

ANÁLISIS MICRO-ESTRUCTURAL DE MUESTRAS GEOLÓGICAS Y ARQUEOLÓGICAS DE PEDERNAL DE LA REGIÓN DE CALAKMUL, CAMPECHE

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

El objetivo principal de este estudio es identificar diferencias micro-estructurales en un lote de muestras geológicas y arqueológicas de pedernal de la región de Calakmul y su estado regional, a partir de su asociación con el color visible en los materiales, por medio del uso de técnicas analíticas como la difracción de rayos X (DRX) y la microscopía electrónica de barrido de bajo vacío (LV-SEM).

Se sabe de antemano que el pedernal es uno de los materiales más abundantes en el área Maya y, por consiguiente, uno de los recursos explotados intensivamente por los Mayas prehispánicos para la elaboración de sus herramientas, debido a las características físicas, químicas y visuales que este material posee.

Por otra parte, la amplia variedad de herramientas registradas a través de las diversas excavaciones arqueológicas, permite identificar las múltiples tareas que desempeñaron los antiguos Mayas en su vida cotidiana, entre las que se pueden mencionar: corte de piel y madera, retoque de navajas, raspadura de piel, molienda de pigmentos, desbaste de madera, perforación del cuero, concha y caracol, maceramiento del papel, descuartizamiento de animales, tallado de madera, procesamiento de plantas y animales para la preparación de alimentos y vestimenta, etc. De la misma manera, la alta frecuencia de determinados tipos de herramientas nos sugiere su uso como implemento en múltiples propósitos, así como indicadores de las actividades que fueron practicadas de manera continua.

La importancia en el color de los materiales parece haber sido un elemento de interés por parte de los artesanos que se dedicaron a este tipo de trabajos. Estudios anteriores realizados sobre los artefactos líticos de Calakmul (Domínguez *et al.* 1997, 1998a, 1998b), han demostrado la aparente inclinación sobre la selección de colores específicos del pedernal para la elaboración de determinados artefactos. La evidencia para sugerir lo anterior, se observa en algunas puntas elaboradas en tonos azulados que bien podrían estar relacionadas con funciones sagradas como parte de un simbolismo religioso. Otros ejemplos relacionados con la importancia del color en este tipo de material, es el estudio etnográfico realizado entre comunidades aborígenes actuales de Australia (Gould *et al.* 1971), donde se hace mención que las personas dedicadas a la elaboración de herramientas de pedernal, seleccionan aquellos materiales que contienen granos finos, colores más atractivos y algunas otras propiedades que contribuyen en su conjunto a obtener un artefacto de buena calidad y durable de acuerdo con sus necesidades.

Rovner (1974, 1981) menciona la presencia de una regionalización en las fuentes de pedernal, basado en la variedad del color y la calidad del mismo (Figura 1). Así tenemos que el pedernal de color azul-gris a gris-café predomina en la región costera norte del área Maya (Zona A); los que varían de tonos rojizos-azulados, café rojizos claros y amarillo a blanco opaco son característicos de la región de Río Bec y Petén

(Zona B), y el que va de un color miel a café oscuro o grisáceo y que presenta una fina calidad parece originarse en Belice y posiblemente en Quintana Roo (Zona C).

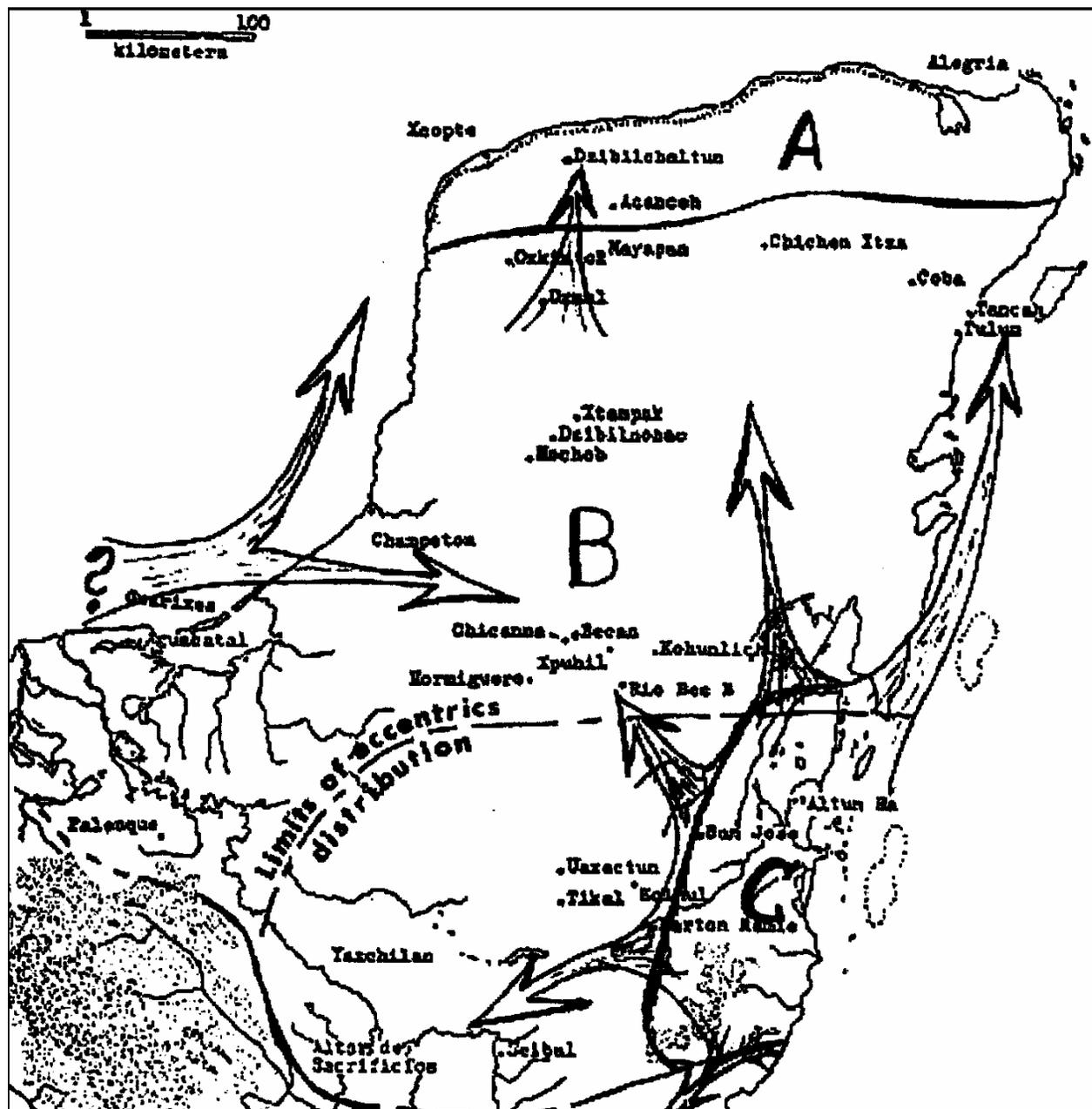


Figura 1 Regionalización de fuentes de pedernal, basado en la variedad del color y la calidad del mismo (Rovner 1981)

Desde el punto de vista geológico, el pedernal se define como una roca sedimentaria, compuesta principalmente de cuarzo microcristalino, mínimas cantidades de cristales de cuarzo, ópalo e impurezas. Debido a que el pedernal se forma bajo diversas circunstancias y está sujeto a variadas influencias posteriores a su depósito que alteran su composición química, podemos hablar de la presencia de "tipos de pedernal", aunque en lo general, el término pedernal hace referencia a todos los silicatos microcristalinos sedimentarios que incluye a materiales como el *flint*, que es un pedernal homogéneo de alta calidad, por lo general de color gris oscuro o negro; la ágata, que es una variedad de pedernal translúcido, generalmente

compuesto de calcedonia y que se caracteriza por presentar bandas, franjas o manchas de color generalmente claro; el jaspe, otra variedad de pedernal con presencia de impurezas de óxido de hierro y colores que varían entre café, amarillo y rojo; *hornfels* o *silicified shale*, que caracteriza al pedernal que muestra astillas o fracturas sub-concoidales; por último, la calcedonia, que se refiere a una variedad que presenta partículas de cuarzo con forma de fibras (Luedtke 1978, 1992).

Lo anterior causa generalmente confusión entre los arqueólogos, estudiosos del tema, que han tratado de definir el tipo de materia prima con el que fueron manufacturadas las diversas herramientas de piedra de los Mayas prehispánicos. Por supuesto, el interés por el estudio de esta clase de artefactos no es nuevo, pues desde hace algunas décadas se han llevado a cabo investigaciones concentradas principalmente en la elaboración de tipologías para las herramientas de piedra, a través de diferentes niveles de análisis. Sin embargo, en los últimos años se ha visto un mayor interés por profundizar en el conocimiento de los recursos materiales explotados por los Mayas prehispánicos para la manufactura de dichas herramientas, así como por definir la caracterización micro-estructural, tanto de muestras arqueológicas como geológicas por medio de técnicas analíticas, como ha sido la petrografía a través de secciones delgadas (Boxt y Reedy 1985), y de elementos traza mediante la activación de neutrones (Cackler *et al.* 1999; Tobey, Shafer y Rowe 1986, 1994), ambas técnicas han sido aplicadas a materiales arqueológicos y geológicos de Belice.

De estos trabajos, el que sobresale por la profundidad en el tema es el realizado por Shafer y Hester (1983, 1984, 1991), en el centro y norte de Belice (Figura 2), en donde fueron localizados algunos de los afloramientos de pedernal y calcedonia que fueron explotados extensiva e intensivamente para la manufactura de artefactos desde el Preclásico Medio hasta el Postclásico Temprano, así como la presencia de gran cantidad de talleres de desecho de pedernal que muestra el alto nivel de producción de artefactos de este tipo de material en dicha región. La mayoría de estos talleres han sido registrados en Colha, sitio localizado al norte de la zona de afloramientos de pedernal y dentro del territorio de nódulos de pedernal de alta calidad, por lo que este sitio ha sido considerado como un importante centro para la producción y distribución de herramientas de pedernal en un nivel regional.

Otra de las zonas en donde ha sido estudiado el pedernal, tanto en materia prima como a través de los artefactos mismos, es la de Río Bec (Eaton 1982, 1991). En esta región, Eaton ha registrado la presencia de una extensa área de afloramientos de pedernal, así como de algunos talleres de fabricación de herramientas de este mismo material, aunque estos no muestran el nivel de producción lítica registrada en Colha.

En Becan se han registrado montículos artificiales de pedernal en las orillas de los bajos y cerca del área residencial a una distancia no mayor de 1 km del foso defensivo. Estos montículos, que se hallan asociados con plataformas habitacionales, se encuentran de manera natural sólo en los bajos y están formados principalmente por nódulos de pedernal que han sido desprendidos de la roca (Thompson 1991).

Copan es otro de los sitios que ha generado interés por el estudio del pedernal, a través del Proyecto Valle de Copan de la Universidad de Harvard (Valdés y Potter 1991). Tal estudio, que se realizó en su mayoría con desecho de talla, proporcionó información respecto al uso de la calcedonia como material predominante y de la presencia de un pedernal de baja calidad con relación al observado en el norte de Belice, algunas partes del Petén e incluso ciertas partes del norte de Yucatán.

En Tikal, Moholy-Nagy (1991) ha distinguido diferentes categorías de pedernal que van desde piedras opacas, con textura arenosa, gruesa, media y fina, hasta piedras translúcidas y de apariencia homogénea como la calcedonia. El material, generalmente de colores claros, varía de blanco a gris pálido, de rosáceo a canela, así como varias tonalidades de café.

La región de Calakmul, por su parte, presenta un patrón similar al observado en Becan, pues en el bajo El Laberinto se ha registrado una cantidad considerable de nódulos de pedernal de diferentes tamaños que varían desde piedras pequeñas hasta cantos rodados de aproximadamente 0.50 m, así como desechos de talla primaria y elaboración de preformas (Domínguez *et al.* 1996). Dicho material, al igual que en Becan, fue registrado en asociación con pequeñas plataformas habitacionales, lo que sugiere que este fue el lugar en

donde se elaboraron las preformas dado el fácil acceso de la materia prima, para posteriormente transportarlas hacia otros lugares y finalizar la elaboración de las herramientas.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Para elaborar el presente estudio fue analizada una muestra arqueológica compuesta por un total de 23 herramientas de pedernal, 11 de las cuales proceden de la Estructura II y 12 de la Estructura III, así como una muestra geológica de cinco fragmentos de pedernal, recolectados en bancos de materiales localizados en los alrededores de Calakmul. Para tal efecto, en ambos tipos de muestras se seleccionaron materiales con diversas tonalidades, que variaron en colores desde blanco opaco, a tonos rosáceos, canela, bayo, gris pálido a negro, gris con puntos negros, así como varias tonalidades de café que van de oscuros y amarillentos hasta tonos bayos y miel. La textura de los materiales varía de gruesa a media y su apariencia va de opaca a translúcida; algunos presentan manchas que pueden ser oscuras y/o claras. Las herramientas seleccionadas para esta primera etapa del estudio consistieron de fragmentos de bifaciales ovalados, fragmentos de bifaciales de hoja de laurel, fragmentos de cinceles bifaciales, fragmentos de puntas, raspadores y lascas reafiladas de bifaciales ovalados (Figura 3).

MÉTODO EXPERIMENTAL

En el caso de los materiales arqueológicos, las muestras fueron obtenidas a partir de pequeños fragmentos de 3mm² aproximadamente de la herramienta original, con el propósito de no dañar la pieza original. Posteriormente la muestra se somete a estudios DRX para determinar la estructura y fases cristalinas que conforman a las herramientas. El siguiente paso fue realizar la caracterización de la estructural interna del pedernal a niveles micro, meso y nanoscópicos en algunos casos, mediante microscopía electrónica de bajo vacío (MEB-LV) y por ultimo determinar la composición química elemental mediante espectroscopía por dispersión de energía de rayos X característicos (EDS) en un nivel superficial, para ser relacionado con las fases cristalinas encontradas en difracción de rayos X (DRX) o con materiales que se encuentren en menores proporciones (impurezas), que permitieran distinguir las pequeñas diferencias existentes entre los distintos lotes de muestras.

EQUIPOS Y CONDICIONES EXPERIMENTALES

DRX

Para el análisis por DRX, se utilizó un difractómetro de rayos-X, marca Siemens modelo d-5000, radiación de Cu.

MEB-BV

En el análisis por MEB, se utilizó un microscopio electrónico de bajo vacío Jeol LV-59000.

EDS

Para determinar la composición química de las muestras analizadas, se utilizó un espectrómetro de dispersión de energía de rayos X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Difracción de Rayos X

Las 23 muestras de herramientas de pedernal fueron analizadas por medio de esta técnica experimental encontrando solamente la fase cristalina identificada como cuarzo SiO_2 , fases cristalinas como cristobalita y hematita no fueron identificadas. No obstante de que estudios realizados por microscopía petrográfica con materiales de Belice (Boxt *et al.* 1985) indican la presencia de estos materiales, su ausencia por DRX en muestras de Calakmul indica que se pueden encontrar en proporciones menores al 3% en peso del total de la muestra.

Microscopía Electrónica de Barrido (MEB-BV) y Análisis Químico Elemental (EDS)

Respecto al análisis realizado mediante estas técnicas, sólo haremos referencia a las muestras cuyos resultados fueron relevantes de acuerdo a nuestros objetivos.

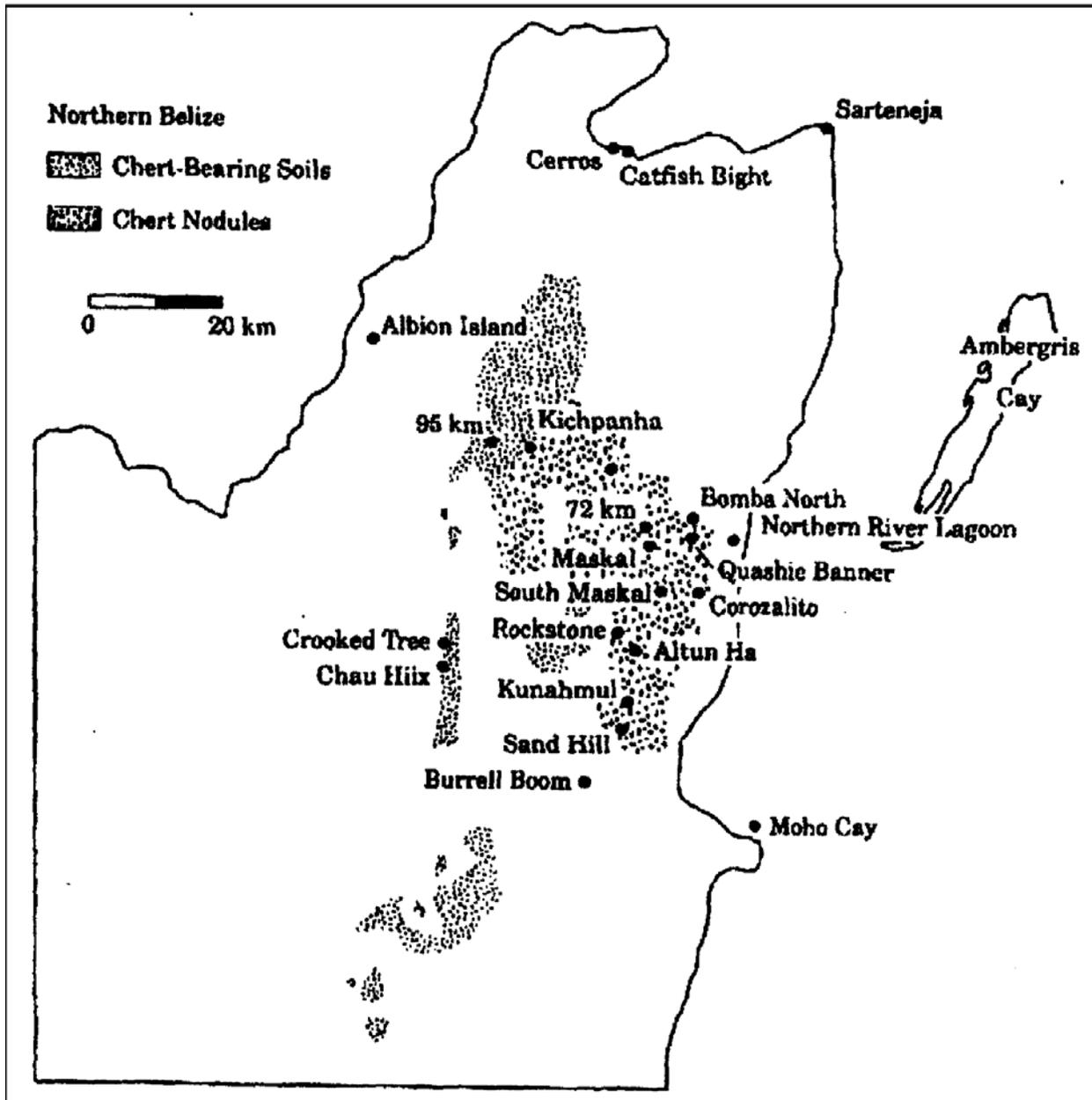


Figura 2 Localización de afloramientos de pedernal y calcedonia en la parte central y norte de Belice (Shafer y Hester 1983)

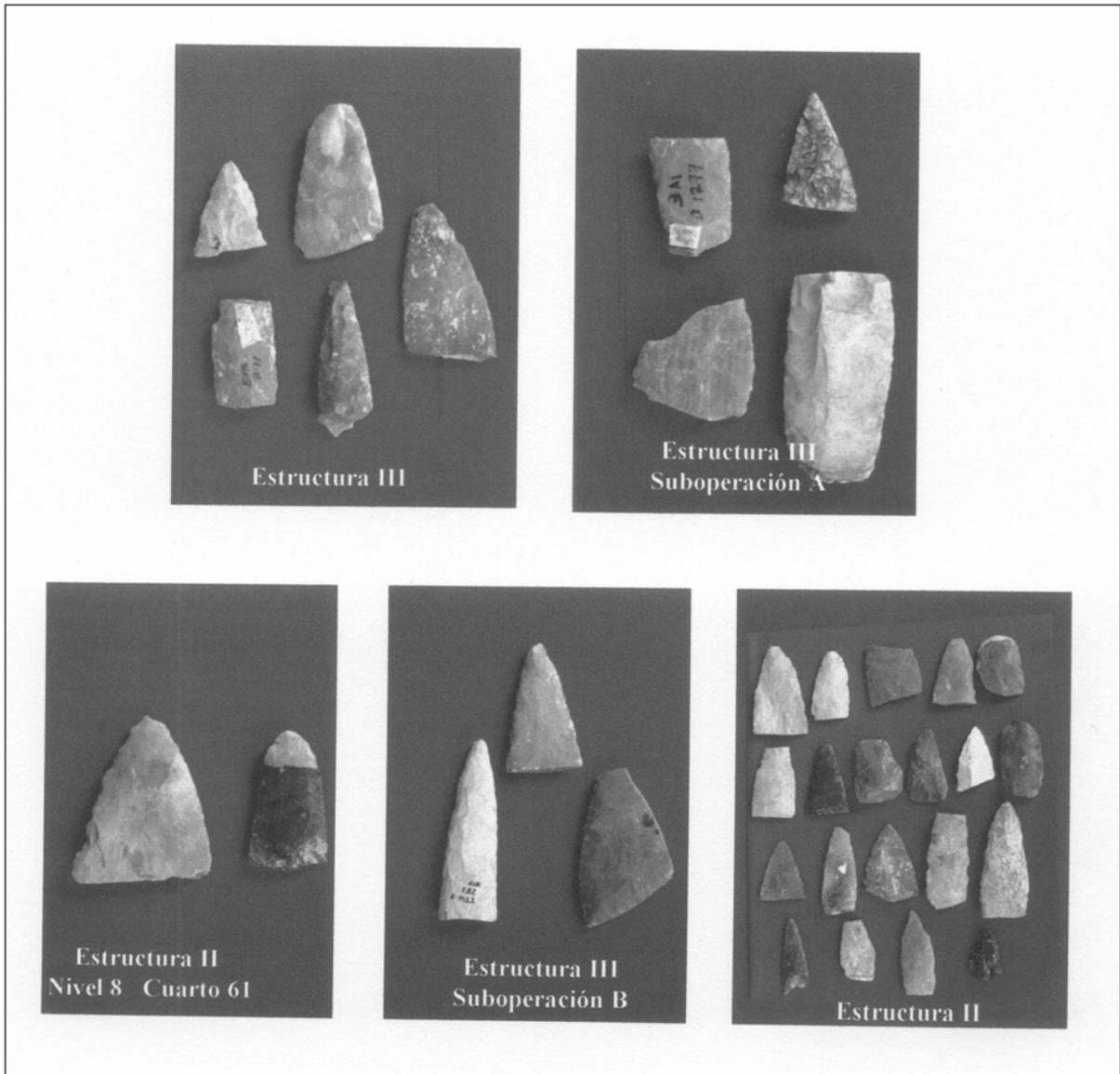


Figura 3 Lote de herramientas de pedernal seleccionadas para el presente estudio, procedentes de las Estructuras II y III de Calakmul, Campeche

ESTRUCTURA III

El uso de estas técnicas de análisis permitió la observación de los distintos materiales que conforman a las herramientas de pedernal, sustentando nuestra hipótesis de encontrar materiales distintos a la fase predominante de cuarzo (SiO_2), identificada en todas las herramientas de pedernal, que se encuentran en pequeñas cantidades. El primer análisis a las muestras correspondientes a la Estructura III, permitió observar la superficie externa de las herramientas de pedernal, donde se encontró gran cantidad de materiales ajenos al de origen. Grandes depósitos de carbonatos se observan sobre la superficie de las muestras de pedernal debido al contexto arqueológico en el que se encontraron. El análisis químico elemental realizado en la superficie de la muestra, permite observar el porcentaje en peso de cada elemento que conforma los depósitos superficiales. Oxígeno, carbón, calcio y silicio se encuentran en mayor proporción, aluminio, hierro y magnesio se encuentran en cantidades menores al 1%. La morfología de estos depósitos es de tipo fibrosa con una longitud de 20 micrómetros (μm) y como aglomerados de partículas de tamaño menor a 1 micrómetro (μm).

Una primera exploración a la muestra LC3003 a baja amplificación (Figura 4), develó la superficie de la estructura interna, aunado a una diferencia en tonos de grises. Indicativo de que existe una diferencia en la composición química elemental de la muestra. Las zonas de mayor contraste (blanco), presentan elementos o compuestos de mayor densidad como se observa en la imagen Aa@. La imagen Ab@ presenta elementos fibrosos de escala nanoscópica, con espesores de aproximadamente ~ 100 nm y longitudes de ~ 1 μm , el análisis químico reveló que están compuestos de Fe, O y Si. La foto fue tomada a 10 000x, cabe hacer notar que la microscopía petrográfica no presenta tan alta resolución de imagen. La imagen Ac@ presenta con detalle la diferencia en composición química, además, se observan granos de cuarzo de aproximadamente 10 μm de diámetro. El análisis EDS reveló que la zona con más contraste tiene bario (Ba), hierro (Fe), silicio (Si) y aluminio (Al), con un aumento en la cantidad de oxígeno (O).

ESTRUCTURA III, SUBOPERACIÓN A

La exploración de la superficie en la muestra LC3A1009 (Figura 5) presenta gran número de pequeñas partículas incluidas, distribuidas a manera aleatoria, como se muestra en la imagen Aa@, que se distinguen de la matriz de cuarzo. Una mayor amplificación de esta estructura (imagen Ab@) permite ver que se trata de un fósil de radiolario con un diámetro ~ 20 μm . Además, se observa la estructura interna del mismo. Otra amplificación revela una superficie compacta, además de una estructura esférica (imagen Ac@). La tabla que se observa muestra el análisis químico elemental de la muestra, tanto en porcentaje en peso de las partículas encontradas como del radiolario. Las partículas poseen los elementos Fe, O, Si y Cr.

ESTRUCTURA III, SUBOPERACIÓN B

En el análisis de la matriz de cuarzo en la muestra LC3B2006 (Figura 6), se observa gran homogeneidad, a excepción de algunas inclusiones que se destacan por su alto contraste, observándose una diferencia en la composición química. La imagen Ac@ muestra con mayor detalle una zona blanca homogénea, acompañada de diminutas estructuras en forma de agujas, además de observarse granos de cuarzo. La zona blanca posee los elementos Ba, O, S, Si y Na, una vez más se trata de sulfato de bario (Ba_2SO_4). La imagen Ab@ da mayor detalle de las estructuras con forma de aguja, con espesores de ~ 0.5 μm y longitudes no mayores a los 3 μm .

A diferencia de lo encontrado en la zona blanca, las agujas presentan a los elementos Fe y Mn, además de un aumento considerable de O y una disminución en el contenido de Ba y S, lo que permite inferir que se trata de un óxido combinado de hierro y manganeso.

ESTRUCTURA II

El análisis de la muestra LC2024 (Figura 7) presenta una mayor distribución de tamaño de grano que va desde 1 μm hasta 20 μm . Aglomerados de pequeñas partículas se hacen presentes en la matriz del pedernal como se observa en la imagen Aa@. Los elementos que conforman a estos aglomerados son O, Ba, S, Al y

Na que en realidad son parte del aglomerado. Podemos inferir una vez más que se trata de Ba_2SO_4 . Las partículas son menores a los $0.5\ \mu m$ (imagen Ab@ y Ac@), la presencia de Al y Na se debe a que actúan como impurezas de estas diminutas partículas, como en el caso de la muestra LC3A1010.

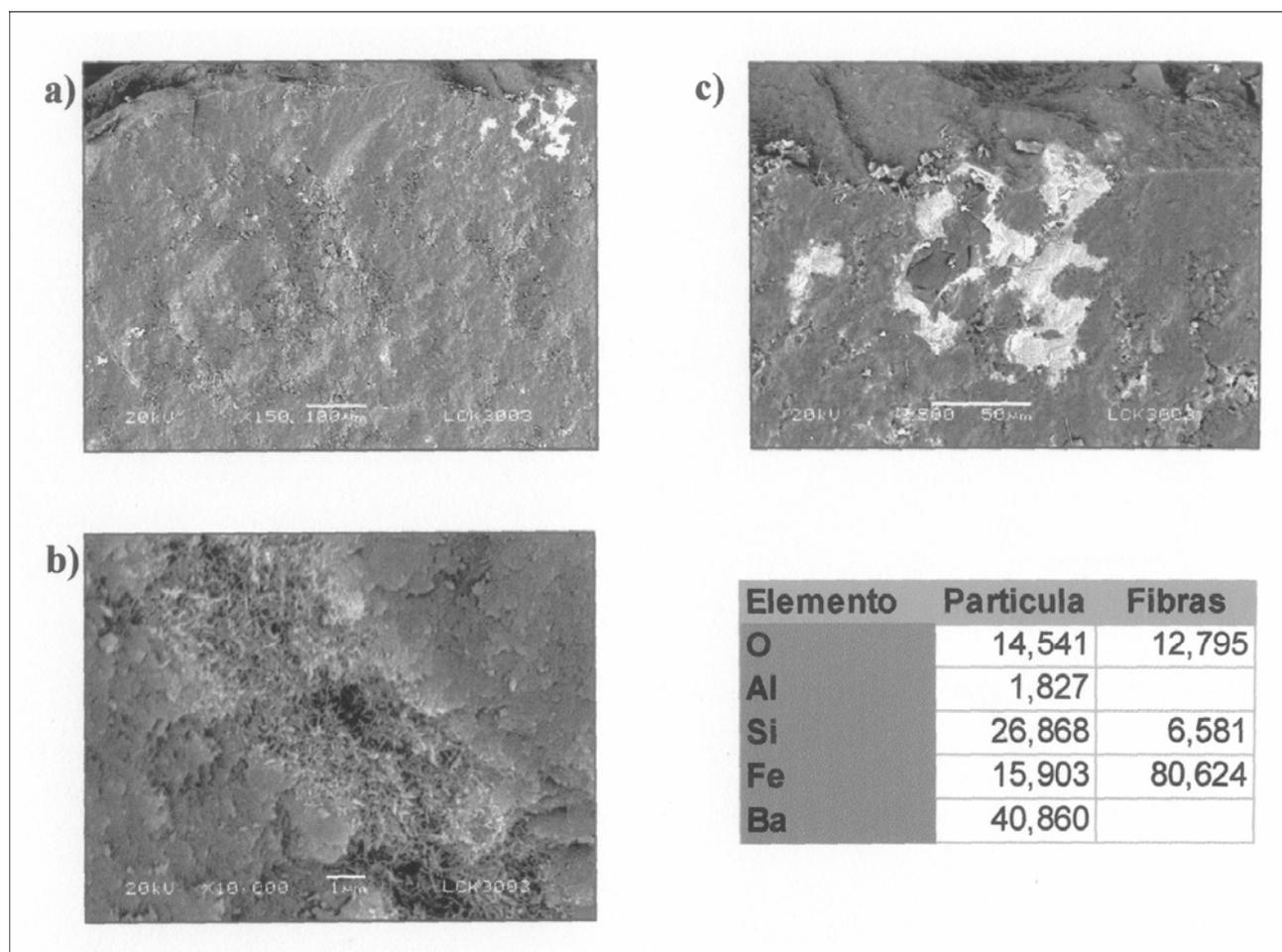


Figura 4 Imágenes del MEB-BV y EDS de la muestra arqueológica LCK3003, en donde se observa la diferencia en la composición química elemental a través de zonas blancas ("a" y "c") y la presencia de elementos fibrosos ("b")

CONCLUSIONES

- Los análisis efectuados por medio de las técnicas de DRX, MEB-BV microscopía electrónica de barrido y análisis químico elemental de la estructura interna de las herramientas de pedernal, reveló la gran homogeneidad de la matriz en cuanto a la composición mayoritaria de la fase de cuarzo (SiO_2). Este último elemento se encuentra con forma de granos poliédricos en un intervalo de diámetro de 1 a $5\ \mu m$, lo que indica que se trata de cuarzo criptocristalino.
- Un análisis más exhaustivo reveló elementos distintos a la matriz de cuarzo como: Ba, S, Fe, Mn, V, Ti, Cr, Al, Na y Mg. Estos elementos se encuentran formando compuestos como sulfatos de bario, óxidos metálicos y silicatos de aluminio.
- Debido a la gran homogeneidad que presentaron las muestras arqueológicas, aún no es posible determinar de manera puntual todas las diferencias que existen entre los distintos tipos de pedernal del área Maya. Los estudios que hasta la fecha se han realizado por medio de activación neutrónica y

microscopía petrográfica, no han logrado definir estas diferencias. Por lo tanto es necesario complementar tales estudios con microscopías electrónicas y estudios de fluorescencia de rayos X, para encontrar diferencias o similitudes más detalladas entre las muestras anteriormente estudiadas.

El análisis por DRX realizado a las muestras geológicas no proporcionó los resultados esperados, como en el caso de las muestras arqueológicas, la homogeneidad mostrada en la composición química de las herramientas, dificultó establecer diferencias entre ambos tipos de muestras.

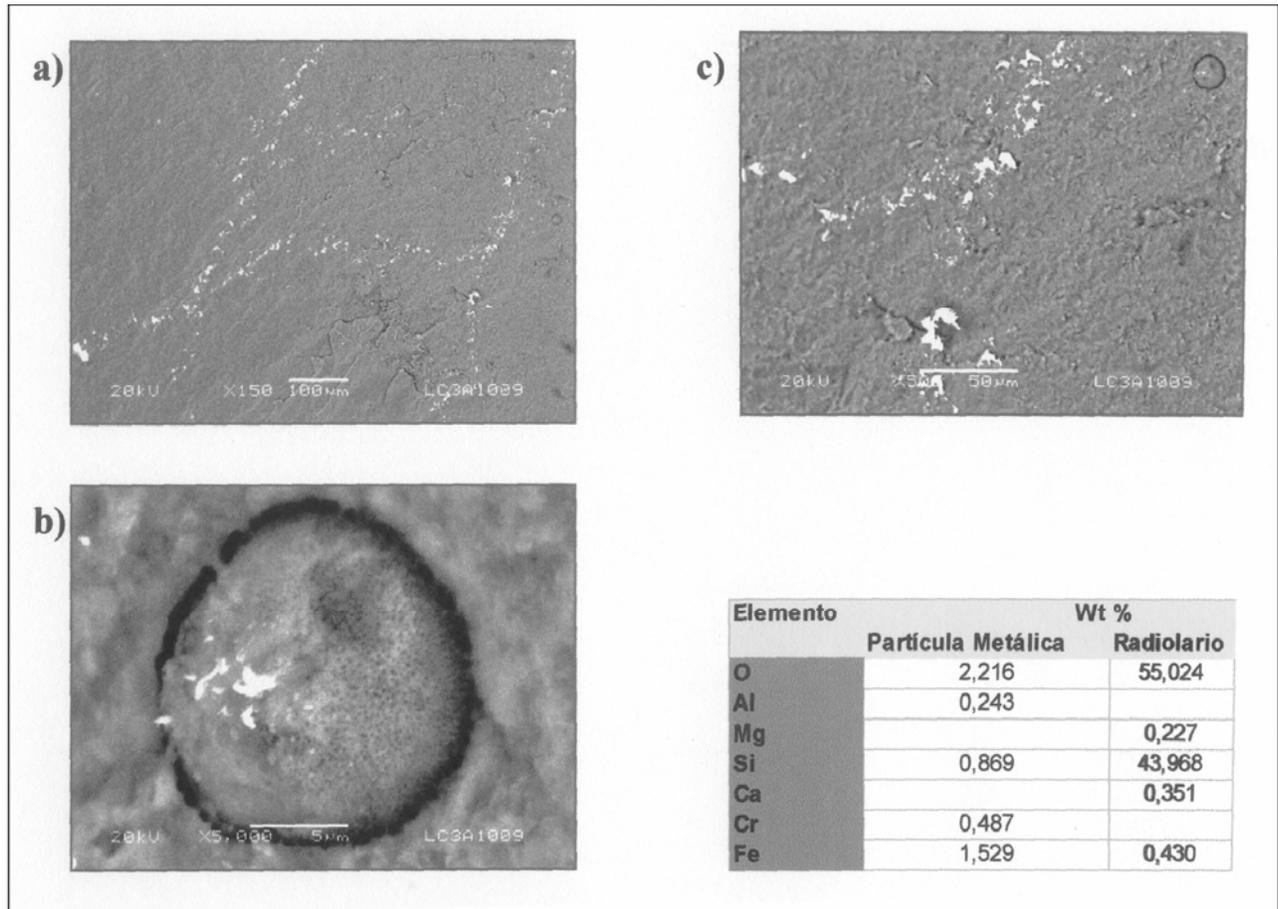


Figura 5 Imágenes del MEB.BV y EDS de la muestra arqueológica LCK3A1009, en donde se observa un fósil de radiolario ("b")

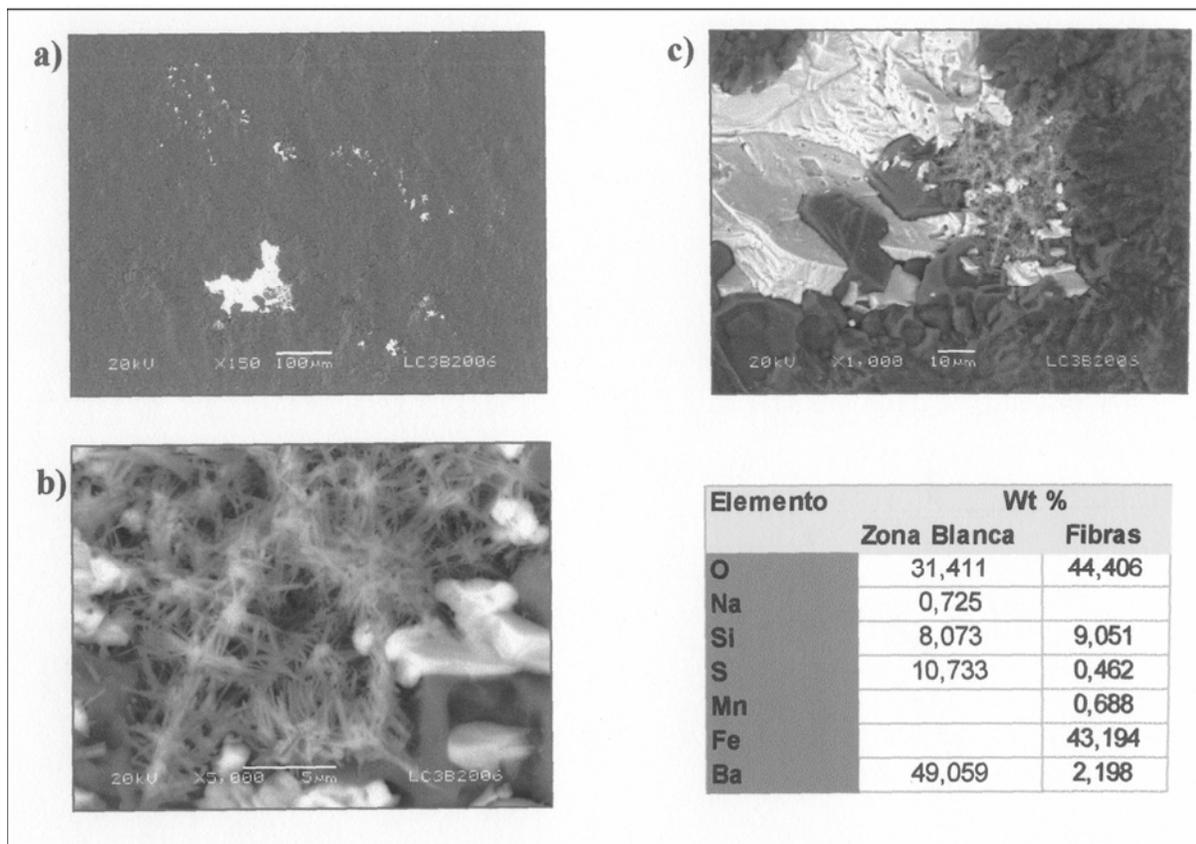


Figura 6 Imágenes del MEB-BV y EDS de la muestra arqueológica LCK3B2006, en donde se observa la diferencia en la composición química elemental a través de zonas blancas ("a" y "c") y la presencia de estructuras en forma de agujas ("b")

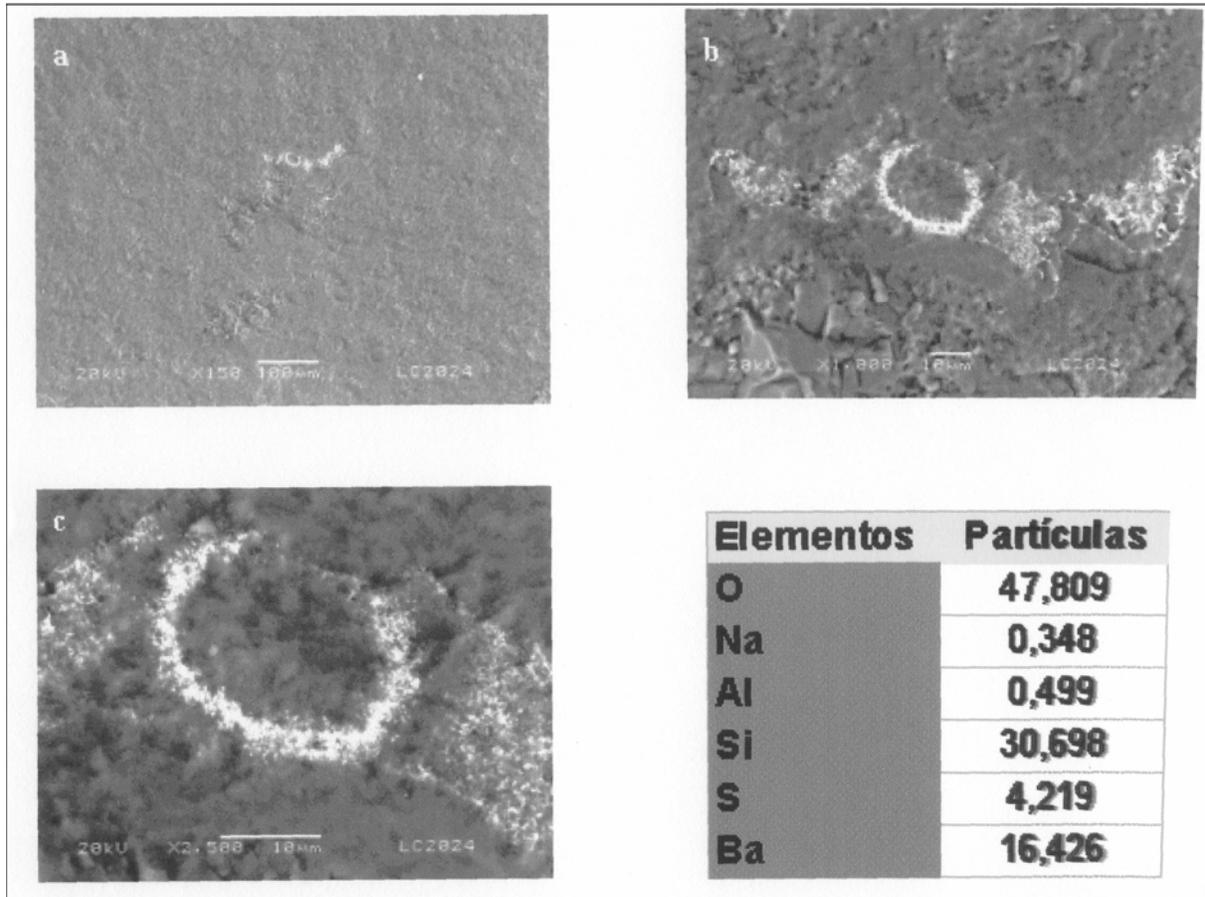


Figura 7 Imágenes del MEB.BV y EDS de la muestra arqueológica LCK2024, en donde se observa pequeños aglomerados formados por O, Ba, S, Al y Na

REFERENCIAS

- Boxt, Matthew A. y Chandra L. Reedy
1985 Preliminary Thin Section Studies of Chert Artifacts from Northern Belize. *Journal of New World Archaeology* 5 (4):13-63.
- Cackler, Paul R., Michael D. Glascock, Hector Neff, Harry Iceland, K. Anne Pyburn, Dale Hudler, Thomas R. Hester y Beverly Mitchum Ch.
1999 Chipped Stone Artifacts, Source Areas, and Provenance Studies of the Northern Belize Chert-bearing Zone. *Journal of Archaeological Science* 26:389-397.
- Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario, Joel D. Gunn y William Folan
1997 Interpretación de actividades líticas en la Estructura II de Calakmul y su relación con los Edificios III y VII de la Plaza Central. En *X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1996* (editado por J.P. Laporte y H.L. Escobedo), pp. 615-632. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- 1998a Calakmul, Campeche: Sus áreas de actividades ceremoniales, cívicas y domésticas observadas de un análisis de sus artefactos de piedra. En *Los Investigadores de la Cultura Maya* 5, Tomo II, pp. 527-540. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.
- 1998b 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, 1997* (editado por J.P. Laporte y H.L. Escobedo), pp. 605-622. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Domínguez Carrasco, Ma. del Rosario y William J. Folan
1996 Calakmul, México: Aguadas, bajos, precipitación y asentamiento en el Petén campechano. En *IX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1995* (editado por J.P. Laporte y H.L. Escobedo), pp. 171-193. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Eaton, Jack D.
1982 Chert Deposits and Lithic Workshops in the Rio Bec Region. En *Archaeology at Colha Belize: The 1981 Interim Report* (editado por T.R. Hester, H.J. Shafer y J.D. Eaton), pp. 225-228. University of Texas, San Antonio.
- 1991 Tools of Ancient Maya Builders. En *Maya Stone Tools. Selected Papers from the Second Maya Lithic Conference*, No.1 (editado por T.R. Hester y H.J. Shafer), pp.219-228. Monographs in World Archaeology, Prehistory Press.
- Gould, Richard A., D. Koster y A.H. Sontz
1971 The Lithic Assemblage of the Western Desert Aborigines of Australia. *American Antiquity*. 36 (1):149-169.
- Luedtke, Barbara E.
1978 Chert Sources and Trace-Elemental Analysis. *American Antiquity* 43 (3):412-423.
- 1992 *Archaeologist's Guide to Chert and Flint*. Archaeological Research Tools No. 7. Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles.
- Moholy-Nagy, Hattula
1991 The Flaked Chert Industry of Tikal, Guatemala. En *Maya Stone Tools. Selected Papers from the Second Maya Lithic Conference*, No1 (editado por T.R. Hester y H.J. Shafer), pp. 189-202. Monographs in World Archaeology, Prehistory Press.

Rovner, Irwin

- 1974 Implications of the Lithic Analysis at Becan. *Preliminary Reports on Archaeological Investigations in the Rio Bec Area, Campeche, Mexico* (compilado por R.E.W. Adams), pp.128-132. National Geographic Society, MARI, Tulane University, New Orleans.
- 1981 Maya Lowlands Chert: Variations in Local Industries and Regional Exchanges Systems. *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* 26 (2):167-176.

Shafer, Harry J. y Thomas R. Hester

- 1983 Exploitation of Chert Resources by the Ancient Maya of Northern Belize, Central America. *World Archaeology* 16 (2):157-173.
- 1984 Maya Stone-Tool Craft Specialization and Production at Colha, Belize: Reply to Mallory. *American Antiquity* 51 (1):158-166.
- 1991 Lithic Craft Specialization and Product Distribution at the Maya Site of Colha, Belize. *World Archaeology* 23 (1):79-97.

Thompson, Marc

- 1991 Flaked Celt Production at Becan, Campeche, Mexico. *Maya Stone Tools. Selected Papers from the Second Maya Lithic Conference*, No.1 (editado por T.R. Hester y H.J. Shafer), pp.143-154. Monographs in World Archaeology, Prehistory Press.

Tobey, Mark H., Harry J. Shafer y Marvin W. Rowe

- 1986 Trace Element Investigations of Mayan Chert from Belize. En *Proceedings of the 24th International Archaeometry Symposium* (editado por J.S. Olin y M.J. Blackman), pp.431-439. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- 1994 Trace Element Investigations of Chert from Northern Belize. En *Continuing Archaeology at Colha, Belize* (editado por T.R. Hester, H.J. Shafer y J.D. Eaton), pp.267-275. Studies in Archaeology 16. Texas Archaeological Research Laboratory, The University of Texas, Austin.

Valdez, Fred y Daniela R. Potter

- 1991 Chert Debitage from the Harvard Copan Excavations: Description and Comments. En *Maya Stone Tools. Selected Papers from the Second Maya Lithic Conference*, No.1 (editado por T.R. Hester y H.J. Shafer), pp.203-206. Monographs in World Archaeology, Prehistory Press.