# Aplicación de petrografía, MEB-BV y DRX a estudios de producción cerámica en el estado regional de Calakmul, Campeche

María del Rosario Domínguez Carrasco,
Manuel E. Espinosa Pesqueira,
Ventura Rodríguez-Lugo y William J. Folan

*Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación que propone analizar los procesos de producción cerámica al interior del territorio que ocupó el estado regional de Calakmul. Lo anterior, nos permitirá determinar en primera instancia, el estudio de la cerámica, incluyendo la selección de la materia prima y las etapas mismas de producción, a través de la combinación de técnicas analíticas como el Microscopio Electrónico de Barrido de Bajo Vacío (MEB-BV) y Difracción de Rayos X (DRX), dentro del contexto económico, social y político en el cual fueron producidos, distribuidos y consumidos los bienes cerámicos.*

## Introducción

En el presente trabajo se realiza la caracterización de diferentes muestras de cerámica y arcillas con el propósito de fortalecer la teoría del estado regional de Calakmul (fig. 1), mediante la comparación de las características microestructurales y elementales de materiales arqueológicos y arcillas obtenidas a diferentes profundidades y en distintos puntos, distribuidos en un perímetro cercano a Calakmul. La información obtenida, permitirá establecer el origen de las materias primas empleadas en la elaboración de los materiales cerámicos, así como las técnicas de manufactura aplicadas en la producción de las mismas durante las diferentes etapas de su desarrollo cultural. Lo anterior nos permitirá determinar el contexto social, político y económico en el que la cerámica fue producida, distribuida y consumida.

Desde 1984, como parte del Proyecto Calakmul (CIHS-UAC), se han llevado a cabo diversos estudios interdisciplinarios, entre los que destacan investigaciones sobre el análisis del patrón de asentamiento,[1] la epigrafía,[2] demografía,[3] paleoclimatología,[4] arquitectura,[5] y los materiales arqueológicos.[6] Todos estos estudios revelan la importancia de Calakmul como una entidad política caracterizada por la presencia de un poder centralizado.[7] Se piensa que probablemente uno de sus principales intereses sociales, políticos y económicos de este poder centralizado estuvo dirigido a la creación de un monopolio sobre el control y el poder en la producción de bienes cerámicos, hacia el interior de los aproximadamente 13 000 km$^2$ que ocupó su territorio regional.

El análisis de la cerámica de Calakmul y de los 75 sitios registrados y mapeados en los alrededores del área (fig. 2), han mostrado la presencia de variantes sociales y culturales a escala local y regional. Calakmul puede definirse entonces como un gran centro político y económico con suficiente autoridad para controlar la movilización de bienes cerámicos desde los productores hacia las élites mediante redes de trabajo, con la finalidad de

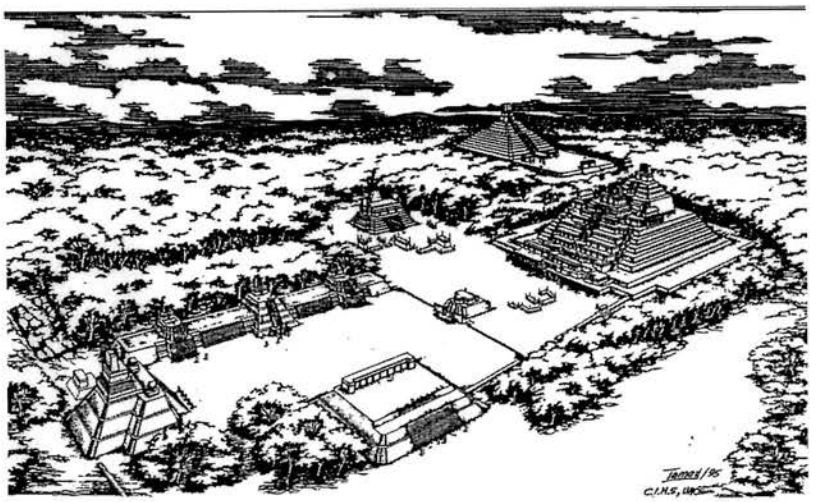


Figura 1. Reconstrucción arquitectónica de la Plaza Central de Calakmul. Dibujo del arq. Ernesto Tamay S. (Folan *et al.*, 1995).

mantener por un lado a estas élites y permitir a la vez, extender y reafirmar el estatus de estas mismas y de Calakmul como cabecera regional.

Con el fin de comprobar nuestras hipótesis y profundizar en el conocimiento del proceso de producción y consumo de cerámica, la investigación se enfocó a la aplicación de técnicas de análisis instrumental para estudiar la microestructura de los materiales arqueológicos. La finalidad del uso de estas técnicas es proveer información esencial sobre el origen de los materiales utilizados por las culturas antiguas y su desarrollo tecnológico.[8]

A partir de la investigación científica, se pueden conocer aspectos sociales y económicos de Calakmul, como la organización de la producción cerámica y la presencia de especialización artesanal. Estos conocimientos auxilian en la reconstrucción de los procesos de distribución de bienes cerámicos desde sus centros de producción, y en la interpretación de estos datos en términos de intercambio y comercio.

Con el fin de identificar la mineralogía de las arcillas y desgrasantes de la cerámica se usó petrografía mineralógica,[9] complementando este primer acercamiento con Microscopía Electrónica de Barrido, una herramienta fundamental en el estudio y caracterización de materiales arqueológicos a nivel microestructural[10] que ha probado ser muy eficaz en el desarrollo de procesos de conservación. Para la identificación de las diferentes fases cristalinas que conforman las arcillas o barros y la cerámica se aplicó Difracción de Rayos X (DRX).[11]

Los resultados obtenidos por medio de estas técnicas permitirán en su conjunto, identificar los procedimientos usados en el proceso de manufactura de las vasijas cerámicas, así como el origen de los materiales empleados en su fabricación a partir de sus características microestructurales.[12]

## Cerámica

Para el presente estudio se seleccionaron y analizaron muestras de tipos cerámicos diagnósticos de los periodos del Clásico tardío (*Complejo Ku*) y Clásico terminal (*Complejo Halibe*), los cuales comprenden principalmente cerámica utilitaria.

Los tiestos cerámicos se agruparon de acuerdo con su acabado superficial, a partir del cual se establecieron tres grupos. El primero incluye a la cerámica con engobe rojo en donde se incluyen a grupos cerámicos tales como el Nanzal y Tinaja.

La mayoría de las formas de este primer grupo se refiere a vasijas de servicio, como cajetes y grandes ollas probablemente usadas para transportar y almacenar agua. El segundo grupo está constituido por la cerámica con engobe negro que incluyó a grupos cerámicos como el Infierno y Achote. Esta clase incluye en su mayoría pequeños cajetes y platos probablemente utilizados para servir alimentos. Finalmente, el tercer grupo se refiere a la cerámica sin engobe e incluyó a los tipos cerámicos Cambio y Encanto. La forma predominante de vasijas de este grupo consiste en grandes ollas, que se piensa fueron utilizadas para almacenar agua y grandes cantidades de alimento, así como para cocinar.

## Método experimental

El análisis petrográfico,[13] fue usado para distinguir la composición mineralógica de las arcillas y el desgrasante de la cerámica. Se evaluaron 72 muestras de tiestos cerámicos, 18 de las cuales proceden de Calakmul y 54 de sitios localizados en los alrededores.

Por medio de Difracción de Rayos X,[14] fueron analizadas 42 muestras de barro, de las cuales 21 proceden de la región de Calakmul y las 21 restantes de otras regiones al noroeste de la península de Yucatán; asimismo, se caracterizaron 45 muestras de tiestos cerámicos provenientes de Calakmul y sitios circunvecinos. La técnica antes mencionada fue utilizada para identificar las fases cristalinas que conforman tanto a las arcillas como a las cerámicas.

El análisis por Microscopía Electrónica de Barrido de bajo vacío (MEB-BV), tiene una ventaja sobre la técnica de alto vacío, pues la muestra no requiere preparación previa al análisis, convirtiéndola en una técnica no destructiva. Se analizaron las mismas 42 muestras de barro que fueron identificadas a través de DRX, algunas de las cuales proceden de las márgenes y parte central de los bajos El Laberinto y El Ramonal. El objetivo de MEB-BV fue definir las características microestructurales asociadas con la profundidad (estratos geológicos) en que fueron recolectadas y contar así con datos relativos a la zona de la cual los alfareros obtuvieron la materia prima para manufacturar las vasijas cerámicas.

El uso de estas técnicas físicas y químicas permitirán inferir algunos patrones respecto a la especialización de los bienes cerámicos,[15] como podrían ser: la manufactura de determinadas formas de vasijas en un lugar especial de producción y la calidad de las arcillas,[16] la cual desempeñó un papel muy importante en la manufactura de la cerámica de acuerdo con la función destinada, sea utilitaria, ceremonial o ritual.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos por el análisis petrográfico de los tiestos cerámicos proporcionaron información respecto a la existencia de tres diferentes tipos de barro:[17]

1. Los que contienen núcleos de carbonatos ($CaCO_3$).
2. Los que contienen cloritas (Na, Al, Si).
3. Los que contienen matriz roja.

Por otra parte se observó, en los tiestos analizados por petrografía y en los barros caracterizados por Microscopía Electrónica de Barrido, que existen diferencias entre los carbonatos presentes, estas diferencias han sido estudiadas más profundamente a través de la petrografía, identificándose hasta el momento micrita y espatita.

Los resultados obtenidos a través de la técnica de Difracción de Rayos X indican que la mayoría de las muestras están constituidas por cuarzo ($SiO_2$), además, fue posible identificar cinco grupos de acuerdo a las fases cristalinas presentes:[18]

1. Montmorillonita y volkonskoita.
2. Basanita.
3. Calcita y montmorillonita
4. Cuarzo y montmorillonita
5. Caolinita

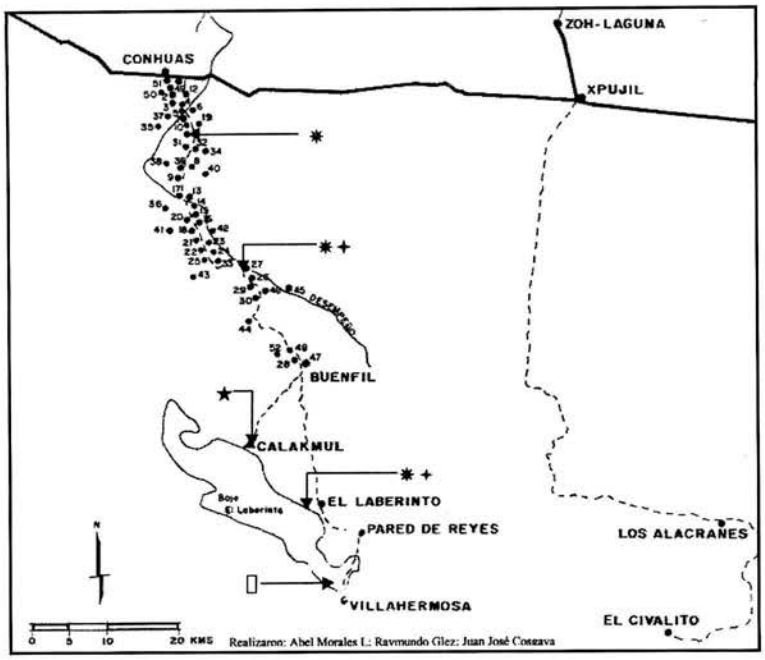



Figura 2. Ubicación de fuentes prehispánicas de barro identificadas.

Esta clasificación permitió establecer una diferencia entre los barros obtenidos cerca de Calakmul, representados por la fase montmorillonita y los barros provenientes del norte de la península de Yucatán, que contienen caolín. Los barros con montmorillonita, característicos de Calakmul e identificados por DRX, coinciden con dos de los grupos de barros identificados previamente en los tiestos, a través de la petrografía: a) los que tienen carbonatos y b) los que poseen cloritas.

Con base en la cronología de los tipos cerámicos identificados en los tiestos analizados, se ha podido determinar la temporalidad de explotación de dichas fuentes de barro, así como su probable ubicación en cuatro diferentes sitios (fig. 2):

1. Márgenes del bajo El Laberinto.
2. Kilómetro 7 de la carretera Conhuás-Calakmul.
3. Márgenes del río Desempeño.
4. Aguada de Calakmul.

El barro con carbonatos, identificado con el tercer grupo de la fase cristalina de montmorillonita y calcita, se observó en los grupos cerámicos Águila, Nanzal y Ticul, correspondientes a los periodos Clásico temprano, tardío y terminal, respectivamente.

Los análisis de los barros por microscopía electrónica hicieron posible establecer diferencias en las características microestructurales de acuerdo con la profundidad de extracción; por ejemplo, en algunas muestras es característica la presencia de fibras (fig. 3), en tanto que en otras predominan las superficies acanaladas, las superficies porosas, los crecimientos laminares, etcétera. Asimismo, la mayoría de las muestras contiene C, Ca, Si, Al, O y Fe, no obstante, la concentración de S, K, Ba y Na, varía de acuerdo con la fase cristalina de la arcilla, además de la presencia de algunos otros elementos que son característicos de cada muestra, cada tipo o cada estrato.

La evaluación por miscroscopía electrónica permite la clasificación de barros a partir de las características microestructurales y la composición elemental, vinculando éstas con la profundidad en que se encontraron, e incluso detectando variaciones de una zona a otra. Estas diferencias

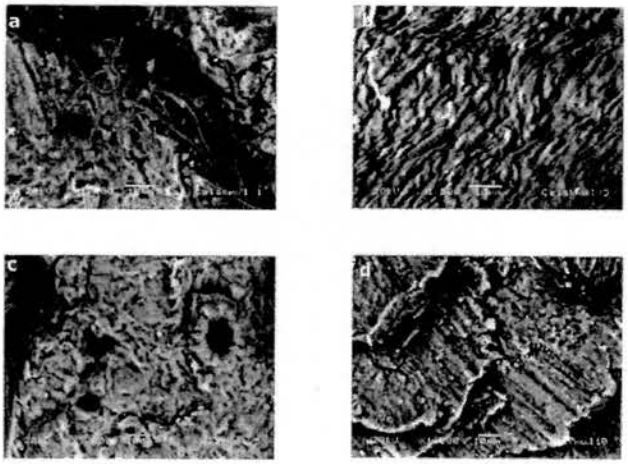



Figura 3. Distintas morfologías encontradas en los barros analizados.
a) fibras, b) superficie acanalada, c) superficies porosas y d) crecimientos laminares.

pueden ser corroboradas a través de las fases cristalinas presentes en el barro e identificadas por medio de Difracción de Rayos X (fig. 4).[19]

El análisis por Difracción de Rayos X realizado a los tiestos cerámicos de los periodos Clásico tardío y terminal dio como resultado la identificación de calcita y cuarzo en ambos casos, además, se detectó la presencia de arcilla en los mismos (fig. 5). Lo anterior nos lleva a inferir que la materia prima usada en la manufactura de las vasijas cerámicas fue de diferentes tipos de arcillas como: montmorillonita, volkonskoita y paligorskita.[20] En este sentido, es necesario recordar que la manufactura de las vasijas implica un proceso de cocción a temperaturas que van aproximadamente de los 600 a los 800 °C. Este proceso afecta la estructura laminar característica de las arcillas, provocando un intercambio o la adquisición de distintas clases de iones como Na, K, Fe y Mg, entre otros, que modifican la estructura original de las arcillas, sin mostrar degradación alguna.[21]

La modificación de la estructura arcillosa puede observarse en la extinción del primer pico de difracción, característico de la estructura montmorillonita y/o volkonskoita que aparece en una posición de 6° 2θ, y la preservación del segundo pico de difracción localizado a los 20° 2θ (fig. 5). Basándonos en los datos mencionados anteriormente, podemos deducir desde el punto de vista cultural, que la producción de cerámica en Calakmul durante el periodo Clásico tardío, se extendió hacia el norte y sur del sitio.

Esto podría indicar que la producción y distribución de bienes cerámicos se dio hacia ambas direcciones del territorio regional y demostraría la importancia política, social y económica de Calakmul en esta época.

Asimismo, en las últimas etapas del Clásico tardío y Clásico terminal, las fuentes utilizadas para la producción de cerámica, tanto en Calakmul como en los sitios de los alrededores, parecen localizarse, aproximadamente, a una distancia de 12 km de radio, más corta que la registrada en los periodos anteriores. Estos datos coinciden hasta el momento con nuestro modelo sobre demografía rural, en donde existe un aparente movimiento de la población hacia el interior de Calakmul, preferentemente durante el Clásico terminal.[22]

## Conclusiones

Los análisis han permitido definir al estado regional de Calakmul como un área considerablemente independiente y autónoma desde la perspecti-

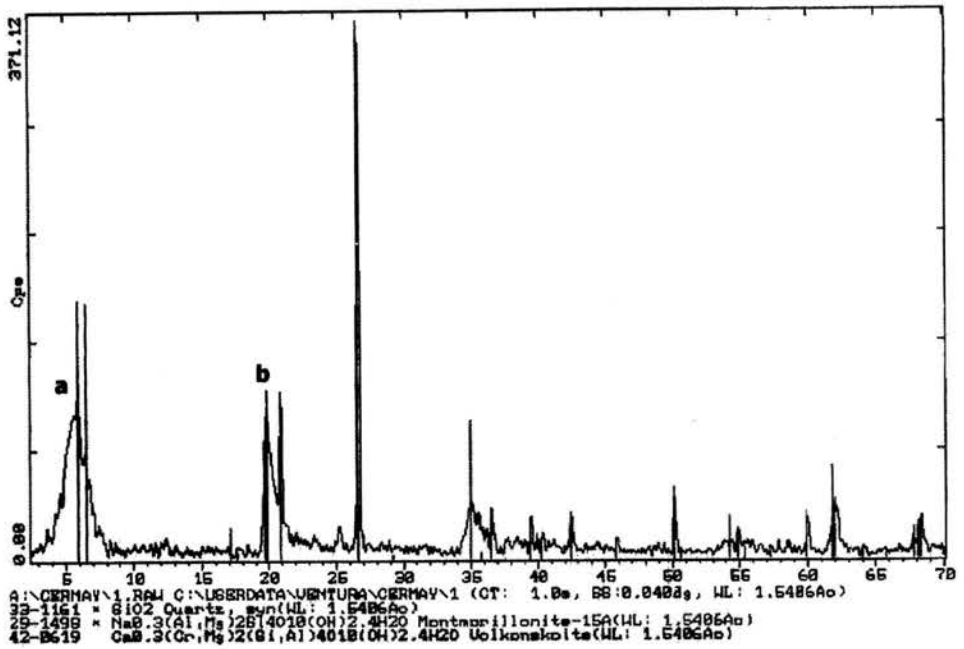



Figura 4. Difractograma correspondiente a una muestra de barro que exhibe la presencia de cuarzo, montmorillonita y volkonskoita.

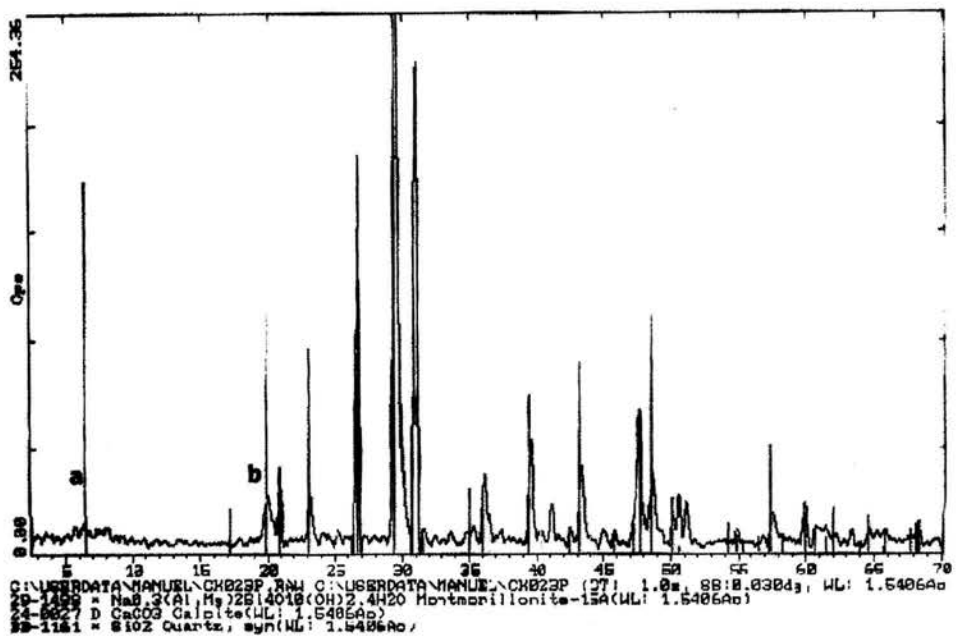



Figura 5. Difractograma donde se observa: a) la extinción del primer pico de difracción en 6°2θ de las fases montmorillonita y volkonskoita; b) segundo pico característico de las fases ya identificadas en 20°2θ.

va política, social y económica. Evidentemente, esta región contaba con una autosuficiencia que le permitió controlar la producción y distribución de las vasijas cerámicas dentro de su territorio, que abarcaba una zona de aproximadamente 13 000 $km^2$.

Mediante esta investigación se confirma que la continua aplicación de técnicas analíticas al estudio de materiales arqueológicos proporciona valiosa información sobre los orígenes y composición de dichos materiales, generando nuevos enfoques respecto a los patrones de producción, distribución y consumo de bienes materiales, permitiendo relacionar a la vez los cambios de tipo tecnológico con la cronología del área.

**Notas**

[1] *Vid* Laraine A. Fletcher *et al.*, *Un análisis estadístico preliminar del patrón de asentamiento de Calakmul*, y L. A. Fletcher A. y James Gunn, "Análisis gráfico de patrones de asentamiento. El caso de Calakmul", en W. J. Folan, ed., *Campeche maya Colonial*, pp. 85-121.

[2] Joyce Marcus, "Emblem and State in the Classic Maya Lowlands: An Epigraphic Approach to Territorial Organization"; J. Marcus y William J. Folan, "Una estela más del siglo V y nueva información sobre Pata de Jaguar, gobernante de Calakmul, Campeche en el siglo VII", en *Gaceta Universitaria*, y Sophia Pincemin Deliberos *et al.*, "Extending the Calakmul Dynasty Back in Time: The Discovery of a the Fifth Century Stela from a Maya Capital in Campeche, México" en *Latin American Antiquity*.

[3] William J. Folan Higgins *et al.*, "Acercamiento a la demografía rural del norte del estado regional de Calakmul", en *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*.

[4] Joel Gunn, William J. Folan y Hubert R. Robichaux, "Un análisis informativo sobre la descarga del sistema del río Candelaria en Campeche, México: reflexiones acerca de los paleoclimas que afectaron a los antiguos sistemas mayas en los sitios de Calakmul y El Mirador", en W. J. Folan, coord., *Campeche Maya Colonial*; J. Gunn, W. J. Folan y H. R. Robichaux, "A Landscape Analysis of the Candelaria Watershed in Mexico: Insights into Paleoclimates Affecting Upland Horticulture in the Southern Yucatan Peninsula Semikarst", en *Geoarchaeology: An International Journal*, y J. Gunn y W. J. Folan, "Tres Ríos: una superficie de impacto climático global interregional para las tierras bajas de los mayas del suroeste", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*.

[5] W. J. Folan *et al.*, "Calakmul, Campeche: New Data from an Ancient Maya Capital in Campeche, Mexico", en *Latin American Antiquity*.

[6] Ma. del Rosario Domínguez Carrasco, Joel D. Gunn y William J. Folan, "Calakmul, Campeche: sus áreas de actividades ceremoniales, cívicas y domésticas derivadas de sus materiales líticos y cerámicos", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*; M. del R. Domínguez Carrasco, J. D. Gunn y W. J. Folan, "La cerámica y lítica de Calakmul, Campeche, México: un análisis contextual de las Estructuras I, II, III y VII", en *XI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*; M. del R. Domínguez Carrasco, W. J. Folan y J. Marcus, "Calakmul, Campeche: un análisis sociopolítico de su centro urbano y su estado regional", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*; M. del R. Domínguez Carrasco *et al.*, "La cerámica de Calakmul: un análisis químico y sociopolítico", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*; M. del R. Domínguez Carrasco y W. J. Folan, "Hilado, confección y lapidación: los quehaceres cotidianos de los artesanos de Calakmul, Campeche, México", en *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*; W. J. Folan, J. D. Gunn y M. del R. Domínguez Carrasco, "Triadic Temples, Central Plazas, and Dynastic Palaces: A Diachronic Analysis of the Royal Courts Complex, Calakmul, Campeche, Mexico", en T. Inomata y S. Houston, eds., *Royal Courts of the Ancient Maya*.

[7] W. Folan J., "Calakmul, Campeche: A Centralized Urban Administrative Center in the Northern Petén", en *World Archaeology*.

[8] M. Ortega Avilés *et al.*, "Characterization of Mural Paintings from Cacaxtla", en *Journal of Materials Science*; L. Ortiz Velásquez *et al.*, "Aspectos de ciencia de materiales en arquitectura prehispánica", en *Cuadernos de Arquitectura*; Ventura Rodríguez-Lugo *et al.*, "Study of Prehispanic Wall Paintings Using PIXE, XRD, SEM and FTIR", en *Journal of Radioanalitical and Nuclear Chemistry*.

[9] J. Arenas Alatorre *et al.*, "Estudio petrográfico y por Microscopía Electrónica Analítica de Barrido (MEAB) de la cerámica Pizarra".

[10] José Miguel Yacamán y Jorge Ascencio, "Modern Methods in Art and Archaeology", en E. Ciliberto y G. Spotto, eds., *Chemical Analysis Series*; A. L. Wilson, "Elemental Analysis of Pottery and the Study of its Provenance: A Review", en *Journal of Archaeological Science*; Demetrio Mendoza Anaya *et al.*, "Microstructural Studies of Painting from the Totonaca Civilization in Tajin", en *Electron Microscopy*; A. Alva Medina *et al.*, "Microestructural Analysis of Archaeo-

logical Samples from Palenque, Chiapas", en *Electron Microscopy*; Manuel E. Espinosa Pesqueira *et al.*, "Electron Microscopy in Microestructural Characterization of Ancient Olmec Monuments", en *Electron Microscopy*; G. Mondragón Galicia *et al.*, "Degradation of Archaeological Stones and Pigments by Water-Soluble Salts", en *Electron Microscopy*.

[11] V. Rodríguez Lugo *et al.*, "Application of PIXE and DRX to the Characterization of Clays", en *Microchemical Journal*.

[12] V. Rodríguez Lugo *et al.*, "Microstructural Analysis from Archaelogical Sculptures of The Olmeca Culture", en *Revista de Antropología y Técnica*.

[13] Heajoo Chung, Juan José Flores y Alfredo Victoria Morales, *Estudio petrográfico de las cerámicas de Calakmul* y H. Chung y A. V. Morales, *Estudio petrográfico de la cerámica arqueológica de Calakmul, Campeche*.

[14] V. Rodríguez Lugo *et al.*, "Microstructural Analysis from Archaelogical Sculptures of The Olmeca Culture", en *op. cit.*

[15] Cristina Martínez García *et al.*, "Caracterización microestructural de estucos y pigmentos de Teopancazco, Teotihuacan".

[16] M. E. Fernández García, "Experimental and Theoretical Studies of Paligorskite Clays", en *Journal of Materials Science*.

[17] H. Chung y A. V. Morales, *Estudio petrográfico de la cerámica arqueológica de Calakmul, Campeche*.

[18] V. Rodríguez Lugo *et al.*, "Microstructural Analysis from Archaelogical Sculptures of The Olmeca Culture", en *op. cit.*

[19] *Idem* y D. Mendoza Anaya *et al.*, "Analysis by MEB, EDS and XRD of Mineral and Soil Belonging to a Colonial Oven from Jalentón Chiapas", en *Revista de Antropología y Técnica*.

[20] J. Miguel Yacamán *et al.*, "Maya Blue Paint: An Ancient Nanoestructured Material", en *Science*.

[21] Eduardo Besoain, "Mineralogía de arcillas de suelos".

[22] W. J. Folan Higgins *et al.*, "Acercamiento a la demografía rural del norte del estado regional de Calakmul", en *op. cit.* y W. J. Folan Higgins *et al.*, "Reconocimiento de los sitios arqueológicos de Oxpemul, Laberinto, Pared de los Reyes, San Felipe, Flor de Cacao y Uxul en el Petén Campechano", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*.

**Referencias**

Alva Medina, A., D. Mendoza Anaya, V. Rodríguez Lugo y G. Martínez Cornejo, "Microestructural Analysis of Archaeological Samples from Palenque, Chiapas", en *Electron Microscopy 1998*, vol. III, núm. 2. Cancún, Quintana Roo, agosto 30-septiembre 4, 1998. [Institute of Physics Publishing, Bristol, UK], pp. 267-268.

Arenas Alatorre, J., R. E. Cruz Colín, L. Carapia Morales, Heajoo Chung y A. Victoria Morales, "Estudio petrográfico y por Microscopía Electrónica Analítica de Barrido (MEAB) de la Cerámica Pizarra", en *Gerencia de Ciencia de Materiales*, Dirección de Investigación Científica, ININ, CM-99-07, 1999.

Besoain, Eduardo, "Mineralogía de arcillas de suelos", Ed. del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica, 1985.

Chung, Heajoo, Juan José Flores y Alfredo Victoria Morales, *Estudio Petrográfico de las cerámicas de Calakmul*. Informe de trabajo. Ms. del CIHS de la UAC, 1997.

Chung, Heajoo y Alfredo Victoria Morales, *Estudio petrográfico de la cerámica arqueológica de Calakmul, Campeche*. Informe de Trabajo. Ms. del CIHS de la UAC, 1999.

Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario y William J. Folan, "Hilado, confección y lapidación: los quehaceres cotidianos de los artesanos de Calakmul, Campeche, México", en *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, vol. II. Guatemala, Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, Proyecto Nacional Tikal, 1999, pp. 711-29.

Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario, Joel D. Gunn y William J. Folan, "Calakmul, Campeche: sus áreas de actividades ceremoniales, cívicas y domésticas derivadas de sus materiales líticos y cerámicos", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*, núm. 4. Universidad Autónoma de Campeche, 1997, pp. 80-106.

Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario, Joel D. Gunn y William J. Folan, "La cerámica y lítica de Calakmul, Campeche, México: un análisis contextual de las Estructuras I, II, III y VII", en *XI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, 1996, pp. 605-622.

Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario, Dorie Reents-Budet, Ronald Bishop y William J. Folan, "La cerámica de Calakmul: un análisis químico y sociopolítico", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*, Núm. 6, t. II. Universidad Autónoma de Campeche, 1996, pp. 361-375.

Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario, William J. Folan y Joyce Marcus, "Calakmul, Campeche: un análisis sociopolítico de su centro urbano y su estado regional", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*,

núm. 6, t. II. Universidad Autónoma de Campeche, 1998, pp. 195-213.

Espinosa Pesqueira, Manuel E., G. Martínez Cornejo, V. Rodríguez Lugo, "Electron Microscopy in Microestructural Characterization of Ancient Olmec Monuments", en *Electron Microscopy*, vol. III, núm. 2. Cancún, Quintana Roo, agosto 30-septiembre 4, 1998 [Institute of Physics Publishing, Bristol], pp. 271-272.

Fernández García, M. E., J. A. Ascencio, D. Mendoza-Anaya, V. Rodríguez-Lugo y J. Miguel Yacamán, "Experimental and Theoretical Studies of Paligorskite Clays", en *Journal of Materials Science*, vol. 34, 1999, pp. 52-63.

Fletcher, Laraine A., Jacinto May Hau, Lynda M. Florey Folan y William J. Folan, *Un análisis estadístico preliminar del patrón de asentamiento de Calakmul*. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Universidad Autónoma de Campeche, 1987.

Fletcher, Laraine A. y James Gann, "Análisis gráfico de patrones de asentamiento. El caso de Calakmul", en W. J. Folan, ed., *Campeche Maya Colonial*. Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, 1994, pp. 85-121. (Arqueología, 3)

Folan, J. William, "Calakmul, Campeche: A Centralized Urban Administrative Center in the Northern Petén", en *World Archaeology*, vol. 24, núm. 1. The Humid Tropics, 1992, pp. 58-168.

Folan, William J., Joyce Marcus, Sophia Pincemin, María del Rosario Domínguez Carrasco, Laraine Fletcher y Abel Morales López, "Calakmul, Campeche: New Data from an Ancient Maya Capital in Campeche, Mexico", en *Latin American Antiquity*, vol. 6, núm. 4, 1995, pp. 310-334.

Folan Higgins, William J., Abel Morales López, Ma. del Rosario Domínguez Carrasco, Heajoo Chung, Joel D. Gunn, Raymundo González Heredia y Lynda Florey Folan, "Acercamiento a la demografía rural del norte del estado regional de Calakmul", en *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*. Guatemala, Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia, 1999, pp. 355-384.

Folan Higgins, William J., Abel Morales López, Raymundo González Heredia, Lynda Florey Folan y Ma. del Rosario Domínguez Carrasco, "Reconocimiento de los sitios arqueológicos de Oxpemul, Laberinto, Pared de los Reyes, San Felipe, Flor de Cacao y Uxul en el Petén Campechano", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*, núm. 9. Universidad Autónoma de Campeche, 2001. En prensa.

Folan Higgins, William J., Joel D. Gunn y Ma. del Rosario Domínguez Carrasco, "Triadic Temples, Central Plazas, and Dynastic Palaces: A Diachronic Analysis of the Royal Courts Complex, Calakmul, Campeche, Mexico", en T. Inomata y S. Houston, eds., *Royal Courts of the Ancient Maya*, vol. 2: Data and Case Studies, 2000, pp. 223-265.

Folan Higgins, William J., Laraine Fletcher, Jacinto May Hau y Lynda Florey Folan, coords., *Las ruinas de Calakmul, Campeche, México: un lugar central y su paisaje cultural*. Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, SEP, FOMES, 2001.

Gunn, Joel, William J. Folan y Hubert R. Robichaux, "Un análisis informativo sobre la descarga del sistema del río Candelaria en Campeche, México: reflexiones acerca de los paleoclimas que afectaron a los antiguos sistemas mayas en los sitios de Calakmul y El Mirador", en William J. Folan, coord., *Campeche Maya Colonial*. Campeche, Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Universidad Autónoma de Campeche, 1994, pp. 174-197. (Arqueología)

Gunn, Joel D. y William J. Folan, "Tres Ríos: una superficie de impacto climático global interregional para las tierras bajas de los mayas del suroeste", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*. Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, 1996, pp. 57-79.

Gunn, Joel, William J. Folan y Hubert R. Robichaux, "A Landscape Analysis of the Candelaria Watershed in Mexico: Insights into Paleoclimates Affecting Upland Horticulture in the Southern Yucatan Peninsula Semi-karst", en *Geoarchaeology: An International Journal*, vol. 10, núm. 1, 1995, pp. 3-42.

Marcus, Joyce, "Emblem and State in the Classic Maya Lowlands: An Epigraphic Approach to Territorial Organization. Washington, Dumbarton Oaks, Harvard University, The Inscriptions of Calakmul. Royal Marriage at a Maya City in Campeche, Mexico. Museum of Anthropology, Ann Arbor: University of Michigan, Technical Report num. 21, 1976.

Marcus, Joyce y William J. Folan, "Una estela más del siglo V y nueva información sobre Pata de Jaguar, gobernante de Calakmul, Campeche en el siglo VII", en *Gaceta Universitaria*, año IV, núm. 15-16. Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, 1994, pp. 21-26.

Martínez García, Cristina, Linda Manzanilla Naim, Leticia Carapia Morales y Ventura Rodríguez-Lugo, "Caracterización microestructural de estucos y pigmentos de Teopancazco, Teotihuacan". CM-02-2001, febrero, 2001.

Mendoza Anaya, Demetrio, Luis Torres, L. Carapia Morales, Francisca Franco, Thomas Lee y V. Rodríguez-Lugo, "Analysis by MEB, EDS and XRD of Mineral and Soil Belonging to a Colonial Oven from Jalentón, Chiapas", en *Revista de Antropología y Técnica* (edición especial). México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, mayo, 2000, pp. 49-58.

Mendoza Anaya, Demetrio, V. Rodríguez-Lugo, G. Martínez Cornejo, J. Miguel Yacamán, "Microstructural Studies of Painting from the Totonaca Civilization in Tajin", en *Electron Microscopy*, vol. III, núm. 2. Cancún, Quintana Roo, agosto 30-septiembre 4, 1998, [Institute of Physics Publishing, Bristol], pp. 253-254.

Miguel Yacamán, José, Luis Rendón, Jesús Arenas y Mari Carmen Serra Puche, "Maya Blue Paint: An Ancient Nanoestructured Material", en *Science*, 1996, pp. 223-273.

Miguel Yacamán, José y Jorge Ascencio, "Modern Methods in Art and Archaeology", en E. Ciliberto y G. Spotto, eds., *Chemical Analysis Series*, vol. 55. John Wiley & Sons, 2000, pp. 405-443.

Mondragón Galicia, G., V. Rodríguez-Lugo, G. Martínez Cornejo y V. M. Castaño Meneses, "Degradation of Archaeological Stones and Pigments by Water-Soluble Salts", en *Electron Microscopy*, vol. III, núm. 2. Cancún, Quintana Roo, agosto 30-septiembre 4, 1998, [Institute of Physics Publishing, Bristol], pp. 283-284.

Ortega Avilés, M., C. M. San-Germán, D. Mendoza Anaya, D. Morales y J. Miguel Yacamán, "Characterization of Mural Paintings from Cacaxtla", en *Journal of Materials Science*, núm. 36, 2001, pp. 2227-2234.

Ortiz Velázquez. L., V. Rodríguez-Lugo, S. Víquez Cano, M. Ortiz Rojas, B. Sandoval y V. M. Castaño Meneses, "Aspectos de ciencia de materiales en arquitectura prehispánica", en *Cuadernos de Arquitectura*, núm. 17, 1995, pp. 14-19.

Pincemin Deliberos, Sophia, Joyce Marcus, Lynda M. Florey Folan, Ma. del Rosario Domínguez Carrasco y Abel Morales López, "Extending the Calakmul Dynasty Back in Time: The Discovery of a the Fifth Century Stela from a Maya Capital in Campeche, México", en *Latin American Antiquity*, vol. 9, núm. 4, 1998, pp. 310-327.

Rodríguez-Lugo, Ventura, J. Miranda. S. Víquez y V. M. Castaño, "Application of PIXE and DRX to the Characterization of Clays", en *Microchemical Journal*, núm. 52, 1994, pp. 356-363.

Rodríguez-Lugo, Ventura, D. Mendoza Anaya, M. E. Espinosa Pesqueira, Heajoo Chung, Ma. del Rosario Domínguez Carrasco, W. J. Folan Higgins y J. D. Gunn, "El estado regional de Calakmul: su evidencia material y cultural", en *Los Investigadores de la Cultura Maya*, núm. 8, t. II. Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, 2000, pp. 324-356.

Rodríguez-Lugo, V., D. Mendoza-Anaya, G. Martinez-Cornejo y M. Espinosa-Pesqueira, "Microstructural Analysis from Archaelogical Sculptures of The Olmeca Culture", en *Revista de Antropología y Técnica* (ed. especial). México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, mayo, 2000.

Rodríguez-Lugo, Ventura, L. Ortiz Velásquez, J. Miranda, M. Ortiz Rojas y V. M. Castaño Meneses. "Study of Prehispanic Wall Paintings Using PIXE, XRD, SEM and FTIR", en *Journal of Radioanalitical and Nuclear Chemistry*, vol. 240, núm. 2, 1999, pp. 561-569.

Wilson, A. L., "Elemental Analysis of Pottery and the Study of its Provenance: A Review", en *Journal of Archaeological Science*, vol. 5, 1997, pp. 219-236.