAN DER PLICHT; B. WENINGER. 2001. "Wiggle Matching" Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* 43, 2A: 381-389.
- COE, R. S.; S. GROMMÉ; E. A. MANKINEN. 1978. Geomagnetic paleointensities from radiocarbon-dated lava flows on Hawaii and the question of the Pacific nondipole low. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 83, B4: 1740-1756.

- COOK, E. R.; L. A. KAIRIUKSTIS, EDS. 1990. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Springer.
- CRANE, H. R.; J. B. GRIFFIN. 1956. University of Michigan Radiocarbon Dates I. *Science* 24: 664-672.
- FISHER, R. A. 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences* 217, 1130: 295-305. Londres.
- FRITTS, H. C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Londres: Academic Press.
- GALIMBERTI, M.; C. BRONK RAMSEY; S. W. MANNING. 2004. Wiggle-Match Dating of Tree Ring Sequences. *Radiocarbon* 46, 2: 917-924.
- GÓMEZ O., A.; A. VÁZQUEZ DE SANTIAGO; J. I. MACÍAS Q. 2007. Evidencias de prácticas rituales en La Quemada, Zacatecas: análisis de un osario. *Estudios de Antropología Biológica* 13, 1: 431-446.
- HERS, M. A. 1995. Las salas de columnas en La Quemada. En *Arqueología del norte y occidente de México. Homenaje al Doctor J. Charles Kelley*, eds. B. Dahlgren y D. Soto de Arechavaleta, pp. 93-113.
- HERS, M. A. 2005. Imágenes norteñas de los guerreros tolteca-chichimecas. En *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de México*, pp. 11-44. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- HOLMES, R. L. 1983. Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- JIMÉNEZ BETTS, P. 1994. La Quemada. *Arqueología Mexicana* 6: 45-47.
- JIMÉNEZ BETTS, P. 2004. La Quemada, Zacatecas. *Arqueología Mexicana* 67: 80-87.
- JIMÉNEZ BETTS, P. 2005. Avances recientes en la arqueología del valle de Malpaso. En *IV Coloquio Pedro Bosch Gimpera: El occidente y centro de México*, pp. 131-149.
- JIMÉNEZ BETTS, P.; J. A. DARLING. 2000. *Archaeology of Southern Zacatecas: The Malpaso, Juchipila, and Valparaiso-Bolaños Valleys*. En *Greater Mesoamerica. The Archaeology of West and Northwest Mexico*, pp. 155-180. Salt Lake City: University of Utah Press.
- KELLEY, J. C. 1985. The Chronology of the Chalchihuites Culture. En *The Archaeology of West and Northwest Mesoamerica*, pp. 269-287.
- MANZANILLA NAIM, L. R. 2017. *Teotihuacán, ciudad excepcional de Mesoamérica*. Ciudad de México: El Colegio Nacional.
- LELGEMANN, A. 2010. El Formativo Terminal y el Clásico Temprano en el valle de Malpaso-Juchipila (sur de Zacatecas). En *El sistema fluvial Lerma-Santiago durante el Formativo y el Clásico Temprano*, ed. L. Solar Valverde, pp. 181-206. Ciudad de México: INAH.
- LÓPEZ-DELGADO, V.; A. GOGUITCHAICHVILI; C. TORREBLANCA; R. CEJUDO; P. JIMENEZ; J. MORALES; A. M. SOLER. 2019. La Quemada: Decline and abandonment in two stages on the classic period northern frontier of Mesoamerica. *Journal of Archaeological Science: Reports* 24: 574-581.
- MEDINA GONZÁLEZ, J. H. 2000. *El paisaje ritual del valle de Malpaso*. Tesis de Licenciatura. Ciudad de México: ENAH.
- MEDINA GONZÁLEZ, J. H. 2012. *La Quemada*. Arqueología: diálogos con el pasado. Ciudad de México: INAH.
- NELSON, B. A. 1997. Chronology and Stratigraphy at La Quemada, Zacatecas, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 24, 1: 85-109.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.046>.
- PAVÓN-CARRASCO, F. J.; J. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ; M. L. OSETE; J. M. TORTA. 2011. A Matlab tool for archaeomagnetic dating. *Journal of Archaeological Science* 38, 2: 408-419.
- PIJOAN, C. M.; J. MANSILLA. 1990. Evidencias rituales en restos humanos del norte de Mesoamérica. En *Mesoamérica y Norte de México Siglos IX-XII*, vol. 2, pp. 467-478.
- RAMÍREZ, M. A. 2014. *Informe Final de las Temporadas 2012-2014. Proyecto Arqueológico La Quemada*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- REIMER, P. J.; E. BARD; A. BAYLISS; J. W. BECK; P. G. BLACKWELL; C. BRONK RAMSEY; C. E. BUCK; H. CHENG; R. L. EDWARDS; M. FRIEDRICH; P. M. GROOTES; T. P. GUILDSON; H. HAFLIDASON; I. HAJDAS; C. HATTÉ; T. J. HEATON; D. L. HOFFMANN; A. G. HOGG; K. A. HUGHEN; K. F. KAISER; B. KROMER; S. W. MANNING; M. NIU; R. W. REIMER; D. A. RICHARDS; E. M. SCOTT; J. R. SOUTHON; R. A. STAFF; C. S. M. TURNER; J. VAN DER PLICHT. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55, 4: 1869-1887.

- SCHWEINGRUBER, F. H. 1988. *Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- SPEER, J. H. 2010. *Fundamentals of Tree-Ring Research*. Tucson: University of Arizona Press.
- STUIVER, M.; B. BECKER. 1986. High-Precision Decadal Calibration of the Radiocarbon Time Scale, AD 1950–2500 BC. *Radiocarbon* 28, 2B: 863-910.
- THELLIER, E.; O. THELLIER. 1959. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique. *Annales de Géophysique* 15: 285-376.
- TORREBLANCA, C.; A. GOGUITCHAICHVILI; V. LÓPEZ; R. CEJUDO; J. MORALES; F. BAUTISTA; V. KRAVCHINSKY; R. GARCÍA. 2020. Ball court in La Quemada, northern Mesoamerica: Absolute chronological contributions through the archeomagnetic study of associated fire pits. *Journal of Archaeological Science: Reports* 33: 102558.
- TROMBOLD, C. D. 1985. Conceptual innovations in settlement pattern methodology on the northern Mesoamerican frontier. En *Contributions to the Archaeology and Ethnohistory of Greater Mesoamerica*, pp. 205-239. Carbondale: Southern Illinois University Press.
- TROMBOLD, C. D. 1990. A reconsideration of chronology for the La Quemada portion of the northern Mesoamerican frontier. *American Antiquity* 55, 2: 308-324.
- TURKON, P.; S. W. MANNING; C. GRIGGS; M. A. SANTOS RAMÍREZ; B. A. NELSON; C. TORREBLANCA PADILLA; E. M. WILD. 2018. Applications of dendrochronology in northwestern Mexico. *Latin American Antiquity* 29, 1: 102-121.

RESEARCH ARTICLE

HORNOS DE CAL DE MONTE ALBÁN, MÉXICO: ESTUDIO COMBINADO DE ESPECTROMETRÍA DE INFRARROJO ATR-FTIR Y ARQUEOMAGNETISMO

Lime Kilns from Monte Alban, Mexico: Combined ATR-FTIR Infrared Spectrometry and Archaeomagnetism Study

Soledad Ortiz,¹ Nelly M. Robles García,² Oscar G. de Lucio,³ Avto Goguitchaichvili,⁴ Dante García Ríos,² Rubén Cejudo,⁴ Miguel Cervantes,⁴ Juan Morales,⁴ Rafael García⁴

¹ Estancia Posdoctoral-CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM, Unidad Michoacán, Campus Morelia, México;

² Centro INAH Oaxaca, México; ³ Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto de Física, UNAM, Ciudad de México, México; ⁴ Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM, Unidad Michoacán, Campus Morelia, México (olucio@ciencias.unam.mx)



Figura 1. Ubicación del Edificio P en el área central de Monte Albán, México.

RESUMEN. *Los hornos de cal pueden proporcionar una importante información arqueológica sobre la producción de cal y su papel en la sociedad. Si bien se llevaron a cabo numerosas investigaciones arqueométricas en el área maya, aún no se dispone de tales estudios para el valle de Oaxaca. En este trabajo presentamos un análisis combinado de arqueomagnetismo y espectrometría infrarroja de dos hornos de cal recientemente descubiertos en Monte Albán. Se utilizó*

Recibido: 30-7-2021. Modificado: 31-7-2021. Aceptado: 24-8-2021. Publicado: 4-9-2021.

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. Arqueol. Iberoam. Open Access Journal.
License CC BY 3.0 ES. <https://n2t.net/ark:/49934/253>. <http://purl.org/aia/4803>.

el método ATR-FTIR para estimar las temperaturas de calcinación. El rango de temperatura estuvo entre 750 y 800 °C para la gran mayoría de las muestras. El primer horno intervenido —cuyas paleodirecciones medias determinadas sobre 7 muestras (de un total de 15 tratadas) son $Inc = 31.46^\circ$, $Dec = 350.18^\circ$, $\alpha_{95} = 2.5^\circ$, $k = 578$ — arroja un posible intervalo de edad entre 1076 y 1321 AD. Para el segundo horno de cal (6 determinaciones de un total de 14 muestras tratadas y con $Inc = 18.08^\circ$, $Dec = 2.64^\circ$, $\alpha_{95} = 2.9^\circ$, $k = 543$), el intervalo correspondiente está entre 713 y 883 AD. Las fechas más tempranas corresponden probablemente al momento de la última época de construcciones y el «abandono» de Monte Albán. La producción de cal fue menor en el tiempo posterior y, en apariencia, servía únicamente para realizar el mantenimiento de los edificios importantes.

PALABRAS CLAVE. Monte Albán; Oaxaca; hornos de cal; arqueometría; arqueomagnetismo; espectrometría infrarroja.

ABSTRACT. Lime kilns can provide important archaeological information about lime production and its role in society. Although numerous archaeometric investigations were carried out in the Maya area, such studies are not yet available for the Valley of Oaxaca. This paper presents a combined archaeomagnetism and infrared spectrometry analysis of two lime kilns recently discovered at Monte Alban. The ATR-FTIR method was used to estimate the calcination temperatures. The temperature range was between 750 and 800 °C for the vast majority of samples. The first kiln involved—whose mean paleodirections determined on 7 samples (out of a total of 15 treated) are $Inc = 31.46^\circ$, $Dec = 350.18^\circ$, $\alpha_{95} = 2.5^\circ$, $k = 578$ —yields a possible age range between 1076 and 1321 AD. For the second lime kiln (6 determinations out of a total of 14 treated samples and with $Inc = 18.08^\circ$, $Dec = 2.64^\circ$, $\alpha_{95} = 2.9^\circ$, $k = 543$), the corresponding interval is between 713 and 883 AD. The earliest dates probably correspond to the time of the last construction period and the “abandonment” of Monte Alban. Lime production was lower in the later time and apparently only served for the maintenance of important buildings.

KEYWORDS. Monte Alban; Oaxaca; lime kilns; archaeometry; archaeomagnetism; infrared spectrometry.

INTRODUCCIÓN

En Mesoamérica, la producción de cal ha evidenciado una tecnología compleja y la convivencia de distintos métodos de calcinación de la roca caliza: uno perecedero, como las piras, que deja pocas o nulas huellas en el registro arqueológico; y otro formal, como los hornos, cuyo registro arqueológico muestra una estructura arquitectónica. La especialización y la estandarización en la producción de cal apenas son reconocibles a través de los estudios arqueométricos. La utilización del fuego como medio para transformar materiales nos indica la presencia de artesanos que contaban con el conocimiento empírico de cómo manejar el fuego, la cantidad de combustible que debía utilizarse y el tiempo durante el cual debían ser expuestos esos materiales.

El uso de hornos para la producción de cal ha sido reportado desde el periodo Neolítico Precerámico B (Goren y Goring-Morris 2008). En Mesoamérica tenemos hornos del periodo Formativo en Tepeaca (Castanzo y Anderson 2004), del Clásico en Chalcatzingo (Grove y Cyphers Guillén 1987), así como diversos sitios del área maya datados arqueomagnéticamente entre el Clásico y el periodo histórico (Ortiz *et al.* 2021).

En este trabajo presentamos los resultados de los análisis llevados a cabo en dos hornos localizados en la ciudad de Monte Albán, capital del Estado zapoteca del valle de Oaxaca (Robles *et al.* 2020), cuyo periodo de auge se ha situado en el Clásico Temprano (Minc *et al.* 2016; Walker 2016).

DESCRIPCIÓN DE LOS HORNOS

Como parte de las exploraciones del *Proyecto de conservación de los edificios dañados por los sismos del 2017 en Monte Albán y Atzompa (INAH)*, se excavó en diciembre de 2020 el desplante del muro sur del primer cuerpo del Edificio P con la finalidad de liberar y restaurar una posible banqueta que se había identificado en el extremo sureste del edificio, gracias a los trabajos de *resistivimetría* eléctrica desarrollados por el arqueólogo Osvaldo Sterpone. Estos estudios determinaban una posible acumulación de humedad en el área, lo que era perjudicial para la conservación de la ladera este del edificio (Robles *et al.* 2020) (figura 1).

Ese espacio ya había sido objeto de exploraciones arqueológicas previas; una de ellas fue realizada por Jorge



Figura 2. Elemento 1 y Elemento 2 en el lado sur del Edificio P. Se observa la Plaza Central de Monte Albán (vista general desde el noreste).

Acosta en 1946 como parte de los trabajos del proyecto de investigación y puesta en valor que desarrollaba Alfonso Caso en Monte Albán (Caso 2003: 355-414). Por su parte, el Dr. Marcus Winter, quien encabezó el *Proyecto Especial Monte Albán 992-1994 (PEMA 92-94)*, exploró y restauró los muros que delimitaban el lado sur del Edificio P (Winter 1994). Sin embargo, en ambos proyectos no se mencionó a qué profundidad se excavó y qué elementos fueron hallados.

Al realizar la excavación mediante dos calas extensivas (cala 0 y cala 1), se identificó que en los cuadrantes N1E3-E2 se encontraban rocas calizas de entre 10 y 30 cm de largo por 10 cm de ancho, que estaban acomodadas formando un círculo de 2.05 m de diámetro a 35 cm de profundidad, identificándose esta evidencia arquitectónica como Elemento 1. Dicho elemento se encontraba entre el límite de la capa I, que se caracterizó como una capa alterada de coloración negra con alto contenido de humus, y el inicio de la capa II, que correspondía a una capa de color blanco con presencia de pequeñas rocas de cal, la mayoría de las cuales evidenciaban ser cal viva no hidratada.

En el interior del Elemento 1 se encontró el piso del mismo a 45 cm respecto del nivel de la hilada superior, mientras que en el extremo noroeste del mismo se hallaban algunas rocas acomodadas de manera circular, unidas con lodo, que fueron interpretadas como un pilar de rocas de aproximadamente 1.20 m de diámetro, construido tras el desuso o modificación del Elemento 1 (figuras 2, 3, 4 y 5a).

En el cuadrante N3E5 se descubrió otro alineamiento de rocas de entre 10 y 15 cm de largo por 10 cm de ancho, dispuestas en forma elíptica con un diámetro menor de 1.60 m y un diámetro mayor de 2 m. Este elemento arquitectónico, identificado como Elemento 2, se encontró a 25 cm de la superficie y presentaba en su interior capas de lodo con fragmentos reducidos de cal viva sin hidratar y restos pequeños de carbón. Se excavó la mitad este del horno para identificar la profundidad del mismo, a 1.20 m por debajo del nivel de la hilada superior que definía este elemento arquitectónico (figuras 2, 3 y 5b).

En los cuadrantes N3E7 y N3E8 se identificaron unas rocas dispuestas en medialuna que correspondían

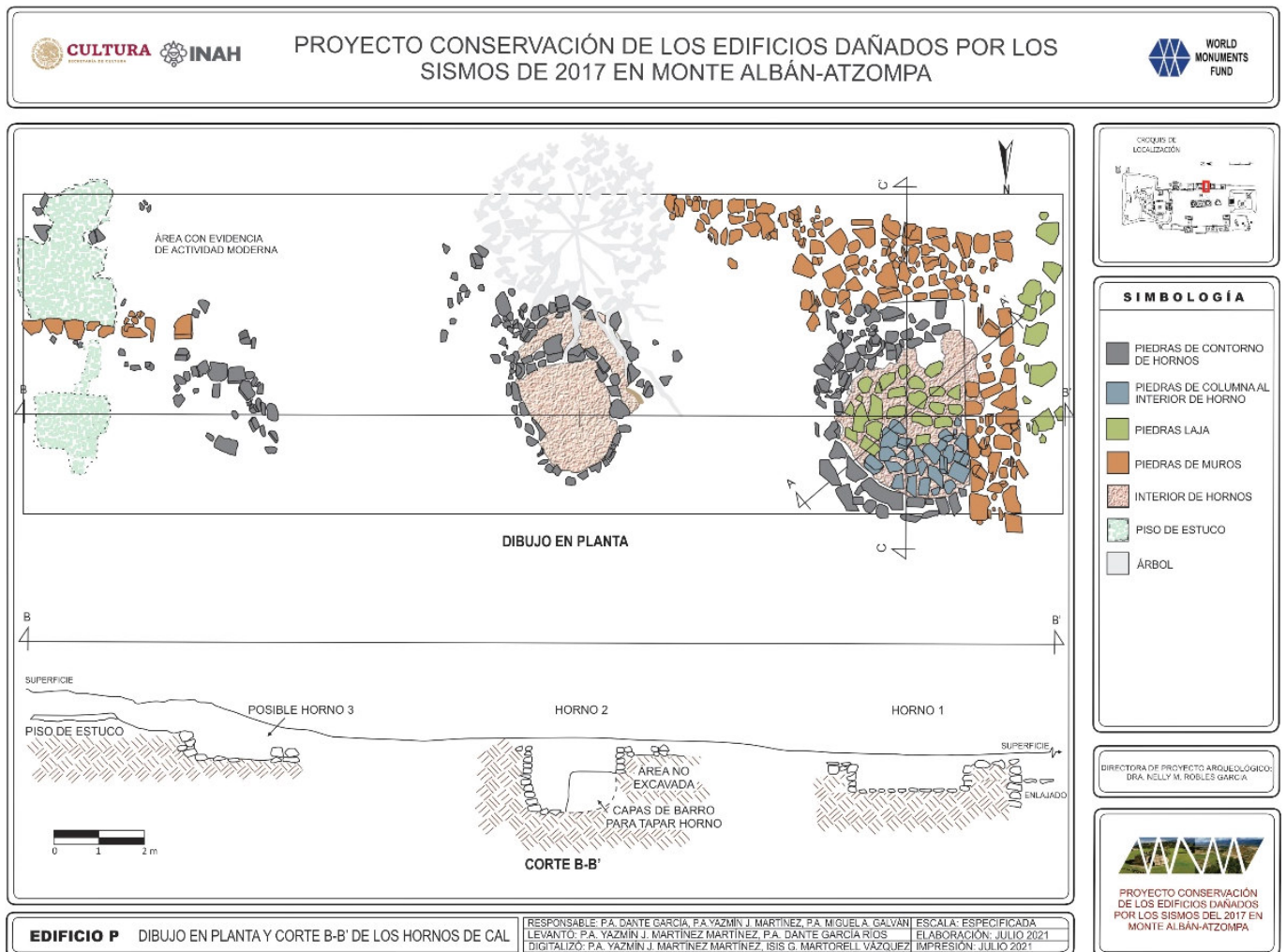


Figura 3. Dibujo en planta y corte de este a oeste de los elementos hallados en la exploración arqueológica. Se definen las dimensiones y el contexto de los hornos 1 y 2.

al desplante de un elemento arquitectónico que había sido afectado o destruido. Este conjunto de rocas, considerado como Elemento 3, se encontraba a 20 cm de la superficie, en el límite entre las capas I y II. Por otra parte, la excavación permitió identificar alineamientos y restos de pisos de estucos en los cuadrantes N3E9 y N3E10, los cuales se encontraban a 10 cm de la superficie, como única evidencia de la banqueta que existió para delimitar el lado sur del Edificio P y su relación con una aparente unidad habitacional que estuvo en el espacio intermedio entre el Palacio y el Edificio P (figuras 2 y 3). Los elementos 1 y 2 fueron identificados como hornos contruidos para la quema o producción de cal, mientras que no se pudo determinar si el elemento 3 correspondía a un tercer horno, ya que no se contaba con elementos suficientes (figura 3).

La exploración de los cuadrantes N2E1, N2E2, N2E3 y N3E1, que corresponden al entorno del Horno 1, permitió identificar dos muros que delimitaban

el lado sur y oeste de un cuarto cancelado para colocar sobre el mismo la banqueta que se conserva en los cuadrantes N3E9, N3E10 y N2E10. El piso de estuco de estos cuadros se encuentra a 15 y 25 cm por encima del nivel de los hornos 2 y 1, respectivamente, por lo cual se infiere que, tras la colocación de la banqueta, los zapotecos rompieron la misma y excavaron en el espacio para construir los hornos (figuras 3, 4 y 5a).

En base a la disposición del piso de estuco que se conservaba en un nivel superior al de los hornos 1 y 2 y el Elemento 3, identificamos la reutilización del espacio en las dos últimas etapas constructivas del área nuclear de Monte Albán. Por lo tanto, la evidencia del Horno 1 nos permite determinar que se reutilizaron el piso y las paredes este y sur del cuarto, de un momento constructivo anterior o una subestructura, posiblemente correspondiente a la primera mitad del Clásico Tardío o época IIIB-IV de Monte Albán (650-950 AD). El pilar que se encuentra en el extremo norte y en el inte-

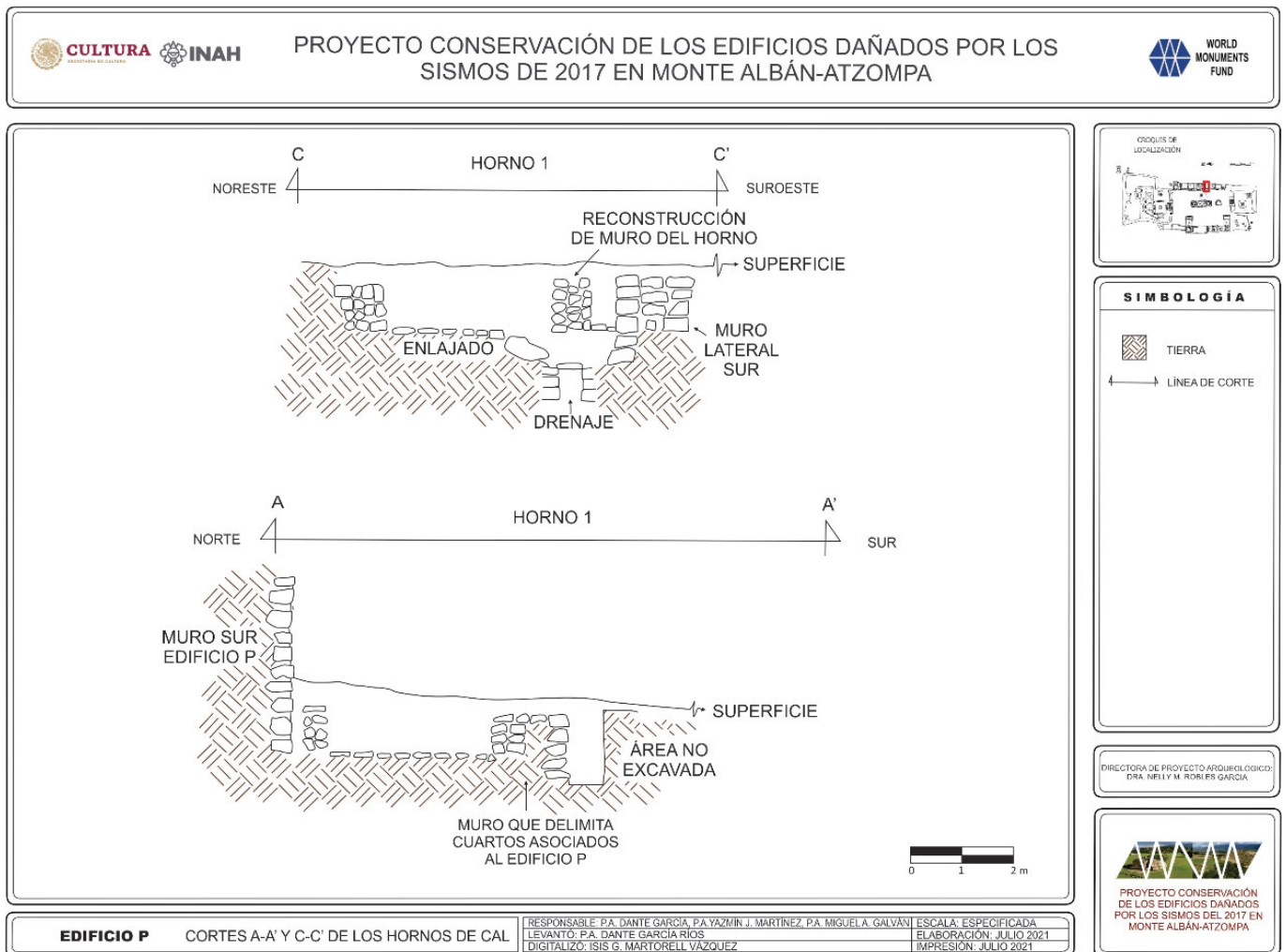


Figura 4. Dibujo en perfil de los cortes A-A' y C-C' que definen el Horno 1.

rior del Horno 1 (figura 3) facilita identificar que este horno fue cancelado para reutilizar el espacio una tercera vez. En el extremo sureste de dicho horno se halló tierra suelta, piedras y barro tapando un pequeño derrumbe donde, al ser excavado, se encontraron rocas con evidencia de exposición al fuego o calcinación, pero que formaban parte de la delimitación de un drenaje colapsado, el cual se localizaba a 20 cm por debajo del nivel del piso o apisonado de piedras. Al identificar que las rocas que delimitaban el lado este y oeste del drenaje presentaban evidencia de calcinación, al igual que las rocas que se encontraban hundidas en la parte oeste del horno, se planteó la hipótesis de que una de las técnicas empleadas en estos hornos de cal era la reutilización de drenajes para que el aire que circulaba por ellos entrara al horno y aumentara, de esa manera, la temperatura en el interior del mismo (figuras 4 y 5a).

Por otra parte, el Horno 2 presenta evidencias de, al menos, tres modificaciones arquitectónicas definidas por los muros de medialuna que lo delimitan, las cua-

les parecen tener la finalidad de reducir el tamaño del horno. Los lados oeste y norte fueron los muros que no sufrieron modificaciones, mientras que, hacia el lado sur y este, el muro se fue cerrando, por lo que las evidencias más antiguas quedaron indicadas como muros «exteriores» de forma anular (figuras 3 y 5b). Quizá, con el paso del tiempo, la cal que se produjo fue menor y, por lo tanto, se requería un espacio más pequeño para gastar menos combustible.

En ambos hornos (1 y 2) las rocas de sus muros y pisos presentan evidencia de calcinación, algunas más que otras, por lo cual se infiere que parte de la dinámica de mantenimiento o reparación de los hornos consistía en reponer las rocas o espacios donde las rocas que delimitaban los muros habían sufrido daños. Es importante mencionar que en el interior de los hornos se localizaron algunos fragmentos rojos, posiblemente formaciones de arcillas con exposición a altas temperaturas, por lo que nos podrían indicar zonas donde el fuego era más intenso o adquiriría mayor temperatura. Asimismo-

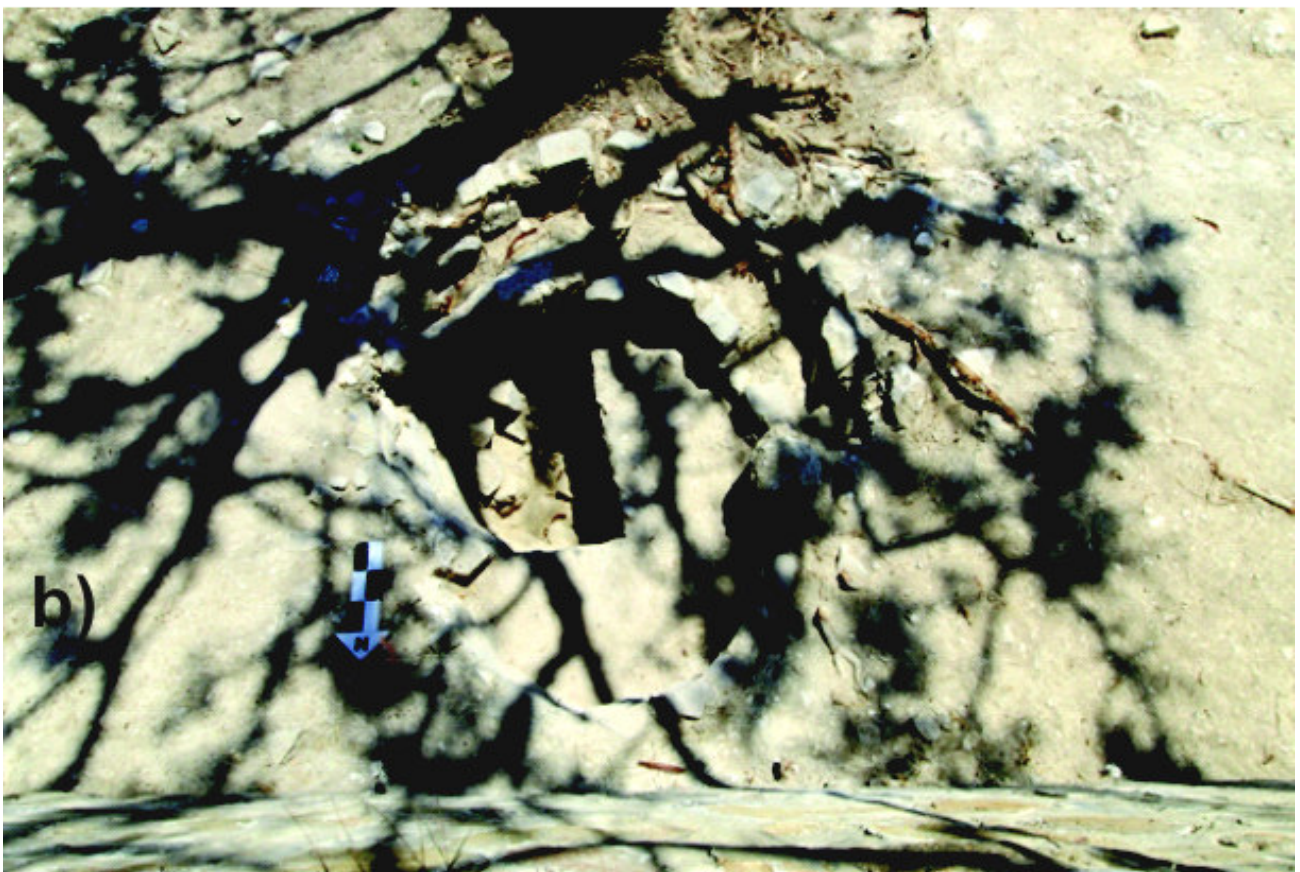


Figura 5. a) Elemento 1: vista general desde el noroeste; se aprecian las piedras del muro interior y exterior, así como el «piso» de piedra. b) Elemento 2: vista general en planta del horno; se observa el doble muro que lo conforma.

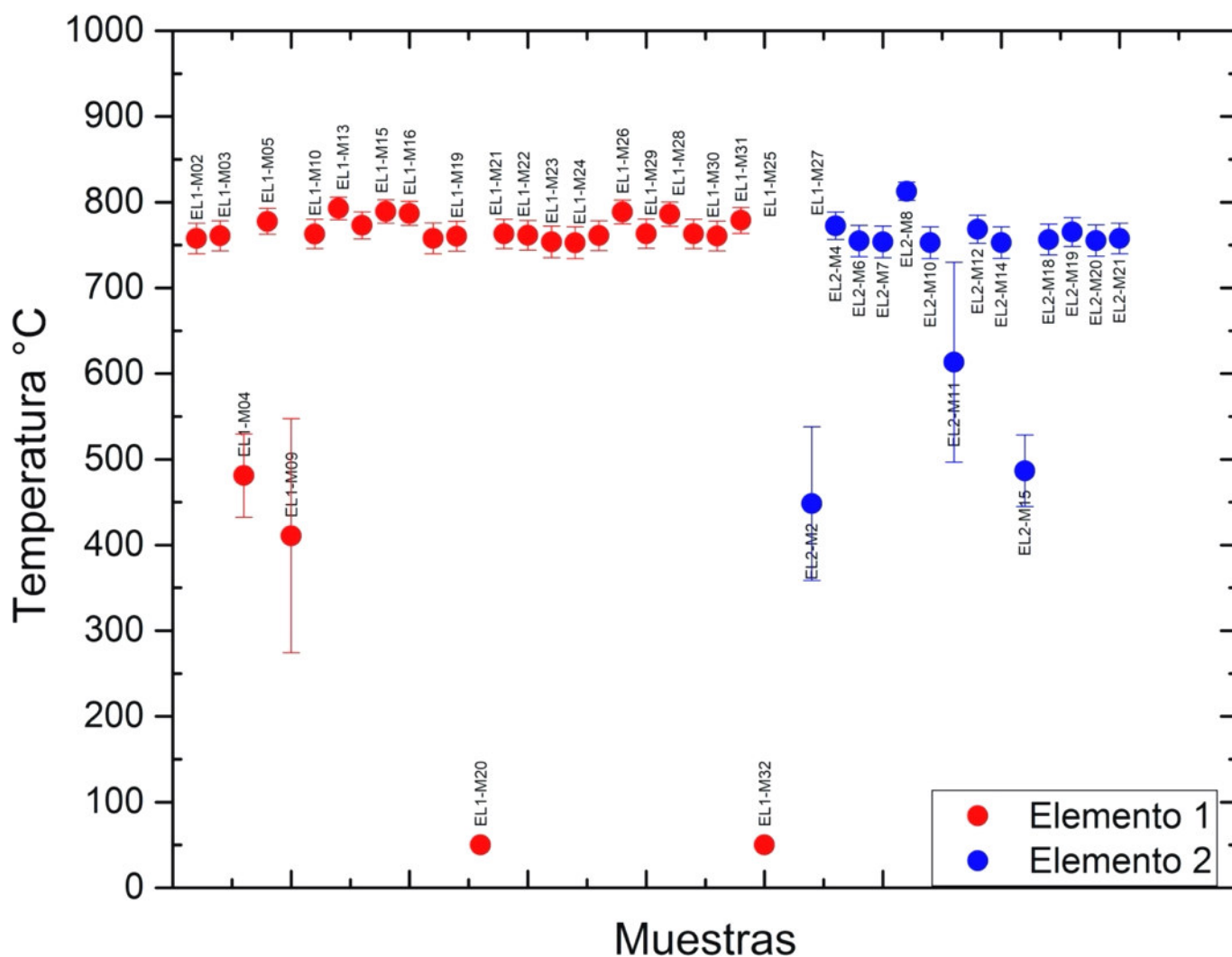


Figura 6. Gráfica donde se registran las temperaturas obtenidas mediante el análisis de espectrometría de infrarrojo ATR-FTIR de las muestras analizadas pertenecientes a los muros, sedimentos y concreciones de material blanco localizados en el interior de los hornos.

mo, las paredes de las estructuras presentaban indicios de calcinación y, al tomar las muestras, se apreció el cambio de coloración a tonos grises-rojizos en las rocas (figura 5b).

PALEOTEMPERATURAS

Los análisis arqueométricos fueron llevados a cabo en 53 muestras pertenecientes a los muros, sedimentos y concreciones de materiales blancos recolectados en el interior de las estructuras arqueológicas identificadas como hornos 1 y 2.

Las muestras se analizaron mediante espectrometría de infrarrojo con transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR). La preparación de cada muestra consistió en el molido en un mortero con pistilo de ágata; al término de la molienda, el pol-

vo fue depositado en un *ependorf* para su posterior análisis. Después de la pulverización de cada muestra, el análisis se llevó a cabo en un espectrómetro portátil *Bruker Alpha Platinum* en modo ATR con cristal de diamante. Los espectros fueron obtenidos a una resolución de 4 cm^{-1} y 32 *scans* en el intervalo de $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ en números de onda. Estas mediciones fueron llevadas a cabo en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto de Física, UNAM.

La identificación mineralógica de los espectros se realizó mediante la detección de las bandas presentes en comparación con los materiales de referencia certificados por el *National Institute of Standards and Technology*, SMR88b y SMR1D, y se consultó la base de datos de Chukanov (2014). Para el cálculo de las paleotemperaturas, se siguió la metodología propuesta por Regev *et al.* (2010) y Chu *et al.* (2008), utilizando la curva de

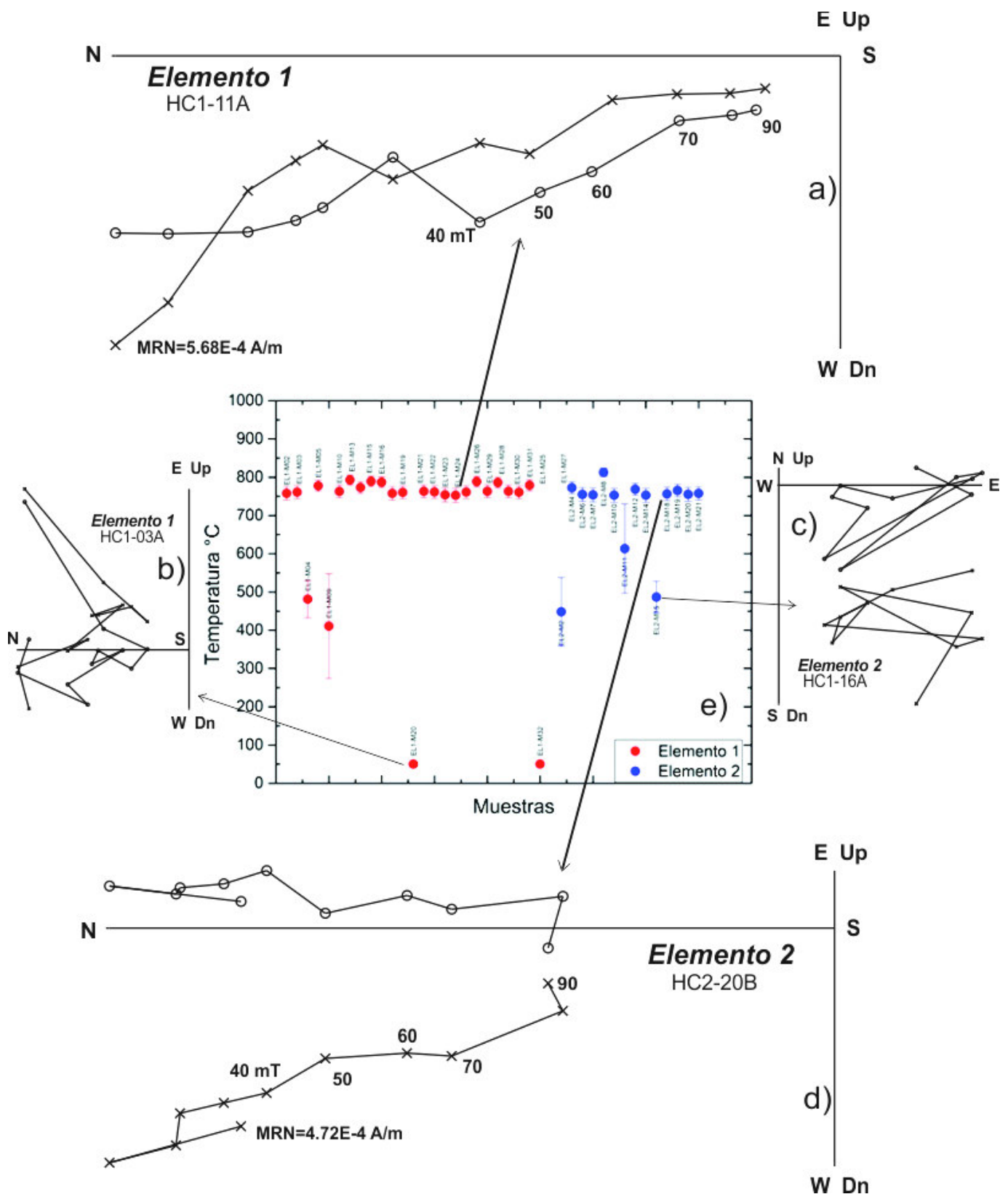


Figura 7. Proceso de desmagnetización por campos alternos hasta 90 mT (diagramas ortogonales representativos de ambos elementos) en paleotemperaturas obtenidas mediante espectrometría de infrarrojo (e).

calibración de temperaturas de materiales calizos desarrollada por Ortiz Ruiz (2019).

Los resultados de los análisis mineralógicos nos indican la presencia de calcita en la mayoría de las mues-

tras, así como la existencia de aluminosilicatos relacionada con una arcilla no identificada. Esperamos que los análisis de XRD nos permitan identificar esta arcilla. La presencia del fuego en el interior del horno se

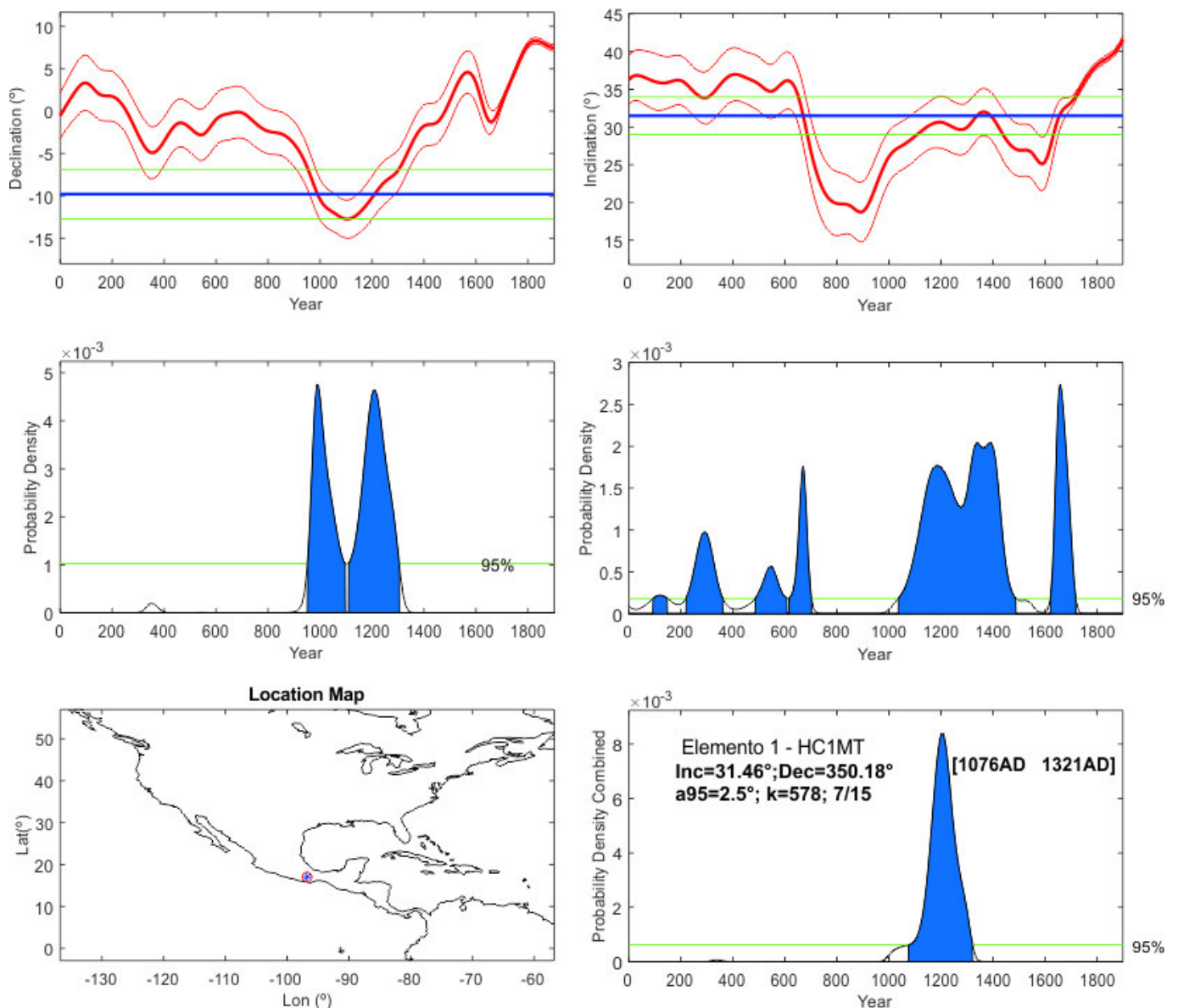


Figura 8a. Datación arqueomagnética del Elemento 1 usando el modelo geomagnético *SHA.DIF.14k* (Pavón-Carrasco *et al.* 2011, 2014).

sugiere mediante el uso de la espectrometría de infrarrojo, pues la utilización de la curva de calibración permitió identificar temperaturas entre 750 y 800 °C en la mayoría de las muestras, es decir, en el intervalo de temperaturas conocidas para la producción de cal (figura 6).

El Elemento 1 presenta, en dos muestras tomadas en la primera y segunda hilera del muro, temperaturas entre 400 y 500 °C. Dos muestras son identificadas como material geogénico sin exposición al fuego y se ubican en el borde superior de la primera hilera de piedra del muro, la cual se encontraba en contacto con la superficie del terreno. Las restantes 21 muestras arrojan temperaturas entre 753 y 789 °C. Siete muestras no pudieron ser utilizadas para identificar las paleotemperaturas

al no cumplir los criterios metodológicos. Las muestras descartadas poseían un componente arcilloso mayoritario mezclado con calcita. En el Elemento 2 se tomaron 21 muestras en total, 15 de las cuales fueron viables para la identificación de temperaturas. Una muestra correspondió a material geogénico, dos muestras se encontraron en el rango de 400 °C, una muestra en el rango de 600 °C y 11 muestras se hallaron entre 753 y 813 °C.

ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO

Las mediciones magnéticas se realizaron en las instalaciones del Servicio Arqueomagnético Nacional de la

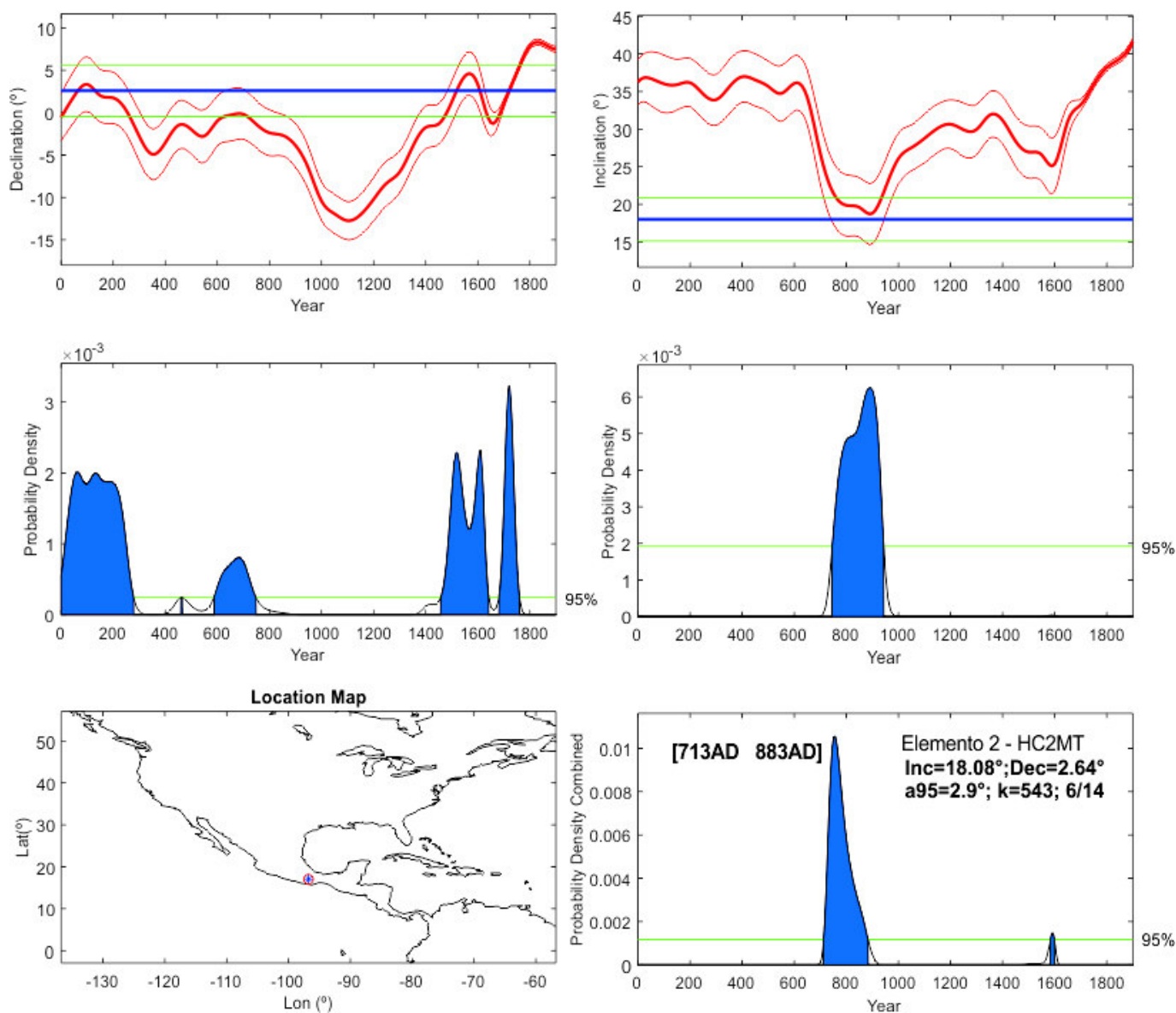


Figura 8b. Datación arqueomagnética del Elemento 2 usando el modelo geomagnético *SHA.DIF.14k* (Pavón-Carrasco *et al.* 2011, 2014).

Universidad Nacional Autónoma de México en Morelia, México. Para disminuir el efecto de la magnetización remanente viscosa, las muestras se almacenaron durante dos semanas en un espacio libre de campo magnético ambiente.

Para determinar las paleodirecciones medias características (primarias), se optó por el tratamiento de campos alternos utilizando un desmagnetizador *LDA5 (AGICO)* hasta un máximo de 90 mT. La remanencia magnética se midió usando un magnetómetro tipo *spinner AGICO JR6*. Las paleodirecciones individuales a nivel de espécimen se determinaron mediante el método de regresión lineal (Kirschvink 1980). Y los parámetros estadísticos asociados se calcularon utilizando la estadística de Fisher (1953).

Los experimentos arrojaron patrones complejos en general (figura 7), resultando imposible, en muchas ocasiones, poder obtener direcciones medias primarias debido al proceso caótico de desmagnetización sin definir componentes lineales (figura 7b, 7c). Cabe señalar que son muestras que provienen de zonas con paleotemperaturas menores a 500 °C y, por lo tanto, no portan una magnetización termorremanente completa. En contraste, las muestras (figura 8a, 8d) provenientes de zonas de altas paleotemperaturas detectadas (cerca de 800 °C) permiten definir las inclinaciones y declinaciones medias a partir de 40 mT. Las determinaciones de las magnetizaciones remanentes características se basan, en la mayoría de los casos, sobre 6 puntos alineados tendentes al origen, mostrando los valores de

máxima desviación angular (MAD por sus siglas en inglés) dentro de 2.5° (figura 8a, 8d).

Para la datación arqueomagnética, utilizamos el modelo *SHA.DIF.14k* y el *software MATLAB* de Pavón-Carrasco *et al.* (2011, 2014). El intervalo de datación arqueológica se eligió entre 0 y 1900 AD en base a consideraciones arqueológicas generales (figura 8). El Elemento 1 —cuyas paleodirecciones medias determinadas sobre 7 muestras (de un total de 15 tratadas) son Inc = 31.46°, Dec = 350.18°, α_{95} = 2.5°, k = 578— arroja un posible intervalo de edad entre 1076 y 1321 AD. Para el Elemento 2 (6 determinaciones de un total de 14 muestras tratadas, con Inc = 18.08°, Dec = 2.64°, α_{95} = 2.9°, k = 543), el intervalo correspondiente está entre 713 y 883 AD.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La presencia de hornos para la producción de cal en Monte Albán es un hallazgo importante, ya que no se han registrado hornos de cal en investigaciones previas y se vincula con los estudios sobre la tecnología de la construcción en Mesoamérica, definiendo las particularidades empleadas por los zapotecos que habitaron Monte Albán en el proceso de producción de cal, concretamente en el periodo de la ocupación tardía de esta urbe. Las dos estructuras circulares (anulares) halladas eran semisubterráneas, es decir, una parte de ellas se encontraba bajo el nivel superficial y otra parte de las mismas estaba, aparentemente, a cielo abierto.

Desafortunadamente, el espacio donde se hallaron los hornos ha sido objeto de exploraciones previas (Caso 2003; Winter 1994) que impiden obtener pruebas de la arquitectura original que tuvieron los hornos. Sin embargo, la evidencia recopilada del Horno 1 permite identificar que, al menos en este horno, se utilizó un drenaje en desuso con la finalidad de introducir oxígeno en el proceso de combustión y aumentar así la temperatura en el interior del horno. No sabemos cuándo aparece esta técnica, pero por lo menos se puede afirmar que estaba en uso entre los años 1076 y 1321 AD según las dataciones arqueomagnéticas realizadas con las muestras del Horno 1. La presencia de cal en Oaxaca ha sido reportada previamente por Marcus y Flannery (1996: 83-87), quienes describieron la existencia de hoyos que contenían cal y pisos hechos de este material para el sitio de San José Mogote, rasgos que son datados entre 1400-1150 AC. Sin embargo, la presencia de hornos para cal no había sido demostrada para la zona

del valle de Oaxaca en periodos posteriores a las fechas reportadas por Marcus y Flannery.

Las dinámicas de producción de la cal en Mesoamérica van revelando la presencia de una pirotecnología donde conviven piras y hornos para su producción. La diferenciación entre el uso de unos u otros es sugerida por la naturaleza productiva de la cal. Siendo esta una actividad especializada, pues el manejo del fuego en el interior de un horno requirió un conocimiento avanzado sobre el fuego y el material a calcinar, estas dinámicas de producción pirotecnológica son ampliamente utilizadas en los hornos de cerámica, los cuales han sido reportados previamente en otras áreas del valle de Oaxaca y fechados en el periodo Formativo (Minc *et al.* 2016). Se sugiere que el uso de los hornos para la producción de cal en Oaxaca pudo derivar del empleo de hornos para cocer cerámica, abriendo nuevamente el debate sobre el origen de la tecnología de producción de cal, donde se ha propuesto que el área maya es la cuna de la producción de cal (Barba Pingarrón 2013; Villaseñor Alonso y Barba Pingarrón 2012).

Los resultados de las paleotemperaturas permiten registrar una distribución térmica de los muros, los sedimentos del interior y las zonas más profundas de los hornos con temperaturas alrededor de los 750-800 °C, que indican un proceso de estandarización y especialización de la producción de cal en esos hornos al registrarse una homogeneización de la exposición al fuego, tanto en la estructura como en los materiales de su interior. La ubicación de los hornos dentro de la plaza principal de Monte Albán nos permite proponer un control de la producción de cal realizado por la élite del sitio, caso similar a la producción cerámica (Walker 2016). Sin embargo, no contamos en Monte Albán con mayores evidencias arqueológicas reportadas para la producción de cal en hornos, por lo cual estos contextos analizados son los primeros de su tipo en Oaxaca.

La evidencia de los hornos de producción de cal en la zona central de Monte Albán, asociados a un edificio de tipo religioso, se corresponde con los ejemplos reportados para Chalcatzingo (Grove y Cyphers Guillén 1987) y el área maya (Seligson *et al.* 2019). Las evidencias arqueométricas nos indican la presencia de calcita y temperaturas vinculadas a la calcinación de la roca caliza para producir cal. La exposición entre 750-800 °C es suficiente para transformar la roca caliza en óxido de calcio, el cual produce una pasta de cal al hidratarse.

La distancia a la que se encuentran los hornos respecto a la Plaza Central ha sido registrada ampliamente

te en diferentes sitios arqueológicos del área maya (Ortiz Ruiz 2019; Seligson 2016; Šprajc *et al.* 2017) y se entiende en Monte Albán como una clara necesidad de los zapotecos para obtener cal destinada a las modificaciones arquitectónicas de sus edificios y, según los registros arqueológicos de las temporadas 2019 y 2020, de una gran obra al alterar y fortalecer estructuralmente la ladera este del Edificio P. Denota también la participación e influencia de la «clase» sacerdotal en el manejo y control de las obras de construcción, así como en el uso de los espacios urbanos y habitacionales, al romper la banqueta del lado sur del Edificio P y reutilizar los cuartos de las subestructuras de este espacio para atender la necesidad de la producción de cal.

La calidad y tecnología empleada en el Horno 1, así como las modificaciones observables en el Horno 2, que se han inferido como una reducción de las dimensiones, nos indican que en un primer momento se requirió una gran cantidad de cal, al menos hasta el instante previo a las primeras alteraciones del Horno 2; por lo que quizá la cal obtenida en este espacio servía para el mantenimiento y modificaciones de otros edificios del área central de la ciudad.

La reducción de las dimensiones en el Horno 2 son interpretadas como momentos en los que fue necesaria una menor cantidad de cal. Esta dinámica que sufrió el espacio del horno puede manifestar un cambio en la estructura social dominante, puesto que se expresa la disminución en la cantidad de cal producida y la pérdida de mano de obra, poder y control social al menos hasta el momento de desuso del Horno 2, el cual se sitúa, según los datos de la datación arqueomagnética, entre los años 713 y 883 AD.

Las fechas obtenidas para el Elemento 2 (Horno 2) pueden ser interpretadas como un momento de la última época de construcciones y el «abandono» de Monte Albán, el cual se puede definir, por la evidencia que presenta el Horno 1, como la pérdida de poder político, social y económico que ostentaban las élites dominantes, mientras que las actividades religiosas pudieron haberse mantenido durante un periodo prolongado de tiempo. Es evidente que este horno fue utilizado en la última época de construcción de Monte Albán (Monte

Albán IIIB-IV), a cuyo término fue suspendida la actividad productiva.

Por otra parte, las fechas de datación arqueomagnética reportadas para el Horno 1 (1076-1321 AD) nos indican que la producción de cal fue menor en el tiempo posterior al desuso del Horno 2. Quizá la producción de cal servía únicamente para realizar el mantenimiento del Edificio P y de otros edificios importantes que lo requirieran, por lo cual se contaba con una menor cantidad de mano de obra disponible, pero con el manejo de una importante técnica de oxigenación de la caldera para aumentar la temperatura en el interior del horno.

Por otro lado, la evidencia del pilar construido en el interior del Horno 1 nos indica el desuso del horno y una clara modificación del espacio, por lo que se puede inferir que un grupo de personas realizaba actividades en este espacio después del periodo 1076-1321 AD. Esta hipótesis se solapa parcialmente con las fechas obtenidas por Noreen Tuross (Robles *et al.* 2012), quien dató los contenidos osteológicos de la Tumba 7 por ¹⁴C con un promedio de fechas entre 1200 y 1400 AD. Esto sugiere que, en ese intervalo temporal, en Monte Albán hubo, por lo menos, dos tipos de actividad: uno fue la disposición de ofrendas en el interior de la Tumba 7 como una práctica ritual de veneración a los ancestros, probablemente en repetidas ocasiones; el otro consistió, a partir del año 1076, en la reactivación de la actividad constructiva en el Edificio P y, probablemente, en algunos otros edificios solo como actividades de mantenimiento tales como la reposición de juntas y estucos en las fachadas, quizás para reforzar muros contrafuertes, para lo cual se utilizó cal preparada en el Horno 1 (Elemento 1).

Las dataciones arqueomagnéticas obtenidas para finales del Clásico e inicios del Posclásico, corresponden a los datos previamente reportados en el área maya (Ortiz *et al.* 2021). Al estar registrada la última quema en dichos periodos, podemos sugerir que en Monte Albán, hasta ese momento, la producción de cal por medio de hornos se enmarca en las dinámicas productivas y cambios en los controles político-económicos del Estado zapoteco, después de su esplendor.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) el financiamiento otorgado a Soledad Ortiz en su estancia posdoctoral. Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto *Ciencia de Frontera* CONACYT 731762. Se agradece el apoyo del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investiga-

ción y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), con sede en el Instituto de Física de la UNAM, a través de los proyectos CONACYT LN293904, LN299076 y LN314846; así como a la Zona Arqueológica de Monte Albán-INAH por las facilidades proporcionadas. Esta investigación fue apoyada financieramente por los proyectos CONACYT n.º 252149, CONACYT CF-2019-1761, UNAM-PAPIIT-IN101920 y UNAM-PAPIIT-IN113321.

REFERENCIAS

- BARBA PINGARRÓN, L. 2013. El uso de la cal en el mundo prehispánico mesoamericano. En *La cal: historia, propiedades y usos*, eds. L. Barba Pingarrón e I. Villaseñor Alonso, pp. 21-47. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Asociación Nacional de Fabricantes de Cal A. C.
- CASO, A. 2003. *Exploraciones en Oaxaca. Quinta y sexta temporada 1936-1937*. Ciudad de México: El Colegio Nacional.
- CASTANZO, R. A.; J. H. ANDERSON. 2004. Formative period lime kilns in Puebla, Mexico. *Mexicon* 26: 86-90.
- CHU, V.; L. REGEV; S. WEINER; E. BOARETTO. 2008. Differentiating between anthropogenic calcite in plaster, ash and natural calcite using infrared spectroscopy: implications in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 35, 4: 905-911.
- CHUKANOV, N. V. 2014. *Infrared Spectra of Mineral Species. Extended Library*. Springer.
- FISHER, R. A. 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences* 217, 1130: 295-305. Londres.
- GOREN, Y.; A. N. GORING-MORRIS. 2008. Early pyrotechnology in the Near East: Experimental lime-plaster production at the Pre-Pottery Neolithic B Site of Kfar HaHoresh, Israel. *Geoarchaeology: An International Journal* 23, 6: 779-798.
- GROVE, D. C.; A. CYPHERS GUILLÉN. 1987. The excavations. En *Ancient Chalcatzingo*, ed. D. C. Grove, pp. 21-55. Austin: University of Texas Press.
- KIRSCHVINK, J. L. 1980. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal International* 62, 3: 699-718.
- MARCUS, J.; K. V. FLANNERY. 1996. *Zapotec Civilization: How Urban Society Evolved in Mexico's Oaxaca Valley*. Londres: Thames & Hudson.
- MINC, L. D.; R. J. SHERMAN; C. ELSON; M. WINTER; E. M. REDMOND; C. S. SPENCER. 2016. Ceramic provenance and the regional organization of pottery production during the later Formative periods in the Valley of Oaxaca, Mexico: Results of trace-element and mineralogical analyses. *Journal of Archaeological Sciences Reports* 8: 28-46.
- ORTIZ, S.; A. GOGUITCHAICHVILI; V. A. KRAVCHINSKY; R. CEJUDO; O. DE LUCIO; F. BAUTISTA; A. VILLA; A. GÓNGORA; J. MORALES; L. BARBA PINGARRÓN. 2021. Maya limekilns as geomagnetic field recorders. *Journal of South American Earth Sciences* 109: 103284.
- ORTIZ RUIZ, M. S. 2019. *El conocimiento pirotécnológico de la sociedad maya prehispánica: estudio de los hornos para cal en las tierras bajas mayas del norte*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.046>.
- PAVÓN-CARRASCO, F. J.; J. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ; M. L. OSETE; J. M. TORTA. 2011. A Matlab tool for archaeomagnetic dating. *Journal of Archaeological Science* 38, 2: 408-419.
- REGEV, L.; K. M. PODUSKA; L. ADDADI; S. WEINER; E. BOARETTO. 2010. Distinguishing between calcites formed by different mechanisms using infrared spectrometry: archaeological applications. *Journal of Archaeological Science* 37, 12: 3022-3029.
- ROBLES GARCÍA, N. M.; M. JANSEN; S. LÓPEZ ALONSO; A. I. RIVERA GUZMÁN; A. E. ANDRADE CUAUTLE; I. L. CÁZAREZ MUNGUÍA; D. GARCÍA RÍOS; H. I. LÓPEZ CALVO; J. C. JIMÉNEZ LÓPEZ; N. TUROSS. 2012. *Informe sobre los avances del proyecto de investigación «Aspectos recientes sobre la Tumba 7 de Monte Albán»*. Informe técnico aprobado por el Consejo de Arqueología del INAH.

- ROBLES GARCÍA, N. M.; O. STERPONE; J. HUCHIM HERRERA; C. D. GARCÍA RÍOS; E. GARCÍA WIGUERAS I.; M. A. GALVÁN BENÍTEZ; K. H. AGUILAR VÁZQUEZ; D. MARTÍNEZ TORRES; I. G. MARTORELL VÁZQUEZ; J. M. ZÚÑIGA; L. GARCÍA LALO. 2020. *Proyecto de conservación de los edificios dañados por los sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa*. Informe técnico aprobado por el Consejo de Arqueología del INAH.
- SELIGSON, K. E. 2016. *The Prehispanic Maya Burnt Lime Industry: Socio-Economy and Environmental Resource Management in the Late and Terminal Classic Period Northern Maya Lowlands (650-950 CE)*. Tesis doctoral. Madison: University of Wisconsin.
- SELIGSON, K. E.; S. ORTIZ RUIZ; L. BARBA PINGARRÓN. 2019. Prehispanic Maya Burnt Lime Industries: Previous Studies and Future Directions. *Ancient Mesoamerica* 30, 2: 199-219.
- ŠPRAJC, I.; L. A. T. DÍAZ; O. E. HOLGUÍN; A. MARSETIČ. 2017. *Paisaje arqueológico y dinámica cultural en el área de Chactún, Campeche (2016-2018): informe de la temporada 2017*. Liubliana: Centro de Investigaciones de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes.
- VILLASEÑOR ALONSO, I.; L. BARBA PINGARRÓN. 2012. Los orígenes tecnológicos de la cal. *Cuicuilco* 19, 55: 11-41.
- WALKER, S. T. 2016. *Pottery, Politics, and Trade Routes: Evaluating Independence in Late Classic Jalieza, Oaxaca*. Tesis de maestría. Oregon State University.
- WINTER, M., COORD. 1994. *Proyecto Especial Monte Albán 1992-1994*. INAH.

RESEARCH ARTICLE

**ANÁLISE ARQUEOMÉTRICA E IDENTIFICAÇÃO DE
PARÂMETROS DE QUEIMA DE CERÂMICAS DO SÍTIO
ARQUEOLÓGICO RIBEIRÃO CANOAS III, SÃO
GONÇALO DO ABAETÉ, MINAS GERAIS, BRASIL**

*Archaeometric Analysis and Identification of Firing
Parameters of Ceramics from the Ribeirão Canoas III
Archaeological Site, São Gonçalo do Abaeté,
Minas Gerais, Brazil*

**Luis Carlos Duarte Cavalcante,¹ Antonio Lucas Vitorino de Sousa,¹
Heralda Kelis Sousa Bezerra da Silva,¹ Marcelo Fagundes,²
José Domingos Fabris,³ José Domingos Ardisson⁴**

¹ Laboratório de Arqueometria e Arte Rupestre, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, Brasil

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, Minas Gerais, Brasil

³ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

⁴ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
(cavalcanteufpi@ufpi.edu.br)

RESUMO. Amostras representativas dos diferentes padrões de queima das cerâmicas do sítio arqueológico Ribeirão Canoas III, localizado em São Gonçalo do Abaeté, Minas Gerais, Brasil, foram investigadas por fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF), análise elementar por CHN, difratometria de raios X pelo método do pó e espectroscopia Mössbauer do ⁵⁷Fe nas geometrias de transmissão e de retroespalhamento de raios gama; exames físicos foram realizados sob estereomicroscópio e microscópio óptico. O teor de ferro nesses materiais cerâmicos, determinado por EDXRF, aqui expresso na forma de Fe₂O₃, é da ordem de 3,7 a 7,9 massa% e o teor de carbono, obtido por análise elementar CHN, é de ~0,7 a ~1,5 massa%. Os dados Mössbauer mostram que algumas espécies ferruginosas apresentam ordenamento magnético na temperatura de 25 K, revelando sextetos com linhas de ressonância muito alargadas, com campos magnéticos hiperfinos atribuíveis à hematita, sugerindo tamanho médio de partículas muito pequeno. Há também um sexteto com campo hiperfino próximo de 45 tesla, atribuível à goethita, e dois dupletos devidos a Fe³⁺ e Fe²⁺. Um ensaio com ímã de mão praticamente não atrai partículas das amostras em pó, indicando a ausência de espécies magnéticas. A pasta cerâmica contém ainda quartzo, muscovita, rutilo, anatásio e feldspato. Dos resultados assim obtidos, é possível traçar algumas características gerais desses materiais, como: (i) os teores de Fe²⁺ apontam que as peças foram queimadas em ambiente redutor; (ii) em um intervalo de temperatura não inferior a 525 °C, pela ausência de caulinita, e não superior a 700 °C, pela ocorrência de muscovita e pelos traços residuais de carbono; e (iii) em fogueira a céu aberto. Considerando-se que o campo magnético hiperfino de ~45 tesla, das amostras RCIII.006 e RCIII.027, seja de goethita magneticamente ordenada na temperatura de 25 K, com tamanho muito pequeno de partículas, que foi termicamente protegida durante a queima, presume-se que a cocção dessas peças cerâmicas tenha ocorrido em temperatura muito próxima de 525 °C.

PALAVRAS-CHAVE. Cerâmica arqueológica; espécies ferruginosas; ambiente de queima; temperatura de queima; espectroscopia Mössbauer; arqueometria.

Recibido: 30-9-2021. Aceptado: 9-10-2021. Publicado: 18-10-2021.

ABSTRACT. *Representative samples of different firing patterns of ceramics from the Ribeirão Canoas III archaeological site, located in São Gonçalo do Abaeté, Minas Gerais, Brazil, were investigated by energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF), CHN elemental analysis, powder X-ray diffractometry, and Mössbauer spectroscopy of ^{57}Fe in transmission and gamma-ray backscattering geometries; physical examinations were performed under stereomicroscope and optical microscope. The iron content in these ceramic materials, determined by EDXRF, here expressed as Fe_2O_3 , is of the order of 3.7 to 7.9 mass% and the carbon content, obtained by CHN elemental analysis, is ~0.7 to ~1.5 mass%. Mössbauer data show that some ferruginous species exhibit magnetic ordering at the 25 K temperature, revealing sextets with very wide resonance lines, with hyperfine magnetic fields attributable to hematite, suggesting very small average particle size. There is also a sextet with a hyperfine field near 45 tesla, attributable to goethite, and two doublets due to Fe^{3+} and Fe^{2+} . A hand magnet test does not attract almost any particles from the powdered samples, indicating the absence of magnetic species. The ceramic paste also contains quartz, muscovite, rutile, anatase and feldspar. From the results thus obtained, it is possible to trace some general characteristics of these materials, such as: (i) the Fe^{2+} contents indicate that the pieces were burned in a reducing environment; (ii) in a temperature range not lower than 525 °C, due to the absence of kaolinite, and not higher than 700 °C, due to the occurrence of muscovite and the residual traces of carbon; and (iii) in an open fire. Considering that the hyperfine magnetic field of ~45 tesla, of samples RCIII.006 and RCIII.027, is magnetically ordered goethite at the temperature of 25 K, with very small particle size, which was thermally protected during firing, the burning of these ceramic pieces is assumed to have occurred at a temperature very close to 525 °C.*

KEYWORDS. *Archaeological ceramic; ferruginous species; firing environment; firing temperature; Mössbauer spectroscopy; Archaeometry.*

INTRODUÇÃO

O sítio arqueológico Ribeirão Canoas III localiza-se na margem do córrego Ribeirão Canoas, no município de São Gonçalo do Abaeté, Minas Gerais, no alto vale do Rio São Francisco. As características gerais do conjunto artefactual cerâmico do sítio apontam-no como da Tradição Aratu-Sapucaí, mas artefatos tipicamente Tupiguarani também foram encontrados associados. Uma amostra datada por termoluminescência (TL) forneceu uma idade de 380 ± 50 anos antes do presente para o sítio, indicando uma cronologia posterior à chegada dos europeus ao território brasileiro (Fagundes *et al.* 2015).

Cerâmicas arqueológicas podem ser investigadas sob diversos pontos de vista, entre os quais a identificação (i) dos modos de produção das peças, (ii) de elementos decorativos, (iii) dos tipos de acabamento utilizados na finalização, (iv) dos elementos antiplásticos utilizados para obter a plasticidade desejada pelos fabricantes dos artefatos, (v) do ambiente (oxidante ou redutor) de cocção, da temperatura de queima.

Aspectos mais refinados, como as composições química e mineralógica, aspectos micromorfológicos e a natureza magnética, também fornecem informações importantes para um conhecimento mais aprofundado desses vestígios de atividade humana antiga. A espectroscopia Mössbauer é uma técnica analítica funda-

mental a ser considerada no processo investigativo desses materiais arqueológicos, pois possibilita um estudo detalhado das espécies ferruginosas neles contidas, focando, entre outros aspectos, na identificação do ambiente (oxidante ou redutor) de cocção dos artefatos (Wagner & Wagner 2004). A difratometria de raios X é outra poderosa ferramenta analítica igualmente indispensável na investigação dos padrões de queima desse tipo de amostras (Stanjek & Häusler 2004; Häusler 2004).

O objetivo primordial deste trabalho foi investigar amostras representativas do acervo cerâmico do sítio arqueológico Ribeirão Canoas III, mais especialmente pelo exame físico e análise químico-mineralógica dos fragmentos selecionados.

O interesse do exame físico detalhado focou na avaliação de aspectos como a técnica de manufatura das peças, a identificação de antiplásticos existentes na pasta cerâmica, o acabamento utilizado nas superfícies externa e interna, decoração dos artefatos, espessura das paredes das peças, existência ou não de coração negro no núcleo da parede cerâmica, em corte transversal. A análise arqueométrica centrou-se, além da composição químico-mineralógica, no acesso a parâmetros de queima desses artefatos, como ambiente (oxidante ou redutor) e temperatura de cocção, em especial pelo uso da espectroscopia Mössbauer do ^{57}Fe e da difratometria de raios X, respectivamente.



Figura 1. Detalhes da superfície externa, do núcleo da parede cerâmica e da superfície interna das amostras.

Entendendo um pouco sobre a queima de cerâmicas arqueológicas

O estudo de padrões de queima de cerâmicas arqueológicas é ainda um desafio investigativo para a comunidade científica, pois contempla uma teia complexa de questões que perpassam dos objetos de estudo em sua materialidade aos aspectos imateriais que estão por trás de tais objetos.

A arqueometria configura-se como uma estratégia experimental poderosa e pode revelar informações ineditadamente detalhadas sobre os padrões de queima desses artefatos de argila, contribuindo para uma síntese arqueológica mais completa sobre a história pregressa desses materiais cerâmicos, na medida em que utiliza as ciências da natureza, destacadamente a química e a física, na análise de materiais arqueológicos, entre os quais os cerâmicos (Cavalcante 2015). A literatura menciona três tipos possíveis de ambiente de cocção para

cerâmicas arqueológicas: redutor, neutro e oxidante, que estão diretamente relacionados ao teor de oxigênio disponível no local de queima e que de alguma forma se refletem na coloração final da pasta cerâmica: em queima oxidante a pasta é mais clara, tendendo para o vermelho, e em queima redutora a pasta é mais escura, variando entre tons de cinza ao preto (Machado 2006).

Canotilho (2003) cita as mulheres da Tanzânia e do Marrocos que ainda queimam as cerâmicas em fogueiras ao ar livre. No relato dessa autora consta que é cavada no terreno uma concavidade com cerca de 10 cm de profundidade, na qual colocam-se pequenos ramos de arbustos cobertos com esterco seco de mula, dispondo-se sobre essa camada base as peças a serem cozidas, umas sobre as outras e de modo a não ultrapassar os 70 cm de altura; finalmente as bocas das peças são vedadas com placas de esterco de mula, para então acender a fogueira em três ou quatro pontos. Canotilho (2003) menciona que o esterco serve como combustí-

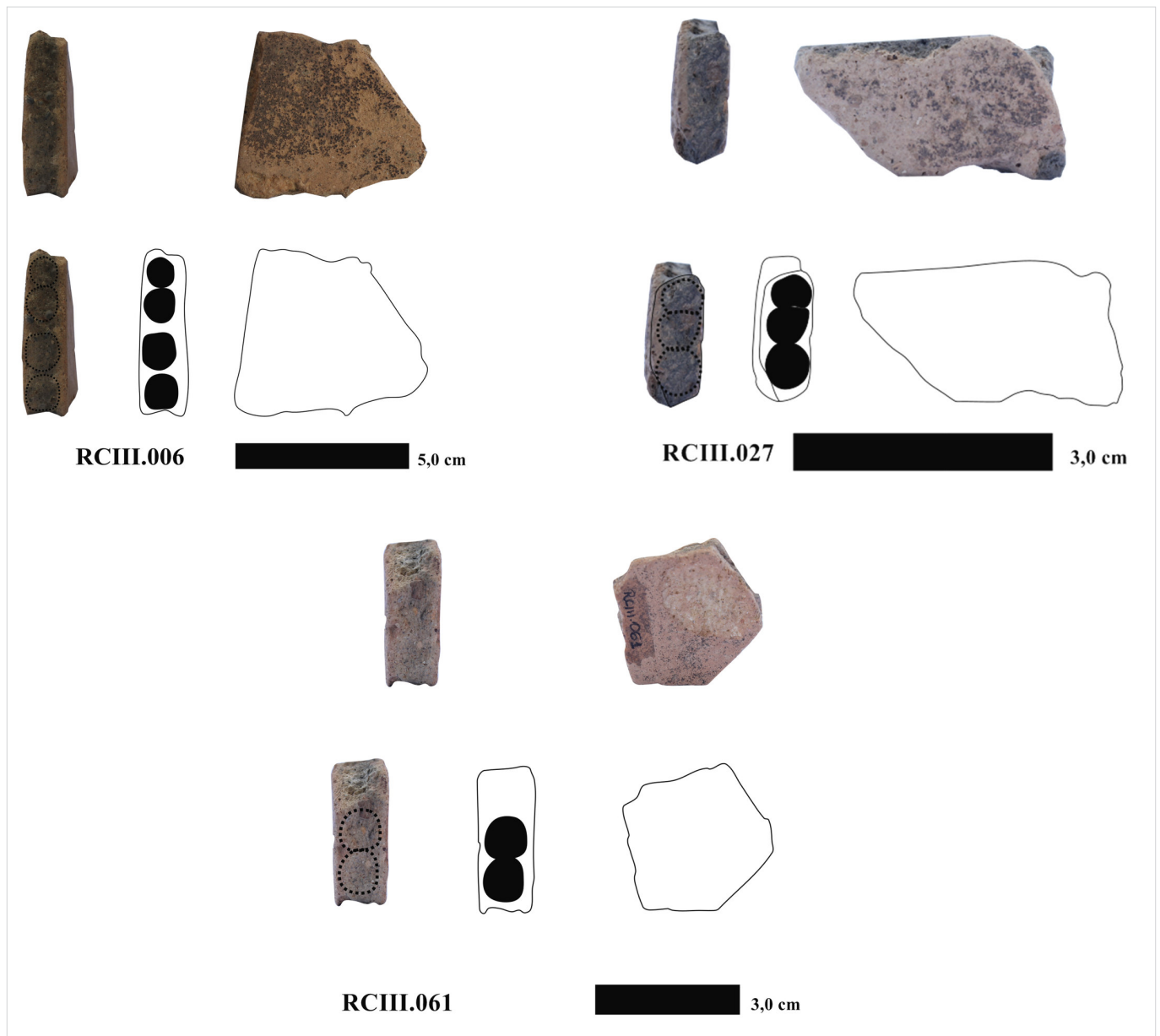


Figura 2. Imagens das amostras e desenhos esquemáticos evidenciando o modo de produção dos artefatos cerâmicos. As linhas tracejadas evidenciam os roletes nas imagens dos fragmentos em corte transversal. Edição: Daniel Ribeiro, 2018.

vel para uma queima lenta, embora o processo tenha duração de aproximadamente 60 min e atinja temperaturas próximas de 860 °C. Segundo essa mesma autora, muitas vezes os vasos a serem cozidos são previamente aquecidos, queimando-se dentro deles folhas secas.

É compreensível o mundo subjetivo da construção dos artefatos cerâmicos, assim como de outros tipos de materiais arqueológicos, envolvendo uma série de fatores para a sua produção, interpretados conjuntamente no que atualmente é denominado de *cadeia operatória*, uma expressão formulada por André Leroi-Gourhan, ou seja, os aspectos que vão desde a coleta da matéria-prima, passando pela fabricação, uso e descarte, inter-

ligando os aspectos culturais e simbólicos, o que atribui ao processo resultados dinâmicos e flexíveis, dificultando a interpretação pelo arqueólogo (Pelegrin *et al.* 1988).

Nunes (2009: 3) relata que para se realizar “o estudo da produção tecnológica de uma cerâmica, é necessário conhecer as técnicas de manufatura, técnicas decorativas, temperos utilizados, tratamento de superfície e temperatura de queima”. Esses tipos de abordagens, quando associados, podem alimentar vários questionamentos e perspectivas, que contribuem para melhorar técnicas metodológicas e possibilitam avanços significativos. Considerando a análise química, Canotilho (2003) esclarece que o tipo de forno, combustível, du-

ração, temperatura e matéria-prima argilosa influenciaram para que ocorra uma queima do tipo oxidante, redutora ou neutra. Essa mesma autora menciona que os óxidos de ferro e de cobre geralmente são os mais afetados quando a queima é realizada em atmosfera redutora, em que o carbono é libertado a partir da utilização de combustíveis minerais e lenhosos (Canotilho 2003). Fato é que o conhecimento das características químicas e mineralógicas da argila e dos materiais cerâmicos dela obtidos é primordial para que se tenha acesso a parâmetros de queima tais como temperatura e atmosfera em que a cocção ocorreu.

Segundo menciona Canotilho (2003) o próprio padrão cromático da chama no interior do forno já pode ser utilizado como um bom indicativo do ambiente de queima dos materiais de argila: (a) chama azul e com som – indica a existência de uma atmosfera oxidante; (b) chama amarela e silenciosa – indica a existência de uma atmosfera redutora; (c) chama esverdeada e silenciosa – indica a existência de uma atmosfera neutra.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Três amostras, RCIII.006, RCIII.027 e RCIII.061, representativas das cerâmicas arqueológicas do sítio Ribeirão Canoas III, São Gonçalo do Abaeté, Minas Gerais, foram cedidas pelo Dr. Marcelo Fagundes, coordenador do Laboratório de Arqueologia e Estudo da Paisagem (LAEP) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), para investigação neste trabalho.

O procedimento de preparação de alíquotas para as medidas experimentais constou da pulverização de porções da superfície externa, núcleo e superfície interna de cada uma das amostras, realizada com almofariz e pistilo de ágata.

No Laboratório de Arqueometria e Arte Rupestre da Universidade Federal do Piauí foram realizados os exames sob estereomicroscópio e microscópio óptico digital, além de análises usando espectroscopia Mössbauer do ^{57}Fe em geometria de retroespalhamento de raios gama 14,4 keV. Medidas de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) e espectroscopia Mössbauer do ^{57}Fe em geometria de transmissão de raios gama foram realizadas no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte, Minas Gerais. Análises por difratometria de raios X (DRX) pelo método do pó foram realizadas no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)

e no Laboratório Interdisciplinar de Materiais Avançados (LIMAv) da Universidade Federal do Piauí. A quantificação de carbono foi realizada por análise elementar por CHN na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, Minas Gerais.

Os exames sob estereomicroscópio foram efetuados em um equipamento *Zeiss Stemi 2000-C*, com capacidade de aumento de até 50 \times , e com um microscópio óptico *USB ProScope™ HR CSI*, com recursos de ampliação de imagens de até 400 \times . O interesse dos exames físicos centrou-se na descrição detalhada das amostras, com foco na avaliação de aspectos como a técnica de manufatura das peças, a identificação de antiplásticos existentes na pasta cerâmica, o acabamento utilizado nas superfícies externa e interna, a decoração dos artefatos, a espessura das paredes das peças, a existência ou não de coração negro no núcleo da parede cerâmica, em corte transversal.

A determinação da composição química elementar das amostras por EDXRF foi realizada em um espectrômetro *Shimadzu EDX-720*, sob vácuo de 40 Pa e usando um colimador de 10 mm.

Os dados de carbono foram coletados em um analisador elementar *LECO TruSpec Micro*. Utilizou-se um padrão *CHN Soil LECO* com teor de carbono de $2,35 \pm 0,07\%$, de nitrogênio de $0,183 \pm 0,010\%$ e de enxofre de $0,028 \pm 0,002\%$.

As fases cristalinas das amostras foram investigadas por difratometria de raios X utilizando-se um difratômetro *Rigaku*, modelo *D/Max Ultima Plus*, com tubo de cobre ($\lambda = 1,541838 \text{ \AA}$), tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. As varreduras foram feitas no intervalo de 4 a 80° (2θ), com velocidade de 1° (2θ) min^{-1} . Medidas também foram realizadas em um difratômetro *Shimadzu*, modelo *XRD-6000*, usando um tubo de radiação de cobre, tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. As varreduras foram feitas no intervalo de 5 a 70° (2θ), com velocidade de 1° (2θ) min^{-1} . Nos dois espectrômetros as medidas experimentais foram realizadas usando o silício como um padrão externo. A identificação das fases foi efetuada comparativamente em relação a fichas cristalográficas JCPDS (1980).

As espécies ferruginosas foram investigadas por espectroscopia Mössbauer do ^{57}Fe usando um espectrômetro miniaturizado *MIMOS II* (Klingelhöfer *et al.* 2004; Lage *et al.* 2016) em geometria de retroespalhamento de raios gama de 14,4 keV, com aceleração constante de uma fonte de ^{57}Co em matriz de Rh, $\sim 6 \text{ mCi}$ de atividade e as amostras na temperatura ambiente,

~298 K. Medidas experimentais com as amostras em 25 K foram efetuadas em um espectrômetro convencional em geometria de transmissão de raios gama, com aceleração constante de uma fonte de ^{57}Co em matriz de Rh e ~100 mCi de atividade. Os deslocamentos isoméricos foram corrigidos em relação ao αFe na temperatura ambiente, padrão também usado para a calibração da escala de velocidade Doppler. Os dados coletados foram ajustados por um algoritmo pelo método dos mínimos quadrados, utilizando o programa de computador *WinNormosTM for IgorTM Pro 6.1*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras RCIII.006, RCIII.027 e RCIII.061 (Figura 1) foram fotografadas com o intuito de evidenciar aspectos morfológicos e detalhes das superfícies externa e interna, bem como do núcleo da parede cerâmica. Os fragmentos investigados têm dimensões variadas: ~3,9 a ~7,3 cm de comprimento, ~3,4 a ~4,9 cm de largura e ~0,8 a ~1,6 cm de espessura.

Os exames físicos sob estereomicroscópio e microscópio óptico possibilitaram observar que o modo de produção dos artefatos cerâmicos é tipicamente acordelado¹ (Figura 2). O acabamento das superfícies externa e interna dos cacos cerâmicos é alisado e nenhum elemento decorativo – como pintura, engobo, inciso, escovado ou outro – foi identificado.

A pasta cerâmica contém grãos de quartzo com diferentes tamanhos e outros elementos não plásticos, que podem ter sido adicionados ou não na preparação da massa argilosa precursora. Cacos cerâmicos moídos foram identificados nas três peças como tempero acrescentado à pasta de argila. Ambas as superfícies dos fragmentos investigados têm cor amarelada e as três peças apresentam coração negro no núcleo da parede do artefato em corte transversal.

A composição química elementar das amostras (Tabela 1), conforme determinada por EDXRF, expressa em proporção em massa, na forma do óxido mais co-

mun do elemento correspondente, permite inferir uma composição dominada por minerais silicatados ricos em alumínio, ferro, potássio e titânio. O teor de ferro, aqui expresso como Fe_2O_3 , nesses materiais cerâmicos arqueológicos é de ~3,7 a ~7,9 massa%.

A proporção de carbono, como obtida por análise elementar por CHN, para a amostra RCIII.027, é 1,51(3) massa% na superfície externa, 1,16(4) massa% no núcleo da parede cerâmica em corte transversal e 1,38(9) massa% na superfície interna. Os valores correspondentes para a RCIII.006 são 0,99(8) massa% na superfície externa, 0,66(7) massa% no núcleo e 0,72(7) massa% na superfície interna.

De modo geral, os teores desse elemento químico variam de ~0,7 a ~1,5 massa%, sendo relativamente maiores nas superfícies do que no núcleo da parede cerâmica, um indicativo de que as partículas orgânicas residuais ainda estavam migrando do interior para o exterior da parede dos vasilhames.

Os perfis difratométricos das amostras RCIII.027 e RCIII.061 (Figura 3) evidenciaram reflexões de Bragg características de quartzo (SiO_2 ; ficha JCPDS # 46-1045), muscovita ($\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$; ficha # 7-25), rutilo (TiO_2 ; ficha # 21-1276), anatásio (TiO_2 ; ficha # 21-1272) e feldspato.

Os dados Mössbauer (espectros nas figuras 4 e 5 e parâmetros hiperfinos correspondentes na Tabela 2) mostram que algumas espécies ferruginosas apresentam ordenamento magnético na temperatura de 25 K, revelando sextetos com linhas de ressonância muito alargadas, com campos magnéticos hiperfinos atribuíveis à hematita (fórmula ideal: $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$) (Cornell & Schwertmann 2003; Cavalcante *et al.* 2017), sugerindo que esse óxido de ferro tem tamanho médio de partículas muito pequeno. Há também um sexteto com campo hiperfino próximo de 45 tesla, que pode ser atribuído à goethita (αFeOOH).

Um ensaio com um pequeno ímã permanente de mão praticamente não atrai partículas das amostras em pó, indicando a ausência de espécies magnéticas nesses materiais. Há ainda dois dupletos atribuíveis a Fe^{3+} e Fe^{2+} , espécies químicas que podem ser utilizadas para avaliar o ambiente (oxidante ou redutor) de queima das peças cerâmicas (Wagner & Wagner 2004; Cavalcante *et al.* 2019). Dos resultados obtidos é possível verificar que há um gradiente de distribuição dessas espécies ao longo da espessura da parede dos artefatos.

Considerando o conjunto de dados aqui apresentados, obtidos dos exames físicos e das análises arqueométricas dos fragmentos cerâmicos representativos dos

¹ Esse modo de produção de peças cerâmicas baseia-se na fabricação de roletes de argila, que são sobrepostos de forma espiralada, podendo o vasilhame ser confeccionado unicamente por roletes, ou ainda que os roletes sejam utilizados apenas para iniciar a confecção da peça, sobre uma base plana produzida com bolo de argila (Shepard 1956; Chmyz 1976). Shepard (1956) e Chmyz (1976) reportam que o modo de produção acordelado pode ser associado com outros, como o modelado e o torneado, por exemplo.

Tabela 1. Composição química elementar, determinada por EDXRF, expressa em proporção em massa, na forma do óxido mais comum do elemento correspondente.

	Teor de óxidos/massa%								
	RCIII.027			RCIII.006			RCIII.061		
	Sup. externa	Núcleo	Sup. interna	Sup. externa	Núcleo	Sup. interna	Sup. externa	Núcleo	Sup. interna
Fe ₂ O ₃	7,195(7)	7,880(8)	6,932(8)	5,916(7)	4,931(6)	5,471(7)	4,447(5)	4,149(5)	3,676(4)
SiO ₂	58,68(8)	57,85(8)	62,07(8)	64,60(8)	64,40(8)	65,04(8)	64,58(9)	64,88(9)	68,57(9)
Al ₂ O ₃	28,6(1)	28,61(9)	24,22(9)	24,72(9)	25,91(9)	24,91(9)	27,4(6)	27,57(9)	24,47(9)
SO ₃	0,406(7)	0,603(8)	0,787(9)	0,560(8)	0,518(7)	0,578(8)	0,33(1)	0,38(1)	0,39(1)
P ₂ O ₅	0,38(1)	0,35(1)		0,34(1)		0,15(1)			
K ₂ O	3,23(1)	3,24(1)	3,32(1)	2,497(9)	2,263(8)	2,382(8)	1,959(8)	1,883(8)	1,871(7)
TiO ₂	1,157(6)	1,091(6)	1,078(7)	1,297(7)	1,190(6)	1,338(6)	0,864(5)	0,839(5)	0,957(4)
MnO	0,258(2)	0,263(2)	0,217(2)	0,023(1)	0,012(1)	0,033(1)	0,034(1)	0,023(1)	0,028(1)
V ₂ O ₅	0,042(2)	0,053(3)	0,046(3)		0,041(3)	0,045(3)			
Cr ₂ O ₃	0,020(1)	0,022(1)	0,016(2)		0,018(1)	0,015(1)	0,013(1)		0,011(1)
ZrO ₂			0,027(1)	0,027(1)	0,031(1)	0,023(1)	0,018(1)	0,018(1)	0,010(1)
Y ₂ O ₃	0,001(1)	0,003(1)	0,004(1)	0,003(1)	0,003(1)	0,003(1)	0,002(1)	0,001(1)	0,001(1)
SrO		0,004(1)	0,004(1)						
Rb ₂ O	0,006(1)	0,010(1)	0,012(1)	0,008(1)	0,007(1)	0,007(1)	0,005(1)	0,005(1)	0,003(1)
ZnO	0,010(1)	0,012(1)	0,010(1)	0,007(1)	0,007(1)	0,008(1)	0,006(1)	0,006(1)	0,004(1)
MgO			1,24(6)		0,67(5)				
NiO	0,008(1)	0,008(1)	0,014(1)						
BaO							0,29(1)	0,24(1)	
Tm ₂ O ₃							0,061(3)		
CuO								0,005(1)	0,005(1)

Os números entre parênteses são incertezas sobre o último dígito significativo, como fornecido pelo espectrômetro.

diferentes padrões de queima dos artefatos do sítio Ribeirão Canoas III, é possível traçar algumas características gerais desses materiais, como: (i) os teores de Fe²⁺ e de Fe³⁺ apontam que os vasilhames foram queimados em atmosfera dinâmica; (ii) em um intervalo de temperatura não inferior a 525 °C, pela ausência de caulinita (Rice 1987), e não superior a 700 °C, pela ocorrência de muscovita (Brett *et al.* 1970) e pelos traços residuais de carbono; e (iii) em fogueira a céu aberto.

Para o intervalo de temperatura, entre 525 e 700 °C, uma goethita bem cristalizada e sem impurezas já teria

sofrido completa desidroxilação, iniciada em ~300 °C, transformando-se integralmente em hematita.

Entretanto, para uma goethita com baixa cristalinidade, contendo substituição isomórfica do ferro por outros cátions, além de impurezas químicas, como os dados experimentais deste trabalho sugerem, a faixa de temperatura de desidroxilação pode se estender por uma ampla faixa. Atribui-se, pois, o campo magnético hiperfino de ~45 tesla, das amostras RCCIII.006 e RCIII.027, à goethita magneticamente ordenada na temperatura de 25 K, com tamanho muito pequeno de

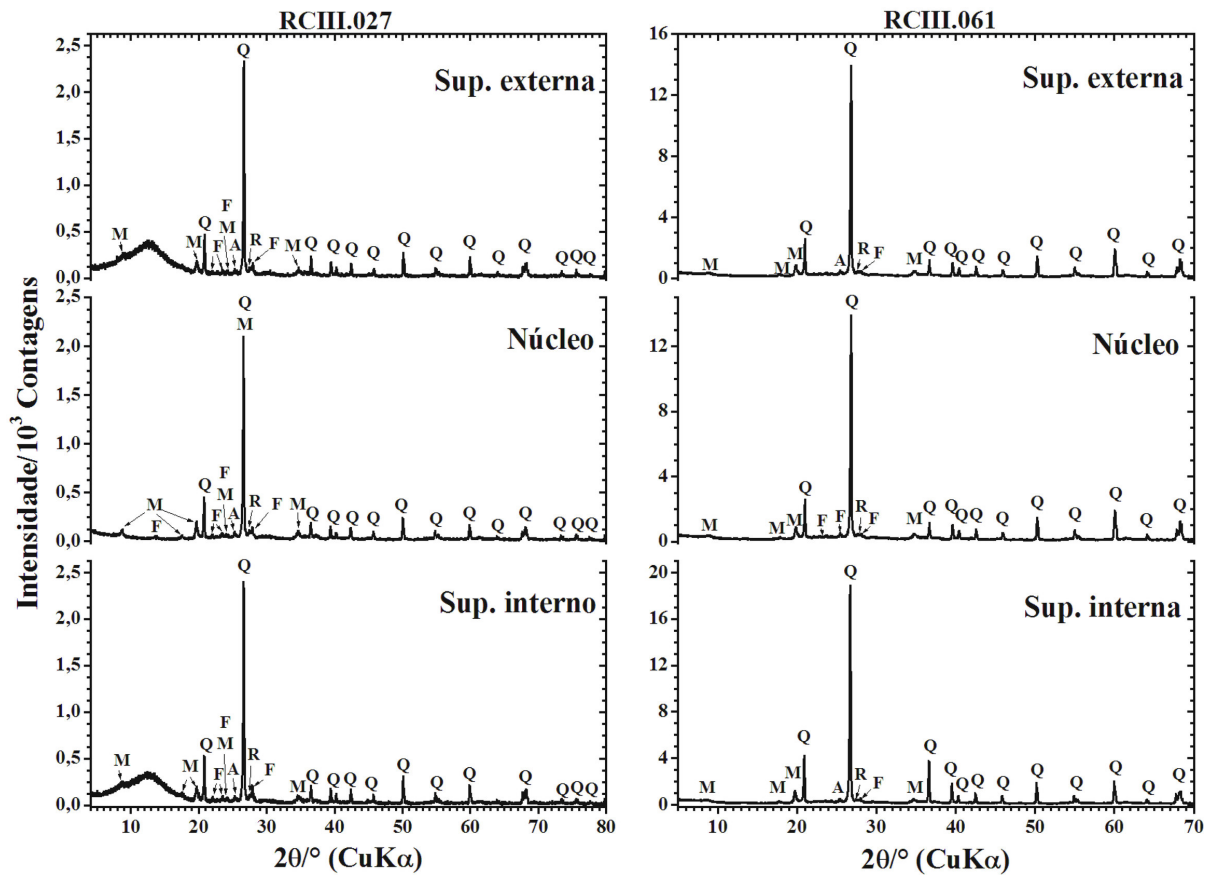


Figura 3. Padrões de DRX para as amostras RCIII.027 e RCIII.061.
 Q = quartzo, M = muscovita, F = feldspato, R = rutilo, A = anatásio.

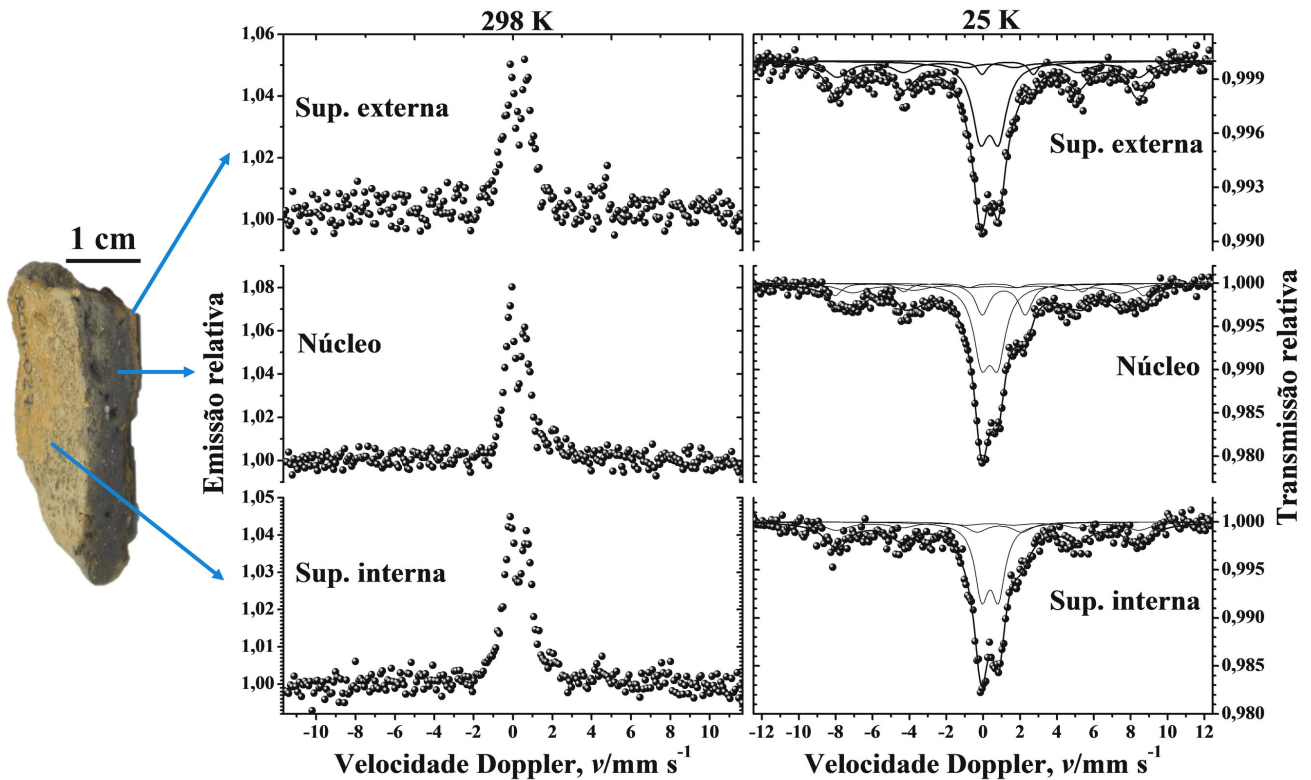


Figura 4. Espectros Mössbauer para a amostra RCIII.027 obtidos por retroespalhamento (298 K) e transmissão (25 K) de raios gama de 14,4 keV.

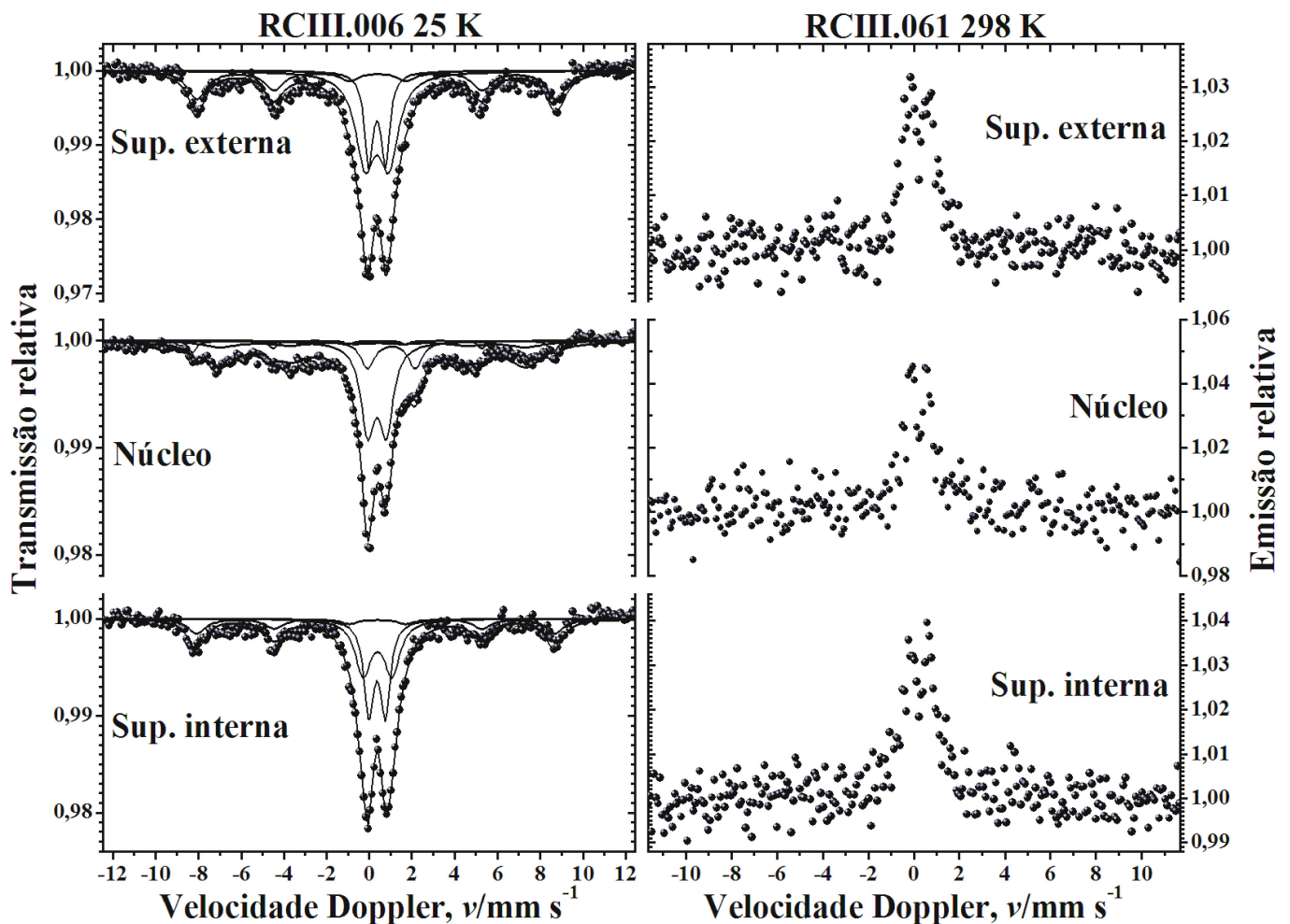


Figura 5. Espectros Mössbauer para a amostra RCIII.006 obtidos por transmissão (25 K) e para a amostra RCIII.061 por retroespalhamento (298 K) de raios gama de 14,4 keV.

partículas, que foi termicamente protegida durante a queima, e presume-se que a cocção dessas peças cerâmicas tenha ocorrido em temperatura muito próxima de 525 °C.

CONCLUSÃO

Os exames físicos de três fragmentos cerâmicos representativos dos diferentes padrões de queima dos artefatos do sítio Ribeirão Canoas III apontaram que o modo de produção desses materiais é tipicamente o acordelado e que o alisado foi o tipo de acabamento dado às superfícies externa e interna das peças.

Cacos cerâmicos moídos foram identificados como tempero acrescentado à pasta de argila precursora e coração negro foi encontrado no núcleo da parede de todos os artefatos em corte transversal.

Encontrou-se que a pasta cerâmica contém os minerais quartzo, muscovita, feldspato, rutilo, anatásio e

hematita. Dos resultados obtidos, é possível traçar algumas características gerais desses materiais, como: (i) os teores de Fe^{2+} e de Fe^{3+} apontam que os vasilhames foram queimados em atmosfera dinâmica; (ii) em um intervalo de temperatura não inferior a 525 °C, pela ausência de caulinita, e não superior a 700 °C, pela ocorrência de muscovita e pelos traços residuais de carbono; e (iii) em fogueira a céu aberto.

Considerando-se que o campo magnético hiperfino de ~45 tesla, das amostras RCIII.006 e RCIII.027, seja de goethita magneticamente ordenada na temperatura de 25 K, com tamanho muito pequeno de partículas, que foi termicamente protegida durante a queima, presume-se que a cocção das peças cerâmicas tenha ocorrido em temperatura muito próxima de 525 °C.

A espectroscopia Mössbauer mostra-se uma técnica analítica central na investigação de padrões de queima de cerâmicas arqueológicas e deve ser idealmente uma ferramenta considerada na caracterização arqueométrica desse tipo de material do patrimônio cultural brasileiro.

Tabela 2. Parâmetros hiperfinos do ajuste numérico dos espectros Mössbauer do ^{57}Fe obtidos com as amostras em 25 K.

Amostra	Sítio do Fe	$\delta/\text{mm s}^{-1}$	$2\varepsilon, \Delta/\text{mm s}^{-1}$	$\Gamma/\text{mm s}^{-1}$	B_{hf}/T	AR/%
RCIIL.006 Sup. externa	Fe^{3+}	0,47(1)	0,77(5)	0,5(2)		10,8(9)
	Fe^{3+}	0,46(1)	1,1(2)	1,09(8)		53,8(9)
	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,47(2)	-0,07(4)	1,09(6)	52,14(4)	35,4(2)
RCIIL.006 Núcleo	Fe^{3+}	0,5(6)	0,9(9)	0,78(3)		43,1(1)
	Fe^{2+}	1,1(9)	2,2(9)	0,78(6)		13,9(1)
	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,38(4)	-0,20*	0,4(1)	52,4(3)	3,7(1)
	αFeOOH	0,40(4)	-0,28*	2,0(1)	44,4(3)	39,3(2)
RCIIL.006 Sup. interna	Fe^{3+}	0,47(1)	0,77(5)	0,5(1)		27,5(1)
	Fe^{3+}	0,49(1)	1,3(1)	0,90(6)		43,3(8)
	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,45(2)	-0,11(5)	0,99(7)	52,0(2)	29,2(1)
RCIIL.027 Sup. externa	Fe^{3+}	0,44(2)	0,99(4)	1,06(5)		54,4(1)
	Fe^{2+}	1,4(2)	2,8(3)	0,6(3)		3,4(1)
	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,44(4)	-0,15(7)	1,4(1)	50,7(3)	42,2(2)
RCIIL.027 Núcleo	Fe^{3+}	0,45(4)	0,87(9)	1,05(6)		43,3(1)
	Fe^{2+}	1,2(1)	2,3(2)	0,88(9)		13,6(1)
	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,54(4)	-0,20*	0,8(2)	51,8(4)	8,9(3)
	αFeOOH	0,45(4)	-0,28*	1,8(2)	45,3(6)	34,2(4)
RCIIL.027 Sup. interna	Fe^{3+}	0,47(2)	0,90(3)	0,89(5)		48,3(1)
	Fe^{2+}	0,98(9)	2,4(2)	1,3(2)		14,4(2)
	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,40(5)	-0,12(4)	1,6(2)	50,8(3)	37,3(3)

δ = deslocamento isomérico relativo ao αFe ; 2ε = deslocamento quadrupolar; Δ = desdobramento quadrupolar; Γ = largura de linha à meia altura; B_{hf} = campo magnético hiperfino; AR = área subspectral relativa.

* Parâmetro fixado durante o ajuste não-linear pelo método dos mínimos quadrados. Os números entre parênteses são incertezas representadas sobre o último algarismo significativo do valor correspondente, estimadas para cada parâmetro, como resultado do ajuste de funções lorentzianas aos dados das linhas de ressonância, por algoritmo não-linear de minimização da soma dos quadrados dos desvios experimentais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa concedidas a LCDC (Processo # 315709/2020-0) e JDF (Processo # 304958/2017-4) e pela bolsa de Iniciação Científica concedida a ALVS (Processo # 138742/2017-0), à Financiadora de Estu-

dos e Projetos (FINEP; Chamada Pública MCT/FINEP/CT-INFRA – PROINFRA 01/2009, Referência # 0813/10). Os autores também agradecem ao Sr. Luiz Carlos da Silva (CDTN) pelas medidas de EDXRF, ao Sr. João Batista Santos Barbosa (CDTN) e ao Sr. Luciano Clécio Brandão Lima (LIMAv/UFPI) pelas análises de DRX, e ao Sr. Abraão José Silva Viana (UFVJM) pelas medidas de CHN.

REFERÊNCIAS

- BRETT, N. H.; K. J. D. MACKENZIE; J. H. SHARP. 1970. The thermal decomposition of hydrous layer silicates and their related hydroxides. *Quarterly Reviews, Chemical Society* 24: 185-207.
- CANOTILHO, M. H. P. C. 2003. *Processos de cozedura em cerâmica*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2015. Arqueometria em sítios de arte rupestre da região arqueológica de Piripiri, Piauí, Brasil. *Cadernos do CEOM* 28, 43: 7-19.
- CAVALCANTE, L. C. D.; H. K. S. B. SILVA; J. D. FABRIS; J. D. ARDISSON. 2017. Red and yellow ochres from the archaeological site Pedra do Cantagalo I, in Piripiri, Piauí, Brazil. *Hyperfine Interactions* 238: 22.
- CAVALCANTE, L. C. D.; J. W. L. SOUSA; H. K. S. B. SILVA. 2019. Análise químico-mineralógica e parâmetros de queima de cerâmicas do sítio arqueológico Entrada do Caminho da Caiçara, Brasil. *Arqueologia Iberoamericana* 43: 20-34.
- CHMYZ, I. 1976. Terminologia arqueológica brasileira para a cerâmica. 2.^a ed. *Cadernos de Arqueologia* 1: 119-148.
- CORNELL, R. M.; U. SCHWERTMANN. 2003. *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- FAGUNDES, M.; L. A. SILVA; I. M. S. CORDEIRO; A. M. BANDEIRA. 2015. Conjuntos líticos de horticultores ceramistas associados à tradição Aratu-Sapucaí: estudo de caso dos sítios Mato Seco e Canoas, médio vale do São Francisco, Minas Gerais. *Revista Tarairiú* 1, 9: 7-40.
- HÄUSLER, W. 2004. Firing of clays studied by X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy. *Hyperfine Interactions* 154: 121-141.
- JCPDS (JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STANDARDS). 1980. *Mineral Powder Diffraction Files Data Book*. Pennsylvania: Swarthmore.
- KLINGELHÖFER, G. ET ALII. 2004. Jarosite and hematite at Meridiani Planum from Opportunity's Mössbauer spectrometer. *Science* 306, 5702: 1740-1745.
- LAGE, M. C. S. M.; L. C. D. CAVALCANTE; G. KLINGELHÖFER; J. D. FABRIS. 2016. *In-situ* ⁵⁷Fe Mössbauer characterization of iron oxides in pigments of a rupestrian painting from the Serra da Capivara National Park, in Brazil, with the backscattering Mössbauer spectrometer MIMOS II. *Hyperfine Interactions* 237: 49.
- MACHADO, J. S. 2006. O potencial interpretativo das análises tecnológicas: um exemplo amazônico. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* 15-16: 87-111.
- NUNES, K. P. 2009. *Estudos arqueométricos do sítio arqueológico Hatahara*. Dissertação de Mestrado, Ciências – Tecnologia Nuclear. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
- PELEGRIN, J.; C. KARLIN; P. BODU. 1988. «Chaînes opératoires»: un outil pour le préhistorien. In *Technologie préhistorique. Notes et Monographies Techniques* 25, pp. 55-62. Paris: Éditions du CNRS.
- RICE, P. M. 1987. *Pottery Analysis: A Source Book*. Chicago: University of Chicago Press.
- SHEPARD, A. O. 1956. *Ceramics for the Archaeologist*. Washington, D. C.: Carnegie Institution of Washington.
- STANJEK, H.; W. HÄUSLER. 2004. Basics of X-ray Diffraction. *Hyperfine Interactions* 154: 107-119.
- WAGNER, F. E.; U. WAGNER. 2004. Mössbauer spectra of clays and ceramics. *Hyperfine Interactions* 154: 35-82.

RESEARCH ARTICLE

PROBABLE MIGRACIÓN DE GRUPOS NAYARITAS AL CAÑÓN DE BOLAÑOS

Probable Migration of Nayarit Groups to the Bolaños Canyon

María Teresa Cabrero G.

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México
(cabrerot@unam.mx)

RESUMEN. *El planteamiento, a manera de hipótesis, de una segunda migración de grupos de origen nayarita se basa principalmente en la similitud estilística que presentan dos colecciones de figurillas que provienen supuestamente de tumbas de tiro localizadas en el inicio del cañón de Bolaños (Valparaíso, Zacatecas) y en el pueblo de Chimaltitán, situado en el interior del mismo cañón. En ambos casos fueron obtenidas como producto del saqueo y complementadas con ejemplos de hallazgos arqueológicos procedentes de El Cajón, ubicado en los límites de Nayarit, a orillas del río Grande de Santiago y a corta distancia de la desembocadura del río Bolaños.*

PALABRAS CLAVE. *Migración; grupos nayaritas; cañón de Bolaños; Occidente de México.*

ABSTRACT. *The hypothesis of a second migration of groups from Nayarit is based mainly on the stylistic similarity of two collections of figurines that supposedly come from shaft tombs located at the beginning of the Bolaños Canyon (Valparaíso, Zacatecas) and in the town of Chimaltitán, located inside the same canyon. In both cases, they were obtained as a result of looting and complemented with examples of archaeological findings from El Cajón, located on the limits of Nayarit, on the banks of the Grande de Santiago River and at a short distance from the mouth of the Bolaños River.*

KEYWORDS. *Migration; Nayarit groups; Bolaños Canyon; western Mexico.*

INTRODUCCIÓN

El estudio arqueológico del cañón de Bolaños dio como resultado el conocimiento de que la ocupación humana de esta región se llevó a cabo a partir del inicio de nuestra era por grupos procedentes del centro de Jalisco, donde se había desarrollado una cultura con múltiples asentamientos cuyo rasgo principal era un patrón circular formado por estructuras rectangulares alrededor de una en el centro.

Este modelo arquitectónico se extendía por una amplia zona en torno a la laguna de Magdalena y se asociaba con la presencia de tumbas de tiro (Weigand 1999). La localización e identificación de sitios a lo largo

del cañón de Bolaños posibilitó su comparación con los sitios del centro de Jalisco, puesto que todos mostraban un patrón de asentamiento similar y, además, se asociaban también con la presencia de tumbas de tiro (Cabrero 1989; Cabrero y López 2002).

La ocupación de la región de Bolaños estaría motivada por el aprovechamiento del río como vía de comunicación, con la finalidad de establecer una ruta comercial que permitiera obtener la preciada piedra verde que se explotaba en los yacimientos existentes en el oeste de Zacatecas, ocupado principalmente por la cultura Chalchihuites, y redistribuirla en el Occidente de México dado su potencial económico. Con esta medida se evitaría atravesar a pie la Sierra Madre Occidental y, a

Recibido: 26-10-2021. Aceptado: 4-11-2021. Publicado: 15-11-2021.



Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios arqueológicos.

Fuente: <https://mapas.org.mx/rios-de-jalisco/>.

su vez, se dominaría una vasta región con un beneficioso potencial económico.

Solo así se entiende la presencia del patrón de asentamiento circular asociado con tumbas de tiro a lo largo de todo el cañón, rasgo que se extiende hasta el valle de Valparaíso en Zacatecas, donde nace el río Bolaños y principia el cañón. En dicho valle, los asentamientos se distribuyen y extienden hasta lo alto de las montañas que lo delimitan (Cabrero 1989; Cabrero y López 2002).

Las tumbas de tiro se construyeron según el tipo de suelo. En el valle de Valparaíso existen 6 tumbas (saqueadas completamente) situadas en la ladera este de la meseta donde se ubica el asentamiento humano. Dichas tumbas muestran una cámara grande de forma rectangular y un tiro lateral redondo de 2.50 m de profundidad. Estas fueron horadadas en toba volcánica, mientras que las del centro del cañón, tres de las cuales se descubrieron selladas, presentan una cámara de forma acorazonada y un tiro circular de un metro de profundidad, habiendo sido construidas en un suelo de conglomerado de poca resistencia (Cabrero y López 2002).

A pesar de existir una gran cantidad de este tipo de tumbas a lo largo del cañón, incluyendo el valle de Valparaíso, todas están saqueadas a excepción de las tres selladas situadas en la mesa alta del cerro conocido como El Piñón, ubicado en los alrededores del pueblo de San Martín de Bolaños (Cabrero y López 2002).

En base a lo anterior, solo disponemos con seguridad del contenido de ofrendas de las tumbas selladas en el cañón, la hallada en las inmediaciones del pueblo de Huitzilapa (López Mestas y Ramos de la Vega 1998), ubicado cerca de la ciudad de Guadalajara, y las descubiertas a orillas del río Grande de Santiago, donde se llevó a cabo un trabajo de salvamento arqueológico en los lugares denominados El Cajón y La Playa. En ambos se descubrieron unas 20 tumbas selladas. Estos sitios se encuentran muy cerca de la desembocadura del río Bolaños, en los límites de Jalisco y Nayarit (Barrera 2007).¹

La tumba de Huitzilapa se asocia con el mismo patrón de asentamiento tanto del cañón como del centro de Jalisco. Sin embargo, las figurillas de ofrenda de ambas tumbas (Bolaños y Huitzilapa) muestran un estilo muy diferente: mientras que las de Huitzilapa son semejantes a las ya identificadas como estilo Ameca, exhibidas en distintos museos de México, las de Bolaños son muy diferentes a todas las conocidas provenientes de las tumbas de tiro selladas hasta ahora descubiertas, incluyendo las de Colima y las de La Playa y El Cajón. Estas últimas muestran características muy similares a las tumbas de tiro saqueadas en Nayarit.

CHIMALTITÁN Y VALPARAÍSO

Durante el año 2021, los lugareños del pueblo de Chimaltitán (figura 1), situado al norte del valle de San Martín de Bolaños, llevaron un lote de piezas arqueológicas al clérigo del lugar y este pensó en formar un pequeño museo comunitario con ellas. Muy acertadamente, solicitó al Instituto Nacional de Antropología e Historia el registro de las piezas, con lo cual se convirtió en la persona que las resguardaría.

Sin embargo, su desconocimiento arqueológico le impedía saber si realmente provenían de las tumbas de tiro, tal como le habían asegurado los donantes. Por ello, recurrió al señor Francisco Vázquez, editor de la revista cultural *Niuki* que publica la Universidad de Guadalajara en la parte norte de Jalisco (CUNORTE), para que le ayudara en la clasificación de las piezas y este, a su vez, me pidió asistencia al conocer mi trabajo en el cañón de Bolaños. Como las piezas estaban registradas, con gusto accedí a clasificarlas.

¹ Este trabajo se limita a mencionar las tumbas de tiro selladas relacionadas con las del cañón de Bolaños; sin embargo, en Colima se han descubierto varias tumbas intactas de este tipo.

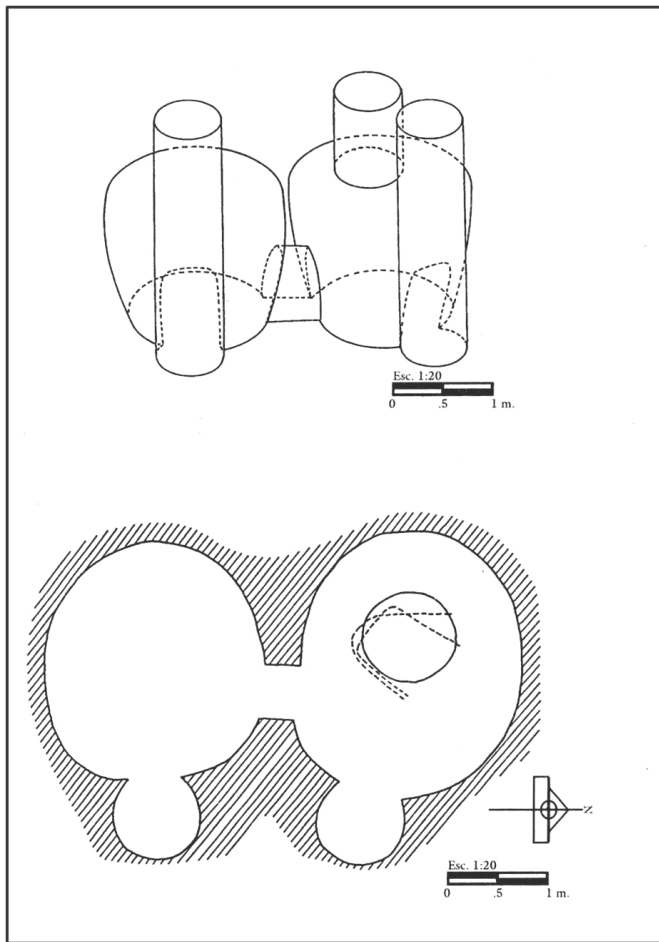


Figura 2. Tumbas de tiro saqueadas en Chimaltitán.

La muestra de Chimaltitán reunía 10 figurillas, 2 cuchillos de obsidiana, 4 hachas de garganta, 18 ollas, 6 tapas de olla, 1 olla con cabeza humana, 3 comales, 1 mano de metate, 2 cajetes, 1 plato, 1 brazalete de concha, 1 conjunto de conchas y caracoles pequeños, 1 esfera de piedra y 3 cilindros de piedra (figuras 3-10, 19-22).

A corta distancia del pueblo de Chimaltitán, descubrimos dos tumbas de tiro contiguas totalmente saqueadas, ubicadas sobre una ladera muy cerca del pueblo (figura 2). Cada tumba presentaba un tiro lateral de forma circular de alrededor de 2 m de profundidad. Las dos cámaras fueron unidas por un pasaje abierto sobre el piso de las mismas. Encima de la bóveda de una de las cámaras se abrió un tercer tiro; al parecer, este se construyó después de haber sellado ambas tumbas y, en lugar de abrir uno de los tiros laterales para depositar nuevos cuerpos, prefirieron perforar un tiro en el centro de la bóveda de una de ellas. Ese rasgo es único dentro de esta costumbre mortuoria ya que, hasta el momento, no se ha repetido en todo el cañón de Bolaños allí donde se presentan las tumbas de tiro.

Se desconoce con exactitud la procedencia de todas las piezas resultantes del saqueo; sin embargo, el arqueólogo puede reconocer si son originales, su probable filiación cultural según el estilo que presentan y señalar su posible origen conforme a los rasgos que muestran. Según lo anterior, considero que las piezas arqueológicas donadas para el museo comunitario de Chimaltitán pueden ser originales, ya que muestran el estilo característico de las ofrendas de tumbas de tiro, pero aun así ignora su procedencia exacta.

Por otra parte, en el pueblo de Valparaíso existe el museo municipal donde se exhiben piezas arqueológicas (figuras 11-15) supuestamente provenientes de las tumbas de tiro existentes en el valle y, de forma sorprendente, descubrí que presentaban una profunda semejanza con las del lote donado al eclesiástico de Chimaltitán.

En base a lo anterior, considero que, muy probablemente, las piezas de Chimaltitán y las del museo de Valparaíso pertenecieron a las tumbas de tiro contiguas situadas muy cerca del pueblo de Chimaltitán; sin embargo, reitero que su procedencia original permanece como una hipótesis propuesta en este trabajo.

Lo extraordinario es que las piezas muestran un estilo diferente al de las recuperadas en las tumbas de tiro selladas descubiertas en El Piñón, pero semejante al de las piezas supuestamente provenientes de las tumbas de Valparaíso, Zacatecas.

La única posibilidad segura es su comparación con las piezas recuperadas en los sitios de La Playa y El Cajón (figuras 16-18),² cuyas figurillas muestran un estilo (conjunto de rasgos) semejante a las de Valparaíso y las de Chimaltitán.

El estilo al que me refiero consiste en: a) carencia de proporción corporal, b) presencia de ambos sexos, c) pintura roja corporal, d) presencia de orejeras de aros.

Habrá que aclarar que las ofrendas depositadas en las tumbas de tiro (saqueadas y selladas) de todo el Occidente de México comparten ciertos rasgos según la zona a la cual corresponden; por ello, únicamente podemos identificar el estilo y proponer la región a la cual pertenecieron. En todas las ofrendas se presentan hombres y mujeres, vasijas y ollas y, de forma indudable, está presente el perro.

² Piezas de El Cajón publicadas por Raúl Barrera (2007), arqueólogo encargado del estudio arqueológico de la zona, en la revista *Arqueología Mexicana*. Estos ejemplos representan una mezcla de los adornos propios de las figurillas de Jalisco y de las de Nayarit: cara alargada y protuberancias sobre los hombros (Jalisco); orejeras de aros, narigueras circulares y tocados completos (Nayarit).



Figura 3. Figurilla femenina pintada en rojo y negro, carece de proporción corporal, sentada con la piernas abiertas hacia delante, piernas gordas con pies pequeños y dedos marcados, brazos delgados descansando sobre el abdomen; cabeza grande alargada con tocado completo y collares en el cuello, orejeras de aro y taparrabos blanco.

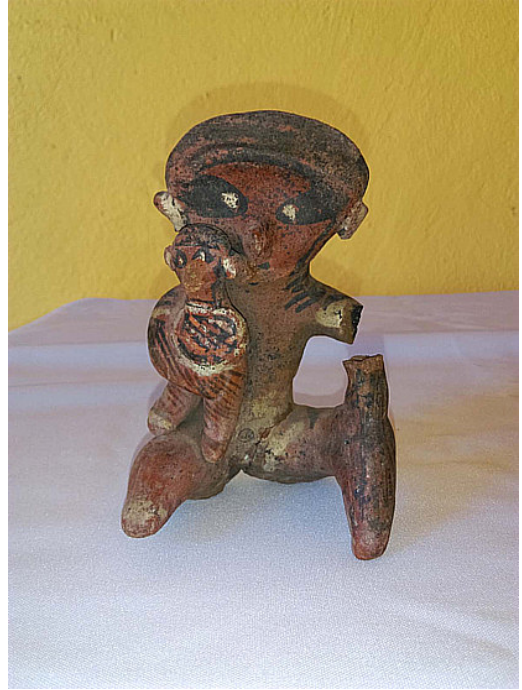


Figura 4. Figurilla masculina sentada cargando a un niño con el brazo derecho, pintada de rojo con adornos blancos y negros. Tiene una pierna extendida y la otra flexionada. Los ojos de ambos personajes se encuentran resaltados con pintura negra; presentan tocado completo.

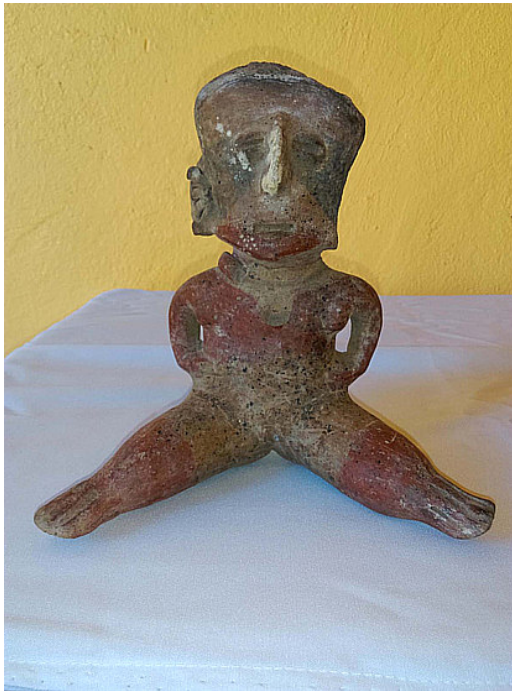


Figura 5. Figurilla sentada con las piernas extendidas y abiertas hacia delante, pintada en rojo y negro con un collar ancho, brazos descansando sobre la cintura, orejeras de aro y tocado completo.

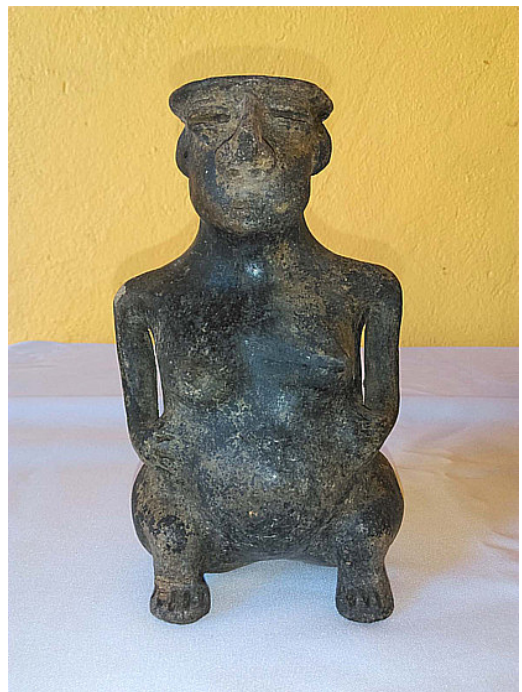


Figura 6. Figurilla femenina pintada de negro, sentada con las piernas recogidas y dedos de los pies marcados; brazos descansando sobre la cintura; tiene un tocado completo y rasgos faciales muy marcados.

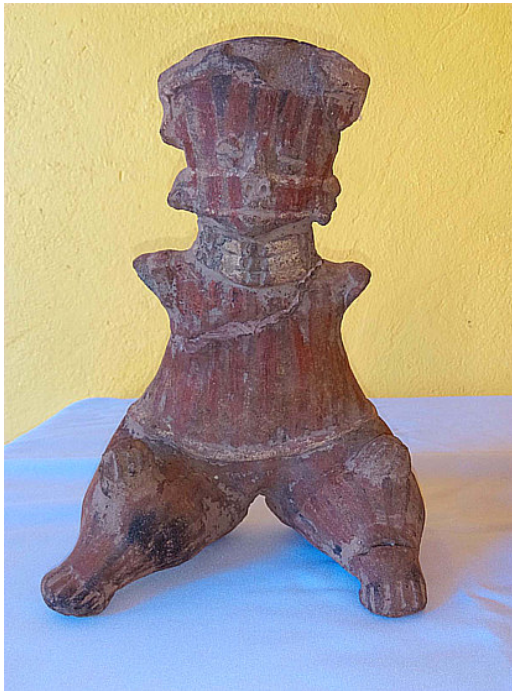


Figura 7. Figurilla sin sexo marcado, sentada con las piernas abiertas, dedos de los pies marcados, brazos rotos, tiene un collar de tres bandas, tocado completo, orejeras de aro y aparente vestuario.



Figura 8. Olla antropomorfa pintada en rojo y negro, con piernas muy cortas, brazos descansando sobre las piernas que sugieren ser las asas de la olla, cara sin facciones definidas y una especie de collar ancho y tocado completo.



Figura 9. Figurilla pintada en rojo y negro, sentada con las piernas abiertas, con la cabeza rota, orejeras de aro, collar de varios hilos; los brazos descansan sobre la cintura y cada uno está adornado con brazaletes del codo hacia arriba; vestida con taparrabos y dedos de los pies marcados.



Figura 10. Olla globular con cabeza humana, pintada de rojo y blanco, orejeras de aro y tocado completo.

Debo señalar también que el tipo de tumba (grande, pequeña) que se construía y la calidad de la ofrenda dependían del desarrollo sociocultural asociado a la economía; solo así se explica la variedad y complejidad de esta clase de monumento mortuario.

La hipótesis propuesta para justificar la composición de las ofrendas es que el personaje depositado «viviera»



Figura 11. Figurilla femenina, sin adornos corporales, sentada con los brazos apoyados sobre la cintura, piernas muy cortas con los dedos de los pies marcados y tocado completo (Valparaíso).



Figura 12. Figurilla femenina pintada de rojo y negro, brazos descansando sobre la cintura, con dedos de manos y pies marcados, piernas muy cortas; tiene un collar pintado en negro, orejeras de aro y brazaletes por encima del codo (Valparaíso).



Figura 13. Figurilla masculina en posición sedente pintada de rojo, piernas muy cortas sin pies, brazos sobre la cintura, manos con dedos marcados, brazaletes encima del codo; cara sin orejas, con ojos y boca abiertos, nariz grande (Valparaíso).



Figura 14. Figurilla masculina pintada de rojo en posición sedente, con piernas dobladas hacia delante y pies con dedos marcados, brazos cruzados sobre las rodillas, cara de forma triangular, nariz con orificios, boca y ojos abiertos; lleva tocado completo (Valparaíso).



Figura 15. Acercamiento de la figurilla anterior donde se aprecian las orejeras de aros y el adorno corporal de bandas negras (Valparaíso).



Figura 16 (izquierda). Figurilla femenina con sexo marcado pintada de rojo, con múltiples adornos negros en todo el cuerpo; piernas gordas con dedos de los pies marcados; aguanta una especie de antorcha en la mano del brazo derecho y con la mano izquierda sostiene un niño; la cara es alargada, lleva nariguera de aro, orejeras de aros y tocado completo (El Cajón). Figura 17 (derecha). Figurilla femenina sentada con las piernas muy cortas estiradas hacia delante, con dedos del pie marcados; pintada de rojo con bandas negras que cubren todo su cuerpo; ambos brazos descansan sobre el abdomen; cara alargada con nariz pronunciada, ojos y boca abiertos; lleva orejeras de aros, tocado completo y, sobre los hombros, luce un adorno con protuberancias (El Cajón).



Figura 18. Figurilla femenina sentada, con piernas cortas muy gordas, una estirada hacia delante y la otra semidoblada; ambas muestran dedos del pie marcados, el brazo derecho descansa sobre la cintura y el izquierdo sobre la rodilla de la pierna del mismo lado; ambas manos muestran dedos insinuados. Todo el cuerpo está pintado de rojo y diferentes motivos en color negro; cara alargada con bandas negras, nariz pronunciada y orificios nasales marcados, ojos y boca abiertos. Sobre el hombro derecho luce una banda ancha negra con círculos pequeños negros; muestra un collar de varios hilos, brazaletes encima del codo y orejeras de aros. Por último, luce un gran tocado sobre la cabeza adornado con una banda ancha, dentro de la cual se observan tres hileras de cuentas alargadas (El Cajón).



Figura 19. Olla globular adornada con líneas rojas dispuestas en zigzag (Chimaltitán).



Figuras 20 (izquierda) y 21 (derecha). Cuencos trípodes adornados con la técnica al negativo que aparecieron también en las ofrendas de las tumbas selladas localizadas en el cañón de Bolaños (Chimaltitán).



Figura 22. Representación de un perro que formaba parte de la ofrenda (Chimaltitán).

de igual manera que en este mundo; por ello se hacía acompañar de todas sus pertenencias utilizadas durante su vida y se representaban sus mujeres con el propósito de atenderlo como lo habían hecho, así como los sacerdotes cuya misión era impedir que las fuerzas malignas interfirieran durante el trayecto hacia su destino final. De la misma manera se da la presencia de los guerreros cuya obligación era defenderlo de cualquier eventualidad que se presentara y, por último, aparece el perro, ya fuera como escultura o como animal sacrificado,

el cual sería el encargado de mostrarle el camino hacia donde residiría finalmente. Para que no pasara hambre, se depositaban vasijas llenas de comida y recipientes llenos de agua. La composición de la ofrenda podría estar integrada por personas sacrificadas o únicamente figurillas pero, en ambos casos, su finalidad era servir al personaje de la misma manera en que lo habían hecho en la vida mundana.

Partiendo de las piezas recuperadas durante las excavaciones arqueológicas controladas y señalando los ras-

gos que comparten con las colecciones de Valparaíso y Chimaltitán, podemos indicar, a manera de hipótesis, la presencia de una migración distinta a la propuesta para el cañón de Bolaños, pero que ambas compartían la costumbre de depositar a sus muertos en tumbas de tiro.

Una segunda hipótesis sería que las piezas que se exhiben en el museo de Valparaíso hayan sido traídas de la tumba de Chimaltitán y no pertenezcan a las tumbas de Valparaíso, puesto que el patrón de asentamiento asociado a ellas es el de conjuntos circulares. Para reforzar esta hipótesis, se cuenta con las excavaciones realizadas en la mesa del cerro principal de Chimaltitán, las cuales no aclararon que se trataba de un conjunto circular. Por tanto, cabe la posibilidad de que este sitio pudiera ser representante de la oleada procedente de un grupo de filiación nayarita que se aventuró a asentarse en el cañón de Bolaños, donde construyó las tumbas de tiro contiguas ya descritas.

Lo anterior justificaría la presencia de grupos nayaritas únicamente en Chimaltitán, ya que los grupos procedentes del centro de Jalisco dominaban la ruta de intercambio comercial y, por ello, impedirían a los grupos nayaritas su expansión; sin embargo, serían buenos socios para la obtención de concha marina y la posterior distribución de objetos de concha (elaborados en Pochotitan, sitio ubicado frente a El Piñón) en territorio nayarita.

El estado de Nayarit se localiza junto al de Jalisco y los sitios con tumbas de tiro colindan con la parte centro-sur del cañón de Bolaños; por ello, no es extraordinario que pudieran haberse asentado dentro del cañón, especialmente si la costa marina era más fácil de alcanzar que la costa jalisciense. Por su parte, a los grupos que controlaban la ruta comercial les convendría aso-

ciarse con ellos para obtener la preciada concha marina con mayor facilidad.

Todo lo anterior es mera especulación debido a la inseguridad de la verdadera procedencia de las piezas arqueológicas, tanto de Valparaíso como de Chimaltitán. Sin embargo, he mostrado algunas piezas expuestas en ambos museos comunitarios y otras publicadas de El Cajón para ratificar su semejanza de estilo.

CONCLUSIONES

Aun cuando se desconoce con certeza el origen de ambas colecciones arqueológicas (Valparaíso y Chimaltitán), su presencia supone un posible nuevo enfoque de la dinámica sociocultural de los habitantes prehispánicos que ocuparon el cañón de Bolaños.

Las hipótesis aquí propuestas se basan, en primer lugar, en los descubrimientos arqueológicos, pero también en la comparación de las piezas provenientes del saqueo expuestas tanto en los museos comunitarios como en el Museo Nacional de Antropología. De ser ciertas, se tendría la posibilidad de conocer una nueva ruta de abastecimiento de concha marina para la elaboración de objetos en el taller descubierto en Pochotitan, además de la presencia de un asentamiento a lo largo del cañón de origen diferente a los demás.

Por otra parte, se podría proponer un probable origen de la tumba de tiro saqueada en los alrededores de Chimaltitán, con elementos únicos en toda esta tradición mortuoria que se desarrolló en el Occidente de México.

Sin embargo, todo lo expuesto anteriormente se mantiene como simples hipótesis que pasarán a la arqueología mexicana como tales.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRERA RODRÍGUEZ, R. 2007. Arqueología en El Cajón, Nayarit. *Arqueología Mexicana* 84: 66-73.
- CABRERO G., M. T. 1989. *Civilización en el norte de México*. Ciudad de México: UNAM.
- CABRERO G., M. T.; C. LÓPEZ C. 1997. *Catálogo de piezas de las tumbas de tiro del cañón de Bolaños*. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- CABRERO G., M. T.; C. LÓPEZ C. 2002. *Civilización en el norte de México II*. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- LÓPEZ MESTAS, L.; J. RAMOS DE LA VEGA. 1998. Excavating the tomb at Huitzilapa. En *Ancient West Mexico: Art and Archaeology of the Unknown Past*, ed. R. F. Townsend, pp. 53-70. Chicago: The Art Institute of Chicago.
- WEIGAND, P. C.; C. S. BEEKMAN. 1998. The Teuchitlan Tradition: Rice of a Statelike Society. En *Ancient West Mexico: Art and Archaeology of the Unknown Past*, ed. R. F. Townsend, pp. 35-51. Chicago: The Art Institute of Chicago.

RESEARCH ARTICLE

**ESTRUCTURA ORGANOLÓGICA Y EFECTO SONORO DE UNA
BOTELLA ANTROPOMORFA DE TRIPLE ELIPSOIDE CON
DOBLE SILBATO DE LA CULTURA BAHÍA
DEL ECUADOR (600 A. C.-650 D. C.)**

*Organological Structure and Sound Effect of an Anthropomorphic Triple
Ellipsoid Bottle with Double Whistle from the Bahia Culture
of Ecuador (600 BC–650 AD)*

*Mónica A. Ayala Esparza,¹ Mónica M. H. Polanco De Luca,²
Tomás Espinosa,³ Arnaud Gérard A.,⁴ Bruna A. Regalado Díaz^{†,5}
Eduardo P. Estévez Ruiz,⁵ Patricio Jácome-Monar⁶*

¹ Universidad Central del Ecuador, Ecuador-Universitat Politècnica de València, España; ² Pontificia Universidad del Ecuador, Sede Ibarra, Ecuador-Universidad de Palermo, Argentina; ³ Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador; ⁴ Instituto de Investigaciones Físicas, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia; ⁵ Escuela de Ciencias Físicas y Nanotecnología, Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Ecuador; ⁶ Universidad Central del Ecuador, Ecuador; ✉ maayala@uce.edu.ec



Figura 1. Botella silbato antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato de la cultura Bahía. Museo Antropológico y de Arte Contemporáneo (MAAC), Guayaquil, Ecuador, código GA-2-918-78. Fotografía: MAAC (2013).

Recibido: 28-5-2021. Modificado: 16-11-2021. Aceptado: 25-11-2021. Publicado: 12-12-2021.

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. Arqueol. Iberoam. Open Access Journal.
License CC BY 3.0 ES. <https://n2t.net/ark:/49934/256>. <http://purl.org/aia/4806>.

RESUMEN. *El objetivo de esta investigación es aproximar al lector al conocimiento de la cerámica, los materiales, la acústica y la simbología presentes en la botella antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato de la cultura Bahía de la República del Ecuador mediante el estudio multidisciplinar del artefacto sonoro. En dicho estudio se planteó la aplicación de una metodología cualitativa y cuantitativa desarrollada a través de la investigación documental, complementada con técnicas de análisis de materiales en laboratorio, métricas acústicas, ensayos de posibilidades sonoras y producción de réplicas en arcilla. Estos aportes permiten definir la botella como un objeto acústico complejo en el cual confluyen múltiples conocimientos desarrollados durante más de mil años de evolución.*

PALABRAS CLAVE. *Botella silbato; cultura Bahía; acústica ancestral; Ecuador.*

ABSTRACT. *The purpose of this research is to bring the reader closer to the knowledge of ceramics, materials, acoustics and symbology present in the anthropomorphic bottle of triple communicating ellipsoid with double whistle of the Bahia culture of the Republic of Ecuador through the multidisciplinary study of the sonorous artifact. In this study, the application of a qualitative and quantitative methodology developed through documentary research, complemented with techniques of analysis of materials in the laboratory, acoustic metrics, tests of sound possibilities and production of clay replicas was proposed. These contributions allow us to define the bottle as a complex acoustic object in which multiple knowledge developed during more than a thousand years of evolution converge.*

KEYWORDS. *Whistle bottle; Bahia culture; ancestral acoustics; Ecuador.*

INTRODUCCIÓN

Investigaciones recientes relacionadas con este artefacto han sido publicadas en los artículos «The song of air and water: Acoustic experiments with an Ecuadorian Whistle Bottle (c. 900 BC–100 BC)» en la edición 52 de la revista virtual *Internet Archaeology* (Ayala *et al.* 2019), «Flautas arqueológicas del Ecuador» (Pérez de Arce 2015) y «Botellas silbato, sonidos ocultos en el tiempo» (Polanco *et al.* 2015). Además, hubo publicaciones anteriores como el artículo «Acciones de Achalai para la recuperación del patrimonio sonoro musical prehispánico» (Barrientos y Pérez de Arce 2013),¹ cuyo propósito se orientó hacia la recuperación del patrimonio inmaterial de tradiciones musicales. En este documento, la botella Bahía formó parte del corpus de objetos sonoros prehispánicos preseleccionados.

El estudio se basa en la investigación multidisciplinar, en el campo de la arqueomusicología, de la botella antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato de la cultura Bahía (figura 1), perteneciente al periodo de Desarrollo Regional ecuatoriano. Este artefacto sonoro se encuentra en la reserva arqueológica del Museo Antropológico y de Arte Contemporáneo (MAAC) del Centro Cultural Libertador Simón Bolívar del Ministerio de Cultura del Ecuador, en la ciudad

de Guayaquil, codificado como GA-2-918-78. La botella cerámica forma parte de un conjunto de 2221 botellas, de las cuales 641 son botellas silbato y 115 de ellas pertenecen a la cultura Bahía.

Fue seleccionada por su sonido peculiar, determinándose que es un artefacto acústico en el que confluyen saberes, conocimientos, dominios técnicos cerámicos y prácticas culturales; razón por la cual, para ser analizada, demandó el aporte de varias disciplinas como la ceramología,² la mineralogía, la tecnología de materiales, la organología, la musicología, la física acústica y la arqueología (arqueomusicología). Este trabajo pretende contribuir a visibilizar las culturas ancestrales ecuatorianas y su manera holística de entender e interpretar el mundo.

En la cultura Bahía, el desarrollo de la cerámica, tanto técnico como de materiales, permitió la manufactura de este artefacto acústico de estructura organológica compleja, cuyos dispositivos sonoros son de forma cilíndrica (silbatos tipo flautas globulares que pertene-

² Ceramología: «Denominación que la hemos ideado en Condorhuasi para referirnos al conjunto de los conocimientos cerámicos de todo tipo (culturales y técnicos) globalmente considerados. La dividimos en tres grandes ramas o secciones: la ceramología científica (p. ej., análisis de arcillas y diagnóstico de materiales), la ceramología artística (confección de obras y su estética) y la ceramología cultural (estudio de la cerámica arqueológica, folklórica, etnográfica, etc.). Son tres grandes aspectos de la misma entidad. Los tres aspectos se complementan mutuamente» (Fernández 2007: 205).

¹ Investigadores de la Comisión Acústica Prehispánica de la Comunidad Achalai, perteneciente a la Red de Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas (RedCLARA).

cen a la familia de las flautas con sonido de bisel). Ambos silbatos tienen alturas de sonido ligeramente diferentes, por lo que al sonar juntos provocan batimiento o pulsaciones que permiten inferir que se trata de un efecto absolutamente deseado y programado por los constructores.

Las posibilidades acústicas de esta botella permiten producir sonidos por insuflación, así como por movimiento basculante longitudinal y lateral del agua contenida en su interior. Este fenómeno físico acústico podría ser interpretado actualmente desde las leyes de la Física a través de los principios de la mecánica de fluidos y la hidrodinámica. El manejo de estos conocimientos empíricos, estudiados hoy en día por la ciencia, al parecer, eran aplicados de manera cotidiana ancestralmente.

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten interpretar que dicho objeto fue concebido, en un evidente proceso de desarrollo experimental sistemático, como instrumento musical y construido con dominio en el manejo de las arcillas y con técnicas de precisión ingenieril. Esto posibilita confirmar que los miembros de la cultura Bahía no solo poseían conocimientos relacionados con la cerámica y sus materiales, sino también con los instrumentos musicales y la fina tecnología de los sonidos de bisel. Eso les permitió dominar la precisión de sus características y lograr un sonido autónomo deseado.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló desde una perspectiva multidisciplinaria cualitativa y cuantitativa. Como método cualitativo se aplicó el análisis de contenido a través de la revisión documental y bibliográfica que permitió ubicar el contexto temporal-espacial, cultural y simbólico del objeto. En el trabajo de campo se utilizaron métodos con enfoque etnográfico: técnicas empíricas de observación participante moderada, historia oral, historia de vida y entrevistas semiestructuradas aplicadas a personas dedicadas al quehacer cerámico que construyen actualmente botellas silbato. También se aplicó el análisis descriptivo para caracterizar el artefacto desde la morfología y sus propiedades.

La investigación cuantitativa se orientó hacia la exploración de la estructura sonora; para lo cual, en el laboratorio de la Facultad de Artes de la Universidad Central del Ecuador, se realizaron cuatro réplicas en cerámica, lo que llevó a interpretar posibles métodos

de manufactura. Esta experimentación se inició con el estudio formal, métrico y de rayos X de la pieza original, previa autorización de los funcionarios de la reserva del MAAC. Se realizaron ensayos en las réplicas de cerámica para determinar las características organológicas del objeto en base a las etapas evolutivas de la botella silbato planteadas por Crespo (1966). Para conocer los materiales y grados de temperatura de cocción, se aplicó el análisis petrográfico de fragmentos cerámicos atribuidos a esa cultura. El estudio físico acústico de la botella original y de la réplica se realizó en *Acústica Studio Lab* de Potosí, Bolivia, donde se investigó la sonoridad de los objetos.

LA CERÁMICA EN EL PERIODO DE DESARROLLO REGIONAL

Para Estrada (1962), este periodo reflejó un gran adelanto de esas colectividades en lo social, económico y cultural. El autor comparó este importante y repentino cambio con las transformaciones culturales y sociales que produjo la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XVIII. En cambio, Evans y Meggers (1965) consideran que:

En muchos aspectos, este período se lo puede comparar con el Floreciente del Perú o el Clásico Mesoamericano, porque en esos tiempos la cerámica llegó a su más alta expresión artística; artes y técnicas sobresalieron, y figurinas nos dan la evidencia indirecta de un desarrollo en los aspectos culturales menos tangibles, como en lo social y ceremonial. No obstante que las culturas regionales se difieren mucho entre sí en su complejidad, un aire de unidad se encuentra en todas ellas, en la decoración cerámica a base de blanco-sobre-rojo y pintura negativa, y en varias formas distintivas de las vasijas (p. 4).

Holm (1961) propone que en las culturas del Desarrollo Regional existió una verdadera industria de producción de figurillas de distintos tamaños, llegándose a la elaboración masiva y seriada mediante la utilización de moldes y sellos. Esta práctica continuó desarrollándose hasta el contacto con la cultura occidental. Para el autor, el uso de los moldes en el Ecuador prehispánico se puede observar en la fabricación de figurillas y máscaras para las vasijas antropomorfas, pero no en la producción de vasijas enteras.

Ortiz (1981) plantea que estas transformaciones sociales permitieron el perfeccionamiento técnico y el

desarrollo creativo de la cerámica. Este hecho facilitó la diversificación de las representaciones plásticas en los diferentes objetos, como los aspectos de la vida cotidiana, la estratificación social, los sacerdotes, los guerreros, los gobernantes y el pueblo, las prácticas de culto religioso, los objetos ceremoniales y cotidianos o los instrumentos sonoros, entre otros. La mayor necesidad de recipientes para guardar alimentos fue satisfecha con la fabricación masiva de los mismos. Para el autor, posiblemente, existieron centros de producción alfarera dedicados también al trueque de productos.

Las técnicas cerámicas utilizadas en este periodo fueron abundantes y diversas. Según Ortiz (1981), entre las principales aplicadas a la elaboración de objetos, están el moldeado y el acordelado. En acabados cerámicos distingue el pastillaje, el alisado, el pulido, las impresiones, los engobes, el bruñido, las incisiones, las excisiones, el esgrafiado, la pintura de poscocción, la pintura negativa y los policromados, entre otras.

La técnica de manufactura cerámica del acordelado se utilizó posiblemente para modelar objetos contenedores, especialmente vasijas. Esta técnica consiste en enrollar cordeles de arcilla de manera sucesiva, según la forma deseada, para luego alisarlos con la ayuda de una herramienta. Otra técnica, a la que hace alusión Ortiz, es el «falso torno», que consiste en aplicar y presionar una placa de arcilla sobre o dentro de un objeto cerámico, orgánico o lítico, cóncavo o convexo, para copiar su forma. Este molde facilita el movimiento y permite construir objetos semiesféricos. Como resultado, se consigue un objeto contenedor moldeado en arcilla; cuando este está en estado semirrígido, se pueden añadir cordeles para seguir construyendo objetos de tamaños y formas diferentes, como vasijas, ponedos, tinajas, entre otros; de esta manera se viabiliza la producción masiva de ese tipo de objetos.

Gartelmann (2006) resalta que fue «probablemente en Manabí donde se produjo una transición directa de Valdivia a Chorrera y, más tarde, de Chorrera a Bahía» (p. 175). Descartando las divisiones técnicas aplicadas por los arqueólogos, considera que es notoria la continuidad a través de toda la prehistoria ecuatoriana, proceso evidente en la continuidad de la calidad y abundancia de los objetos cerámicos.

Para dicho autor, esta cultura adoptó las prácticas tradicionales del Formativo combinándolas con elementos nuevos. De Chorrera tomó la pintura iridiscente y las formas de ciertos objetos tales como tazas de borde invertido y botellas con vertedero sujeto a un asa; otros elementos, como el embellecimiento humano en los

hombros y decoraciones geométricas, provienen de Machalilla.

Según el autor, la cultura Bahía continuó, por motivos religiosos, con la producción a gran escala de figuras humanas. Esta masificación de la producción, al parecer, estuvo sostenida por una sociedad organizada que contaba con abundantes recursos económicos. Eso originó la clasificación de las piezas por las características más sobresalientes; entre ellas están las figuras del tipo La Plata sólido y La Plata hueco, las cuales fueron decoradas con diseños geométricos después del cocimiento. El autor hace referencia a algunos investigadores, quienes han sugerido que estas representaciones podrían tratarse de vestidos; otros las han interpretado como pintura corporal.

En cuanto a la técnica de elaboración de figuras huecas, resalta la posible utilización de una muñeca de trapo como soporte para el modelado, por cuanto se pueden observar huellas de tejidos en el interior de los objetos. Como distintivos de la cerámica Bahía, hace referencia a los bordes de los objetos que se hacían por medio de muescas, perforaciones o incisiones que, al parecer, se llenaban con pigmentos de diferentes colores después de la cocción (rojo, amarillo, negro y verde).

Menciona, como características de la cerámica de Bahía, la pintura negra y roja sobre un fondo natural o blanco y superficies de engobe pulido rojo. Plantea que los colores negro, rojo y amarillo fueron los más utilizados; dice que también hay evidencias de uso del blanco, el rosado y el verde. Gartelmann (2006), cuando cita a Estrada (1962), se refiere a la delicadeza o fragilidad de la pintura poscocción, lo cual podría indicar que dichos objetos eran de uso estrictamente ceremonial, argumento que no podría confirmar. Sin embargo, lo que le llama mucho la atención es la abundancia y variedad de objetos cerámicos relacionados claramente con el culto.

En relación al arte cerámico desarrollado en este periodo, Gartelmann argumenta que, contrariamente a lo difundido sobre el artista ancestral, este personaje fue generalmente un profesional. En este contexto resalta el arte visual, el cual estaba reservado para profesionales que producían bajo las directrices de un patrón exigente y con conocimientos (un cacique, una persona de alto rango o un representante de los sacerdotes), enmarcando su obra bajo criterios tradicionales.

Finalmente, mediante la observación de algunos productos cerámicos, se pudo determinar que, además de la técnica del cordel, se utilizaron técnicas como la del «falso torno» y la de placas de arcilla que facilitaron la

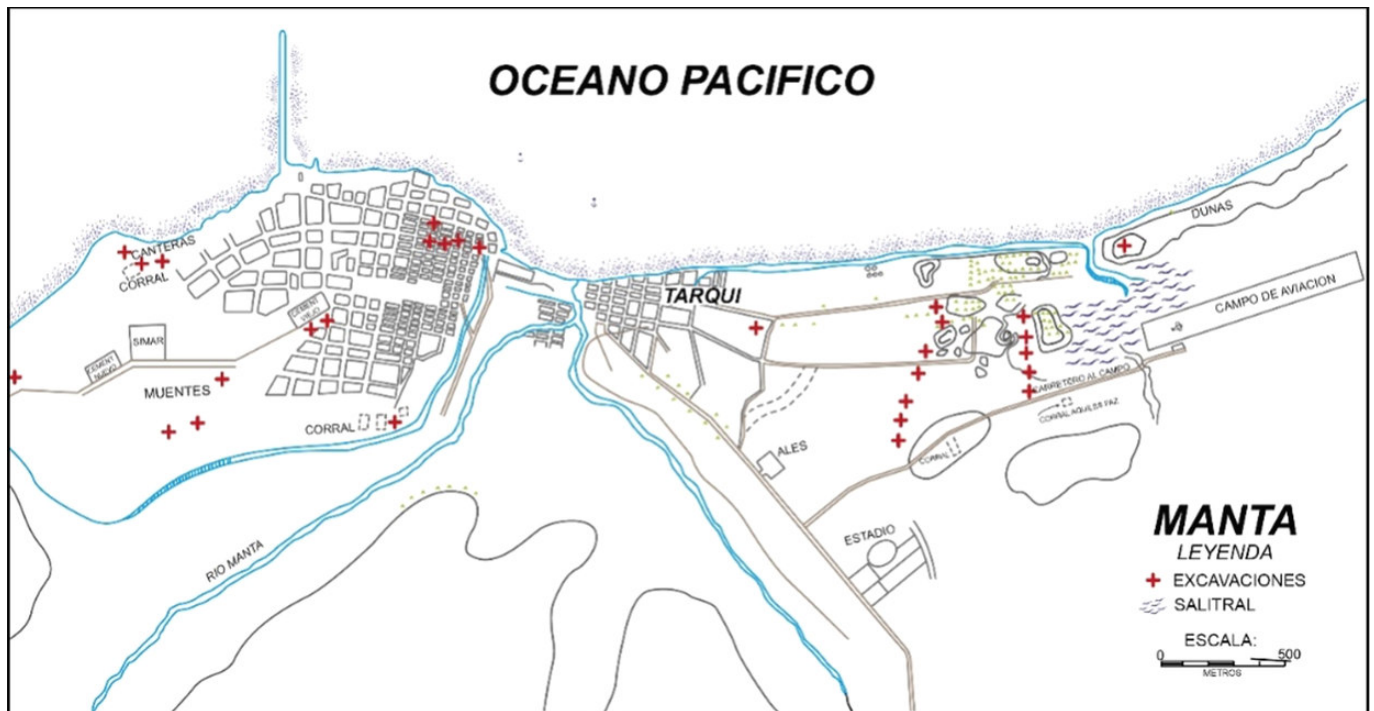


Figura 2. Plano de excavaciones realizadas en los sitios Manta, Tarqui y Los Esteros (Estrada 1962). Rediseñado por Raymi Gómez (2014).

masificación de la producción. Asimismo, aparecieron o se desarrollaron otras técnicas de manufactura o acabados estéticos que permitieron un mayor despliegue de formas en los objetos conforme a la función cultural que desempeñaban como artefactos ceremoniales, rituales, suntuarios, de uso doméstico, etc.

Al hacer referencia a los autores citados, se puede visibilizar el gran aporte cultural de Bahía a través de las distintas expresiones plástico-artísticas; resaltando la creatividad, el dominio técnico y la función social evidente en los objetos cerámicos encontrados. Son prácticas que destacan a Bahía como una de las más importantes culturas del periodo de Desarrollo Regional.

CULTURA BAHÍA: CONTEXTUALIZACIÓN TEMPORAL-ESPACIAL

Varias fueron las culturas que se manifestaron en la costa ecuatoriana durante el periodo de Desarrollo Regional. Meggers (1966) las describe de norte a sur como Tolita, Tiaone, Jama Coaque, Bahía, Guangala, Daule, Tejar y Jambelí. Blasco y Ramos (1976) comentan que el nombre «Bahía» tiene su origen en el escrito del profesor Huerta Rendón denominado «Una civilización precolombina en Bahía de Caráquez» (p. 43). La cultura Bahía se asentó en casi toda la provincia de

Manabí, delimitando al norte con Bahía de Caráquez, al sur con la provincia de Guayas, al este con las estribaciones de la cordillera occidental y al oeste con el océano Pacífico. En 1960 esta zona —específicamente en los sitios Manta, Tarqui y Los Esteros (figura 2)— fue arrasada para construir en su lugar una urbanización y, posteriormente, dar paso a lo que hoy constituye el puerto de Manta. Fue en el sector de Los Esteros donde la remoción de tierras permitió encontrar piezas de la cultura Bahía (Estrada 1962), entre ellas la botella del presente estudio.

También se debe considerar el espacio insular comprendido por la isla de La Plata, territorio no de asentamiento sino de ritualidad religiosa, que Meggers (1966) menciona como extensión de la zona y Carlucci (1966) lo ratifica, fortaleciendo la teoría sobre los desplazamientos marítimos de las culturas de la costa ecuatoriana y sus incursiones, entre ellas en la isla de La Plata. Para Marcos y Norton (1981) fue un centro ceremonial, probablemente relacionado con el culto de lo marítimo y/o lugar de peregrinaciones.

Las evidencias de objetos líticos recuperados como ofrendas, cuentas de piedras semipreciosas, anzuelos no utilizados, multitud de silbatos y flautas, así como personajes que se asemejan a sacerdotes (algunos de ellos con serpientes en brazos y manos) recuperados en la isla, junto a la ausencia de indicios de viviendas, per-

miten interpretar que esta zona no fue poblada por la cultura Bahía (Gutiérrez 2011). El autor destaca vestigios de la cultura Bahía encontrados en la isla de La Plata, Salango, Loma Alta, Tarqui, Los Esteros, Véliz, La Sequita (o Pepa de Huso). En todos estos sitios se evidencian estratificaciones de varias fases culturales, incluida la incásica.

En cuanto a la situación climatológica, Gutiérrez (1998) plantea que la zona de asentamiento de la cultura Bahía estaba limitada por una barrera climática y fitogeográfica, dependiente de la extensión más norteña de la corriente de Humboldt junto a la línea de la costa (actualmente Bahía de Caráquez), provocando bajas precipitaciones (250-500 mm) y dando lugar a una estación seca que actualmente se observa en su vegetación al recorrer el territorio (el bosque seco es una característica de la zona).



Figura 3. Mapa de los montículos de Esteros (Estrada 1962: 195). Adaptación: Mónica Polanco.

BOTELLA ANTROPOMORFA DE TRIPLE ELIPSOIDE COMUNICANTE CON DOBLE SILBATO DE LA CULTURA BAHÍA

La botella original objeto de este estudio (figura 1) consta en los registros de Estrada (1962) como rescatada de la remoción de tierras en Los Esteros en 1960, quien se refiere a ella como una de las más bellas piezas arqueológicas del país. En el mismo texto comenta que se realizó una última excavación estratigráfica (figura 3), pero no aclara si fue allí donde fue encontrada. En el inventario administrativo del Centro Cultural Simón Bolívar de Guayaquil, depositario de esta pieza, se la describe como compra. Al parecer, este objeto formó

parte de la colección que se adquirió a la familia de Emilio Estrada en el año 1978.

Gartelmann (2006) resalta la belleza de este objeto ceremonial y la describe como:

... una botella silbato de tres cuerpos. Los tres recipientes globulares se encuentran dispuestos en forma de un triángulo y están conectados entre sí por medio de asas-puentes y tubos que permiten el paso del líquido del recipiente de entrada a los dos restantes. Uno de los recipientes lleva el vertedero, mientras que los otros dos sirven de base para dos figuras de brujos o sacerdotes ricamente adornados que llevan en sus manos grandes serpientes. La decoración de esta pieza es espectacular: los recipientes tie-

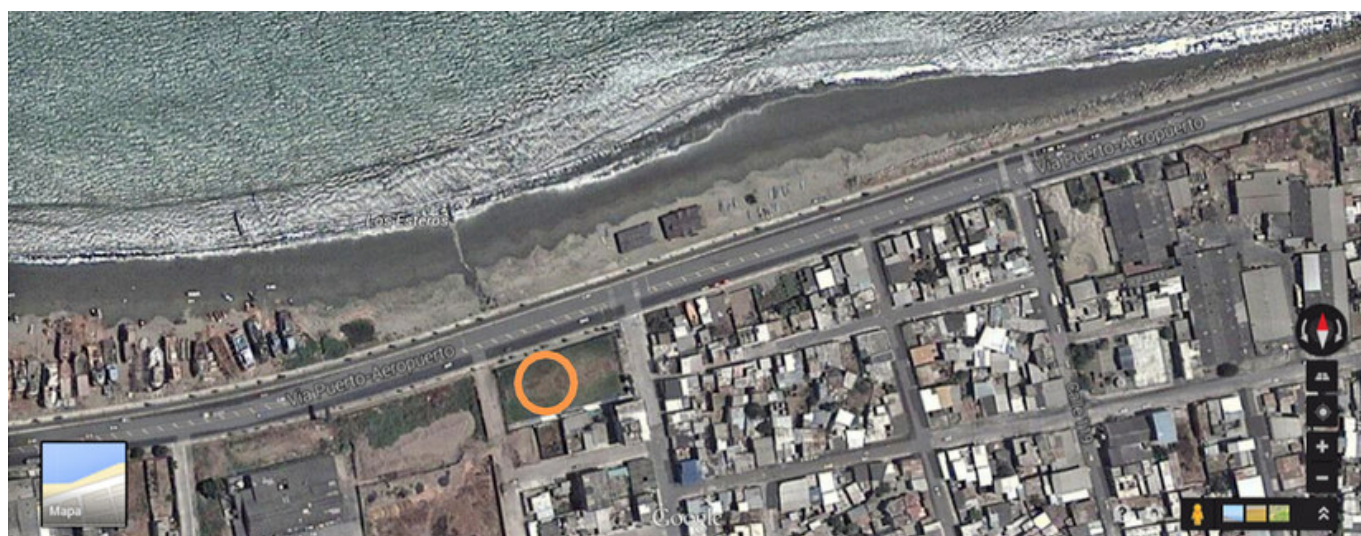









Figura 4. Detalle del sector señalado por Carrillo. Fuente: *Google Maps*. Elaboración: Mónica Polanco (2014).

Tabla 1. Funcionalismo y evolución de la botella silbato (tabla adaptada a partir de la propuesta de Crespo 1966). Elaboración: Mónica Ayala.

Funcionalismo y fases de evolución de la botella silbato						
1600-800 A.C. Cultura Machalilla			900-100 A.C. Cultura Chorrera			500 A.C.- 650 D.C Cultura Bahía
Botella simple	Botella con orificio	Botella con asa	Botella silbato	Botella silbato incorpora otros elementos plásticos	Polifonía	Vaso triple silbato
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3 *	Etapa 4 *	Etapa 5 *	Etapa 6 * ²
						
Botella simple para transportar líquidos. Cumple la función de mantener la frescura del contenido, pero presenta dificultad al momento de vaciar el mismo.	Orificio pequeño, en la pared superior de la botella, que permite el vaciado continuo del líquido por la presión del aire que ejerce al interior.	Asa de medio arco que une el gollete o cuello con el cuerpo de la botella; facilita el transporte manual del recipiente. La presión del aire al salir produce pequeñas ráfagas de aire que fueron aprovechadas para, posteriormente, producir sonido.	Se incorpora al asa una "pequeña caja de resonancia" o silbato parecida a la que ya tenían los silbatos (otros instrumentos sonoros) y "la botella canta" (Crespo. 1966:9)	A más de la funcionalidad se ensayan formas plásticas zoomorfas y antropomorfas con diversos tipos de decoraciones. Se aplica una "doble caja de resonancia" y con gran maestría se imitan sonidos de aves, monos, ranas, etc.	Aparecen las botellas con doble vaso. El silbato es cubierto por una sordina que posee perforaciones las mismas que permiten modular el sonido.	Botella de tres cuerpos globulares, con doble silbato y con posibilidades polifónicas.

Adaptado a partir de la propuesta de Hernán Crespo (1966) sobre la evolución de la botella silbato.

* Etapas que fueron consideradas para la elaboración de los ensayos de laboratorio 3, 4, 5 y 6.

Fotografías: Mónica Polanco (etapas 3 y 4), Ayala *et al.* (2019, etapa 5) y MAAC (etapa 6).

nen un acabado de pintura iridiscente; las dos figuras, en cambio, fueron decoradas después de la cocción con la ya mencionada pintura fugitiva en seis diferentes colores: blanco, negro, rojo, amarillo, verde y rosado (p. 203).

En entrevista realizada a Carlos Carrillo (2014), pescador oriundo de la zona que confirmó el hallazgo del objeto, argumentó que varias figuras aparecieron en ese canchón, espacio que actualmente es un campo de fútbol (figura 4). Esto permite establecer, según los registros de Estrada, una posible ubicación de la zona de los yacimientos arqueológicos que fueron arrasados.

La coincidencia de los datos del hallazgo (1960) y el testimonio del señor Carrillo (2014) mencionando datos sobre el año y el lugar, sumado a los antecedentes que muestra Estrada en el corte estratigráfico del montículo «A», nos aproxima a la ubicación de este artefacto, mas no la confirma. Se sabe que existen tres objetos similares en la reserva del Museo del Banco del Pacífico, en la ciudad de Guayaquil, a la que no hemos teni-

do acceso, así como tres botellas en la reserva del Museo Nacional en Quito. Estas últimas fueron revisadas en una ocasión, notándose similitud con el objeto de estudio, principalmente en lo formal. Sin embargo, son de menor tamaño y una de ellas se encuentra fragmentada; en esta última se pudo corroborar la forma cilíndrica del silbato. Cabe recalcar que la botella analizada en esta investigación es la más interesante a nivel estético. Dentro de la estética sonora se han producido botellas silbato con una y dos representaciones antropomorfas; estas últimas producen sonidos *polifonales* batientes o pulsantes. Ese tipo de sonidos «dobles» también se encuentra —en culturas como las de Perú, Bolivia y Chile— en otros objetos sonoros como flautas, silbatos y *antaras*, entre otros.

Para explicar, de manera secuencial y cronológica, la evolución de la botella silbato planteada por Crespo (1966), se cita y traduce del inglés al español la tabla publicada por Ayala *et al.* (2019). En ella se puede identificar la botella antropomorfa de triple elipsoide co-



Figura 5. Botella antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato.
Fotografía: Reserva Arqueológica, Ministerio de Cultura, Guayaquil (2013).

municante con doble silbato de la cultura Bahía como el último eslabón del mencionado proceso evolutivo denominado etapa 6 (ver tabla 1).

Con la finalidad de conseguir un acercamiento al posible método de elaboración y producción de sonido de este objeto, en el Laboratorio de Cerámica de la Facultad de Artes de la Universidad Central del Ecuador, se realizaron réplicas de la botella antropomorfa de triple elipsoide con doble silbato de la cultura Bahía.

Estas réplicas se llevaron a cocción en un horno eléctrico a 1040°, consiguiéndose una cerámica dura que facilitó las pruebas sonoras con agua. Las técnicas que se usaron en el laboratorio, para los ensayos y la producción de estos objetos, fueron el acordelado y una adaptación del «falso torno» (placas de arcilla sobre moldes preestablecidos).

Características morfológicas

Se realizó un primer acercamiento al objeto de estudio mediante el análisis físico de la botella original (figura 5), en la cual no se observaron manifestaciones de

desgaste por manipulación. Se detectó una rotura y posterior restauración en el asa y en una de las ramificaciones del conducto que articula uno de los glóbulos pequeños. Se presume que esto pudo producirse en el momento de la extracción arqueológica por cuanto están todos los fragmentos perfectamente unidos. La rotura y posterior restauración no afecta al resultado sonoro, ya que la función que cumple el conducto es la de permitir la circulación del aire hacia los aeroductos para que se produzca el sonido al contacto con los silbatos. Existen unas pequeñas rayas en el cuerpo globular grande que afectan al bruñido, lo que permite decir que se produjeron con seguridad en un momento posterior a la cocción. El resto de la pieza aún conserva los colores (verde, blanco, amarillo ocre, rojo, rosado, negro y el color natural de la arcilla) que se aplicaron antes de la cocción.

Hay huellas de pigmentos, especialmente en los dos cuerpos globulares y en los personajes, que manifiestan desprendimiento, lo que ha hecho suponer a algunos autores que fueron coloraciones de poscocción. Desde nuestra perspectiva argumentamos que podría

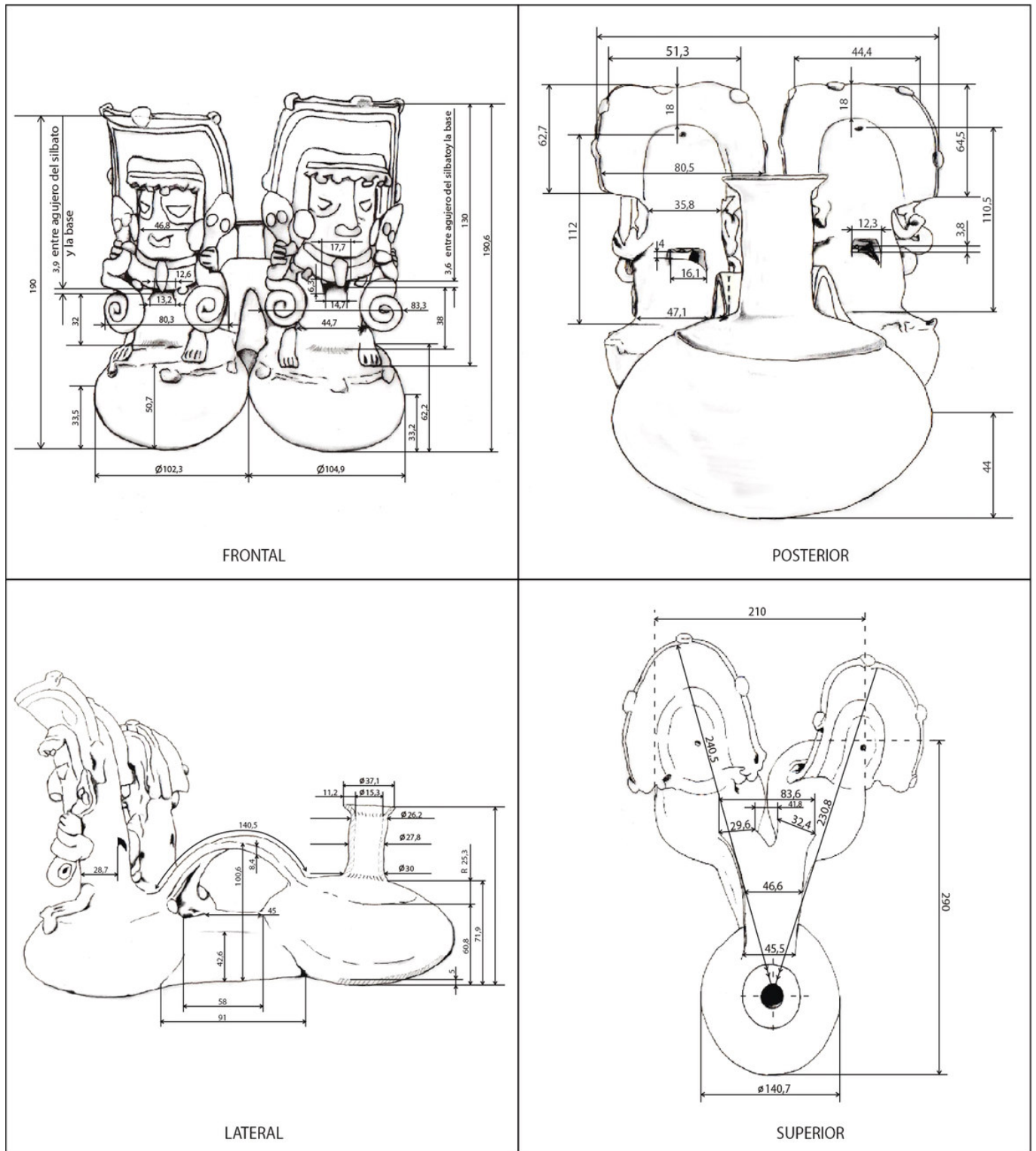


Figura 6. Detalle métrico de la botella antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato (mm). Largo total: 295 mm; altura máxima: 196 mm (base del recipiente pequeño al borde superior del personaje más alto); ancho mayor: 190 mm (borde externo de los penachos). Dibujos: Luis Zabala (2018).

ser un engobe aplicado en *estado de cuero* (antes de la cocción) y que los craquelados presentados se deben a la diferencia de contracción que tiene el engobe en relación a la arcilla del objeto, en este caso arcilla terracota con arcilla blanca, lo que ocasiona dichos desprendi-

mientos. En esta botella se pueden identificar los siguientes componentes: tres cuerpos elipsoidales, uno grande y dos pequeños; un gollete de mediana altura de forma cilíndrica que termina en un borde diagonal abierto que emerge del centro del glóbulo mayor; un

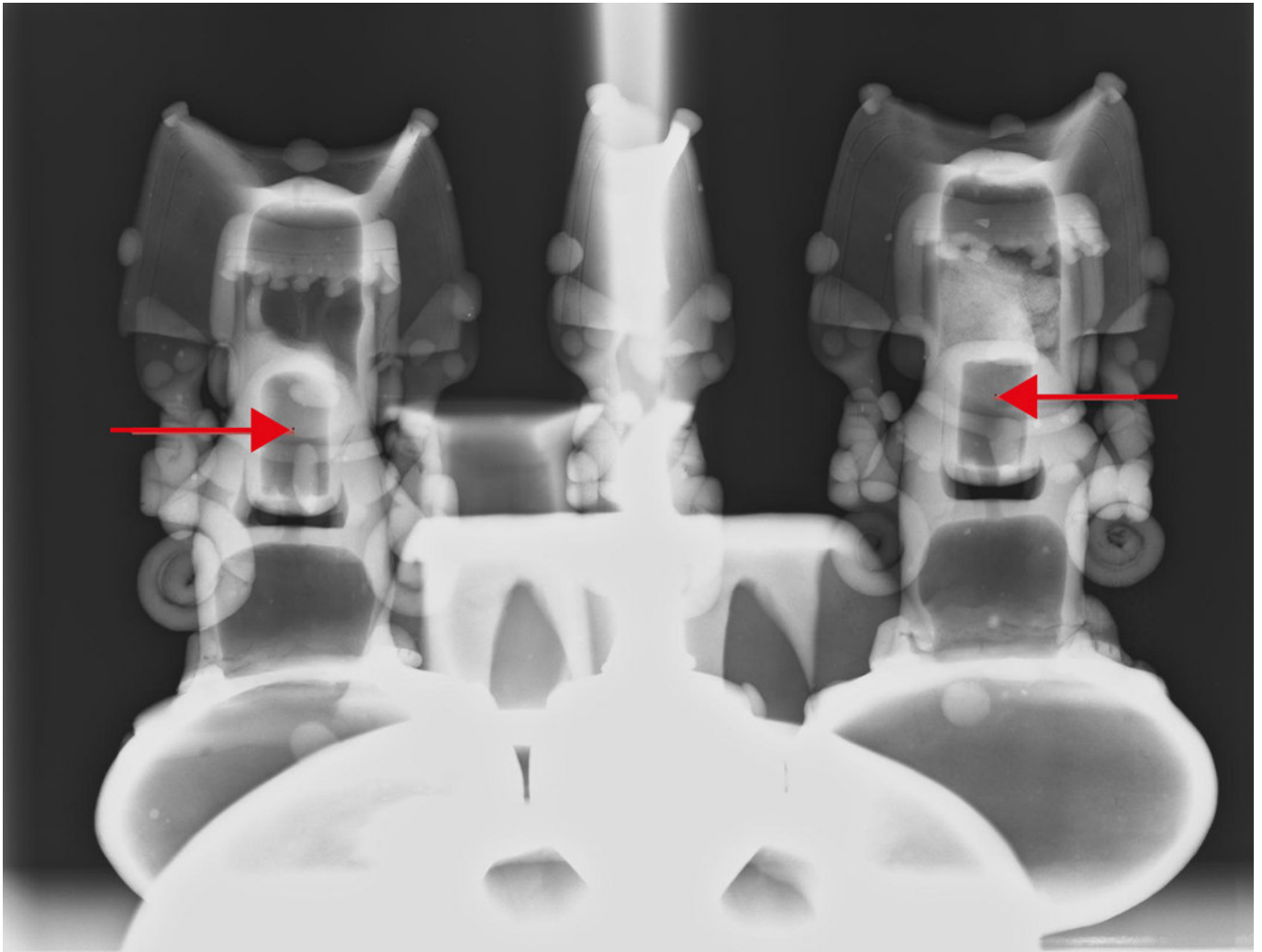


Figura 7. Rayos X. Vista posterior con énfasis en los personajes derecho e izquierdo. Aquí se observa la forma cilíndrica de los silbatos. Imagen cortesía de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra (2013).

asa puente curvada, de estructura plana y en forma de Y, que sale del elipsoide mayor hacia los dos glóbulos pequeños; un conducto principal, también en forma de Y, de estructura cuadrangular volumétrica que, de igual forma, une los tres cuerpos elipsoidales. Sobre cada uno de los recipientes más pequeños descansa un personaje adornado con tocado, orejeras, nariguera, collar con pendiente en forma de colmillo y con una serpiente en cada mano. Tiene una postura sentada con los pies reposando sobre los recipientes elipsoidales más pequeños (figura 6).

Esquema métrico

Crespo (1966) se refiere a esta como un vaso «triple silbato». Sin embargo, después de haber realizado el estudio de las imágenes de rayos X, se determinó que esta botella de triple elipsoide contiene únicamente dos silbatos (figura 7).

En las imágenes se puede observar que los dos silbatos se encuentran ocultos en la parte de la cabeza y el cuello de los dos personajes. Estos resonadores son de forma cilíndrica con diferencias mínimas de tamaño entre sí y permiten la circulación del aire que produce el sonido, de tal manera que su forma es considerada como una contribución importante de esta cultura a la estructura morfoacústica de las botellas silbato; a diferencia de la forma esférica del silbato estudiado en el artículo de Ayala *et al.* (2019) y de otras botellas mencionadas en las investigaciones realizadas por Pérez de Arce (2004, 2015).

Detalles estético-simbólicos

Arroyo (1995) afirma que «en Bahía aparecen y proliferan los símbolos asociados a la serpiente y el felino con un sentido mágico religioso fuertemente marcado». Mackenzie (2002), cuando cita a Brinton, hace men-

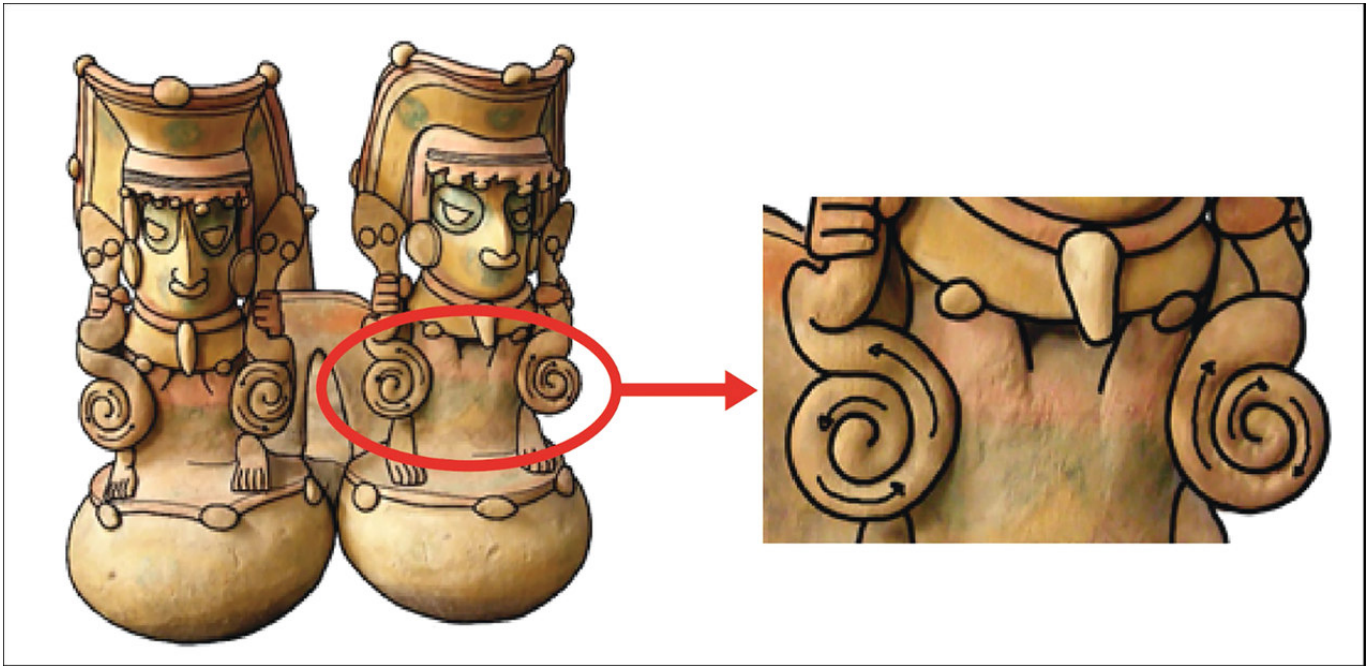


Figura 8. Detalle del movimiento de las serpientes. Fotografía: Mónica Polanco. Adaptación: Raymi Gómez (2014).

ción al valor simbólico de una vasija como objeto contenedor de agua y conservador de la vida. Hace alusión a que, en el Perú, las vasijas son símbolos de lluvia. Además, resalta la presencia de la serpiente en las mitologías precolombinas. Brinton compara la morfología serpenteante del relámpago con la forma sinuosa del recorrido de los ríos y considera que ese podría ser el argumento para determinar el simbolismo de la serpiente como dios del agua o del río, interpretación practicada en el viejo y nuevo mundo (p. 58). En la botella analizada, sobre los cuerpos globulares pequeños, se observa la disposición de las serpientes en manos de los personajes a manera de bastón de mando. El enrollamiento de los ofidios llama la atención, pues tres de ellos giran en sentido inverso a las agujas del reloj y el último lo hace en sentido contrario (figura 8).

A criterio de Ileana Almeida (2015), ambos personajes representados podrían ser chamanes entablando un diálogo presente en los sonidos, que simbolizaría el mito universal dualista de los gemelos. Los estudios llevados a cabo por Toporov *et al.* (2002) señalan que, en la organización social de las tribus más arcaicas, la estructura del mundo se describe mediante parejas de símbolos o rasgos opuestos entre sí. En este caso, los gemelos no son idénticos. Almeida refiere que existe en la dualidad una relación de jerarquía (los personajes difieren en tamaño, así como en el sentido de las colas de las serpientes-bastones de mando). Desde la postura de la cosmovisión andina, Milla (1991) comparte y

refuerza este enunciado: la complementariedad pertenece a un orden integrador, es el equilibrio entre los polos de la unidad.

Diagnóstico de materiales

Para tener un acercamiento más concreto al objeto como resultado del conocimiento técnico y de los materiales cerámicos que tenían los antiguos pobladores de la cultura Bahía, se realizaron diferentes análisis en los laboratorios de la Facultad de Geología de la Universidad Central del Ecuador y en el de la Escuela Politécnica Nacional.

Desde un estudio mineralógico, se considera que las posibles técnicas analíticas usadas para productos cerámicos, en la mayoría de los casos, deben ser seleccionadas en función de los objetivos. Por lo tanto, en esta investigación se aplicó la microscopía mediante luz polarizada en secciones delgadas. Esto permitió diagnosticar la porosidad y los materiales utilizados con sus porcentajes.

Las reacciones fisicoquímicas detectadas en las muestras, como consecuencia de la temperatura, posibilitaron caracterizar a las mismas. Para este estudio se utilizaron fragmentos de cerámica precolombina calificados por los expertos como pertenecientes a la cultura Bahía, además del fragmento de una réplica de botella silbato creada en el laboratorio de cerámica de la Universidad Central del Ecuador.

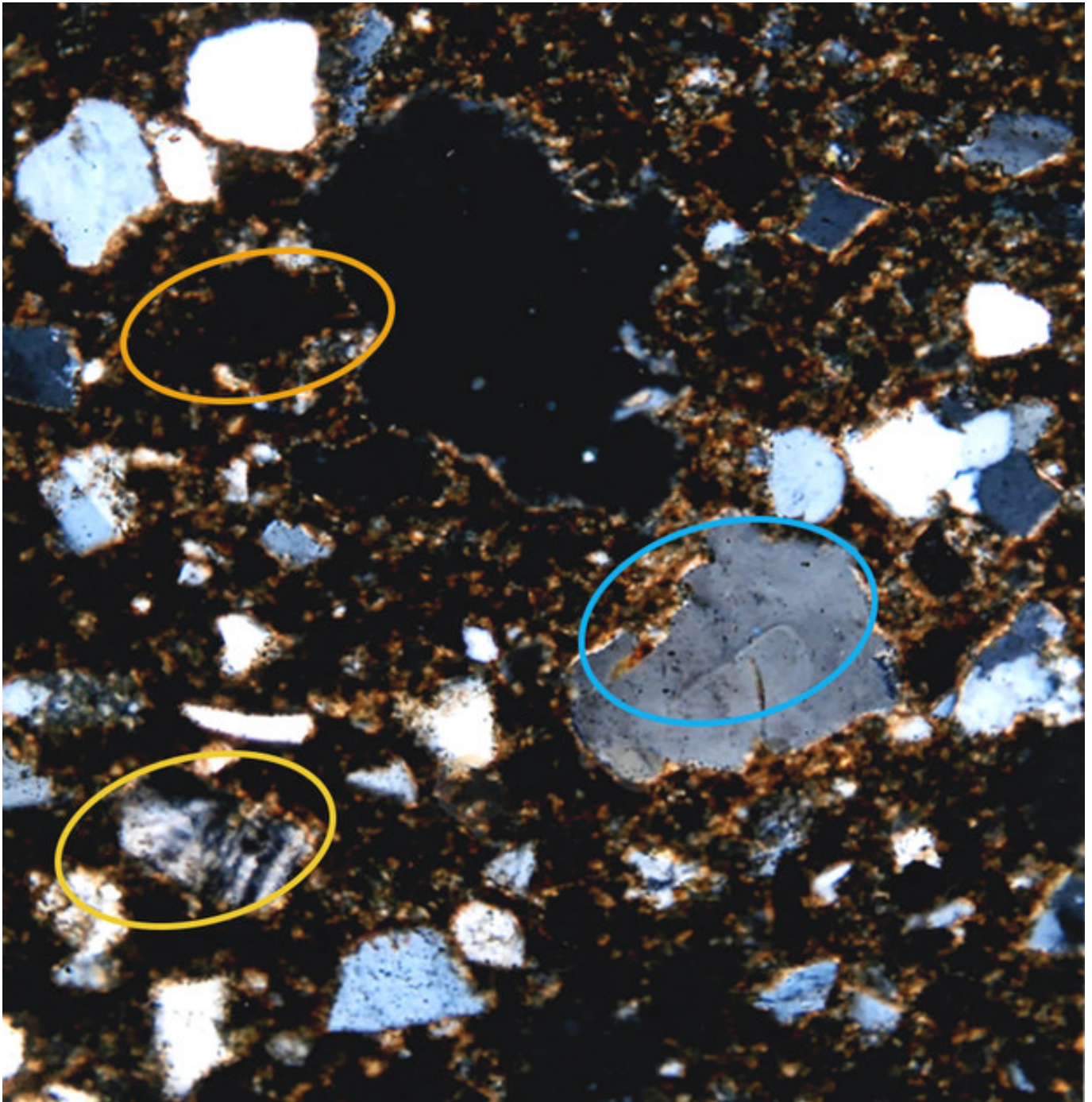


Figura 9. En sección delgada, se observa la presencia de detritos de minerales, vidrio, material de reacción y poros variables en tamaño y forma: cuarzo (resaltado en azul), bordes curvos y angulares propios en su estilo de fractura; plagioclasa maclada (resaltado en amarillo), bordes rectos propios en su estilo de *clivaje*; vidrio (resaltado en naranja), en negro por extinción propia de material amorfo y ubicado junto a poro, también negro, propio de la luz en condición de nicols cruzados; mullita, material de reacción, policristalino, de dominio a manera de corona en granos en general e interior de poros. Área: 0,7 × 0,5 mm. Técnica utilizada: microscopía petrográfica, nicols cruzados. Autor: Tomás Espinosa.

En el estudio petrográfico de los fragmentos de cerámica precolombina seleccionados, en base al análisis visual, se observaron paredes de color café claro y superficies con acabado suave al tacto y de espesores homogéneos comprendidos entre 4 y 6 mm. En la superficie de fractura se distinguieron granos finos, aunque

en bajo porcentaje, reconocibles por presentarse en color blanco, los cuales son definidos en el estudio microscópico como plagioclasas. Sin dificultad, a raíz de su brillo, translucidez y fractura, se reconoce la presencia de cuarzo. La microporosidad se manifiesta con preferencia en forma elongada; la matriz es de difícil carac-

terización. El análisis microscópico (figura 9) ratifica las observaciones visuales ya descritas. La imagen fotográfica captada con nicoles cruzados permite, en base a las propiedades ópticas, distinguir fases cristalinas (minerales), fase amorfa (vidrio) y poros: 1) cuarzo, que se presenta con buena distribución espacial y de color gris en varias intensidades, derivado de la posición de sus ejes ópticos en el momento de realizar la fotografía; 2) plagioclasas (feldespatos), de grano muy fino, que se detectan con ayuda de sus maclas, un ejemplo de ello es el grano ubicado hacia el vértice inferior izquierdo (grano de bandas blancas y negras); 3) poros, uno en posición central que se extiende hacia la izquierda en la fotografía, caracterizado en base a su color negro debido a la extinción de la luz en posición de nicoles cruzados y su perímetro se define en forma de corona de microcristales que arrojan una respuesta óptica reconocible por su birrefringencia, producida por la recristalización de la arcilla en mullita; 4) mullita, que puede ser observada y reconocida en el contorno de todos los granos, de la manera antes descrita, correspondientes al material policristalino conforme a la observación en nicoles cruzados; 5) vidrio y/o poros en nicoles cruzados que se reconocen como espacios de color negro.

La mullita es el resultado de la recristalización de la arcilla como consecuencia de la temperatura a que estuvo sometida (sinterización) que, para una mejor aceptación en la cerámica, vale decir proceso de «mullitización». El vidrio es la vitrificación de la arcilla por efecto de la temperatura. En base a las observaciones realizadas, se considera que la sinterización en los fragmentos analizados llegó posiblemente a temperaturas comprendidas entre 400 y 800 °C. Se debe asumir que la formación de las nuevas fases (mullita y vidrio, ver figura 9) es favorecida por el uso de fundentes y un proceso de quema prolongada, sostenida en el tiempo. Los dos

factores aquí propuestos aún son conocidos y aplicados en técnicas modernas y por ello no pueden ser descartados. Por tanto, pudieron ser de uso y manejo de las culturas precolombinas.

Metodología aplicada en la producción de la réplica en laboratorio de la botella antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato de la cultura Bahía

Las investigaciones realizadas en torno al objeto estudiado, detalladas anteriormente, permitieron acercarse a las posibles etapas de su evolución, a su interpretación simbólica, al grado de experiencia con la que se trabajaron estos artefactos sonoros, a los procedimientos y avances técnicos en su manufactura, al manejo de materiales y al planteamiento de la probable temperatura a la que pudieron quemarse los objetos.

Los primeros ensayos formales para la elaboración de la réplica se realizaron *in situ* en la reserva arqueológica del Ministerio de Cultura en la ciudad de Guayaquil. En ellos se dio prioridad al análisis morfológico externo del objeto: estructura, tamaño y posición de los distintos componentes (recipientes elipsoidales, personajes, asa, cuello, conducto). Se puso énfasis en las formas antropomorfas contenedoras de los silbatos y se aplicó, como técnica de producción de esta primera réplica, el modelado en macizo.

La indagación externa y de acercamiento al objeto se realizó mediante la percepción táctil o háptica y la *kinestésica*, con el objetivo de sentir las diferentes texturas producidas por los detalles decorativos aplicados a los personajes y a los cuerpos elipsoidales pequeños, en contraste con la pared lisa del asa y el cuerpo elipsoidal mayor.



Figura 10. A) construcción de la botella; B) montaje de silbatos cilíndricos; C) pruebas de sonido en botella en estado crudo. Fotografías: Luis Zabala y Mónica Ayala (2013).

Además de la indagación y reconocimiento sensorial de esta botella, se realizó un registro fotográfico y métrico del objeto mediante dibujos a mano alzada (figura 6). Este acercamiento y los resultados planteados por otros autores nos permitieron imaginar que los silbatos o cajas de resonancia, visibles en una pequeña proporción en el centro de los personajes, eran esféricos.

En la primera réplica, realizada en el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador, se ensayó la técnica cerámica de placas que, según Ortiz (1981), fue difundida durante el periodo de Desarrollo Regional al cual pertenece este objeto de estudio.

Para la elaboración de los silbatos, se construyeron manualmente dos pequeñas esferas vacías en el interior, tratando de mantener la similitud del tamaño visible en la botella original mediante las reducciones correspondientes de la arcilla en su proceso de secamiento. Estas pequeñas esferas fueron colocadas dentro de los personajes, resultando difícil el montaje de los mismos sobre los recipientes elipsoidales pequeños, por cuanto había que ensayar el sonido mientras la arcilla se encontraba con la humedad suficiente, es decir, en estado moldeable.

Cuando la arcilla entró en un *estado de cuero*, se procedió al ensamble de los personajes y a colocar los respectivos detalles. Esto se volvió complejo por cuanto el proceso de contracción de la arcilla generaba cambios en el sonido, dificultando el conseguir una similitud con el sonido de la botella original.

Esta dificultad nos llevó a cuestionarnos sobre la estructura morfoacústica de este artefacto y a plantearnos la posibilidad de investigar el objeto a través de

equipos tecnológicos que nos permitiesen tener una idea más cercana de lo que estaba ocurriendo en el interior de los personajes. De esta manera, se gestionaron los permisos correspondientes para acceder a la reserva arqueológica con un equipo de rayos X. Estos resultados posibilitaron observar que los silbatos de esta botella eran de forma «cilíndrica» y presentaban una leve diferencia de tamaño entre uno y otro.

Con esta importante información, se dio paso a la elaboración de otra réplica en laboratorio. Para ello, se mantuvo la aplicación de la técnica de placas que facilitó la creación de paredes delgadas y conservar la simetría y el tamaño de los cuerpos elipsoidales al utilizar otros objetos como soportes para el modelado («falso torno»). En cuanto a la elaboración de la estructura organológica, se determinó que el tamaño de los silbatos y de los orificios son factores fundamentales para la producción de un sonido determinado. Es por ello que se hicieron varias pruebas con silbatos cilíndricos hasta conseguir el sonido «batiente» característico de esta botella.

El montaje de los silbatos demandó mucha paciencia para ubicarlos adecuadamente sobre las dos paredes semicirculares que emergen de cada una de las plataformas ovoideas, ubicadas sobre los dos recipientes elipsoidales pequeños.

Estas paredes dejan espacios en la parte frontal y posterior, denominados «ventanas». El proceso implicó mucha precisión por cuanto las diferencias mínimas en el tamaño, la postura y el desplazamiento de los cilindros, en referencia al orificio de salida del aire o «aeroducto», modifican el sonido.

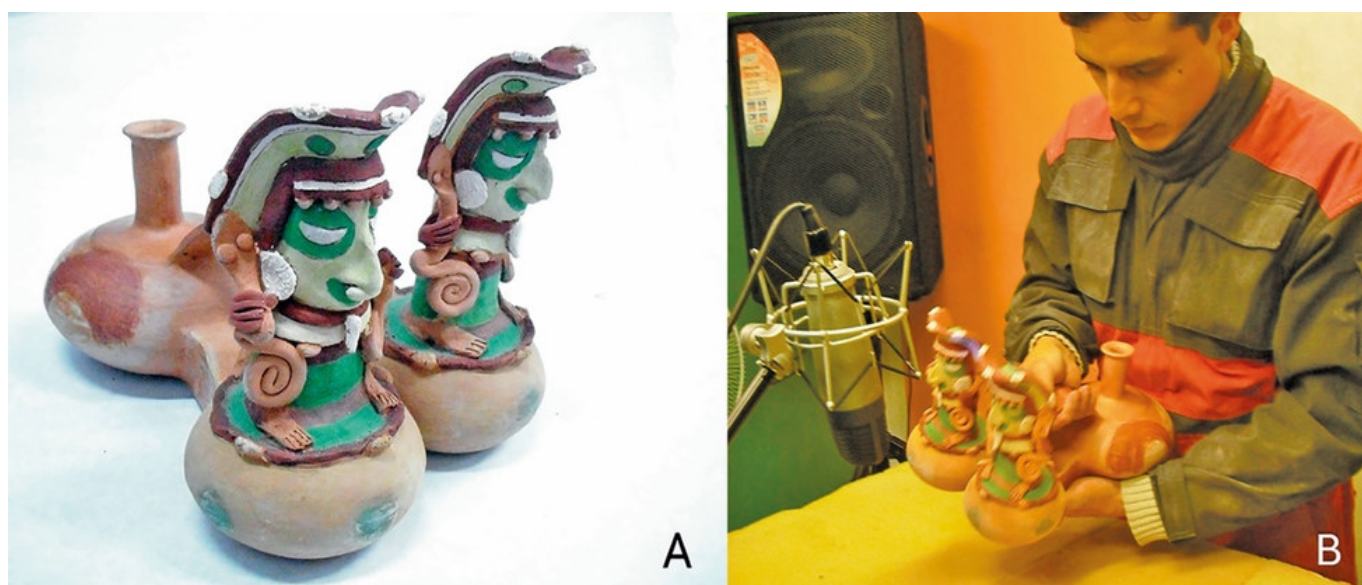


Figura 11. A) botella quemada a 1035 °C; B) pruebas de sonido en el laboratorio acústico. Fotografía: Mónica Ayala (2013).



Figura 12. Detalle de la producción de sonido por insuflación directa. Ilustración: Santiago Ortiz (2020).

Antes de pegar definitivamente los silbatos en el lugar correspondiente, se realizaron varias pruebas hasta lograr una mayor aproximación a la acústica requerida (figura 10A, 10B y 10C). Además, fue importante, durante todo el proceso de ensamblaje, mantener la humedad de la arcilla para evitar el secamiento de toda la estructura acústica, lo que podría producir otras modificaciones sonoras.

Una vez fijados los silbatos, se realizaron los detalles de los personajes. Terminada la botella, se aplicaron engobes de diferentes colores en base al referente original y, posteriormente, el objeto entró en un proceso técnico de secado en dos etapas: a) homogeneización de humedad y b) secado al aire libre. Este proceso duró siete días aproximadamente.

La cocción de esta botella se realizó en un horno eléctrico de laboratorio. La quema fue de aumento térmico lento y en tiempo prolongado de 12 h hasta alcanzar la temperatura de 1035 °C.

Como resultado de dicho proceso, se obtuvo una botella silbato con paredes de dureza homogénea. Finalmente, el objeto fue llevado al laboratorio de sonido

para hacer el registro acústico. Allí se aplicó la técnica de insuflación directa y, como aporte importante de la réplica, la producción sonora por método hidráulico (figura 11A y 11B).

Maneras de manipular la botella antropomorfa de triple elipsoide comunicante con doble silbato para la producción acústica

En la réplica de la botella de triple elipsoide con doble silbato, por su particular forma, se han experimentado las siguientes maneras de producir el sonido: insuflación directa y producción hidráulica de sonido.

Insuflación directa

Se produce cuando el ejecutante sopla por el gollete o cuello de la botella (figura 12). Esa acción genera el sonido batiente característico de este objeto. Es decir, los dos silbatos suenan al unísono con una diferencia mínima en el tiempo de ejecución.

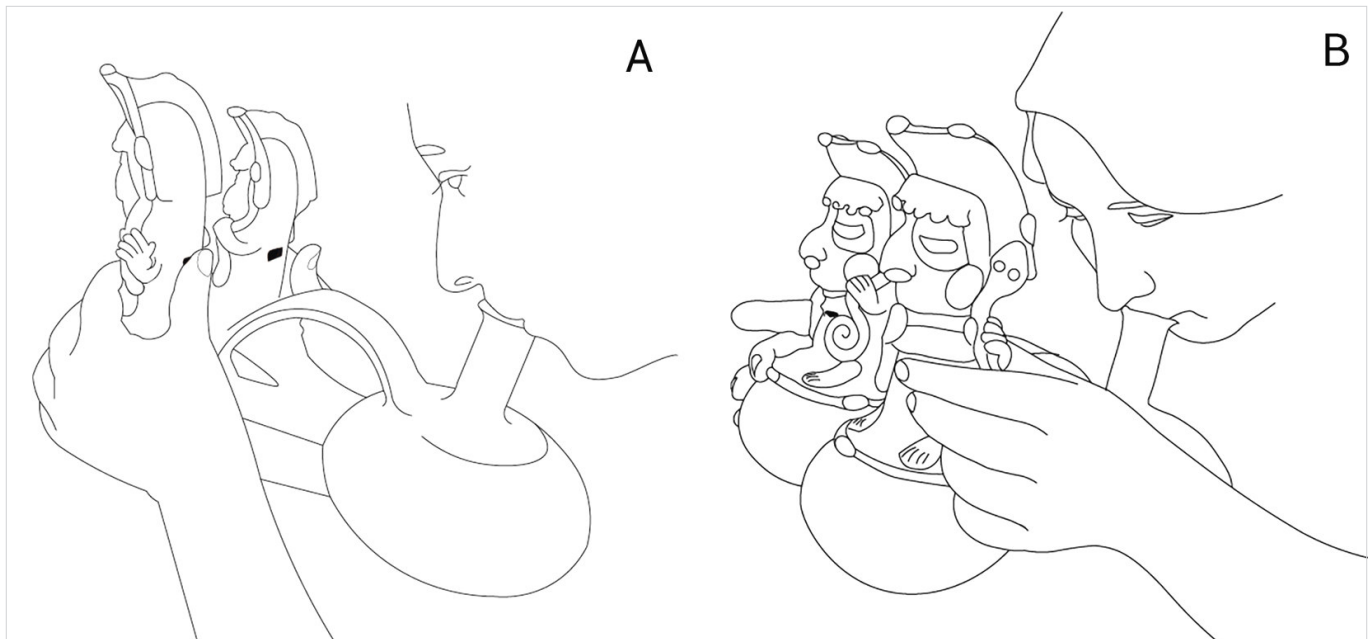


Figura 13. Modificación de sonido por obstrucción de ventanas (soplo directo): A) obstrucción de ventanas posteriores; B) obstrucción de ventanas frontales. Ilustración: Santiago Ortiz (2020).

Modificación acústica por efecto de obstrucción de ventanas con insuflación directa

Son las variantes que se producen en el momento de obstruir con los dedos las ventanas que se encuentran cubriendo los silbatos, bajo las cabezas de los personajes. Cada uno de ellos contiene dos ventanas: una ubicada en la parte frontal y otra en la parte posterior, respectivamente.

Estas resonancias pueden tener variantes según la intervención digital que realice el ejecutante cuando este tape o destape con sus dedos las ventanas que se encuentran entre el cuerpo y bajo el detalle, similar a una bufanda, que tiene en la parte frontal y posterior de cada uno de los personajes (figura 13).

Producción hidráulica de sonido

Movimiento basculante longitudinal

La otra posibilidad es el sonido producido por el movimiento del agua que se encuentra en el interior de la botella (mecanismo hidráulico), para lo cual se hacen movimientos basculantes longitudinales (figura 14). Son sonidos a los que Crespo (1966) denominó *polifonales*. La duración de estos sonidos dependerá de la cantidad, la intensidad y la presión con que se movilice el aire en el interior de la botella. Esta manera de producir sonidos es similar a la detallada en el artículo *The*

song of air and water: Acoustic experiments with an Ecuadorian Whistle Bottle (c. 900 BC–100 BC) cuando se hace referencia a una botella de dos recipientes elipsoidales.

Movimiento basculante lateral o transversal

La botella Bahía, objeto de este estudio, tiene tres recipientes elipsoidales, uno grande y dos pequeños, lo que permite producir sonidos independientes según los movimientos basculantes hidráulicos laterales que se ejecuten. Es decir, cuando el agua se desplaza de un recipiente pequeño a otro, a través del conducto en forma de Y, se escuchan los sonidos de cada silbato de manera individual (figura 15).

Si cabe una interpretación sonora, se podría decir que, cuando el agua va de manera lateral de un recipiente a otro, el primer personaje habla y el otro escucha. Luego, cuando el agua se dirige hacia el otro recipiente, este personaje toma la palabra y el otro escucha. Esta intermitencia de sonidos se puede interpretar como un diálogo entre los dos personajes. Cuando uno habla, el otro hace un gesto de aspiración de aire y escucha. Cuando el agua va hacia el otro personaje, se genera el efecto acústico contrario, produciéndose así el diálogo. Por el contrario, cuando el agua se desplaza de manera longitudinal hacia los dos recipientes pequeños, los dos silbatos producen sonidos al mismo tiempo, es decir, los dos personajes cantan a una sola voz.

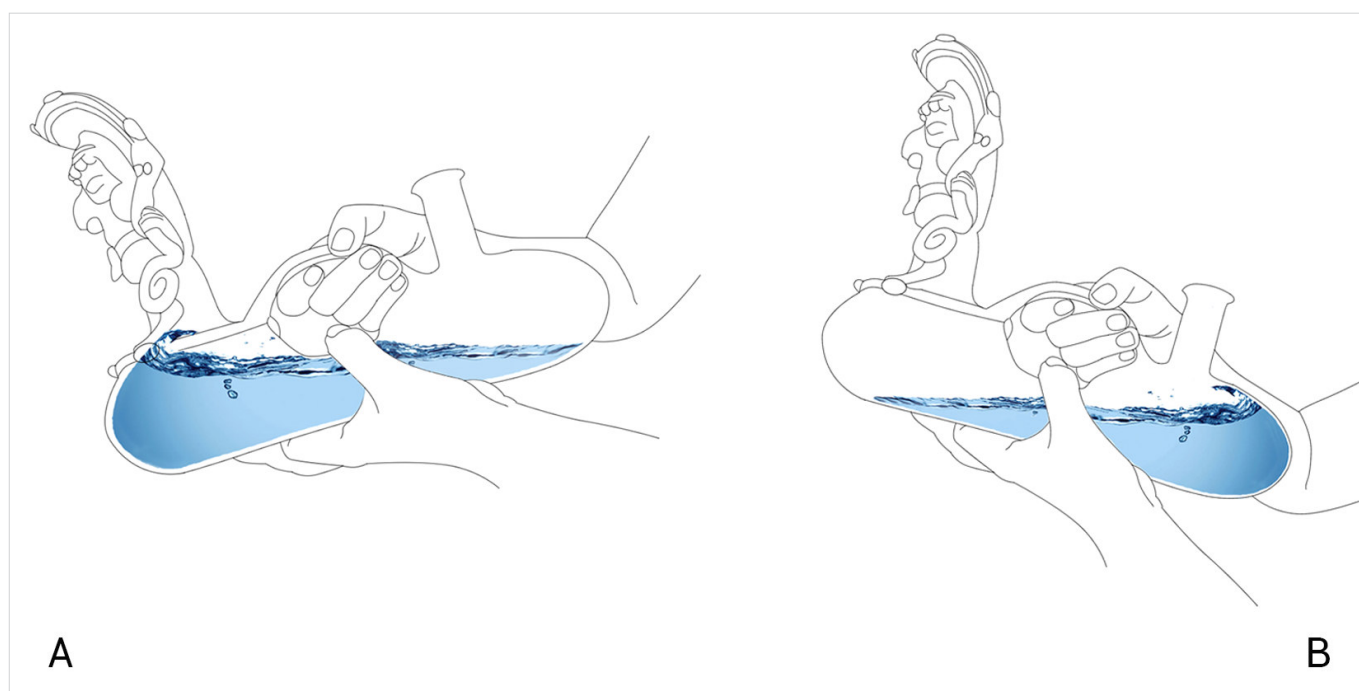


Figura 14. Detalle interior de cuerpos globulares para la producción de sonido por movimiento basculante longitudinal. A) En el movimiento de la botella hacia delante suenan los dos silbatos. B) Movimiento hacia atrás. Ilustración: Santiago Ortiz (2020).

Análisis acústico³

Consideraciones generales

La botella o vasija silbadora acá analizada consta de dos partes principales: una compuesta por el sistema hidráulico generador del chorro de aire (anteriormente descrito), formado por las tres vasijas globulares unidas por conductos, y otra que viene a ser la fuente (doble) generadora de sonido, que consta de un par de silbatos cilíndricos tipo flauta globular con aeroducto u ocarina (figura 16A). En este acápite solo se analizará la fuente sonora.

De manera general, las flautas son aerófonos con sonido de bisel. Esto significa que un chorro de aire (*jet*) es dirigido hacia un borde filoso o biselado y, por efecto aerodinámico, se pone a oscilar alrededor del mismo, tal como se puede observar en esta magnífica foto (figura 16B) del Laboratorio de Dinámica de Fluidos de la Universidad Técnica de Eindhoven en los Países Bajos (Hirschberg *et al.* 1990; Verge 1995) y cuyo funcionamiento queda precisamente explicado por Benoît Fabre (2005). La parte donde se origina la oscilación del aire (sonido de bisel) se llama «sistema excitatriz», a

³ El estudio acústico fue realizado por Arnaud Gérard A., investigador asociado del Instituto de Investigaciones Físicas (IIF) de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, en el *Acústica Studio Lab*.

la cual se asocia un «resonador» que consta de una cavidad con su propia geometría y propiedad acústica que tiene por objeto amplificar el sonido y condicionar la altura de la nota emitida (frecuencia).

Realmente resulta complicado definir la botella silbadora. En la famosa clasificación de instrumentos musicales de Hornbostel y Sachs (1914, 1985) no se encuentra este instrumento.

No obstante, Pérez de Arce y Gili (2013) proponen la siguiente definición: «421.222.42 (ocarinas en juego de soplo indirecto) o ‘botella silbadora múltiple’. Descripción similar a 421.221.412, ‘botella silbadora de varios silbatos prehispanicos’ (Ecuador, Perú)» (Pérez de Arce y Gili 2013: apéndice 19).

A continuación, se procede a realizar una descripción de las flautas y del sonido que emiten.

El sonido de la botella silbato original

En la radiografía de la figura 7 se puede divisar, por transparencia, la estructura original de los silbatos, que se vuelve a mostrar de manera esquematizada en la figura 17. A partir de estas vistas, se intentará explicar el sistema acústico.

La figura 17 presenta un corte esquemático en la parte «frontal» de uno de los silbatos/ocarinas, que es el sistema generador de sonido. Abajo se observa la vasija «delantera» (1) que sirve para regular la presión del aire,

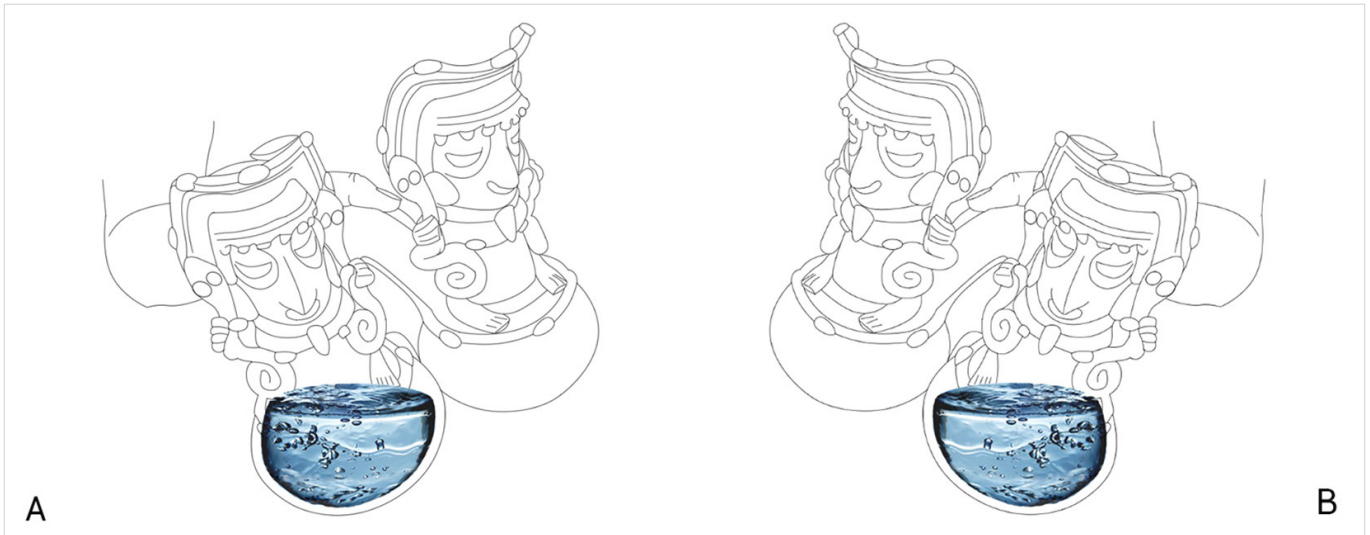


Figura 15. Detalle interior de cuerpos globulares para la producción de sonido por movimiento basculante lateral. A) Suena el silbato del personaje de la izquierda. B) Suena el silbato del personaje de la derecha. Ilustración: Santiago Ortiz (2020).

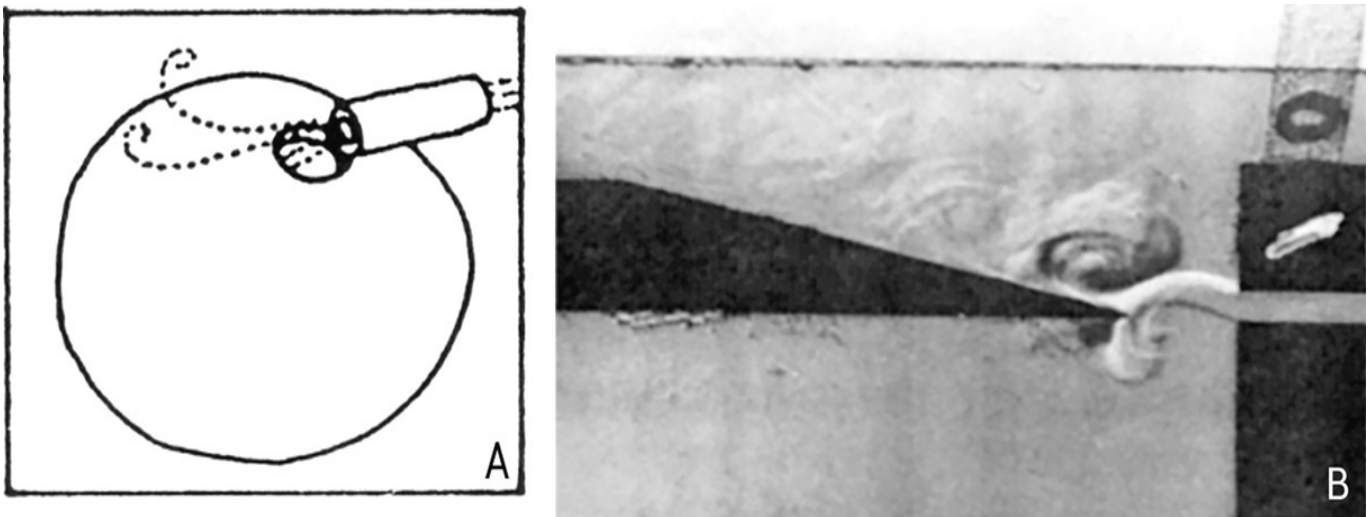


Figura 16. A) La imagen de la izquierda es un dibujo de José Pérez de Arce (1982: 26) con el esquema de una flauta globular con aeroducto; se trata de una cavidad con orificio de insuflación y un ducto que dirige el flujo de aire hacia su borde, en el que se produce la oscilación. B) La imagen de la derecha es una foto tomada por el Laboratorio de Dinámica de Fluidos de la Universidad Técnica de Eindhoven, Países Bajos (Hirschberg *et al.* 1990: figura 2) que muestra la oscilación del chorro de aire alrededor del bisel; el chorro de aire sale del ducto (derecha), luego aparecen turbulencias (vórtices) sobre el bisel (centro), haciendo que el aire entre y salga bruscamente de manera periódica.

con un aeroducto de salida en la parte superior (3), el mismo que conduce el aire hacia la entrada biselada⁴ (5) de la cavidad cilíndrica cerrada⁵ (6), que funciona como resonador. Estos cilindros son la parte principal del silbato/ocarina y están contenidos dentro de la parte interna hueca de cada uno de los personajes (figura 8). Las cavidades en que se encuentran no cumplen nin-

⁴ Es un cono invertido que sirve de bisel.

⁵ En realidad, el resonador cilíndrico (6) está cerrado en la parte superior, hecho que no es visible en el dibujo, ya que se representa «en corte».

⁶ En el caso presente, ni entra en resonancia ni es una sordina.

gún papel acústico.⁶ La vasija inferior y el resonador contienen un pequeño canal de 3 mm de alto (aeroducto y orificio de insuflación, respectivamente) con las aberturas dirigidas hacia el centro (3 y 5). Cabe remarcar que, en esta figura 17 (esquemática), el orificio de salida del aeroducto de insuflación (3) proveniente del sistema aerodinámico y el orificio biselado de entrada (5) del resonador cilíndrico que hace oficio de «boquilla» se encuentran alineados, frente a frente; lo cual no es totalmente cierto en la realidad, puesto que los experimentos realizados sobre réplicas, tanto en Ecuador (Luis Zabala) como en Bolivia (Arnaud Gérard/*Acústica Stu-*

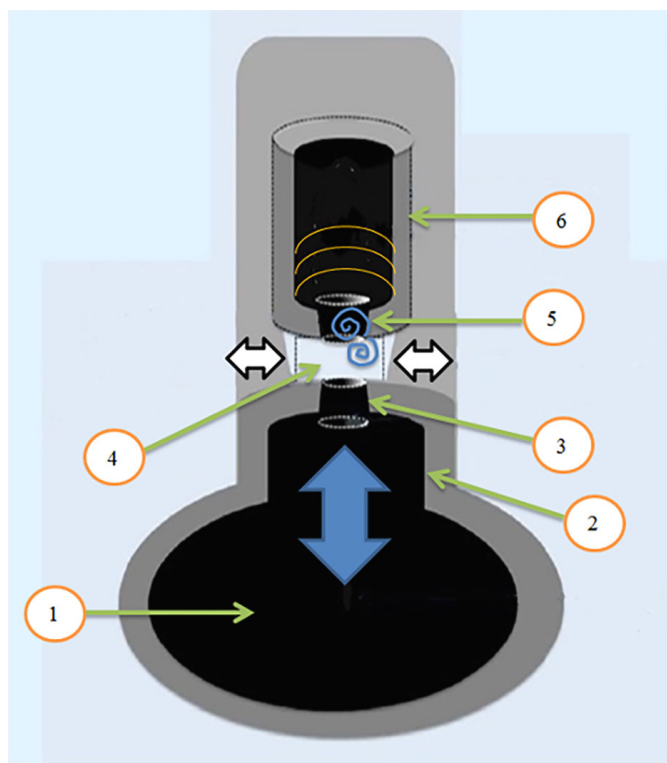


Figura 17. Esquema que muestra una de las vasijas globulares delanteras con el silbato (flauta globular): 1) vasija globular delantera; 2) «cuello» de la vasija, aproximadamente cilíndrico que conduce el aire hacia la flauta; 3) aeroducto y salida del flujo de aire por la abertura; 4) canal horizontal abierto hacia el exterior mediante orificios laterales o ventanas; 5) orificio de insuflación de la flauta globular de forma cónica que sirve de bisel (sistema excitatriz); 6) cavidad cilíndrica cerrada que hace oficio de resonador, la misma que está contenida dentro de la parte interna hueca de uno de los personajes (una a cada lado).

dio Lab) muestran, por un lado, que el canal de insuflación no debe estar exactamente en el eje del orificio biselado de entrada (boquilla) sino algo descentrado (del orden de 1,5 mm) o bien, por otro lado, que debe estar un poco inclinado relativamente hacia el plano del orificio de entrada del cilindro resonador (boquilla).

Lamentablemente, en la radiografía X de la figura 7 este detalle no aparece claramente visible debido a la superposición de los planos del personaje, principalmente por el dije que cuelga del cuello de la representación antropomorfa y se superpone parcialmente a la visión de estos canales. No resultó una radiografía X en el sentido longitudinal del objeto y tampoco existe posibilidad alguna de poder observar esta parte por su posición interna e inaccesible en el objeto de estudio. En relación a esta última observación, Mónica Gudemos estudió muchos silbatos arqueológicos del Ecuador (2009, 2020) que tienen sistemas excitatrices similares al actual. Ella insiste en la precisión que debe tener el

ángulo o la inclinación del aeroducto de insuflación con respecto al filo de la arista biselada en la entrada del resonador, incluso realiza un estudio pormenorizado de un caso (Gudemos y Catalano 2009: 203, 218) con un resonador esférico. En estos trabajos, Gudemos (*op. cit.*) enfatiza el dominio de las técnicas de producción que requería la existencia de talleres especializados con la participación de artesanos peritos provenientes de una notable tradición regional.

Estos objetos (vasija y resonador) están separados por un canal horizontal abierto hacia el exterior mediante orificios laterales o ventanas (4) cuya función es dejar expandir la onda sonora hacia el exterior, pero también restablecer las presiones del aire en los procesos de admisión y expulsión. Exteriormente, las ventanas se ubican en la mitad de los cuerpos de los personajes, una delante y otra atrás (cf. figuras 1 y 6).

Experimentalmente, el sonido puede generarse de dos maneras diferentes, ya sea soplando por el gollete o colocando agua e inclinando luego la botella (Pérez de Arce 2004). No obstante, lo más probable es que las botellas silbadoras fueran concebidas para funcionar con agua, pues ¿para qué serviría construir máquinas hidráulicas tan complicadas si no fuese para ese fin? Por tanto, en su uso supuestamente normal, el sonido se produce por un movimiento longitudinal de vaivén de la botella con cierto contenido de agua. Al inclinar la botella hacia atrás, esta aspira aire (admisión) que entra por las aperturas laterales o ventanas del canal horizontal abierto (figura 17, 4); luego, al inclinar el objeto hacia delante, el agua empuja el aire comprimido (expulsión) hacia el aeroducto final⁷ (figura 17, 3), que es proyectado en forma de chorro delgado hacia el diminuto orificio cónico de entrada de la cavidad cilíndrica (figura 17, 5). Tal como se acaba de explicar, el aire, al chocar con el filo del borde del orificio de entrada, empieza a oscilar (fuente excitatriz), amplificado por esa cavidad cilíndrica cerrada (figura 17, 6), la cual sirve a la vez de campo acústico que impone la altura de sonido condicionada por su geometría (resonador).

En este trabajo se analizarán sucintamente las dos modalidades, es decir, por insuflación directa y luego por efecto hidráulico.

En general, los instrumentos musicales emiten sonidos complejos, o sea, que están compuestos por un «paquete» o un conjunto de sonidos simultáneos distintos acompañados de ciertos ruidos que evolucionan en el

⁷ Aeroducto: es un ducto de sección transversal delgada (del orden de los milímetros) que conduce el flujo de aire; acá es cilíndrico, con un diámetro próximo a los 4 mm.

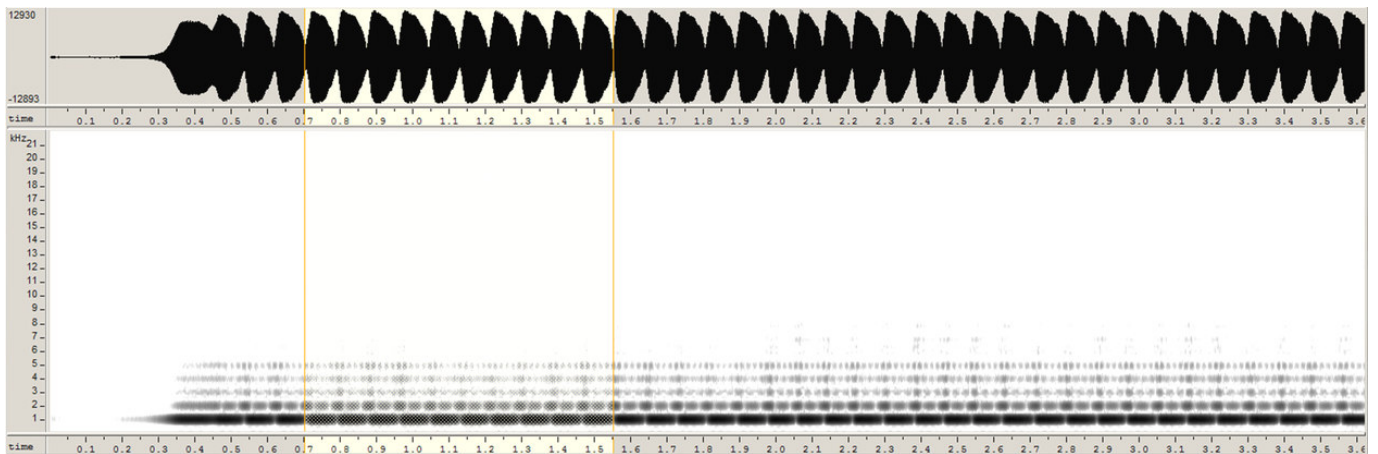


Figura 18. En la parte superior se muestra la forma de la onda (amplitud vs. tiempo), en la que se observan claramente las pulsaciones (ondulaciones de la envolvente). En la parte inferior figura el sonograma (tiempo vs. frecuencia), en el que se notan los 5 primeros armónicos con pulsaciones (líneas interrumpidas de los componentes). La parte seleccionada (entre ejes) encierra 10 oscilaciones con una duración de 0.841373 s, por lo que la frecuencia de batimiento es de 12,17 Hz (pulsos por segundo) (análisis: *Acústica Studio Lab*, IIF, UMSA).

tiempo. Cada instrumento tiene un «paquete» diferente, lo que permite reconocerlo de otro; eso es lo que se denomina timbre en música. El timbre puede estudiarse acústicamente gracias al análisis de Fourier (FFT)⁸ que se hace visible en diagramas llamados *sonogramas*⁹ y *espectros*.¹⁰ En las figuras 18 y 19 se muestran los análisis acústicos que corresponden a un sonido generado por insuflación directa por el gollete.¹¹

El sonograma describe el timbre de un sonido tradicional de silbato: una serie armónica pobre (hasta 9 armónicos visibles en el espectro) de amplitudes suavemente decrecientes.¹² Sin embargo, se presentan interrupciones periódicas en las líneas de los componentes armónicos y ondulaciones o modulaciones en la envolvente de la forma de onda (figura 18 superior) que indican un marcado fenómeno de batimiento o pulsaciones;¹³ tanto en el espectro total (figura 19A) como en la ampliación del primer armónico o fundamental

(figura 19B), donde se observa una serie doble de picos próximos entre sí que corresponden a la superposición de los sonidos de las dos flautas. Los dos picos, que pertenecen cada uno a un silbato, tienen frecuencias respectivas de 969 y 981 Hz y corresponden a las notas si_5-34 cents y si_5-12 cents,¹⁴ que es casi la misma nota levemente desigualada, lo que explica ese batimiento. Cada una de estas notas es producida por uno de los silbatos. Auditivamente, se trata del timbre agudo de ocarinas con marcada pulsación que suena *wwwuuu-wwuu...* Este detalle es muy importante y ¡en absoluto no es casual!, ya que la mayoría de los silbatos dobles arqueológicos del lado occidental de América del Sur, es decir, parte de los Andes y zonas subandinas contiguas, tienen casi sistemáticamente ese efecto (Gérard 2009, 2015). La frecuencia de pulsación del batimiento (figura 18) es de 12 pulsos/segundo (Hz) aproximadamente. Esa diferencia de altura de sonido o de frecuencia entre ambos silbatos se debería probablemente a una ligera variación geométrica en los mismos, realidad parcialmente detectable en la radiografía (figura 7).

Luego se efectuaron otras pruebas con sonidos que resultan al tapan alguna ventana¹⁵ (aberturas) del canal abierto (4 en la figura 17 y figura 1). Puede apreciarse este proceso en la figura 13. Idrovo (1987) ya propuso

⁸ Análisis FFT (*Fast Fourier Transform*): se trata de un algoritmo de cálculo llamado transformadas de Fourier rápidas.

⁹ El sonograma, también llamado espectrograma (Leipp 1984; Gérard 2011; Castellengo 2015), es un diagrama (frecuencia como función del tiempo) que muestra la evolución temporal del timbre del sonido.

¹⁰ El espectro es un diagrama de nivel sonoro (dB), función de la frecuencia (Hz), que muestra los diferentes componentes de un sonido complejo.

¹¹ Todos los sonidos fueron emitidos y grabados por los investigadores del presente trabajo en Ecuador.

¹² Garrett y Stat (1977: 3) observan algo similar.

¹³ El batimiento es un fenómeno acústico conocido que se produce por interferencia durante la emisión simultánea de 2 notas de alturas levemente desiguales, en la que el sonido resultante pulsa periódicamente.

¹⁴ 100 cents corresponden a 1 semitono temperado; la anotación de octava «5» en subíndice utiliza la nomenclatura norteamericana en la que la octava 4 es la octava central que empieza con do (262 Hz).

¹⁵ Existen 4 ventanas (aberturas): 2 delanteras y 2 traseras, es decir, dos para cada personaje/silbato, de tal manera que el sonido irradie tanto hacia delante como hacia atrás (figuras 1 y 6).

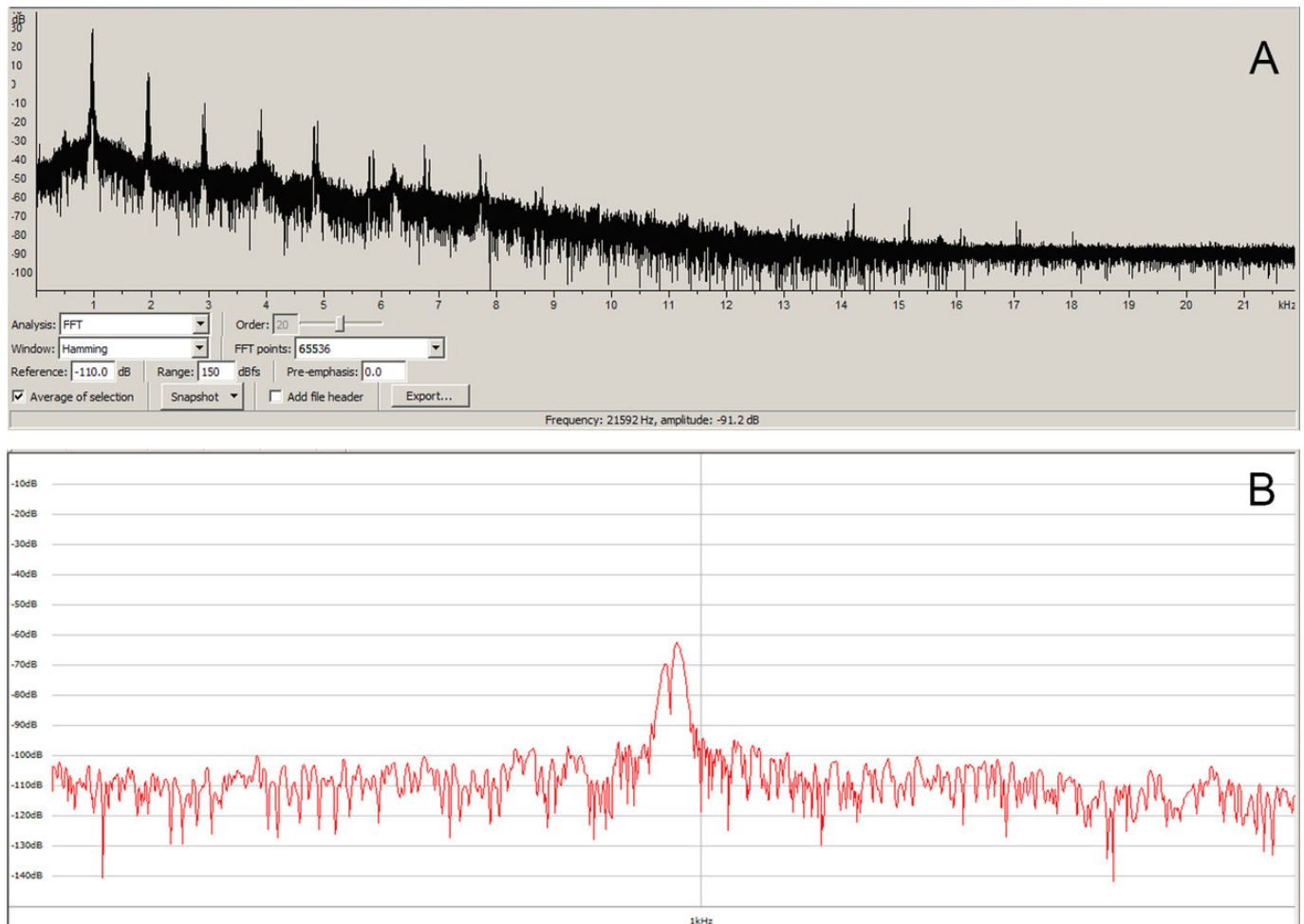


Figura 19. A) Arriba: espectro del sonido en todo el dominio audible, donde se advierten los picos dobles en toda la serie de armónicos que corresponden a los dos silbatos. B) Abajo: ampliación del primer armónico; se observa también un pico doble que pertenece a ambos silbatos con frecuencias o alturas de sonido muy próximas; la interferencia de las mismas es responsable del batimiento (análisis: *Acústica Studio Lab*, IFF, UMSA).

este manejo de la botella con anterioridad. Sin embargo, «no parece tan acertada esta digitación porque ergonómicamente y musicalmente son muy ineficientes», retomando las palabras de José Pérez de Arce (en una comunicación personal), con las cuales el autor concuerda absolutamente. Si se tapan las dos ventanas de un lado, se enmudece el silbato de ese lado y se obtiene el único sonido del silbato del lado opuesto y, en tal caso, desaparece el batimiento; así que se obtiene un sonido con timbre parecido pero llano y estable. En contrapartida, si se tapa una sola ventana de un lado, la altura de sonido (o la frecuencia) de ese silbato baja levemente. Con estos experimentos se nota que las alturas (frecuencias) de los silbatos pueden modificarse un poco obteniendo los siguientes campos de libertad de frecuencias¹⁶ (variaciones de alturas):

— Silbato izquierdo: varía de 906 Hz (Sib₅-50 cents) a 969 Hz (Si₅-34 cents).

— Silbato derecho: varía de 920 Hz (Sib₅-22 cents) a 982 Hz (Si₅-11 cents).

Variaciones que pueden alterar la frecuencia del batimiento también.

En cuanto al sonido de la botella original, generado por movimiento de balanceo longitudinal con agua, la muestra fue proporcionada muy gentilmente por Esteban Valdivia.¹⁷ Como se advirtió anteriormente, es bastante probable que este fuera el mecanismo usual de funcionamiento del instrumento.

El sonograma de la figura 20 muestra dos sonidos: a la izquierda, la admisión de aire con ruido del agua y aire (que se estudiará luego) y, a la derecha, el sonido

¹⁶ *Champ de liberté des fréquences* escribe Castellengo (1976: cap. 2, 20).

¹⁷ Esteban Valdivia, *Sonidos de América*. Investigación: *Sonidos Navegantes*. Grabación: Ramiro Carrera y Carolina Segre. URL: <https://www.youtube.com/user/sonidosdeamerica>.

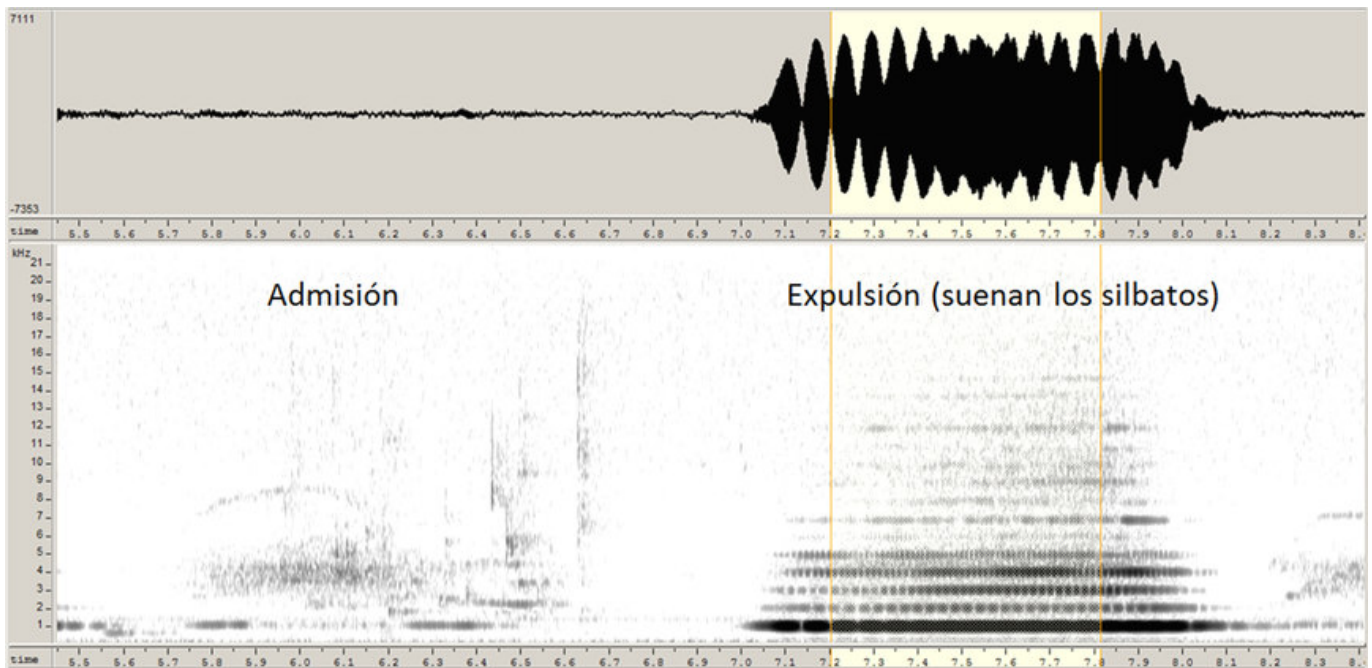


Figura 20. Forma de onda (arriba) y sonograma (abajo) del sonido de la botella silbadora original. En el presente diagrama se observa, a la izquierda, la admisión de aire con el ruido del agua y, a la derecha, la expulsión con el sonido de ambos silbatos, similar al que se analizó en el caso anterior, que también presenta batimiento. La selección entre ejes es de 10 pulsaciones (análisis: *Acústica Studio Lab*, IIF, UMSA).

simultáneo de ambos silbatos con batimiento (expulsión) muy similar al que se analizó en la insuflación directa (figura 18). En este caso, las frecuencias y alturas de sonido de ambos silbatos son de 973 y 990 Hz, es decir, $si_5 - 26$ cents y $si_5 + 4$ cents (por efecto hidráulico), en vez de $si_5 - 35$ cents y $si_5 - 11$ cents que fueron observadas con soplido directo por el gollete. Es decir, que las alturas de sonido (frecuencias) son mayores en este caso, lo que significa que la acción hidráulica genera mayor presión del aire (que provoca una frecuencia mayor en el sonido). ¡Incluso las frecuencias sobrepasan muy levemente los límites superiores de los campos de variación que se habían observado con insuflación directa! Asimismo, la frecuencia de pulsación del batimiento calculada es de 17 Hz, por lo que también es superior a la que se observó con soplido directo (12 a 14 Hz). Por

otro lado, en el sonograma de la figura 20 se nota que el sonido de los silbatos generados por efecto hidráulico resulta de menor duración (hasta 1,3 s) que los sonidos producidos por soplido directo por el gollete, pues la cantidad de aire contenida en la vasija (delantera) es mucho menor que la de los pulmones humanos.

En el manejo con agua es necesario hacer una importante aclaración: si en vez de aplicar un balanceo longitudinal —que produce sonidos en los dos silbatos— se efectúa un balanceo lateral o transversal (figura 15A y 15B), se obtiene el sonido de un solo silbato a la vez (por la circulación del agua que va de un glóbulo pequeño a otro) y por supuesto, en tal caso, no se produce batimiento, y eso ¡respetando absolutamente el aspecto ergonómico sin la necesidad de tener que tapar algunas de las ventanas laterales!

Tabla 2. Comparación de las frecuencias, alturas de sonido y frecuencia de pulsación de batimiento en los 4 experimentos con la botella original y la réplica. Los casos señalados (*) fueron con insuflación por el gollete. Tabla: Arnaud Gérard.

Fuente	Frecuencia silbato 1 en Hz	Frecuencia silbato 2 en Hz	Altura sonido Silbato 1	Altura sonido Silbato 2	Batimiento Hz (Pulsos/s)
Botella original	969	981	$si_5 - 34$ cents	$si_5 - 11$ cents	12
Original con agua	973	990	$si_5 - 26$ cents	$si_5 + 4$ cents	17
Réplica seca*	782	797	$sol_5 - 4$ cents	$sol_5 + 28$ cents	14,5
Réplica cocida*	792	805	$sol_5 + 18$ cents	$sol_5 + 45$ cents	13
Réplica con agua	810	825	$lab_5 - 44$ cents	$lab_5 - 12$ cents	15

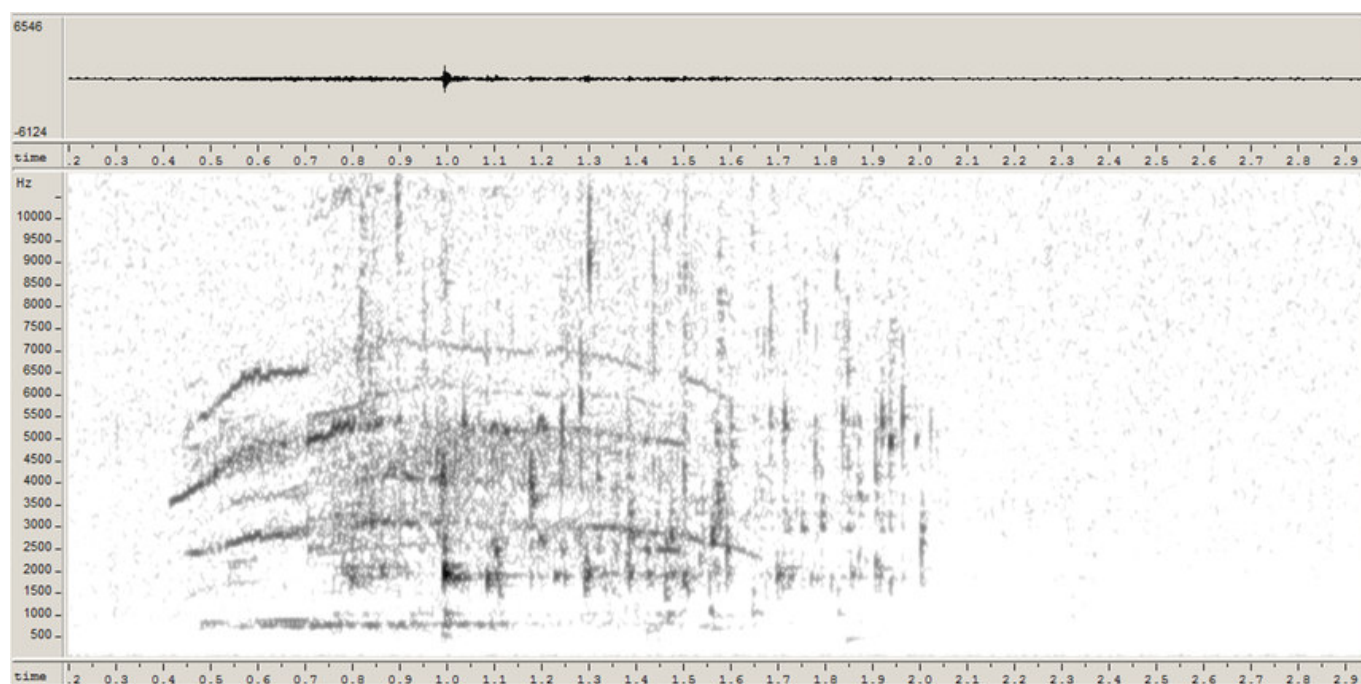


Figura 21. Se muestra el sonograma que corresponde al proceso de admisión de aire. Las líneas casi horizontales y paralelas pertenecen a los componentes (parciales) del sonido del aire entrante (por el orificio del aeroducto) y las verticales corresponden a los chasquidos (olas) del agua en movimiento (análisis: *Acústica Studio Lab*, IIF, UMSA).

Finalmente, por efecto del movimiento hidráulico, aparecen ruidos de escurrimiento aéreo, silbidos y chasquidos que se van a analizar a continuación.

El sonido de la réplica analizada en el laboratorio acústico

Los análisis espectrales FFT del sonido, con ambos silbatos sonando simultáneamente bajo la acción hidráulica, indican que las frecuencias fundamentales calculadas de los dos silbatos son 810 Hz (lab_5-44 cents) y 825 Hz (lab_5-12 cents) (redondeando), así que las alturas de sonido comparando la botella original (si_5) con la réplica cocida (lab_5) discrepan un poco ya que la réplica suena un tono y medio por debajo de la botella original. En relación al batimiento, se observan pulsaciones a razón de 13 a 15 Hz (pulsos/s), de tal manera que tanto el timbre (tipología de sonido), el efecto del batimiento y las alturas de sonido entre réplica y original son comparables.

En el laboratorio se efectuaron varias pruebas, ya sea midiendo los sonidos de la réplica en sus diferentes estados de elaboración, ya sea mediante una insuflación directa por el gollete de la parte trasera. Por un lado, desde el estado crudo-húmedo hasta el estado cocido (bizcocho) pasando por el estado seco, se advierte un crecimiento de las frecuencias y alturas de sonido debi-

do al encogimiento previsible de la pasta cerámica que provoca una disminución de los volúmenes de los resonadores cilíndricos de los silbatos. Estos resultados se muestran parcialmente en la tabla 2. En ese cuadro queda claro que las frecuencias y las alturas de sonido, debidas al movimiento hidráulico, ¡son mayores que por insuflación directa!

En cuanto a los sonidos de admisión por manejo hidráulico de las botellas, original y réplica, estos son idénticos. Auditivamente, al mover la botella con agua hacia atrás (admisión), se escucha un silbido agudo debido al ingreso del aire seguido del ruido del agua y, al inclinar hacia delante, en seguida suenan los silbatos. En la figura 21 se exhibe el sonograma de los ruidos¹⁸ generados durante el proceso de admisión de aire. En dicha figura se observan primeramente 8 líneas en sentido horizontal que evolucionan casi paralelamente. Estas líneas corresponden al silbido agudo del aire ingresando¹⁹ por la abertura del aeroducto de la vasija delantera. Es un sonido de bisel o sonido «de boca»²⁰

¹⁸ En este caso se usó un sonido de la réplica grabado por el equipo de investigación autor del presente artículo por tener una mejor resolución.

¹⁹ Hablando con propiedad, este aire ingresa por las ventanas y el canal horizontal (figura 17).

²⁰ Es decir, que es un sonido de bisel solamente, con muy poca resonancia (sistema excitatriz únicamente).

(Castellengo 1969: 11; Bouasse 1986: 281). Estas líneas suben, luego se quedan casi horizontales y finalmente bajan; significa eso que la altura (frecuencia) del silbido sube, se estabiliza y luego baja. Es de notar que el primer armónico que corresponde a una leve resonancia del silbato cilíndrico (759 Hz) es horizontal (ni sube ni baja).

Después de haberse iniciado este silbido aparecen líneas verticales hasta el final, las mismas que corresponden a los chasquidos muy notorios del agua en movimiento (olas). En la parte central del sonido observable en el sonograma se divisa una zona gris, formada por una nube de puntitos entre 2,5 y 5 KHz, que corresponde al ruido de escurrimiento (viento) provocado por el aire que entra en la botella.

Es evidente que el sonido del movimiento hidráulico del agua y del aire entrante forma parte de los sonidos de la botella y no puede obviarse y, tal vez, tenía una trascendente importancia ritual relacionada con los ritos del agua o los rituales para atraer la lluvia.

Por tanto, acústicamente hablando, la réplica puede considerarse como exitosa ya que, si bien no se logró exactamente la misma altura de sonido (con una diferencia de un tono y medio por debajo), sí se aproximaron tanto la cualidad del sonido (timbre) como la frecuencia de pulsación en el batimiento. Asimismo, la réplica permitió realizar mayores pruebas con agua (lo que no era posible con la botella original) que evidencian un delicado sonido hidráulico formando parte indivisible de la estética sonora y los análisis acústicos acá realizados con una metodología propia,²¹ que confirman y respaldan muchas de las observaciones efectuadas por Pérez de Arce (2004, 2006, 2015) en sus estudios sobre botellas silbadoras.

CONCLUSIONES

Por lo mencionado, la cultura Bahía representa un importante aporte para entender el periodo de Desarrollo Regional y conocer los avances que contribuyeron a una verdadera revolución social, económica y cultural. En ese contexto, las botellas silbato de Bahía, como objetos sonoros, evidencian el tramo final de ese cambio producido durante más de mil años. A lo largo de este tiempo pasó de ser un objeto funcional a ser un objeto sonoro con una variedad de representaciones

plásticas hasta llegar a constituirse en un gran aporte acústico con las botellas *polifonales*; sin descartar los avances en la técnica de manufactura y decoración cerámica, con valor simbólico, producidos en esta cultura.

La revisión histórica de las técnicas de elaboración de objetos circulares y los diferentes ensayos formales y sonoros realizados en el laboratorio permitieron demostrar que la técnica denominada «falso torno», desplegada en la época de Desarrollo Regional, también se utilizó en la producción de esta botella. Esto se puede interpretar en el objeto estudiado por la similitud que existe entre los elipsoides pequeños (forma y tamaño), con apenas una variación de 2 mm de diferencia, dimensión incipiente si consideramos que los objetos son elaborados a mano. La simetría entre los dos glóbulos permite concluir que se utilizó un mismo molde o soporte para realizar los dos cuerpos.

Otro argumento que demuestra el uso de la técnica de placas sobre soportes es la ausencia de huellas sinuosas en el interior de los objetos que, de existir, serían visibles a través de las imágenes de rayos X. Estas protuberancias se manifiestan cuando los cuerpos esféricos son construidos con cordeles, huellas que en este objeto sí se pueden comprobar en el gollete. La pulcritud de las paredes internas de los cuerpos globulares, vista en las mencionadas imágenes, evidencia la continuidad y la perfección de los planos circulares, corroborando lo anteriormente dicho.

La experimentación en laboratorio permitió interpretar que, para la manufactura completa de esta botella, se utilizaron varias técnicas: placas, cordel y modelado; así como técnicas de decoración como el pastillaje y la incisión. Los ceramistas responsables de la elaboración supieron seleccionar la materia prima para la producción de estos objetos. Además, tuvieron un excelente manejo de la temperatura a través de la utilización de arcillas con materiales fundentes.

La réplica de la botella desarrollada en el interior de la Facultad de Artes de la Universidad Central del Ecuador fue de gran utilidad en esta investigación, tanto para interpretar las técnicas y materiales utilizados en la elaboración de los silbatos como para acercarse a la ubicación suspendida del mecanismo sonoro (resonador) y a sus efectos acústicos. Los ensayos sonoros y la estructura morfoacústica han permitido establecer distintas maneras de producir sonido como el sople directo, el sople directo con obstrucción de ventanas, el movimiento del agua basculante longitudinal y basculante lateral, o el sonido producido por la combinación de los anteriores.

²¹ Se refiere a la metodología de la acústica musical fenomenológica.

El análisis acústico muestra que la botella con los silbatos sonando juntos, por efecto del agua que actúa como pistón hidráulico, genera un silbido agudo con marcado batimiento (pulsaciones) acompañado del diáfano ruido de escurrimiento del agua en movimiento. Aquí cabe recalcar la extraordinaria y sorprendente precisión en la acomodación de las partes del sistema excitatriz de los silbatos (la desalineación del aeroducto con la boquilla biselada del resonador, las leves inclinaciones, el biselado del orificio de entrada del resonador, el posicionamiento del cilindro resonador, el alisado de las superficies internas) que requiere de una artesanía ultraespecializada en concordancia con las observaciones de Mónica Gudemos (2009, 2020) y José Pérez de Arce (2015).

Estos estudios permitieron determinar, desde una perspectiva actual, que este artefacto (botella silbato) es un «dispositivo de almacenamiento o memoria sonora». Es decir, su intencionada estructura morfoacústica genera un sonido determinado creado conforme a las necesidades del ejecutante o de la comunidad a la que pertenecía. La durabilidad del material cerámico con el que fue elaborada esta botella permite ahora, unos dos mil años después, hacerla funcionar y escuchar los

mismos sonidos para los que fue diseñada. Las melodías producidas no habrán de ser distintas a las fueron ejecutadas en su entorno cultural.

Es importante destacar las características físicas de esta botella compuesta por tres cuerpos elipsoidales: uno grande, que se encuentra en la parte posterior de los personajes, y dos pequeños ubicados bajo estas representaciones antropomorfas en las que se ocultan los silbatos. El contener dos silbatos es fundamental para la producción del llamado sonido batiente o *polifonal*, siendo un gran aporte de la cultura Bahía a la evolución morfoacústica de dicho artefacto sonoro.

Esta investigación ha motivado a los autores, en un futuro, a indagar sobre la posible diferencia de timbre entre resonadores esféricos y cilíndricos, así como a estudiar otras botellas similares de la cultura Bahía y de otras culturas: Chorrera, Jama Coaque, entre otras.

Finalmente, el caminar por las huellas de nuestros ancestros nos permitió acercarnos a los códigos plásticos, simbólicos y acústicos que los miembros de la cultura Bahía utilizaron. Los movimientos del agua siguen produciendo sonidos mágicos, vibraciones que nos conectan con el pasado y con los saberes ancestrales que hoy dialogan en este espacio académico-científico.

Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades de las diferentes universidades que nos apoyaron en el desarrollo de esta investigación: Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador (sede Ibarra), Escuela Politécnica Nacional, Instituto de Investigaciones Físicas de la Universidad Mayor de San Andrés (La Paz), Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay y Escuela de Diseño Gráfico Industrial de la Universidad de las Américas (UDLA). A Jorge Saade Scaff, director del MAAC (2013); Carolina Jervis Rendón, custodia del fondo arqueológico Andrés Armijos Salazar, técnico informático; Mezones Quijije y Mario Sánchez Cruz, técnicos conservadores. Finalmente, a todas las personas que han colaborado desinteresadamente con esta investigación.

Asistente de investigación y colaboradores

Asistente de investigación: Luis Alberto Zabala Vaca (lui.zzz@hotmail.com), Facultad de Artes, Universidad Central del Ecuador. Colaboradores: Raymi Gómez, Santiago Ortiz, Pablo García y Sarahí García.

Sobre los autores

MÓNICA AMPARO AYALA ESPARZA (1970, Imbabura, Ecuador) (maayala@uce.edu.ec), Magister en Estudios del Arte por la Universidad Central del Ecuador (2015) y actual doctoranda por la Universitat Politècnica de València en España, es Profesora Titular en la Facultad de Artes de la Universidad Central del Ecuador (2003). Su práctica artística la ha desarrollado en el campo de la cerámica. Ha participado como integrante de la comisión acústica ecuatoriana en

proyectos de investigación interdisciplinar para la recuperación de instrumentos sonoros ancestrales (Red Achalai). Es coautora del artículo «Botellas silbato, sonidos ocultos en el tiempo» (*Axioma*, 2015) y autora del artículo «The song of air and water: Acoustic experiments with an Ecuadorian Whistle Bottle (c. 900 BC–100 BC)» (*Internet Archaeology*, 2019).

MÓNICA MARGARITA HERMINIA POLANCO DE LUCA (1954, Argentina) (mpolanco@pucesi.edu.ec), Doctora en Diseño por la Universidad de Palermo, Argentina (2019), es Profesora Investigadora Titular en la Pontificia Universidad del Ecuador (PUCE), sede Ibarra. Directora del Grupo de Investigación en Diseño Sustentable, recibió el galardón a la investigación SENESCYT 2017 (Tutora Primer Premio Arte y Patrimonio Cultural).

TOMÁS ESPINOSA (espinosa.tomas@yahoo.com), mineralogista, es Profesor Emérito en la Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

ARNAUD GÉRARD A. (gerardarn@gmail.com) es físico, músico y constructor de instrumentos musicales. Trabajó como profesor de la Carrera de Física de la Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF) de Potosí, Bolivia (1986–2010), y fue fundador y responsable del laboratorio 'Acústica Sound Lab' de la Carrera de Física, donde realizó investigaciones en acústica musical, organología y etnomusicología, siendo autor de varios artículos sobre estas materias. Actualmente es miembro de la Sociedad Boliviana de Física (SOBOFI), investigador asociado del Instituto de Investigaciones Físicas de la Universidad Mayor de San Andrés (La Paz), investigador adscrito al Instituto de Investigación Antropológica y Arqueológica de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca e ingeniero de sonido en 'Acústica Studio Lab' de Potosí.

BRUNA ASUNCIÓN REGALADO DÍAZ (1971–2016, Carabobo, Venezuela) fue docente de la Universidad de Venezuela, donde impartió clases de física y robótica mecatrónica, y en la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Urcuquí, Ecuador.

EDUARDO PATRICIO ESTÉVEZ RUIZ (1985, Imbabura, Ecuador) (eduardo45pr@gmail.com) es catedrático en la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Urcuquí, Ecuador. Forma parte de la línea de investigación de física, ciencia de materiales y nanotecnología. Catedrático de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, fue vicerrector y rector de la Unidad Educativa Víctor Manuel Guzmán. Por otra parte, desarrolla investigaciones en energías renovables, modelación y simulación molecular.

EDGAR PATRICIO JÁCOME-MONAR (1970, Quito, Ecuador) (epjacomem@uce.edu.ec) es Ingeniero Mecánico (1996) y Magíster en Ingeniería Industrial (2005) por la Escuela Politécnica Nacional de Quito. Fue Profesor Titular Auxiliar de la Escuela de Diseño Gráfico Industrial de la Universidad de las Américas, Ecuador. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Diseño Industrial de la Universidad Central del Ecuador, de la Escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Internacional del Ecuador y de las Maestrías de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMEIDA VÉLEZ, I. 2014. *Mitos cosmogónicos de los pueblos indígenas del Ecuador*. Quito, Ecuador: Abya Yala.
- ALMEIDA VÉLEZ, I. 2015. *Interpretación simbólica de la botella antropomorfa comunicante de triple elipsoide con doble silbato* (P. M. Mónica, entrevistador).
- ARROYO, L. 1995. *Simbología de la serpiente y el jaguar*. Quito: PUCE.
- AYALA ESPARZA, M. A.; G. F. GALLARDO CARRILLO; M. MOLINA ALARCÓN. 2019. The song of air and water: Acoustic experiments with an Ecuadorian Whistle Bottle (c. 900 BC–100 BC). *Internet Archaeology* 52: 1–26.
- BARRIENTOS, L.; J. PÉREZ DE ARCE. 2013. Acciones de Achalai para la recuperación del patrimonio sonoro musical prehispánico. *Revista Musical Chilena* 67, 219: 81–89.
- BLASCO BOSQUED, M. C.; L. J. RAMOS. 1976. Figuras de la cultura Bahía (Ecuador) del Museo de América de Madrid. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 3: 41–60.
<https://doi.org/10.15366/cupauam1976.3.003>.
- BOUASSE, H. 1986. *Tuyaux et résonateurs*. Tomo 2. París: Albert Blanchard.
- CARLUCI, M. A. 1966. *Recientes investigaciones arqueológicas en la isla de La Plata (Ecuador)*. Quito: Editorial Universitaria.
- CARRILLO, C. 2014. *Entrevista personal* (M. Polanco, entrevistador).

- CASTELLENGO, M. 1969. *Paramètres sensibles d'un tuyau d'orgue à embouchure de flûte*. Bulletin du GAM 42.
- CASTELLENGO, M. 1976. *Contribution à l'étude expérimentale des tuyaux à bouche*. Tesis doctoral. París: Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- CASTELLENGO, M. 2015. *Ecoute musicale et acoustique*. París: Eyrolles.
- CRESPO, H. 1966. Nacimiento y evolución de la botella silbato. *Humanitas* 6, 1: 66-87.
- ESTRADA, V. E. 1957. *Prehistoria de Manabí*. Guayaquil: Museo Víctor Emilio Estrada.
- ESTRADA, V. E. 1962. *Arqueología de Manabí central*. Guayaquil: Museo Víctor Emilio Estrada.
- FABRE, B. 2008. Instruments de la famille des flûtes. En *Acoustique des instruments de musique*, A. Chaigne y J. Kergomard, pp. 469-510. París: Belin.
- FERNÁNDEZ, J. 2007. *Diccionario de Cerámica*. Vol. 1. Buenos Aires: Condorhuasi.
- GARRETT, S.; D. K. STAT. 1977. Peruvian Whistling Bottles. *The Journal of the Acoustical Society of America* 62, 2: 449-453. <http://www.peruvianwhistles.com/jasa.html>.
- GARTELMANN, K. D. 2006. *Las huellas del jaguar: culturas antiguas en el Ecuador*. Quito: Trama.
- GÉRARD, A. 2009. Sonidos «ondulantes» en silbatos dobles arqueológicos: ¿una estética ancestral reiterativa? *Revista Española de Antropología Americana* 39, 1: 125-144.
- GÉRARD, A. 2011. El sonograma: una representación práctica de los sonidos. *Revista Boliviana de Física* 18: 37-49.
- GÉRARD, A. 2015. Tara: la estética del sonido pulsante. Una síntesis. En *Flower World: Music Archaeology of the Americas*, eds. M. Stöckli y M. Howell, vol. 4, pp. 43-64. Berlín: Ekho Verlag.
- GUDEMOS, M. 2020. *Arqueomusicología ecuatoriana. Conociendo a los músicos precolombinos a través de sus instrumentos*. Montevideo: Museo de Arte Precolombino e Indígena (MAPI) e Intendencia de Montevideo.
- GUDEMOS, M.; J. CATALANO. 2009. El cuerpo del sonido: flautas antropomorfas de tradición Bahía. *Revista Española de Antropología Americana* 39, 1: 195-218.
- GUTIÉRREZ USILLOS, A. 1998. *Interrelación hombre-fauna en el Ecuador prehispánico*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GUTIÉRREZ USILLOS, A. 2011. *El eje del universo: chamanes, sacerdotes y religiosidad en la cultura Jama Coaque del Ecuador prehispánico*. Madrid: Museo de América, Ministerio de Cultura.
- HIRSCHBERG, A. ET ALII. 1990. Jet Drive and Edgetone in Flue Organ Pipes. Original presentado al *Coloquio sobre modelos físicos ACROE-INPG (Grenoble, Francia)*.
- HOLM, O. 1961. *La técnica alfarera de Jatumpamba (Ecuador)*. Cuadernos de Historia y Arqueología 27. Guayaquil: Casa de la Cultura.
- HOLM, O. 2001. *Lanzas silbadoras y otras contribuciones de Olaf Holm al estudio del pasado del Ecuador*. Tomos I y II. Editado por K. E. Stothert. Quito: Banco Central del Ecuador.
- HORNOSTEL, E. M. VON. 1985. *Ensayo de una clasificación sistemática de los instrumentos musicales*. Traducción de *Systematik der Musikinstrumente* por E. Bermúdez. *Revista Colombiana de Investigación Musical* 1, 1.
- HORNOSTEL, E. M. VON; C. SACHS. 1914. Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch. *Zeitschrift für Ethnologie* 46, 4-5: 553-590. Berlín.
- HUERTA R., F. 1940. Una civilización precolombina en Bahía de Caráquez. *Revista del Colegio Nacional Vicente Rocafuerte* 51: 85-96. Guayaquil.
- IDROVO U., J. 1987. *Instrumentos musicales prehispánicos del Ecuador*. Cuenca: Museo del Banco Central del Ecuador.
- JERVIS, C. 2011. *Ficha de categorización botella silbato Bahía*. Guayaquil: Museo de Arqueología y Antropología del Ministerio de Cultura del Ecuador.
- LEIPP, E. 1984. *Acoustique et musique*. París: Masson.
- LINARES GONZÁLEZ, J.; F. HUERTAS GARCÍA; J. CAPEL MARTÍNEZ. 1983. La arcilla como material cerámico. Características y comportamiento. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 8: 479-490.
- MACKENZIE, D. A. 2000. *América precolombina*. Madrid: Edimat Libros.
- MARCOS, J.; P. NORTON. 1981. Interpretación sobre la arqueología de la isla de La Plata. *Miscelánea Antropológica Ecuatoriana* 1: 136-154.
- MEGGERS, B. 1966. *Ecuador. Ancient Peoples and Places* 49. Londres: Thames and Hudson.
- MELÉNDEZ R., J. E. 2010. *Mecánica de fluidos*. Portuguesa, Venezuela: Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Cojedes.

- MILLA, Z. 1991. *Introducción a la semiótica del diseño andino precolombino*. Lima: Eximpress.
- ORTIZ, L. 1981. *Pasado antiguo del Ecuador: evolución social*. Quito: Consejo Provincial de Pichincha.
- PÉREZ DE ARCE, J. 1982. *La música en América precolombina*. Santiago: Museo Chileno de Arte Precolombino.
- PÉREZ DE ARCE, J. 2004. Análisis de las cualidades sonoras de las botellas silbadoras prehispánicas de los Andes. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* 9: 9-33.
- PÉREZ DE ARCE, J. 2006. Whistling Bottles: Sound, Mind and Water. Music Archaeology of the Americas. Trabajo presentado al *4th Symposium of the International Study Group on Music Archaeology*.
- PÉREZ DE ARCE, J. 2015. Flautas arqueológicas del Ecuador. *Resonancias* 19, 37: 47-88. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- PÉREZ DE ARCE, J.; F. GILL. 2013. Clasificación Sachs-Hornbostel de instrumentos musicales: una revisión desde la perspectiva americana. *Revista Musical Chilena* 67, 219: 42-80. Santiago de Chile.
- POLANCO, M.; M. AYALA; T. ESPINOSA. 2015. Botellas silbato, sonidos ocultos en el tiempo. *Axioma* 14: 63-73.
- TOPOROV, V. ET ALII. 2002. *Árbol del Mundo*. La Habana: Criterios, Casa de las Américas.
- VALDIVIA, E. (S. F.). *Sonidos de América*. Investigación: *Sonidos Navegantes*. Grabación: R. Carrera y C. Segre.
- VÁZQUEZ VARELA, J. M. 2003. Aproximación etnoarqueológica a la temperatura de cocción de la cerámica. *Gallaecia* 22: 407-412.
- VERGE, M. P. 1995. *Aeroacoustics of Confined Jets with Applications to the Physical Modeling of Recorder-Like Instruments*. La Haya: CIP-Data Koninklijke Bibliotheek.
- ZABALA, L. 2013. *Hoja de práctica, ensayo*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

RESEARCH ARTICLE

**INSCRIPCIONES JEROGLÍFICAS MAYAS MISCELÁNEAS
SOBRE CERÁMICA DEL CLÁSICO TEMPRANO EN EL
PARQUE NACIONAL TIKAL, GUATEMALA**

*Miscellaneous Maya Hieroglyphic Inscriptions on Early
Classic Pottery from Tikal National Park, Guatemala*

Dmitri Beliaev

Centro de Estudios Mesoamericanos Yuri Knórozov, Facultad de Historia, Universidad
Estatad Rusa de Humanidades, Moscú, Rusia; ✉ lakamha@mail.ru



Figura 1. Fragmento PNTF-104. Foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», con permiso de la Dirección de Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes y del Parque Nacional Tikal, Guatemala.

Recibido: 1-12-2021. Aceptado: 9-12-2021. Publicado: 20-12-2021.

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. *Arqueol. Iberoam. Open Access Journal.*
License CC BY 3.0 ES. <https://n2t.net/ark:/49934/257>. <http://purl.org/aia/4807>.

RESUMEN. El proyecto «Atlas Epigráfico de Petén, Fase I», llevado a cabo en 2013, estaba orientado a la documentación y análisis de las inscripciones mayas preservadas en el Parque Nacional Tikal. Durante el trabajo con las colecciones cerámicas del Centro de Conservación e Investigación de Tikal (CCIT), fueron redocumentados varios fragmentos con textos jeroglíficos que hasta ahora no habían recibido mucha atención por parte de los epigrafistas. Uno de ellos proporciona información sobre la cuenta dinástica de un desconocido linaje real del Petén y otro contiene la mención más temprana del enigmático título ‘tumam’.

PALABRAS CLAVE. Tierras Bajas; Petén; Tikal; cerámica; epigrafía maya.

ABSTRACT. The “Epigraphic Atlas of Peten, Phase I” project, carried out in 2013, was oriented to the documentation and analysis of Maya inscriptions preserved in Tikal National Park. During the field work with the ceramic collections of the Tikal Conservation and Research Center (CCIT), were re-documented several fragments with hieroglyphic texts that had not received much attention from epigraphists until now. One of them provides information on the dynastic account of an unknown royal lineage from the Peten, and another contains the earliest mention of the enigmatic title ‘tumam’.

KEYWORDS. Maya Lowlands; Peten; Tikal; pottery; Mayan epigraphy.

INTRODUCCIÓN

El sitio arqueológico de Tikal fue una de las ciudades más importantes de las Tierras Bajas mayas durante el periodo Clásico (250-900 AD). La historia de este asentamiento empieza en el Preclásico Medio pero, según las fuentes escritas, la dinastía fue fundada por *Yax Ehb Xook*, quien gobernó alrededor del 85 AD (Martin 2003). La historia dinástica de Tikal continuó hasta finales del siglo IX AD.

El proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», del Centro Ruso-Guatemalteco de Estudios Mayas Yuri Knórovov (CEMYK), inició sus actividades en abril de 2013 con uno de sus primeros proyectos arqueológicos centrado en el sitio de Tikal. La primera fase se enfocó en la documentación, análisis y lectura de los textos jeroglíficos de los monumentos y objetos muebles del Parque Nacional Tikal. Durante esa temporada se logró documentar un total de 149 monumentos prehispánicos (sin contar las estelas, altares lisos y elementos de escultura arquitectónica); de ellos, 110 contenían inscripciones jeroglíficas o glifos aislados. El trabajo con el material cerámico y de plástica menor mostró la riqueza de los datos epigráficos que se preservan en este tipo de objetos (Beliaev *et al.* 2015).

LOS TEXTOS CERÁMICOS

El Centro de Conservación e Investigación de Tikal (CCIT), construido con el apoyo del Gobierno de Ja-

pón, conserva actualmente una gran colección de objetos cerámicos procedentes de varios proyectos arqueológicos y de programas de rescate regionales.¹

Muchos de los fragmentos cerámicos del Clásico Temprano fueron recuperados en Tikal durante los trabajos del «Proyecto Nacional Tikal», desarrollado entre los años 1979 y 1984 con el objetivo de estudiar el complejo de Mundo Perdido y su zona habitacional dependiente (Iglesias 1987, 1988, 1989; Laporte 1989; Laporte y Fialko 1995; Laporte e Iglesias 1999). Entre ellos, destacan los materiales excavados en los grupos 6C-XVI y 6D-V.

El Grupo 6D-V (Grupo 6D-2 según William Haviland) pertenece a un conjunto de grupos habitacionales asociados con la Aguada Madeira y se ubica a unos 90 m al este de esta aguada y 140 m al sur del conjunto ‘Plaza de los Siete Templos’. Consta de 9 estructuras agrupadas alrededor de la plaza rectangular. El edificio más importante era un pequeño palacio de 6 cuartos (6D-20) en el lado oeste de la plaza. La ocupación del grupo empezó en el Clásico Temprano, cuando estaba asociado con el Grupo 6C-XVI, un conjunto muy importante (Laporte e Iglesias 1999: 43-47).

Fue explorado en 1963 por los arqueólogos de la Universidad de Pennsylvania cuando se hicieron dos pozos de sondeo en la plaza (Haviland 2014: 337). En 1983-84, el grupo fue excavado por María Josefa Iglesias, de la Universidad Complutense de Madrid (Igle-

¹ Véase Krempel *et al.* (2021) para la discusión de dos textos del Clásico Tardío de la tradición de Xultun.

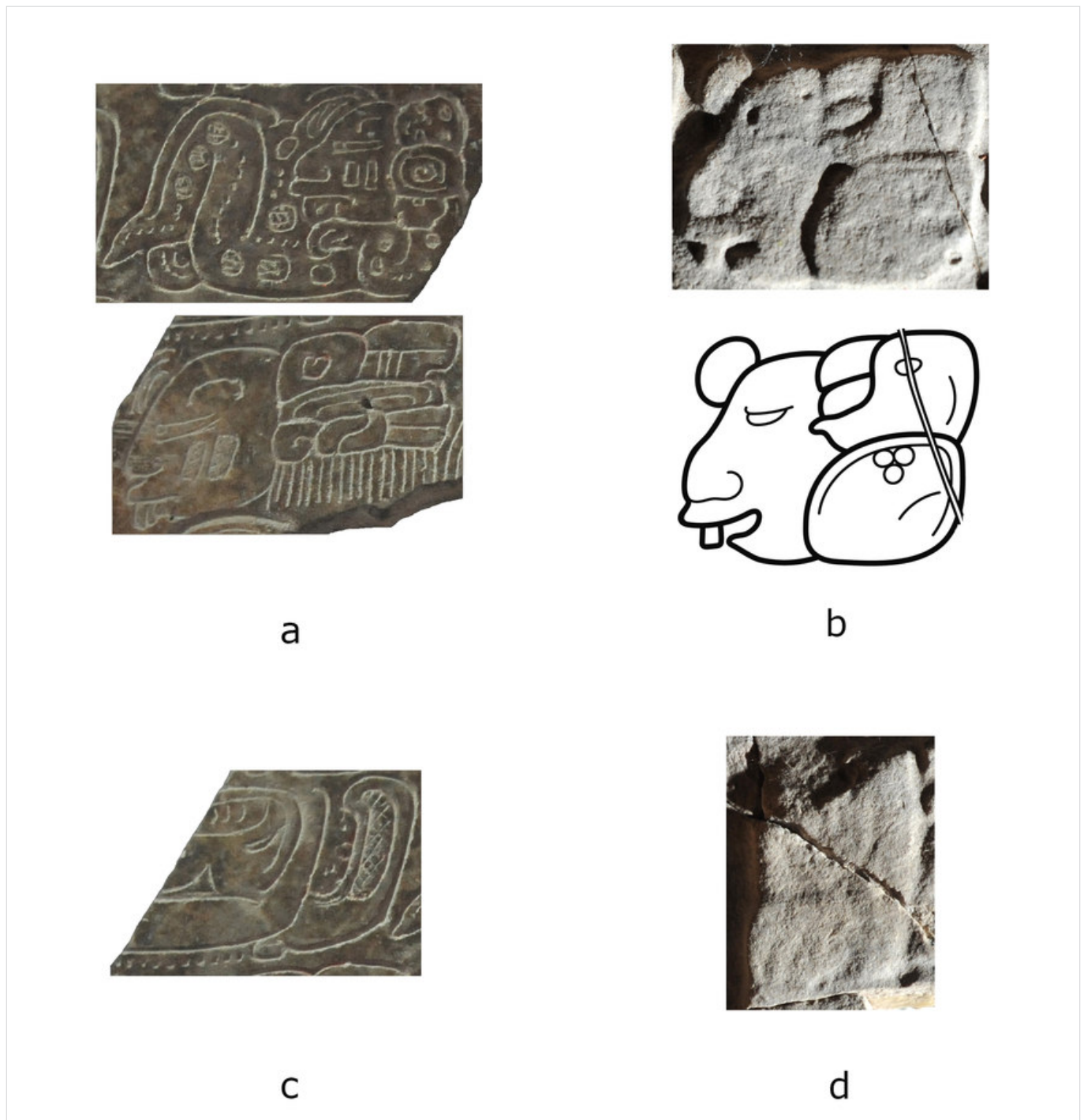


Figura 2. Los glifos nominales en el fragmento PNTF-104: a) *Ix Unen Bahlam*, pB2-pA3 (foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén»); b) glifo nominal de *Ix Abkul K'ihnich*, El Zapote, Estela 1 (foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», dibujo de Philipp Galeev); c) PNTF-104, pB2; d) El Zapote, Estela 1, bloque C4 (fotos del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén»).

sias 1987, 1988). Uno de los descubrimientos más importantes fueron dos depósitos problemáticos.

Se considera que el Depósito Problemático 21 (DP 21) es la concentración más grande de material del Clásico Temprano procedente de Tikal. Incluía más de 175 000 fragmentos de cerámica, 7000 elementos líticos, 300 piezas de concha trabajada y 600 fragmentos de hueso laborado (Iglesias 1988: 28).

FRAGMENTO CERÁMICO PNTF-104: UNA REVISIÓN

El hallazgo epigráfico más importante dentro del DP 21 (Lote 2, suboperación 5 de la operación 74) fue el fragmento cerámico PNTF-104. Era parte de una vasija cilíndrica o cuenco profundo de tipo 'Pucté Indeterminado Planorrelieve' (García Campillo *et al.* 1990:



Figura 3. Fragmento PNTF-105. Foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», con permiso de la Dirección de Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes y del Parque Nacional Tikal, Guatemala. Dibujo de Albert Davletshin.

38) o ‘Delirio Planorrelieve’ (María Josefa Iglesias, comunicación personal, 2021). Tiene una altura máxima de 7,9 cm y un ancho máximo de 9,5 cm. Se preservaron siete bloques glíficos (pA1-pA4) organizados en dos columnas (figura 1).

García Campillo y sus colegas (1990: 38-40) identificaron el nombre y títulos femeninos que se refieren al nacimiento de *Ix Unen Bahlam*, la reina temprana de Tikal, quien gobernó a inicios del siglo IV AD (Martin y Grube 2000: 26-27; Guenter 2002: 15-17; Martin 2002: 58-59). Más tarde, Simon Martin reconsideró el género de esta persona (Martin 2003: 9), por lo cual es mencionado en varias publicaciones como el gobernante masculino *Unen Bahlam* (Martin y Grube 2008: 27; Bassie-Sweet 2021: 58, 165).

Sin embargo, los argumentos para esta reinterpretación no son tan convincentes. Como hace notar Martin, las cabezas en los bloques pB2 y pA3 tienen los incisivos muy grandes (figura 2a) y esta característica está frecuentemente asociada con el Dios del Maíz (Martin 2002: 58).

Este rasgo aparece en los nombres femeninos, como, por ejemplo, en el glifo nominal de *Ix Abkul K’ihnich* en la Estela 1 de El Zapote (figura 2b). Además, el nom-

bre del Dios del Maíz nunca acompaña a glifos emblemas y en la posición pA3 tenemos la misma cabeza con un mechón en la frente y grandes incisivos frente al glifo emblema de Tikal. El título *’unaabnal K’ihnich* (posición pB3) también era uno de los títulos dinásticos de Tikal y se empleaba en los contextos históricos o «cuasi históricos» —como el texto del Templo VI (Beliaev *et al.* 2016)—, pero nunca aparece con el nombre del Dios del Maíz u otras deidades.

El segundo verbo en la posición pA2 queda sin lectura. Tiene forma de logograma CHUM con un signo inscrito dentro (figura 2c). Es muy parecido al logograma WINIK, pero el elemento superior (idéntico al silabograma *le*) lo distingue de variantes conocidas del Clásico Temprano.

Otra opción podría ser el logograma NAHB (Martin 2002: 59) que se encuentra abajo, en el título *Unaabnal K’ihnich* y se ve distinto. La tercera posibilidad es el logograma HUN (Alexandre Tokovinine, comunicación personal, 2021). Un signo parecido se halla también en la inscripción de la Estela 1 de El Zapote (posición C4) como parte del nombre o título (figura 2d). Probablemente, tenemos un nuevo logograma con lectura desconocida.

Transliteración

(pA1) ... (pB1) SIJ-ja-? (pA2) ?-la-ja (pB2) 'IX-UNEN-BALAM (pA3) 'IX-KUK?/MUT?- 'AJAW (pB3) NAHB-NAL (pA4) ...

Transcripción

... *sijyaj**laj 'Ix 'Unen Bahlam 'Ix Kuk[u'l] / Mut[u'l] 'ajaw [u]naahbnal [K'ihnich]* ...

Traducción

... fue nacida ... *Ix Unen Bahlam*, la reina de Tikal, *'unaahbnal K'ihnich* ...

En conclusión, la revisión del texto sobre el fragmento PNTF-104 confirma las ideas originales de García Campillo *et al.* (1990) y Martin (2002) de que el texto se refiere a la reina de Tikal llamada *Ix Unen Bahlam* y no a un gobernante masculino. El esquema de los gobernantes tempranos de Tikal, propuesto por Martin y Grube (2000: 26-27), debe ser restaurado.

Fragmento cerámico PNTF-105

El segundo depósito problemático, localizado al sur del Grupo 6D-V, no fue analizado en detalle. Sin embargo, contenía materiales importantes, especialmente el fragmento cerámico PNTF-105. Procede de un lote de superficie (Lote 1) de la suboperación 70 (María Josefa Iglesias, comunicación personal, 2021). Es de pequeño tamaño (5,7 cm de alto y 6,3 cm de ancho). Perteneció al Complejo Cerámico Manik 3; su pasta es dura, de color amarillo, y no presenta huellas de engobe. Posiblemente, formaba parte de un cuenco semiglobular o profundo. Fue esculpido en relieve con la inscripción jeroglífica y una escena que no se preservó. Se pueden apreciar cuatro bloques glíficos completos y los restos de tres bloques más (figura 3). No hay duda de que los glifos se organizaban en dos columnas verticales.

El bloque pA1 no se puede identificar porque se preservaron solo las líneas inferiores. El bloque pA2 consta del silabograma 'u y la variante temprana del logograma WAY. El contexto de la frase indica que podría ser una inscripción abreviada de 'u-WAY-bi, 'u-wayib, «su santuario». El bloque pB2 es el nombre del dueño. Está formado por los signos YAX sobre la forma completa del signo TOK y el signo silábico ma. El pedestal de TOK está perforado por una espina o punta de pro-

yectil que corresponde al logograma JUL. En conjunto, ofrecemos la lectura YAX-TOK[JUL]-ma, *Yax Tok Julom*.

El texto continúa con la cuenta dinástica: el bloque pA3 registra el número 21 y el bloque pB3 es el título TZ'AK-bu-'AJAW, *tzakbu[ul] 'ajaw*, «el sucesor» (literalmente, «el señor de generaciones»). Es interesante que el autor del texto, probablemente, se confundió y, al inicio, quería escribir '5' en vez de '1' y los fragmentos del signo de barra se quedaron trazados en el tiesto. Por la estructura común de la secuencia de la cuenta dinástica, se supone que los bloques siguientes deberían contener el nombre del fundador de la dinastía. Desgraciadamente, solo se pueden distinguir los elementos superiores del logograma K'INICH en pB4.

Transliteración

(pA1) ... (pB1) destruido (pA2) 'u-WAY (pB2) YAX-TOK[JUL]-ma (pA3) 'u-21 (pB3) TZ'AK-bu-'AJAW (pA4) ... (pB4) K'INICH-...

Transcripción

... *'u-way[ib] Yax Tok Julom 'u-ju'n-winak-tzakbu[ul] 'ajaw ... K'ihnich* ...

Traducción

... el santuario de *Yax Tok Julom*, el 21.º sucesor de ... *K'ihnich* ...

Por el estilo general, la inscripción se fecha dentro del Clásico Temprano. El lapso más estrecho se puede precisar gracias a las observaciones paleográficas. El logograma 'AJAW (pB3) pertenece al Diseño 2 identificado por Alfonso Lacadena. Esta variante se distingue por una innovación que afectó al elemento gráfico izquierdo del signo, que fue reemplazado por un elemento romboide de lados curvos. Este diseño gráfico se registra por primera vez en el Petén central desde 416-435 AD (Lacadena 1995: 120-122). Por lo tanto, el fragmento puede ubicarse en el siglo V AD. Esta datación se corresponde bien con la ubicación arqueológica de los depósitos problemáticos del Grupo 6D-V en la fase Manik 3 (378-550 AD).

Aunque incompleto, el texto del fragmento PNTF-105 presenta información bastante interesante. La inscripción, al parecer, tenía carácter histórico y no dedicatorio. Posiblemente, se mencionaba la dedicación de



Figura 4. Fragmento PNTF-113. Foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», con permiso de la Dirección de Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes y del Parque Nacional Tikal, Guatemala. Dibujo de Albert Davletshin.

un santuario que pertenecía a *Yax Tok Julom*, el rey de una dinastía desconocida. Sin embargo, debería ser una casa real bastante importante, fundada alrededor del siglo I AD, más antigua que la dinastía de Tikal, cuyos orígenes se remontan hacia finales del siglo I AD (Martin 2003).²

Fragmento cerámico PNTF-113

El grupo 6C-XVI es uno de los conjuntos arquitectónicos más emblemáticos del Tikal del Clásico Temprano. Las excavaciones bajo la dirección de Juan Pedro Laporte revelaron una larga secuencia constructiva, incluyendo edificios con elementos talud-tablero. Mucho material cerámico proviene del relleno constructivo (Laporte 1989).

El contexto arqueológico del PNTF-113 no está muy claro, ya que en las notas de campo no se identificó la operación sino solo la suboperación 2.2 y el Lote 1 (Ma-

ría Josefa Iglesias, comunicación personal, 2021). Probablemente, fue encontrado en el relleno constructivo. Es también pequeño (8,6 cm de alto y 6,6 cm de ancho), de pasta dura y color amarillo. Formaba parte de la base de un cuenco no muy profundo, decorado con los glifos en relieve, y está fechado en la fase Manik 3. Al parecer, la inscripción constaba de ocho bloques jeroglíficos agrupados en cuatro conjuntos de dos bloques cada uno. Solo cuatro bloques (pC-pD y pE-pF) se preservaron para poder leerlos (figura 4).

Los bloques pA y pB no se conservaron, salvo el posible silabograma *la* bajo el bloque B. El bloque pC incluye la parte derecha del logograma *K'ABA'*. Es la versión bastante típica del Clásico Temprano. Está seguido por la secuencia *yu-'UK'* en pD y *k'i-bi* en pE, identificando el objeto cerámico como *yuk'ib* o «el vaso para beber». La variante del signo silábico *k'i* registrada en PNTF-113 es muy rara y, en el futuro, podría proporcionar información para identificar la proveniencia del cuenco.

Aunque el bloque F se preservó parcialmente, puede ser identificado como *tu-ma*, *tuma[m]*. Este raro título fue detectado por Luis Lopes (s. a.), quien demostró que ese término aparece en varias inscripciones del Clásico Tardío. El primer ejemplo se encuentra en las ins-

² David Stuart (comunicación personal, 2020) comentó que el mismo apelativo *Yax Tok Julom* aparece mencionado en la inscripción de la Estela 16 de Dos Pilas (Houston 1993: 92, figs. 3-26) como el nombre del ancestro (*'u-mam*), posiblemente el Gobernante 3 de Dos Pilas. Queda por resolver si es el mismo señor o su tocayo más tardío.

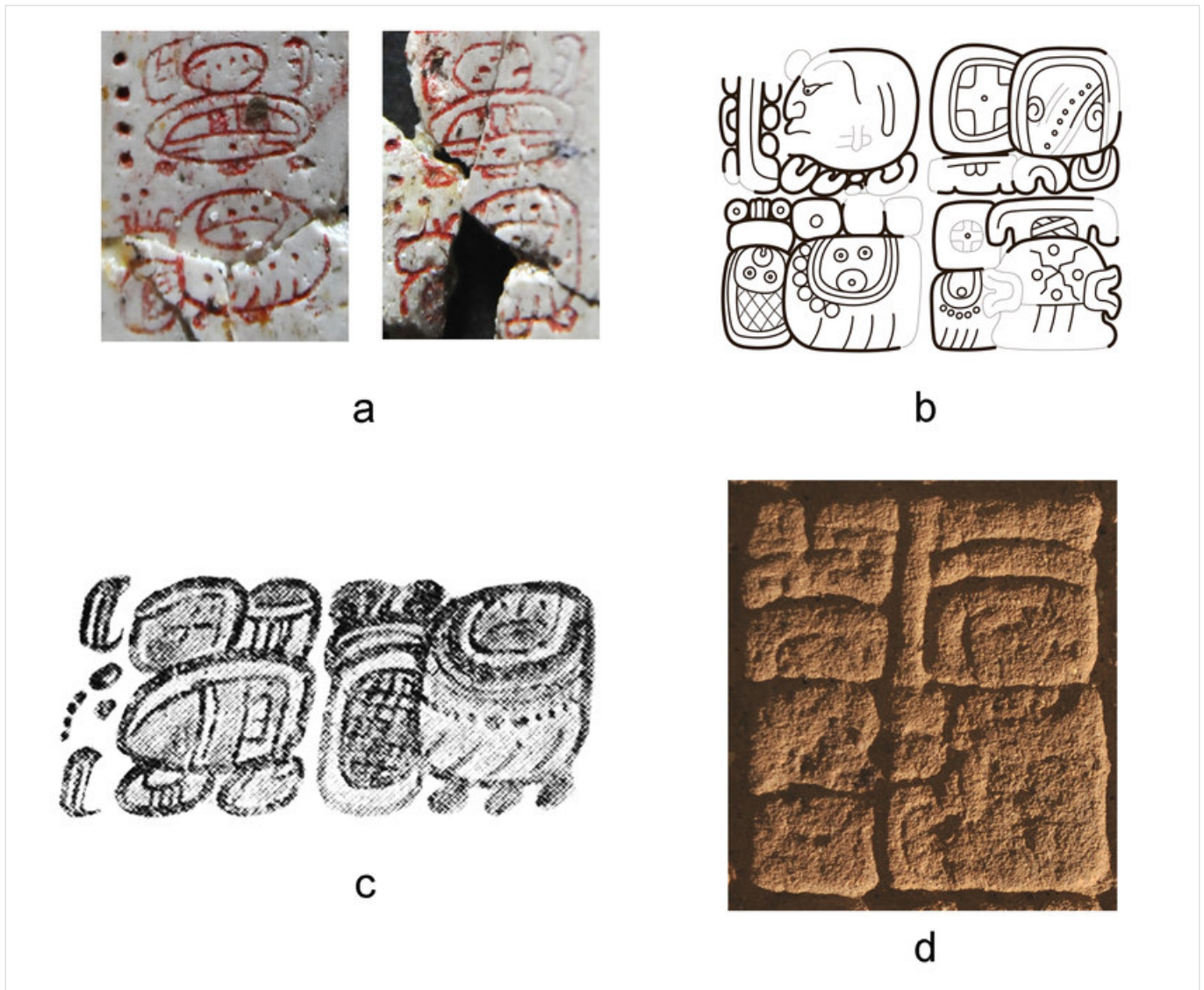


Figura 5. Ejemplos del título *tumam* en las inscripciones mayas: a) Tikal, MT-38A y MT-38B (foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», con permiso de la Dirección de Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes y del Parque Nacional Tikal, Guatemala); b) Tikal, Templo VI (dibujo de Philipp Galeev); c) vaso K927, H-I (tomado de Coe 1982: 109); d) Quirigua, Altar O', O'2 (foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», con permiso del Parque Arqueológico Quirigua).

cripciones sobre hueso MT-38A y MT-38B (figura 5a) del Entierro 116 de Tikal: (A1) 'u-JUKUB?-BAK (A2) ja-sa-wa (A3) ...-wa-ni (A4) 4-WINAK-HAB (A5) ²tu-ma, 'u-jukuub-baak Jasaw [Chan K'awiil] ...waan chan-winakhaab tumam, «la canoa de hueso de Jasaw Chan K'awiil ..., el *tumam* de cuatro 'katunes'» (Moholy-Nagy y Coe 2008: fig. 189). El uso de *tumam* con *chan-winakhaab*, «de cuatro 'katunes'» prueba su carácter titular.

Por otro lado, *tumam* puede tener una función nominal. En el texto del Templo VI de Tikal (Beliaev *et al.* 2016) se menciona a un gobernante legendario, *K'an Polaw Tumam*, quien gobernó en 456 AD (figura 5b). El rey de Naranjo *K'abk' Tiliw Chan Chaabk* (693-c.

730 AD) lleva el apelativo *Yajaw Tumam*, «el vasallo de Tumam» (vaso K927) (figura 5c). El ejemplo más tardío de *tumam* (escrito tu-MAM) aparece en el Altar O' de Quirigua (posición O'2), aunque el contexto no está muy claro (figura 5d).

En nuestro caso, no estamos seguros de cuál es la función de *tumam* debido a la condición incompleta del texto. Todos los casos conocidos se fechan en el Clásico Tardío, aunque recientemente Sergei Vepretskii (comunicación personal, 2020) identificó el deletreo glífico tu-MAM, *tumam*, en el Altar 21 de Caracol, en la secuencia de los epítetos de los dioses de Tikal relacionada con la fecha 562 AD. Hasta ahora, la inscripción PNTF-113 es la mención más temprana de ese título.



Figura 6. Fragmento PNTF-112. Foto del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén», con permiso de la Dirección de Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes y del Parque Nacional Tikal, Guatemala.

Transliteración

(pA) ... (pB) ...-la? (pC) ...-K'ABA' (pD) yu-'UK'
 (pE) k'i-bi (pF) tu-ma (pG) destruido (pH) destruido

Transcripción

... l'u-k'aba' yuk'ib tuma[m] ...

Traducción

[...] es el nombre del vaso para beber de *tumam* [...]

El texto pertenece a la categoría de los textos dedicatorios, pero presenta la variante temprana que empieza con el nombre personal del objeto y la cláusula 'u-k'aba', «es su nombre». Textos de este tipo se ubican en el Clásico Temprano y se conocen en varios sitios arqueológicos desde Santa Rita Corozal, Belice, hasta Uaxactún, Petén y la región de Tikal. La forma paleográfica del logograma K'ABA' es muy parecida a la forma que se encuentra en el texto sobre una vasija con tapadera de la región de Tikal fechada en el gobierno de *Sihyaj Chan K'awil II* (411-457 AD) en Tikal. Por lo tanto, PNTF-113 también puede datarse en el siglo V AD.

Fragmento cerámico PNTF-112

El fragmento PNTF-112 fue encontrado en el relleno constructivo (Laporte 1989: 358). Era el más pequeño de todos los fragmentos (5,4 cm de alto y 4,4 cm de ancho) y el de peor preservación. Formaba parte de una vasija de forma no determinada de color crema, aunque en las notas de campo se compara con PNTF-105 y PNTF-113 (María Josefa Iglesias, comunicación personal, 2021). Solo presenta dos bloques glíficos bastante erosionados (figura 6).

El primer bloque (pA) consta de dos signos. El signo principal tiene forma ovoide y no se puede identificar. El signo superior es NAL. El segundo bloque (pB) consta de tres signos: empieza con el silabograma *ta*, seguido por dos signos más; el primero es la cabeza del dios joven del maíz (*IXIM*) y el segundo es el logograma *TE*'. En conjunto, presentan posiblemente el fragmento de una fórmula dedicatoria.

CONCLUSIONES

Las publicaciones anteriores del proyecto «Atlas Epigráfico de Petén» sobre Tikal se concentraron principalmente en los textos monumentales. Sin embargo, la riqueza del material cerámico con inscripciones jeroglíficas, recuperado en el curso de investigaciones arqueológicas o rescatado por las autoridades y preservado en los almacenes del Parque Nacional Tikal, hace urgente la revisión y publicación de estos fragmentos.

Los fragmentos cerámicos encontrados en los basureros o depósitos problemáticos raramente atraen la atención de los epigrafistas. Generalmente, se considera que carecen de información histórica o lingüística relevante. El análisis de los fragmentos excavados por el «Proyecto Nacional Tikal» demuestra la importancia de estos textos incompletos. La larga cuenta dinástica del fragmento PNTF-105 nos obliga a empezar la búsqueda de la localización de la dinastía del gobernante *Yax Tok Julom* mencionado en la inscripción. Aunque

el texto de PNTF-113 no puede ubicarse dentro de ninguna tradición escrituraria maya del Clásico Temprano, el uso del término *tumam* puede indicar que está relacionado con Tikal, donde aparece con más frecuencia y está vinculado con los títulos reales y los dioses patronos. Todo lo anterior indica que incluso los textos fragmentarios tienen un gran potencial informativo en el contexto del análisis comparativo del corpus de las inscripciones jeroglíficas.

Agradecimientos

Agradezco a Albert Davletshin por los dibujos de las inscripciones y las aportaciones al análisis de los textos y a María Josefa Iglesias por los datos sobre el contexto arqueológico de los fragmentos cerámicos analizados. También agradezco a los colegas epigrafistas Stephen Houston, David Stuart, Alexandre Tokovinine y Sergei Vepretskii por sus comentarios. Expreso mi gratitud al Instituto de Antropología e Historia (IDAEH) de Guatemala y a la administración y el equipo del Parque Nacional Tikal, en especial a Mónica Pellecer, Oswaldo Gómez y Elisabeth Marroquín, por su apoyo. El presente estudio fue financiado por el contrato estatal del Ministerio de Ciencia y Educación Superior de la Federación de Rusia (proyecto FSZG-2020-0019, n.º de registro AAAA-A20-120070890028-5).

Sobre el autor

DMITRI BELIAEV (lakamba@mail.ru) es Doctor en Historia por la Universidad Estatal Rusa de Humanidades (UERH), Moscú. Sus líneas de investigación se centran en la epigrafía maya y la evolución de las sociedades complejas tempranas. Es profesor asociado del Centro de Estudios Mesoamericanos Yuri Knórovov, Facultad de Historia de la UERH, e investigador de la Universidad Nacional de Investigación 'Escuela Superior de Economía' (Moscú) y del Instituto de Antropología y Etnología de la Academia de Ciencias de Rusia. Desde el año 2013 dirige el proyecto «Atlas Epigráfico de Petén» (Guatemala).

REFERENCIAS CITADAS

- BASSIE-SWEET, K. 2021. *Maya Gods of War*. Boulder: University Press of Colorado.
- BELIAEV, D.; M. DE LEÓN; A. TOKOVININE; S. VEPRETSKII; C. LUIN; P. ARAGÓN; P. GALEEV; A. CANAN. 2015. Proyecto Atlas Epigráfico de Petén, Fase I: resultados de la temporada 2013. En *XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (2014)*, editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y L. Paiz, pp. 675-686. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

- BELIAEV, D.; M. DE LEÓN ANTILLÓN; P. GALEEV; S. VEPRETSKII. 2016. Nuevo estudio del Templo VI (Templo de las Inscripciones) de Tikal, Guatemala. *Arqueología Iberoamericana* 29: 28-37.
- COE, M. D. 1982. *Old Gods and Young Heroes: The Pearlman Collection of Maya Ceramics*. Jerusalén: Israel Museum.
- GARCÍA CAMPILLO, J. M.; M. J. IGLESIAS; A. LACADENA; L. T. SANZ. 1990. Estudio de fragmentos cerámicos con inscripciones glíficas del Clásico Temprano de Tikal. *Mayab* 6: 38-44.
- GUENTER, S. 2002. *Under a Falling Star: The Hiatus at Tikal*. Tesis de maestría. Melbourne: La Trobe University.
- HAVILAND, W. A. 2014. *Excavations in Residential Areas of Tikal. Non-Elite Groups without Shrines: The Excavations*. Tikal Report 20A. Philadelphia: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.
- HOUSTON, S. D. 1993. *Hieroglyphs and History at Dos Pilas: Dynastic Politics of the Classic Maya*. Austin: University of Texas Press.
- IGLESIAS, M. J. 1987. *Excavaciones en el Grupo Habitacional 6D-V, Tikal, Guatemala*. Tesis doctoral. Madrid: Departamento de Historia de América II (Antropología de América), Universidad Complutense de Madrid.
- IGLESIAS, M. J. 1988. Análisis de un depósito problemático de Tikal, Guatemala. *Journal de la Société des américanistes* 74: 25-47.
- IGLESIAS, M. J. 1989. Los depósitos problemáticos de Tikal. En *Memorias del II Coloquio Internacional de Mayistas*, t. I, pp. 555-568. Ciudad de México: Centro de Estudios Mayas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- KREMPEL, G.; S. MATTEO; D. BELIAEV. 2021. Two Vessels from Xultun Workshops in the Tikal Center for Conservation and Research. *Textdatenbank und Wörterbuchdes Klassischen Maya. Research Note* 25. Universität Bonn. <https://doi.org/10.20376/IDIOM-23665556.21.rn023.en>.
- LACADENA, A. 1995. *Evolución formal de las grafías escriturarias mayas: implicaciones históricas y culturales*. Tesis doctoral. Madrid: Departamento de Historia de América II (Antropología de América), Universidad Complutense de Madrid.
- LAPORTE, J. P. 1989. *Grupo 6C-XVI, Tikal, Petén, Guatemala. Alternativas del Clásico Temprano en la relación Tikal-Teotihuacan*. Tesis doctoral. Ciudad de México: UNAM.
- LAPORTE, J. P.; V. FIALKO. 1995. Un reencuentro con Mundo Perdido, Tikal, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* 6: 41-94.
- LAPORTE, J. P.; M. J. IGLESIAS. 1999. Más allá de Mundo Perdido: investigación en grupos residenciales de Tikal. *Mayab* 12: 32-57.
- LOPES, L. (s. a.). *Some Notes on a Rare Title*. Manuscrito no publicado en posesión del autor.
- MARTIN, S. 2002. The Baby Jaguar: An Exploration of its Identity and Origins in Maya Art and Writing. En *La Organización Social entre los Mayas. Memoria de la Tercera Mesa Redonda de Palenque*, vol. I, coords. V. Tiesler Blos, R. Cobos y M. Greene Robertson, pp. 49-78. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad Autónoma de Yucatán.
- MARTIN, S. 2003. In Line of the Founder: A View of Dynastic Politics at Tikal. En *Tikal: Dynasties, Foreigners, and Affairs of State. Advancing Maya Archaeology*, editado por Jeremy A. Sabloff, pp. 3-45. Santa Fe.
- MARTIN, S.; N. GRUBE. 2000. *Chronicle of the Maya Kings and Queens: Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*. Londres: Thames and Hudson.
- MARTIN, S.; N. GRUBE. 2008. *Chronicle of the Maya Kings and Queens: Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*. 2.^a ed. Londres: Thames and Hudson.
- MOHOLY-NAGY, H.; W. R. COE. 2008. *The Artifacts of Tikal: Ornamental and Ceremonial Artifacts and Unworked Materials*. Tikal Report 27A. Philadelphia: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.
- STUART, D. 2004. *A Possible Logogram for TZ'AP*. Mesoweb: <<https://www.mesoweb.com/stuart/notes/tzap.pdf>>.

RESEARCH ARTICLE

SOBRE LA LEY DEL COLAPSO DE LAS CIVILIZACIONES SEGÚN LA ARQUEOLOGÍA DE LOS FENÓMENOS SOCIALES

On the Law of Collapse of Civilizations according to the Archaeology of Social Phenomena

Pascual Izquierdo-Egea

Laboratory of Theoretical Archaeology, Spain
(✉ arqueologia@laiesken.net)

RESUMEN. *La naturaleza nomotética de la «arqueología de los fenómenos sociales» está permitiendo formular nuevas leyes. La «ley del colapso de las civilizaciones» sostiene que las sociedades colapsan cuando la conflictividad interna y/o externa es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica.*

PALABRAS CLAVE. *Ley; colapso; civilizaciones; arqueología; fenómenos sociales.*

ABSTRACT. *The nomothetic nature of the “archaeology of social phenomena” makes it possible to formulate new laws. The “law of collapse of civilizations” holds that societies collapse when internal and/or external conflict is very high in a context of acute economic crisis.*

KEYWORDS. *Law; collapse; civilizations; archaeology; social phenomena.*

INTRODUCCIÓN

Algunos fenómenos sociales fundamentales que explican el comportamiento de las sociedades antiguas dejaron su huella material en el registro funerario.¹ Estos pueden ser detectados, aislados, observados y medidos mediante técnicas cuantitativas que nacieron a partir del *método de valoración contextual* de los ajuares mortuorios (1990) y se desarrollaron posteriormente al amparo de la *arqueología de los fenómenos sociales* (AFS) o *arqueonomía* (2014). Esta última constituye el campo de investigación más avanzado de la arqueolo-

gía actual, el cual está convirtiendo a esta disciplina social en una verdadera ciencia nomotética capaz de formular leyes generales confirmadas empíricamente.

En otras palabras, la observación cuantitativa del registro funerario permite inferir leyes cuando los parámetros que miden algunos fenómenos sociales manifiestan una regularidad permanente en todos los casos analizados. Esas leyes, plasmadas en sendas ecuaciones, explican y predicen fenómenos sociales del pasado y del mundo actual. Esto último evidencia la conexión del presente con el pasado a través de la arqueología como verdadera ciencia social.

Dichas leyes explican el comportamiento de las sociedades antiguas a lo largo del tiempo en función de una serie de parámetros —el estado de la economía indicado por la riqueza relativa (R), la desigualdad social (D), la conflictividad (C), la demografía de la población representada (P), el nivel de recursos disponibles

¹ «Los fenómenos sociales, a pesar de su complejidad, no dejan de estar sometidos a las leyes de la naturaleza. No son más que fenómenos naturales generados por el comportamiento humano en comunidad. Y pueden inferirse a partir del registro mortuario observando sus variaciones en función del tiempo mediante técnicas cuantitativas» (PIE 2019b: 68; 2020a: 29).

Recibido: 8-12-2021. Aceptado: 15-12-2021. Publicado: 22-12-2021.

(A), el índice de cambio cultural, el riesgo de colapso (K) y el de guerra (G), el grado de desarrollo cultural, el índice de estado de una sociedad, la reversibilidad del proceso social, la cohesión o la estabilidad de una sociedad— que miden los fenómenos sociales inferidos a partir del registro funerario (PIE 2012a, 2017a, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b, 2021; Flores e Izquierdo-Egea 2018).

LA LEY DEL COLAPSO DE LAS SOCIEDADES

¿Cuándo colapsan las civilizaciones? Muchos han tratado de responder a esa crucial cuestión que tanto interés ha despertado siempre (v. g. Tainter 1988; Haug *et al.* 2003; López Luján *et al.* 2006; Yaeger y Hodell 2008; Butzer y Endfield 2012; Medina-Elizalde y Rohling 2012; entre muchos otros). Aquí se ofrece una respuesta estrictamente científica basada en evidencias empíricas.

Como la ley fundamental de la AFS sostiene que *los fenómenos sociales quedan registrados en los restos materiales de una sociedad* (PIE 2019b: 68), especialmente en los ajueres funerarios, el colapso de una civilización también podrá ser detectado y medido a partir de esa información material. Esto ha sido demostrado empíricamente, de forma irrefutable, en casos tan dispares como la Iberia protohistórica o la Mesoamérica prehispánica (Teotihuacan y la cuenca del río Balsas, México).

Las ecuaciones del colapso

La ecuación fundamental del colapso, la única hasta ahora publicada (PIE 2018b) que mide este parámetro social, nos dice que el riesgo de colapso (K) es directamente proporcional a la variación temporal de la conflictividad social ($iC = C/C_0$) e inversamente proporcional al estado o fluctuación de la economía, indicado por la variación temporal de la riqueza relativa ($iR = R/R_0$), respecto al momento anterior al considerado:

$$K = \frac{iC}{iR} \quad (1)$$

Esta simple ecuación expresa el enunciado general de la ley del colapso de las civilizaciones: *las sociedades colapsan cuando la conflictividad social es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica.*

Es decir, $(\Delta C \gg 0) + (\Delta R \ll 0) \rightarrow (\Delta K \gg 0)$. Se trata de la ecuación que mejor refleja todos los casos estudiados hasta ahora.

Sin embargo, al abordar el colapso teotihuacano (PIE 2021) observamos que la conflictividad interna (iC) apenas crece, mientras que la externa, es decir, el riesgo de guerra (G), sí aumenta de forma extraordinaria y tanto la población ($iP = P/P_0$) como los recursos ($iA = A/A_0$) disminuyen considerablemente. Todo esto obliga a matizar la primera ecuación con el propósito de encontrar una expresión que describa debidamente el colapso teotihuacano. De hecho, se puede ajustar con mayor precisión creando otro índice que mida el riesgo de colapso (K_a) multiplicando K por G (iC/iA):

$$K_a = K \cdot G \quad (2)$$

Combinando (1) y (2), obtenemos:

$$K_a = \frac{iC \cdot G}{iR} \quad (3)$$

Esta ecuación retrata mejor el colapso teotihuacano, sin embargo, falta incluir otros dos parámetros para describir todos los involucrados: los recursos (iA) y la población (iP). Esto se consigue creando un nuevo índice que mida el riesgo de colapso (K_b) de forma más aproximada y sea directamente proporcional a la conflictividad social (iC) y el riesgo de guerra (G) e inversamente proporcional a la riqueza relativa (iR), los recursos disponibles (iA) y la población representada (iP):

$$K_b = \frac{iC \cdot G}{iR \cdot iA \cdot iP} \quad (4)$$

Esta última ecuación describe perfectamente el colapso teotihuacano de la fase Metepec (c. 550-650 AD), tanto a nivel teórico como empírico. Lo mismo ocurre con la cuenca del río Balsas en el Clásico Tardío (PIE 2018b, 2018c).

Combinando $iC = iD/iR$ e $iC = iP/iA$ con $K = iC/iR$, obtenemos una nueva ecuación simple del colapso, inédita hasta ahora, donde $iD = D/D_0$:

$$K = \frac{iD}{iR^2} \quad (5)$$

Esta última permite enunciar la ley general del colapso en otros términos: *las sociedades colapsan cuando la desigualdad social (iD) es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica (iR).*

Podemos relacionar K_b con K_a sustituyendo la expresión (3) en la (4):

$$K_b = \frac{K_a}{iA \cdot iP} \quad (6)$$

También es posible vincular K_b con K reemplazando la expresión (1) en la (4) o la (2) en la (6):

$$K_b = \frac{K \cdot G}{iA \cdot iP} \quad (7)$$

Finalmente, sustituyendo la expresión (5) en la (7), obtenemos:

$$K_b = \frac{iD \cdot G}{iR^2 \cdot iA \cdot iP} \quad (8)$$

La ecuación (4) integra cinco parámetros y es la más aproximada a la hora de describir el colapso teotihuacano. Después abordaremos los distintos modelos empíricos analizados en función de la tendencia seguida por dichas variables, siendo el descrito por la referida expresión matemática el principal de todos ellos.

Es preciso remarcar que la teoría no se corresponde con la realidad emanada del registro material. Es decir, *a priori* podríamos esperar que las sociedades colapsen ($\Delta K \gg 0$) cuando la población es muy elevada ($\Delta P \gg 0$) en un contexto de aguda crisis económica ($\Delta R \ll 0$) y gran escasez de recursos ($\Delta A \ll 0$).

En otras palabras, las sociedades podrían colapsar cuando la población ha crecido en demasía y los recursos disponibles para sostenerla han menguado notoriamente en plena depresión económica, o sea, ($\Delta P \gg 0$) + ($\Delta A \ll 0$) + ($\Delta R \ll 0$) \rightarrow ($\Delta K \gg 0$):

$$K = \frac{iP}{iR \cdot iA} \quad (9)$$

Esta ecuación se deduce combinando las expresiones $K = iC/iR$ e $iC = iP/iA$. Sin embargo, en la práctica, es decir, en el registro arqueológico, esta ecuación de apariencia tan lógica a nivel teórico apenas se cumple. De hecho, solo se da en uno de los casos analizados: la fase de depresión o colapso en Los Villares (Albacete, España), como veremos más adelante.

Otra ecuación más compleja basada en la anterior, obtenida multiplicando las expresiones (9) y (1), resulta ser, a nivel meramente teórico, la más eficiente a la hora de medir y predecir con mayor precisión el riesgo de colapso incluyendo cuatro parámetros fundamentales:

$$K^2 = \frac{iP \cdot iC}{iR^2 \cdot iA} \quad (10)$$

Esta nueva expresión nos dice que las sociedades pueden colapsar ($\Delta K \gg 0$) cuando la población ($\Delta P \gg 0$) y

la conflictividad ($\Delta C \gg 0$) son muy elevadas en un contexto de aguda crisis económica ($\Delta R \ll 0$) y gran escasez de recursos ($\Delta A \ll 0$). Es decir, ($\Delta P \gg 0$) + ($\Delta C \gg 0$) + ($\Delta R \ll 0$) + ($\Delta A \ll 0$) \rightarrow ($\Delta K \gg 0$).

MODELOS EMPÍRICOS

Se han estudiado, siguiendo un enfoque intercultural, numerosos ejemplos empíricos basados en registros funerarios antiguos de diferentes civilizaciones, donde se constata el incremento temporal de cinco parámetros por orden lógico mediante una notación específica:² recursos disponibles (ΔA), población representada (ΔP), riqueza relativa que mide el estado de la economía (ΔR), conflictividad social (ΔC) y riesgo de guerra (ΔG). Todos estos factores permiten establecer la tendencia de la variable dependiente K (riesgo de colapso).

Observando la génesis del colapso ($\Delta K \gg 0$) en función de las tendencias de dichos parámetros, se aíslan diferentes *modelos de colapso* que siguen un patrón determinado.

Modelo general o teotihuacano

Corresponde a la fase Metepec de Teotihuacan (c. 550-650 AD), en el transcurso de la cual acontece el colapso de esta civilización de la Mesoamérica prehispánica (cf. PIE 2021). Lo siguen 8 de los 13 casos estudiados:

$$(\Delta A < 0) + (\Delta P < 0) + [(\Delta R < 0) + (\Delta C > 0) + (\Delta G > 0)]$$

Estas tendencias están perfectamente reflejadas (*vide supra*) en la ecuación (4). Según este modelo, la ley del colapso se enunciaría así: *las sociedades colapsan cuando la conflictividad interna y externa (guerra) es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica, gran escasez de recursos y notoria disminución de la población.*

Es decir, *sensu stricto*, el descenso tanto de los recursos (iA) como de la población (iP) y la economía (iR), unido al aumento de la conflictividad (iC) y la guerra (G), muestran cómo se produce el colapso de la civilización teotihuacana. Este es el modelo más repetido y, por tanto, el más generalizado.

² Se enmarcan entre corchetes las variaciones comunes, expresadas en incrementos, de los tres parámetros sociales que definen la ley general del colapso de las civilizaciones según todos los casos estudiados hasta ahora. También se indican en negrita las variables discordantes.

Lo encontramos en Monte Albán (México) durante el Clásico Tardío, Mailhac en Francia (c. 525-500 AC), Corinto en Grecia (c. 450-400 AC); o bien, en la Iberia del siglo V antes de nuestra era, en la Ampurias griega y el Bajo Ebro (c. 450-400 AC) y Cabezo Lucero (c. 450-425 AC), correspondiendo al marco cronológico de la crisis y colapso de la civilización ibérica antigua.

También, salvando la distancia espacial y temporal, se localiza dicho modelo en la sociedad argárica de la Edad del Bronce (sureste de la península ibérica) en su fase de colapso —representada por los asentamientos de Gatas (Almería), Lorca (Murcia) y Cuesta del Negro (Granada)— (cf. PIE 2012a, 2012b, 2015, 2016b, 2016c, 2017b).

Por su parte, la cuenca del río Balsas mantiene constante la población representada ($\Delta P = 0$) durante el Clásico Tardío y solo difiere en la tendencia de este parámetro respecto a Teotihuacan (cf. PIE 2016a, 2021), lo cual no es óbice para incluirla en el modelo general:

$$(\Delta A < 0) + (\Delta P = 0) + [(\Delta R < 0) + (\Delta C > 0) + (\Delta G > 0)]$$

Modelo Los Villares I

Sigue la ley general del colapso pero diverge del modelo teotihuacano en que la población representada crece ($\Delta P > 0$), no disminuye. La ecuación (10), aunque no incluye el índice G, es la que mejor refleja la tendencia de los restantes parámetros. Está representado por la necrópolis ibérica de Los Villares (Albacete, España) en su fase de depresión o colapso (c. 425-400 AC) (cf. PIE 2015):

$$(\Delta A < 0) + (\Delta P > 0) + [(\Delta R < 0) + (\Delta C > 0) + (\Delta G > 0)]$$

Modelo Los Villares II

Corresponde a la necrópolis anterior en su fase de recesión (c. 450-425 AC) (cf. PIE 2015):

$$(\Delta A < 0) + (\Delta P < 0) + [(\Delta R < 0) + (\Delta C < 0) + (\Delta G > 0)]$$

Es la única excepción a la regla general. Aparentemente, podría tratarse de un resultado anómalo, aunque como corresponde a la fase inicial de la crisis, es decir, a la de recesión, y no a la de depresión que desemboca en el colapso de la civilización ibérica antigua, su interpretación parece totalmente válida. Los Villares II seguiría el modelo de Teotihuacan si no fuera porque en esa necrópolis ibérica disminuye ligeramente la con-

flictividad social ($\Delta C < 0$) durante dicho periodo (c. 450-425 AC).

Modelo Cabezo Lucero-Gil de Olid

Por último, otros dos registros funerarios, los de Cabezo Lucero en Alicante y Gil de Olid en Jaén, España, ofrecen un modelo distinto para el momento más crítico de la civilización ibérica antigua, o sea, su depresión o colapso (c. 425-400 AC). Aunque los parámetros fundamentales que definen la ley general del colapso siguen la misma tendencia y, por tanto, cumplen escrupulosamente su enunciado, ocurre todo lo contrario con los recursos disponibles ($\Delta A > 0$) y la población representada ($\Delta P > 0$):

$$(\Delta A > 0) + (\Delta P > 0) + [(\Delta R < 0) + (\Delta C > 0) + (\Delta G > 0)]$$

LA LEY GENERAL DEL COLAPSO DE LAS CIVILIZACIONES

Todos los modelos empíricos que agrupan los casos analizados cumplen la ley general del colapso de las civilizaciones: *las sociedades colapsan cuando la conflictividad interna y/o externa es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica.*³ La escasez de recursos y la superpoblación agravarían tales circunstancias y, por tanto, acelerarían el colapso de la sociedad.

Aunque resulte paradójico, el notorio descenso de la población observado en los registros materiales del modelo general debe ser interpretado como una consecuencia del propio colapso, cuyas causas principales se han descrito más arriba. Es decir, el exceso demográfico, que contribuyó al colapso de una determinada civilización como una de sus causas, desaparece en su ocaso final, por eso el registro material refleja como efecto una disminución poblacional.

Finalmente, el enunciado de la ley del colapso aplicada al modelo general quedaría así: *las sociedades colapsan cuando la conflictividad interna y/o externa es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica y gran escasez de recursos.*⁴ Está bien descrita (*vide supra*) por la ecuación (4), la cual es más precisa que la (1) al incorporar el parámetro G de la guerra (conflictividad externa), además de los recursos (iA).

³ El enunciado de la ley general del colapso debe cumplirse en todos los casos, no puede haber excepciones a la regla.

⁴ Se omite la población porque es causa y efecto a la vez, pues resultaría confusa en un enunciado que debe ser claro y preciso.

CONCLUSIONES

1. Todos los registros funerarios analizados tienen en común una misma tendencia de los tres parámetros que definen la ley general del colapso de las civilizaciones: el estado de la economía indicado por la riqueza relativa, la conflictividad interna y la externa. Además, se ha aislado un modelo empírico general, ampliamente mayoritario, que obliga a precisar la ley general incluyendo otros parámetros fundamentales: los recursos disponibles y la población representada.

2. La ley general del colapso de las civilizaciones constituye el punto final de una ansiada «teoría del desarrollo de las sociedades» amparada en la ley fundamental de la «arqueología de los fenómenos sociales». Su enunciado general sostiene que *las sociedades colapsan cuando la conflictividad interna y/o externa es muy elevada en un contexto de aguda crisis económica*. La escasez de recursos y la superpoblación o exceso demográfico agravarían tales circunstancias y, por tanto, acelerarían el colapso de la sociedad.

3. ¿Cómo evitar el colapso de las civilizaciones contemporáneas? Resulta evidente la utilidad de esta ley mediante su aplicación al mundo actual. Las sociedades humanas pueden evitar su colapso mientras mantengan un nivel bajo de conflictividad —puesto que su complejidad inherente implica la imposible eliminación de la misma, tal como ya se dijo anteriormente (cf. PIE

2020a: 32)—, tanto interna como externa, en momentos críticos como las depresiones económicas, procurando igualmente que no falten los recursos necesarios. Por tanto, *el estado ideal para evitar el colapso sería el de una sociedad con abundantes recursos, próspera economía y baja conflictividad*.

4. Naturalmente, en relación a lo anterior, como la conflictividad interna ($C = D/R$) es directamente proporcional a *la desigualdad social* (D), esta última *deberá ser lo más reducida posible* para que aquella sea baja. Abundando sobre esa cuestión, sabemos que el riesgo de colapso es directamente proporcional a la desigualdad social —ver ecuación (5)— y depende indirectamente del estado de la economía.

Reflexión final

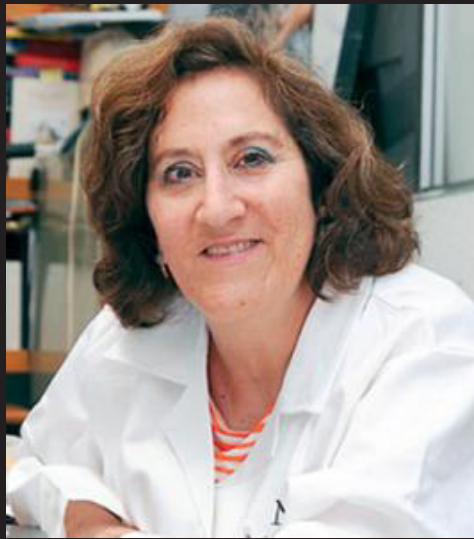
Esta nueva ley pasa a formar parte de los *principios cuantitativos de la arqueología de los fenómenos sociales o arqueonomía*. ¿Hasta cuándo la arqueología seguirá siendo *arqueografía* (ideográfica) en vez de *arqueonomía* (nomotética)? La segunda pretende ser una ciencia pura, no una ciencia «blanda» o «dura», aunque sea social y no natural. ¿Habrá que separar ambas o se unificarán, convirtiendo así a la arqueología en una verdadera ciencia nomotética capaz de predecir a partir de los fenómenos registrados en los restos materiales de las sociedades del pasado?

BIBLIOGRAFÍA

- BUTZER, K. W.; G. H. ENDFIELD. 2012. Critical perspectives on historical collapse. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 10: 3628-3631. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114772109>.
- FLORES, J. C.; P. IZQUIERDO-EGEA. 2018. Una comparación entre transiciones de fase y conflictos sociales aplicada a las antiguas civilizaciones mesoamericanas. *Arqueología Iberoamericana* 38: 50-54. <http://purl.org/aia/3806>. <https://n2t.net/ark:/49934/154>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3474431>.
- HAUG, G. H.; D. GÜNTHER; L. C. PETERSON; D. M. SIGMAN; K. A. HUGHEN; B. AESCHLIMANN. 2003. Climate and the Collapse of Maya Civilization. *Science* 299, 5613: 1731-1735.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2012a. *Economic Archaeology of Grave Goods*. Advances in Archaeology 1. Graus. ISSN 2254-187X.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2012b. Fluctuaciones económicas en la Ampurias del siglo V antes de nuestra era. *Arqueología Iberoamericana* 16: 3-10. <http://purl.org/aia/161>. <https://n2t.net/ark:/49934/36>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1311023>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2015. Una técnica estadística para medir la conflictividad social a través del registro arqueológico. *Arqueología Iberoamericana* 25: 5-18. <http://purl.org/aia/251>. <https://n2t.net/ark:/49934/54>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1311918>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2016a. Calculando el nivel de recursos disponibles a partir del registro funerario mesoamericano. *Arqueología Iberoamericana* 29: 62-67. <http://purl.org/aia/2910>. <https://n2t.net/ark:/49934/82>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1315032>.

- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2016b. Midiendo las fluctuaciones de la economía argárica a través del registro funerario. *Arqueología Iberoamericana* 30: 77-90. <http://purl.org/aia/309>. <https://n2t.net/ark:/49934/91>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1317031>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2016c. Monte Albán y el colapso clásico según el registro funerario. *Arqueología Iberoamericana* 32: 52-60. <http://purl.org/aia/327>. <https://n2t.net/ark:/49934/103>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1318373>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2017a. *Fundamentos de la arqueología de los fenómenos sociales I*. Advances in Archaeology 3. Graus. ISSN 2254-187X. <http://purl.org/aa/03>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2017b. Corinto y las fluctuaciones de la economía griega durante el siglo V antes de nuestra era. *Arqueología Iberoamericana* 36: 87-96. <http://purl.org/aia/3612>. <https://n2t.net/ark:/49934/135>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1478444>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2018a. Leslie A. White y la medición objetiva del cambio cultural de la humanidad. *Arqueología Iberoamericana* S2: 15-18. <http://purl.org/aia/S203>. <https://n2t.net/ark:/49934/146>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3474191>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2018b. Implementando una ecuación estadística para medir el colapso en la antigua Mesoamérica. *Arqueología Iberoamericana* S2: 23-26. <http://purl.org/aia/S205>. <https://n2t.net/ark:/49934/148>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3474257>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2018c. Una ecuación estadística para medir el riesgo de guerra en la Mesoamérica prehispánica. *Arqueología Iberoamericana* 39: 67-70. <http://purl.org/aia/3907>. <https://n2t.net/ark:/49934/162>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3475470>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2018d. Boltzmann y la conexión de la termodinámica con la arqueología de los fenómenos sociales. *Arqueología Iberoamericana* 40: 101-104. <http://purl.org/aia/4011>. <https://n2t.net/ark:/49934/176>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3476925>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2019a. Midiendo el grado de desarrollo urbano a través del registro funerario. *Arqueología Iberoamericana* 42: 50-53. <http://purl.org/aia/4206>. <https://n2t.net/ark:/49934/188>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3477625>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2019b. Sobre la ley fundamental de la arqueología de los fenómenos sociales. *Arqueología Iberoamericana* 43: 67-70. <http://purl.org/aia/4308>. <https://n2t.net/ark:/49934/196>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3478440>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2019c. Termodinámica y arqueología de los fenómenos sociales. *Arqueología Iberoamericana* 44: 80-87. <http://purl.org/aia/4410>. <https://n2t.net/ark:/49934/206>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3595658>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2020a. Sobre la ley de la conflictividad en la arqueología de los fenómenos sociales. *Arqueología Iberoamericana* 45: 29-34. <http://purl.org/aia/4504>. <https://n2t.net/ark:/49934/210>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3733819>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2020b. Nomothetic Archaeology: A Revolution in Progress. *Arqueología Iberoamericana* 45: 101-104. <http://purl.org/aia/4510>. <https://n2t.net/ark:/49934/216>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3908114>.
- IZQUIERDO-EGEA, P. [PIE]. 2021. Teotihuacan y las fluctuaciones de la economía mesoamericana. *Arqueología Iberoamericana* 47: 161-174. <http://purl.org/aia/4717>. <https://n2t.net/ark:/49934/250>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4926333>.
- LÓPEZ LUJÁN, L.; L. FILLOY NADAL; B. W. FASH; W. L. FASH; P. HERNÁNDEZ. 2006. The Destruction of Images in Teotihuacan: Anthropomorphic Sculpture, Elite Cults, and the End of a Civilization. *Res: Anthropology and Aesthetics* 49-50: 12-39. Cambridge, MA.
- MEDINA-ELIZALDE, M.; E. J. ROHLING. 2012. Collapse of Classic Maya Civilization Related to Modest Reduction in Precipitation. *Science* 335, 6071: 956-959.
- TAINTER, J. A. 1988. *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- YAEGER, J.; D. A. HODELL. 2008. The Collapse of Maya Civilization: Assessing the Interaction of Culture, Climate, and Environment. En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, eds. D. H. Sandweiss y J. Quilter, pp. 187-242. Washington, D. C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.

PREMIO INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGÍA 2021

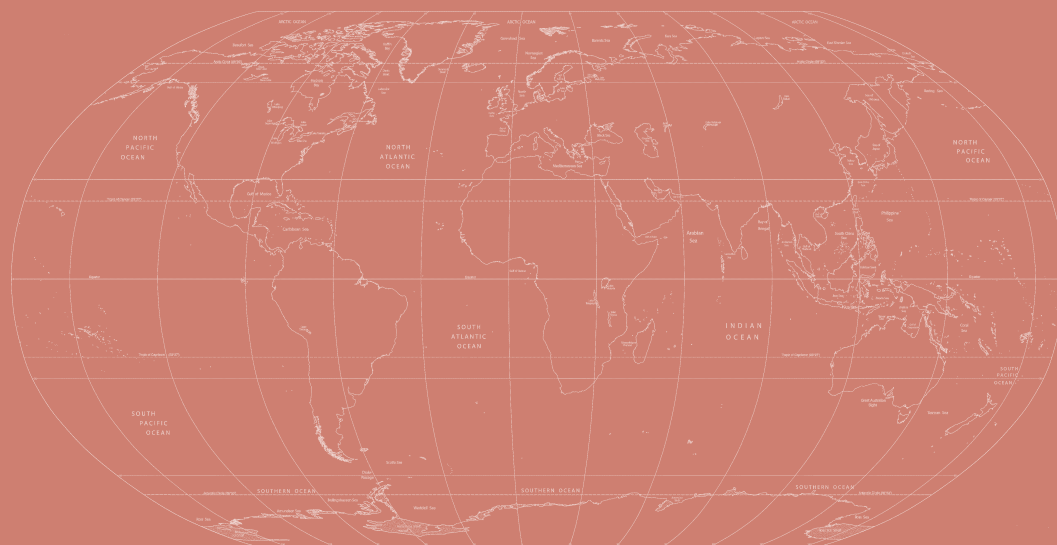


La Dra. LINDA ROSA MANZANILLA NAIM,
destacada investigadora del Instituto de Investigaciones
Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de
México, ha ganado el Premio Internacional de Arqueología
2021 de la revista *Arqueología Iberoamericana* por su
fructífera contribución científica a la arqueología
de la antigua Mesoamérica.

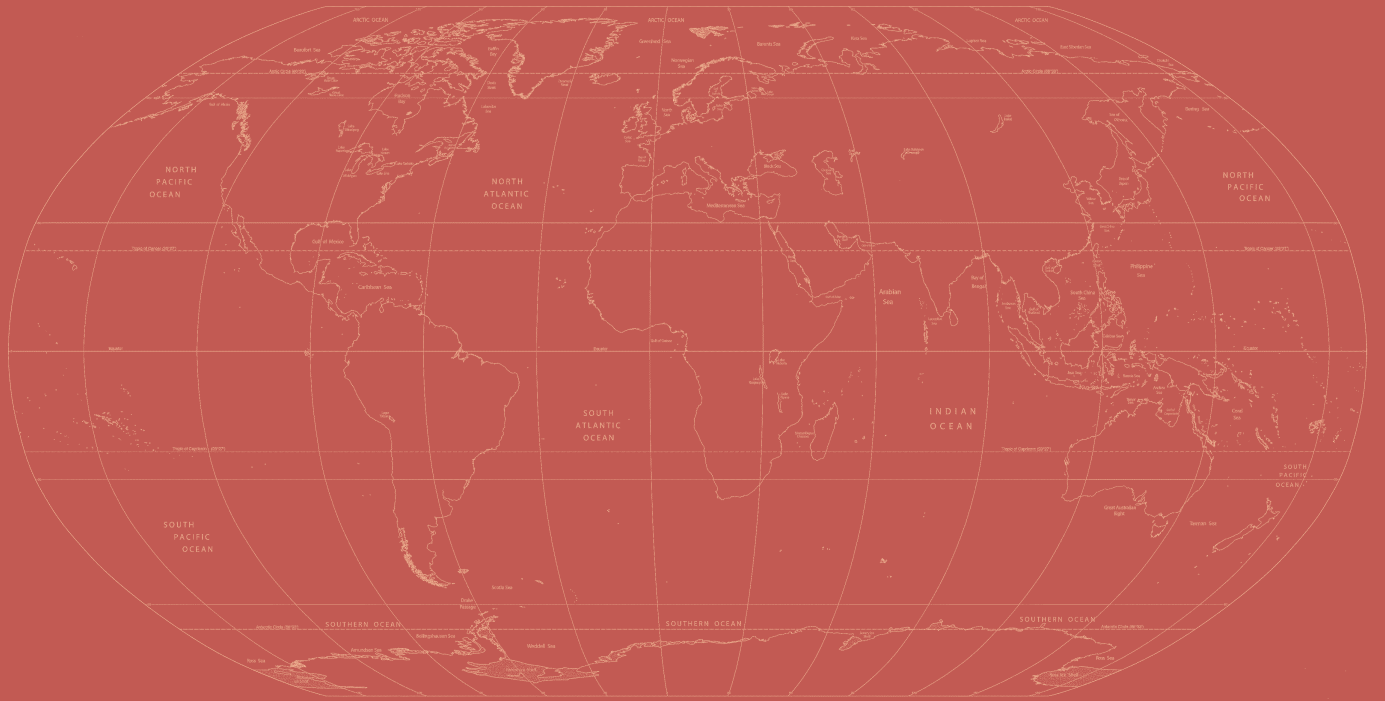
24 de diciembre de 2021



**ARQUEOLOGÍA
IBEROAMERICANA**
Seguimos haciendo historia
2009-2021



ACABOSE DE IMPRIMIR
LA 48.^a EDICIÓN DE LA REVISTA
«ARQUEOLOGÍA IBEROAMERICANA»
EL DÍA 31 DE DICIEMBRE DEL AÑO 2021
EN EL LABORATORIO DE ARQUEOLOGÍA TEÓRICA,
PINA DE EBRO, ZARAGOZA, ARAGÓN, ESPAÑA,
COMUNIDAD IBEROAMERICANA DE NACIONES.



ISSN 1989-4104



9 771989 410005



48