Domínguez, María del Rosario, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Ventura Rodríguez Lugo, William J. Folan
2002 Resultado de los análisis por MEB-BV y DRX de cerámica arqueológica de Calakmul, Campeche. En *XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2001* (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y B. Arroyo), pp.470-479. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

39

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS POR MEB-BV Y DRX DE CERÁMICA ARQUEOLÓGICA DE CALAKMUL, CAMPECHE

María del Rosario Domínguez
Manuel Espinosa Pesqueira
Ventura Rodríguez Lugo
William J. Folan

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización de muestras cerámicas de Calakmul y de algunos sitios localizados en sus alrededores, mediante la aplicación de microscopía electrónica analítica de barrido de bajo vacío (MEB-BV), y por difracción de rayos X (DRX). La finalidad es comparar las características micro-estructurales y elementales de los tiestos cerámicos con los resultados obtenidos del análisis de los barros procedentes de Calakmul mismo y región aledaña, realizados en un estudio anterior.

La información obtenida permitirá establecer el origen de las materias primas empleadas en la elaboración de los materiales cerámicos, así como los procesos de manufactura empleados en la producción de las mismas durante las diferentes etapas de su desarrollo cultural.

Finalmente, la información en su conjunto proporcionará las bases para determinar el contexto social, político y económico en el que la cerámica fue producida y distribuida.

Se parte de la hipótesis de que Calakmul (Figura 1) - por haber representado una entidad políticamente centralizada durante los periodos Clásico Temprano y Clásico Tardío (Folan 1992) - encaminó sus intereses sociales y políticos hacia la creación de un monopolio por el control y el poder en la producción de bienes cerámicos, por lo menos durante el periodo de máxima extensión cultural (Domínguez *et al.* 2001).

Asimismo, se piensa que este control sobre la movilización de los bienes cerámicos, desde los productores hacia las élites, debió manifestarse a través de redes de trabajo, con la finalidad de mantener por un lado a estas élites y permitir a la vez extender y reafirmar el *status* de estas mismas y de Calakmul como cabecera regional.

Con el fin de comprobar la 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 micro-estructura de los materiales arqueológicos, con la finalidad de proveer información esencial respecto al origen de los materiales (Ortega *et al.* 2001; Ortiz *et al.* 1995; Rodríguez *et al.* 2000), y tecnología utilizada por los alfareros de Calakmul.

De la misma manera, este tipo de estudio permitirá inferir otros aspectos sociales y económicos de Calakmul como es la organización de la producción cerámica y la presencia de especialización artesanal.

Para identificar la mineralogía de las arcillas y desgrasantes de la cerámica, se usó petrografía mineralógica (Arenas *et al.* 1999), complementando este primer acercamiento con microscopía electrónica de barrido, una herramienta fundamental en el estudio y caracterización de materiales

arqueológicos a nivel micro-estructural (Yacamán *et al.* 2000; Wilson 1997; Mendoza *et al.* 1998; Alva *et al.* 1998; Espinosa *et al.* 1998; Mondragón *et al.* 1998), 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; Rodríguez *et al.* 1994).

Los resultados obtenidos por medio de estas técnicas, como se ha mencionado en párrafos anteriores, permitirá 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 micro-estructurales (Rodríguez *et al.* 2000).

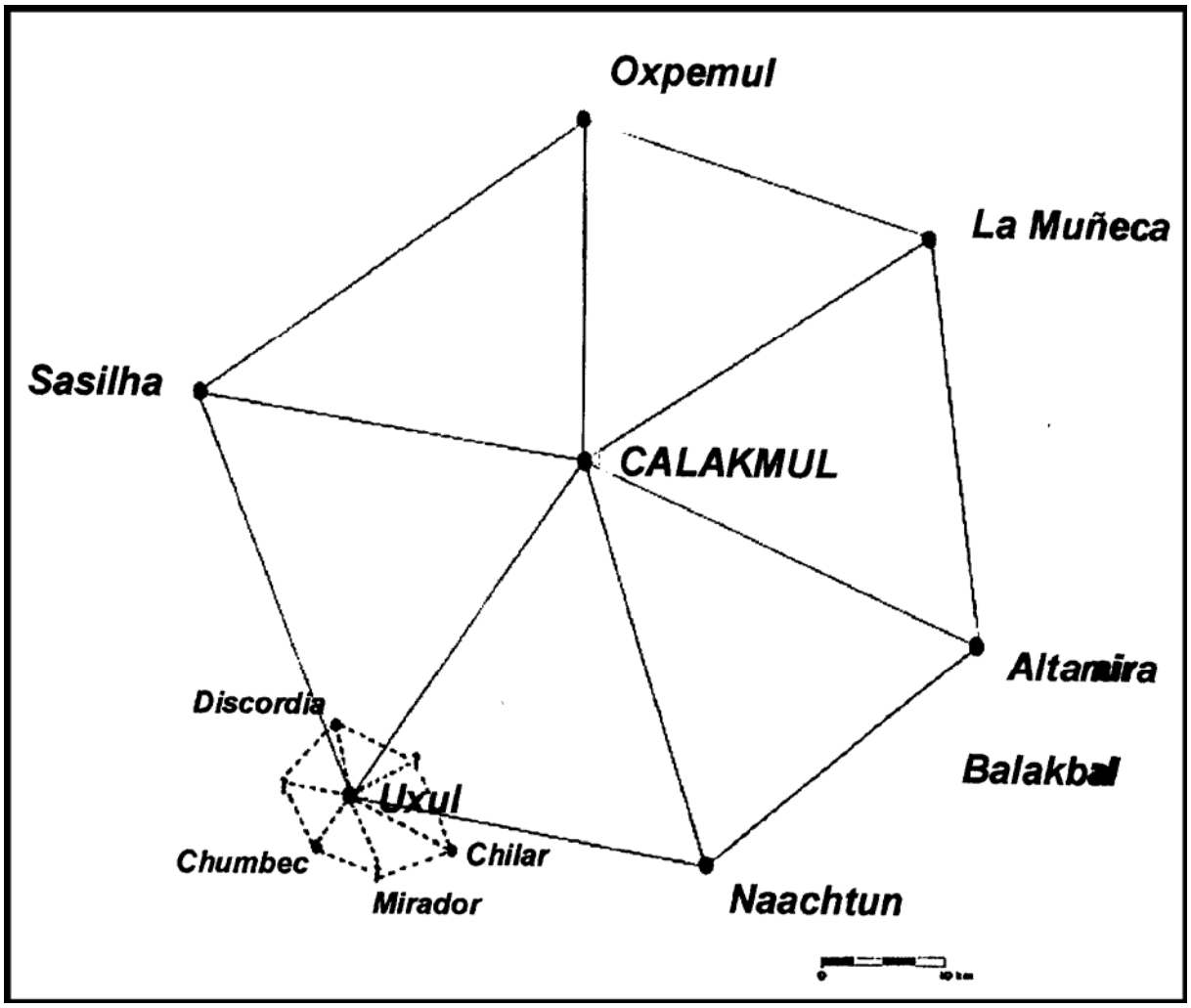

Figura 1 Mapa que muestra el estado regional de Calakmul (Marcus 1973, 1976)

CERÁMICA

Para este tipo de estudio multidisciplinario, se incluye hasta el momento material cerámico (Figura 2) tanto del sitio de Calakmul como de 75 sitios registrados y mapeados en los alrededores del mismo. Algunos de éstos muestran a simple vista y con relación a regiones aledañas, variantes y similitudes en el acabado superficial, que podrían indicar en un primer momento la presencia de cambios sociales y culturales a escala local y regional.

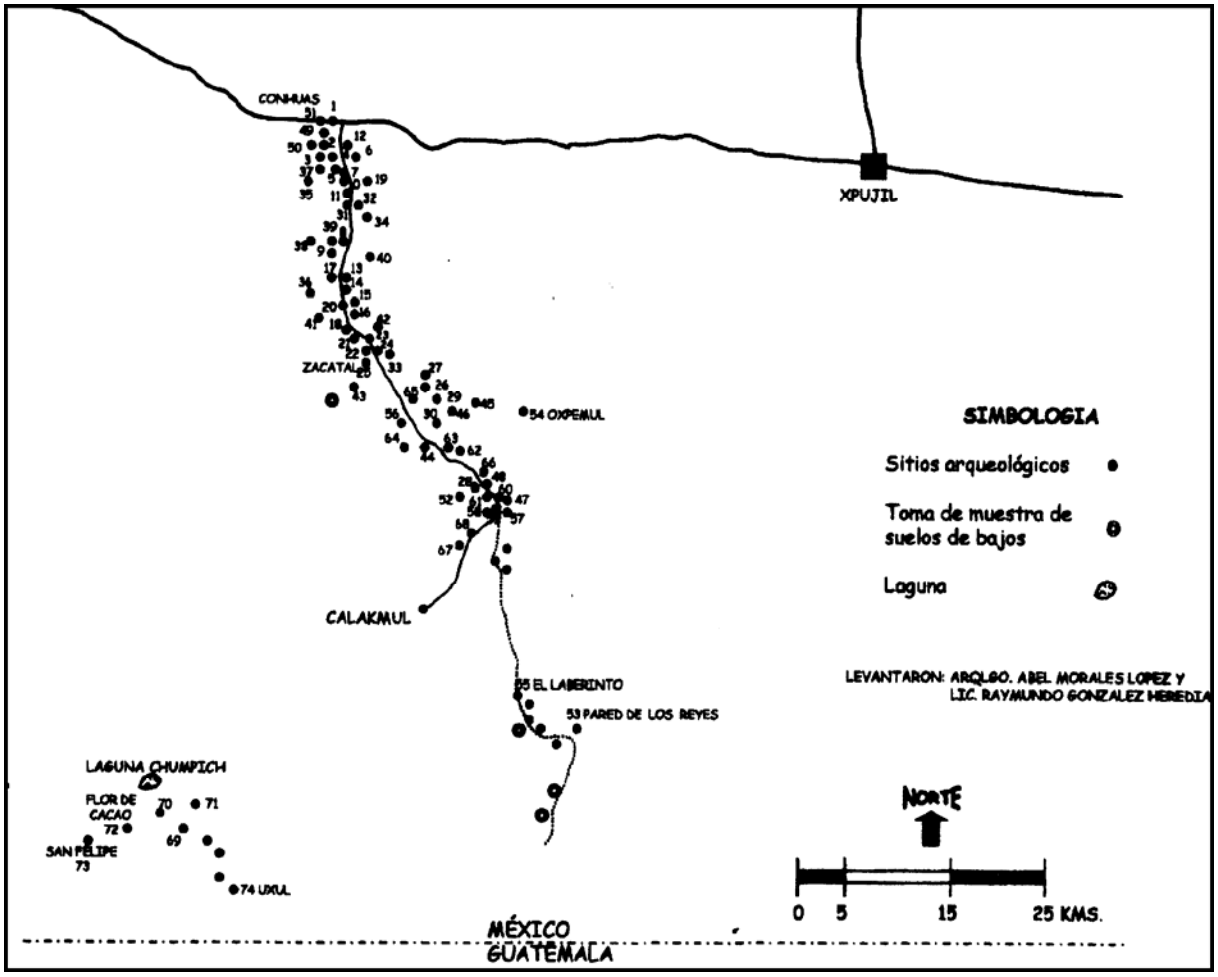

Figura 2 Sitios mapeados en el Estado Regional de Calakmul (Folan *et al.* 2001)

Para el presente estudio, se seleccionaron y analizaron muestras de tipos cerámicos diagnósticos de los periodos Clásico Tardío (*Complejo Ku*) y Clásico Terminal (*Complejo Halibe*), los cuales comprenden principalmente cerámica utilitaria. Sin embargo, hay que hacer la aclaración que esta etapa de investigación ha incluido también el análisis químico de tiestos cerámicos de los periodos Preclásico (*Complejos Zihnal y Takan)* y Clásico Temprano (*Complejo Kaynikte).* Estos están representados por los grupos cerámicos Sierra, Polvero, Águila, Infierno, Dos Arroyos, Quintal y Triunfo, que por cuestiones de seguimiento del proyecto, se ha decidido dejarlos por ahora, para concentrarnos en dos de los momentos de gran importancia cultural para Calakmul.

Los tiestos cerámicos se agruparon de acuerdo a su acabado superficial, a partir de lo cual se establecieron tres grupos. El primero consiste de la cerámica con engobe rojo en donde se incluyen a grupos cerámicos tales como Nanzal y Tinaja. La mayoría de las formas de este primer grupo se refiere a vasijas de servicio, como cuencos 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 Infierno y Achote. Esta clase incluye en su mayoría pequeños cuencos 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 de grandes ollas, que se piensa fueron utilizadas para almacenar agua y grandes cantidades de alimento, así como para cocinar.

MÉTODO EXPERIMENTAL

El análisis petrográfico (Chung *et al.* 1997; Chung y Morales 1999), 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 (Rodríguez *et al*. 2000), 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 74 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 micro-estructurales 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 con respecto a la especialización de los bienes cerámicos (Martínez *et al.* 2001), como podrían ser la manufactura de determinadas formas de vasijas en un lugar especial de producción y la calidad de las arcillas (Fernández et al. 1999), la cual desempeñó un papel muy importante en la manufactura de la cerámica de acuerdo a la función destinada, sea utilitaria, ceremonial o ritual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de los barros por microscopía electrónica hicieron posible en un primer momento, establecer diferencias en las características micro-estructurales de acuerdo a la profundidad de extracción (Figura 3); por ejemplo, en algunas muestras es característica la presencia de fibras, en tanto que en otras predominan las superficies acanaladas, las superficies porosas, los crecimientos laminares, etc.

La mayoría de las muestras contienen C, Ca, Si, Al, O y Fe, no obstante, la concentración de S, K, Ba y Na, varía de acuerdo a 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 microscopia electrónica permite la clasificación de barros a partir de las características micro-estructurales y la composición elemental, vinculando éstas con la profundidad en que se encontraron, e incluso detectando variaciones de una zona a otra. Estas diferencias pueden ser corroboradas a través de las fases cristalinas presentes, identificadas en el barro por medio de difracción de rayos X (Rodríguez *et al.* 2000).

El análisis por difracción de rayos X realizado a los tiestos cerámicos de los periodos Clásico Tardío y Clásico Terminal dio como resultado la identificación de calcita y cuarzo en ambos casos, además, se detectó la presencia de arcilla en los mismos. Lo anterior lleva a inferir (Figura 4) que la materia prima usada en la manufactura de las vasijas cerámicas fueron diferentes tipos de arcillas como montmorillonita, volkonskoita y paligorskita (Yacamán *et al*. 1996). 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° C 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 (Besoain *et al*. 1985).

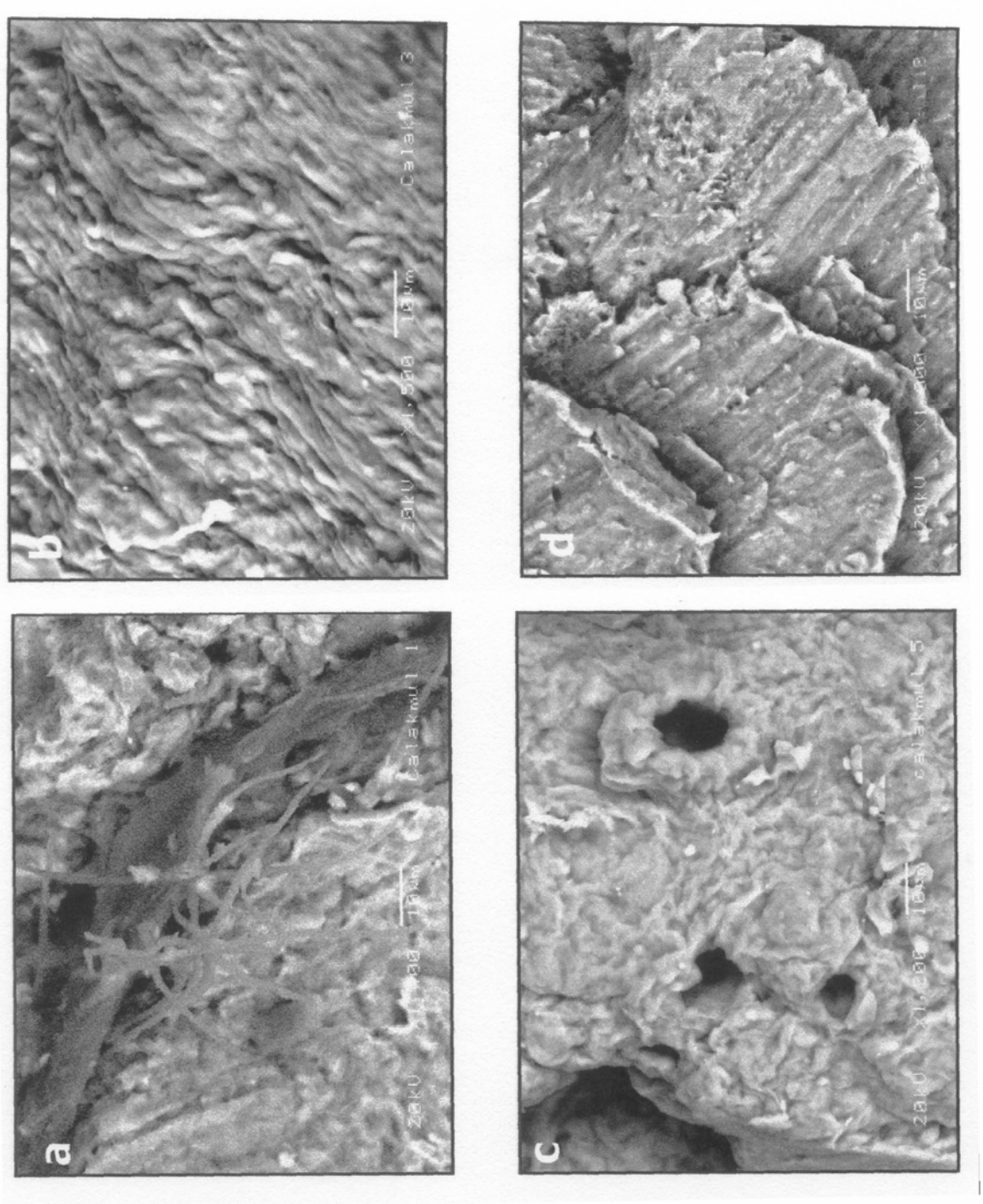

Figura 3 Distintas morfologías encontradas en los barros analizados: a) fibras; b) superficie acanalada; c) superficies porosas; y d) crecimientos laminares

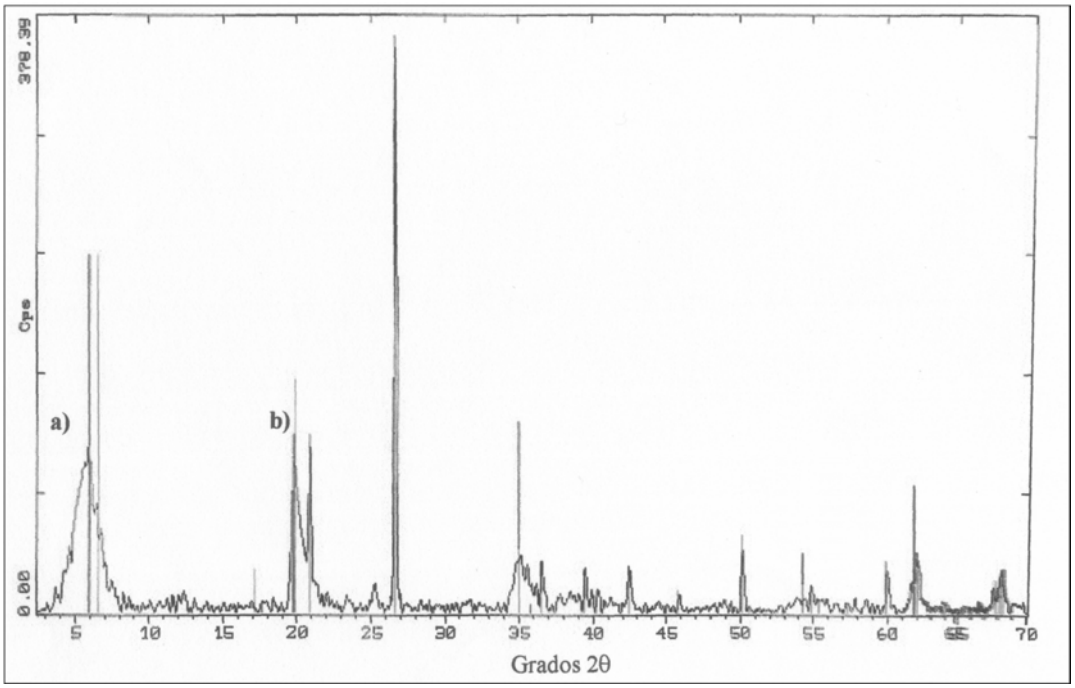

Figura 4 Difractograma correspondiente a una muestra de barro que exhibe la presencia de cuarzo, montmorillonita y volkonskoita

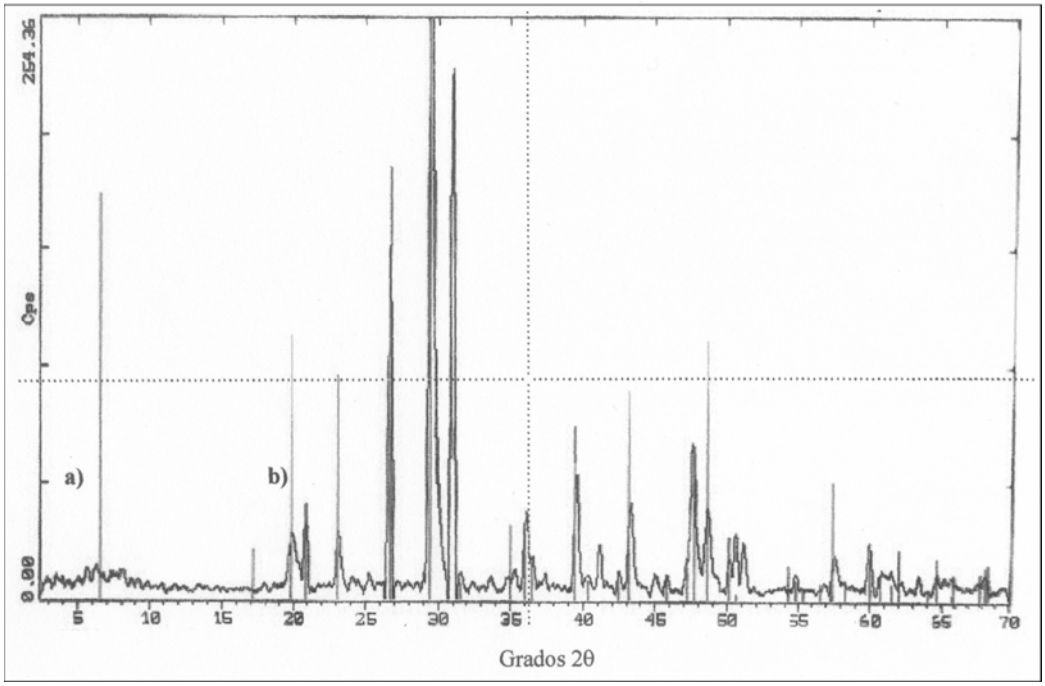

Figura 5 Difractograma donde se observa: a) la extinción del primer pico de difracción en 6°2θ de las fases montmorillonita y volkonskoita; b) segundo pico característico de las fases ya identificadas en 20°2θ

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 (Figura 5;Domínguez y Espinosa 2001).

Con base en los datos proporcionados por el análisis de los tiestos cerámicos, se sostiene desde el punto de vista cultural, que la producción de cerámica en Calakmul durante el Clásico Tardío (Figura 6) parece haberse extendido hacia el norte y sur del sitio, como se había inferido antes mediante el análisis de barros por estas mismas técnicas, y de tiestos cerámicos por medio de la petrografía y de activación de neutrones (Domínguez, Reents-Budet *et al.* 1998).

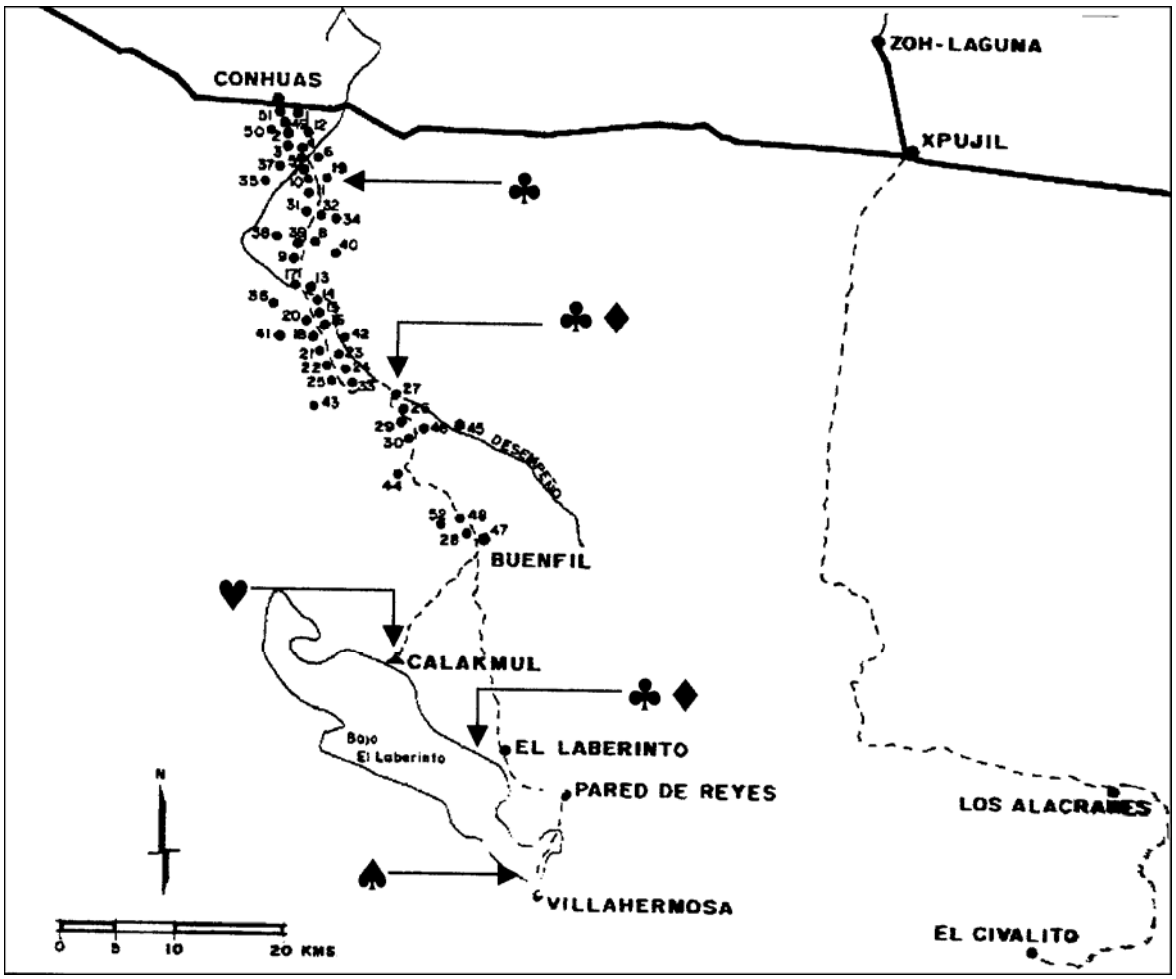

Figura 6 Ubicación de fuentes prehispánicas de barro identificadas en Calakmul y sus alrededores (Rodríguez *et al*. 2000)

Este aparente patrón en la producción y distribución de bienes cerámicos de Calakmul demuestra además la importancia política, social y económica de esta entidad como centro regional (Domínguez *et al.* 1998).

Caso contrario sucede en las últimas etapas del Clásico Tardío y Clásico Terminal, en donde las fuentes utilizadas para la producción de cerámica, tanto en Calakmul como en los sitios de los alrededores, parecen localizarse a distancias más cortas con relación a periodos anteriores, que indica un desplazamiento de la población hacia el interior de Calakmul (Folan *et al.* 2000, 2001). Al respecto, Philippe Nondédéo (1999) también reporta la evidencia de una reducción ocupacional durante el Clásico

Tardío en sitios localizados al norte de Calakmul, y un marcado crecimiento en la arquitectura estilo Río Bec hacia la parte noroeste del mismo. Esto habla de la necesidad que manifiestan los asentamientos menores por buscar condiciones de vida favorables dirigiéndose hacia centros mayores, con cierta autosuficiencia para cubrir sus necesidades básicas de subsistencia, incluyendo entre estas, a las actividades de producción cerámica misma.

CONCLUSIONES

El alto grado de homogeneidad en la composición química de los barros y de los tiestos cerámicos analizados, así como en las técnicas de manufactura y las formas que presentan las vasijas, son el reflejo de una producción especializada en general. Por el momento, no se puede definir aún el uso de materia prima específica para la producción de ciertos tipos de cerámica, en donde grupos de alfareros fueron concentrados para producir un determinado tipo de vasijas, como fue el caso de Tikal, Palenque o Lubaantun (Rice 1987).

Falta complementar estos análisis con estudios de simulación de manufactura cerámica, en donde se podrá definir con mayor exactitud dicha modificación que sufre la estructura original de la arcilla durante el proceso de manufactura de las vasijas mismas, para entender de esta manera la organización de la producción cerámica y su asociación con una producción especializada.

Este trabajo confirma que la continua aplicación de técnicas analíticas al estudio de materiales arqueológicos proporciona valiosa información sobre los orígenes y composición de dichos materiales. Genera, en particular, nuevos enfoques con respecto a los patrones de producción, distribución y consumo de bienes materiales y, en general, un mayor conocimiento sobre las formas complejas de organización social y política originadas en Calakmul y su estado regional.

REFERENCIAS

Alva Medina, A., D. Mendoza Anaya, V. Rodríguez Lugo y G. Martínez Cornejo
1998 Microestructural Analysis of Archaeological Samples from Palenque, Chiapas. *Electron Microscopy* 3 (2):267-268. Institute of Physics Publishing, Bristol.

Arenas Alatorre, J., R.E. Cruz Colín, L. Carapia Morales, Heajoo Chung y A. Victoria Morales
1999 *Estudio petrográfico y por microscopía electrónica analítica de barrido (MEAB) de la cerámica Pizarra*. Gerencia de Ciencia de Materiales, Dirección de Investigación Científica, ININ, CM-99-07.

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

Chung, Heajoo, Juan José Flores y Alfredo Victoria Morales
1997 Estudio Petrográfico de las cerámicas de Calakmul. Informe de Trabajo. Manuscrito en posesión del CIHS de la Universidad Autónoma de Campeche.

Chung, Heajoo y Alfredo Victoria Morales
1999 Estudio petrográfico de la cerámica arqueológica de Calakmul, Campeche. Informe de Trabajo. Manuscrito en posesión del CIHS de la Universidad Autónoma de Campeche.

Domínguez Carrasco, María del Rosario y Manuel E. Espinosa Pesquiera
2001 Application of Petrography, SEM and XRD to Ceramic Production Studies in the Regional State of Calakmul, Campeche, Mexico. Ponencia, 66 Reunión Anual, Annual Meeting of Society for American Archaeology, New Orleans.

Domínguez Carrasco, María del Rosario, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Ventura Rodríguez Lugo, Demetrio Mendoza Anaya, Heajoo Chung, William J. Folan y Joel D. Gunn
2001 Estudios sobre la producción cerámica en el Estado Regional de Calakmul, Campeche, México: Análisis micro-estructural y cultural. En *XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2000* (editado por J.P. Laporte, A.C. de Suasnávar y B. Arroyo), pp.789-805, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Domínguez Carrasco, María del Rosario, Dorie Reents-Budet, Ronald Bishop y William J.Folan
1998 La cerámica de Calakmul: Un análisis químico y socio-político. En *Los Investigadores de la Cultura Maya* 6:361-375. Universidad Autónoma de Campeche.

Domínguez Carrasco, María del Rosario, William J. Folan y Joyce Marcus
1998 Calakmul, Campeche: Un análisis socio-político de su centro urbano y su estado regional. En *Los Investigadores de la Cultura Maya* 6:195-213. Universidad Autónoma de Campeche.

Espinosa Pesqueira, Manuel E., G. Martínez Cornejo y V. Rodríguez Lugo
1998 Electron Microscopy in Microestructural Characterization of Ancient Olmec Monuments. *Electron Microscopy* 3 (2):271-272. Institute of Physics Publishing, Bristol.

Fernández García, M.E., J.A. Ascencio, D. Mendoza-Anaya, V. Rodríguez-Lugo y M. José Yacamán
1999 Experimental and Theoretical Studies of Paligorskite Clays. *Journal of Material Science* 34:52-63.

Folan, William J.
1992 Calakmul, Campeche: A Centralized Urban Administrative Center in the Northern Peten. *World Archaeology* 24 (1):58-168.

Folan, William J., Abel Morales López, María del Rosario Domínguez Carrasco, Heajoo Chung, Joel D. Gunn, Raymundo González Heredia y Lynda Florey Folan
2000 Acercamiento a la demografía rural del norte de estado regional de Calakmul. En *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1999* (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y A.C. de Suasnávar), pp.355-384, Museo nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Folan, William J., Abel Morales López, Raymundo González Heredia, Lynda Florey Folan y María del Rosario Domínguez Carrasco
2001 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* 9. Universidad Autónoma de Campeche.

Marcus, Joyce
1973 Territorial Organization of the Lowland Classic Maya. *Science* 180:911-916.

1976 *Emblem and State in the Classic Maya Lowlands: An Epigraphic Approach to Territorial Organization*. Dumbarton Oaks, Washington, D.C.

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

Mendoza Anaya, Demetrio, V. Rodríguez Lugo, G.Martínez Cornejo y M. José Yacamán
1998 Microstructural Studies of Painting from the Totonaca Civilization in Tajin. *Electron Microscopy* 3 (2):253-254. Institute of Physics Publishing, Bristol.

Mondragón Galicia, G., V, Rodríguez Lugo, G. Martínez Cornejo y V.M. Castaño Meneses
1998 Degradation of Archaeological Stones and Pigments by Water-Soluble Salts. *Electron Microscopy* 3 (2):283-284. Institute of Physics Publishing, Bristol.

Ortega Avilés, M., C.M. San-Germán, D. Mendoza Anaya, D. Morales y M.J. Yacamán
2001 Characterization of Mural Paintings from Cacaxtla. *Journal of Material Science* 36:2227-2234.

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

Rice, Prudence
1987 Economic Change on the Lowland Maya Late Classic Period. En *Specialization, Exchange and Complex Societies* (editado por E.M. Brumfiel y T.K. Earle), pp.76-85. Cambridge University Press, Cambridge.

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

Rodríguez Lugo, Ventura, D. Mendoza Anaya, M.E. Espinosa Pesqueira, Heajoo Chung, María del Rosario Domínguez Carrasco, William J. Folan y Joel Gunn
2000 El estado regional de Calakmul: Su evidencia material y cultural. En *Los Investigadores de la Cultura Maya* 8:324-356. Universidad Autónoma de Campeche.

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

Yacamán, M. José y Jorge Ascencio
2000 *Modern Methods in Art and Archaeology* (editado por E. Ciliberto y G. Spotto), Chemical Analysis Series, Vol.55, John Wiley & Sons.

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