

Morgan, Molly, Brigitte Kovacevich, Hector Neff, Oswaldo Chinchilla, Rafael Castillo y Judith Valle

2009 El uso de la ICP-MS en microdesechos de obsidiana: Estudios de casos sobre Chiquiuitán y El Baúl. En *XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2008* (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía), pp.925-938. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

69

EL USO DE LA-ICP-MS EN MICRODESECHOS DE OBSIDIANA: ESTUDIO DE CASOS SOBRE CHIQUIUITAN Y EL BAÚL

Molly Morgan
Brigitte Kovacevich
Hector Neff
Oswaldo Chinchilla
Rafael Castillo
Judith Valle

Universidad de Vanderbilt, Universidad de Virginia, Universidad de California State en Long Beach,
Universidad Francisco Marroquín y Universidad de San Carlos de Guatemala

ABSTRACT THE USE OF ICP-MS IN OBSIDIAN MICRODEBITAGE: THE CHIQUIHUITAN AND EL BAÚL CASES

Obsidian debitage is little analyzed in archaeological contexts. This study demonstrates the efficacy of laser ablation (LA) in inductively coupled plasma (ICP) with mass spectrometry (MS) or LA-ICP-MS in the chemical characterization of very small and thin artifacts. Given the importance of debitage in the identification of production contexts, effective evaluation of these artifacts is imperative. Techniques like X-ray fluorescence (XRF) require a minimum artifact size for analysis, and visual source identification of debitage can be difficult as the visual characteristics of small artifacts appear different from thicker and larger examples. For these reasons, the successful application of LA-ICP-MS could provide a new and important tool with which archaeologists can study obsidian acquisition and production. Here, we present case studies from Chiquiuitan and El Baúl.

Los microdesechos de obsidiana son poco analizados en contextos arqueológicos. Su tamaño pequeño y cantidad prolífica a menudo pueden parecer desalentadores al analista lítico. Este estudio prueba la eficacia de ablación con láser plasma acoplado inductivamente espectrometría de masa (LA-ICP-MS) en la caracterización química de artefactos muy pequeños recolectados por malla de 2 mm en los sitios Chiquiuitan y El Baúl. Técnicamente, algunos artefactos usados en este estudio no eran microdesechos, según la primera definición del término por Knut Fladmark (1982:501), quien define los microdesechos como cualquier desecho de producción más pequeño que 1 mm en la dimensión máxima. Sin embargo, se confirma la eficacia de LA-ICP-MS en artefactos muy pequeños, en este caso en los límites de 3.18 mm-250 µm. Considerando la importancia de microdesechos en el reconocimiento de contextos primarios para la producción, la identificación eficaz de estos artefactos por LA-ICP-MS ofrece una alternativa a otros métodos comúnmente usados que requieren una dimensión mínima para el análisis. Segundo, la información se presta a la cuestión desafiante de identificación visual de fuentes de microdesechos de obsidiana, cuando las características visuales de artefactos pequeños y delgados pueden ser muy diferentes de los más grandes y gruesos, y a veces la identificación visual para microdesechos puede ser imposible. Considerando los logros de este estudio, se demuestra que la aplicación de LA-ICP-MS como un instrumento nuevo e importante en cual los arqueólogos pueden acercarse a los temas de consecución y producción de obsidiana.

LA-ICP-MS

El LA-ICP-MS es una nueva técnica en aplicaciones arqueológicas, que además de ofrecer posibilidades grandes para análisis de materiales, puede usarse para identificar materiales que ocurren naturalmente en artefactos como obsidiana o jade (Glascock *et al.* 2005; Kovacevich *et al.* 2005; Roll *et al.* 2005; Tabares *et al.* 2005), las pastas o minerales en la cerámica y sus engobes (Cogswell *et al.* 2005; Diebold *et al.* 2005; Larson *et al.* 2005; Sall *et al.* 2005; Speakman y Neff 2005; Tejada 2006), y también para materiales orgánicos como conchas, huesos, y dientes (Cucina *et al.* 2005; Speakman y Neff 2005:4-5). Sobre todo, es útil en análisis de materiales pequeños o para artefactos valiosos que no deberían ser destruidos o dañados. Estas características (ser no-destructivo y exacto), aún cuando se usan materiales pequeños, ponen al LA-ICP-MS aparte de otras técnicas para análisis de composición química, como el análisis de activación de neutrón (INAA). El LA-ICP-MS también provee resultados rápidos e inmediatos, lo que le distingue de técnicas más intensivas de tiempo como la espectroscopía de absorción atómica (AAS), plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica (ICP-AES), y espectrometría de masa ionización termal (TIMS). Finalmente, se puede descubrir micro-elementos por LA-ICP-MS, una capacidad que no se realiza por técnicas similares como fluorescencia de Rayos X (XRF) o con microscopio de electrones (SEM).

El LA-ICP-MS retiene las ventajas de proporcionar datos rápidos y exactos aún cuando se usan muestras diminutas, con el daño mínimo a los artefactos debido a su combinación de método de introducción de muestra y tiempo de vuelo ICP-MS detección de analito (Figura 1). Primero, el LA proporciona el método de introducir una muestra en ICP-MS prácticamente sin destrucción y de un pequeño tamaño. Éste se realiza por ablación o vaporación de la superficie del material y se traslada usando un gas de argón mezclado con helio hasta la antorcha de plasma en ICP-MS. Entonces, en la máquina de ICP-MS se ioniza la muestra y se cuentan las masas atómicas diferentes. Los tipos diferentes de sistemas de ICP-MS tienen métodos variables para la detección de masas atómicas. El sistema de detección del tiempo de vuelo usado para este estudio utiliza el tiempo que le toma a un analito trasladarse a través de la ICP-MS al detector, como una indicación de su masa atómica. Este sistema de detección es capaz de contar masas atómicas diferentes en un tiempo corto. Otros modelos de máquina ICP-MS, como el cuádruple, usan filtros para separar las masas distintas, y se requiere una corriente constante de iones y un mayor tiempo de ablación para la muestra. Así, la combinación de LA e ICP-MS proporciona una técnica analítica fuerte para el uso con artefactos que no pueden ser dañados o destruidos, o materiales pequeños, como microdesechos de obsidiana.

La técnica de LA-ICP-MS ha sido demostrada en varios estudios anteriores con artefactos de obsidiana más grandes y gruesos (Glascock *et al.* 2005; Tabares *et al.* 2005). La primera aplicación de LA-ICP-MS a artefactos micro de obsidiana fue realizada recientemente por Ian Fraser-Shapiro y Will Gilstrap (2007) en el Laboratorio del Instituto de Investigaciones Integradas en Materiales, Ambientes y Sociedad (IIRMES; ver también Eerkens *et al.* 2007 para el análisis de artefactos pequeños usando otras técnicas). Su estudio usó LA-ICP-MS para analizar obsidiana de cinco fuentes ya conocidas en California. Fraser-Shapiro y Gilstrap prepararon muestras para este estudio moliendo la obsidiana y clasificando las partículas que resultaron en cinco categorías de tamaño. Después de dirigir estas muestras por LA-ICP-MS, se compararon los resultados de cada categoría de tamaño con las composiciones químicas conocidas de la obsidiana de las fuentes, colectadas anteriormente en bases de datos del Centro de Investigaciones del Reactor de la Universidad de Missouri (MURR) e IIRMES. Se concluyó que los resultados acertados de procedencia podrían ser realizados por LA-ICP-MS para muestras de obsidiana tan pequeñas como 90 µm. Se encuentran problemas en la identificación de las composiciones químicas con muestras más pequeñas que aquel tamaño. Mientras dicho estudio demostró la capacidad de investigar fuentes de partículas muy pequeñas de obsidiana por LA-ICP-MS, su aplicabilidad usando materiales arqueológicos no fue probada hasta el estudio presente.

LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS CHIQUIUITAN Y EL BAÚL

La obsidiana usada para este análisis vino de los sitios Chiquiuitan y El Baúl, localizados en la costa Pacífica de Guatemala, en los departamentos de Santa Rosa y Escuintla, respectivamente (Figura

2). El Chiquiuitan es un sitio Preclásico Temprano y Medio, localizado a menos de un kilómetro de la Costa del Pacífico, cerca de Monterrico. El sitio fue investigado por el Proyecto Arqueológico Chiquiuitan, dirigido por Molly Morgan y Judith Valle en 2006 y 2007, en el cual se excavaron montículos residenciales y se exploraron los materiales recuperados para entender la práctica doméstica (Morgan y Valle 2006, 2007).

Las excavaciones de Chiquiuitan apuntaron contextos residenciales en cuatro montículos: Montículos 24, 27, 34 y 13. Sobre todo, a lo excavado más intensivamente (el Montículo 13), excavaciones horizontales proporcionaron materiales útiles en la reconstrucción de actividades domésticas, incluyendo pisos, hoyos para guardar cosas, basureros, fogones y entierros. Se quitaron los pisos de tierra en segmentos de 50 x 50 cm, de aproximadamente 3 cm de grosor. Se cernió la tierra con malla de 2 mm para recuperarse materiales diminutos como fragmentos de concha, huesos de animales, vértebras de pescado y microdesechos de obsidiana (Figura 3). De los artefactos analizados en este estudio, 38 eran lascas muy pequeñas coleccionadas de los pisos de tierra. Todos eran de zonas domésticas excavadas en 2006 y 2007, y sostienen información importante para entender los orígenes de la obsidiana y la producción en los periodos Preclásico Temprano y Medio.

El Baúl está en la región Cotzumalguapa, en el borde Pacífico de Guatemala. La región cubre diez kilómetros cuadrados e incluye los centros urbanos principales de Bilbao, El Castillo y El Baúl (Figura 4). La región es conocida para su estilo de arte distintivo que ha sido encontrado en sitios distantes a lo largo de una extensión de 200 km de la costa, mostrando la influencia política y económica de la región. La producción de obsidiana también era una actividad económica importante en Cotzumalguapa, sobre todo durante el periodo Clásico Tardío.

Concentraciones significativas de obsidiana en la superficie del sitio El Baúl fueron investigadas en excavaciones de prueba por Sonia Medrano en 1996. Las excavaciones en 2002 por Oswaldo Chinchilla y compañeros revelaron depósitos densos de obsidiana debajo de la superficie (Castillo 2006; Chinchilla 2004). La concentración principal cubre un área de 3120 m², sobre la cuesta del Este de un promontorio natural. Las concentraciones más grandes fueron encontradas en la cima del promontorio, un espacio esparcido por roca, en donde una prueba de pala reveló una densidad máxima de 40526 fragmentos de obsidiana por metro cúbico, recuperados en malla de 2 mm. Las densidades más grandes también fueron encontradas en otras áreas a lo largo de la cuesta del promontorio.

Excavaciones en la cuesta del promontorio revelaron plataformas simples con pisos de tierra rayados con piedras ásperas. La posición de estas plataformas entre las concentraciones principales de los desechos de obsidiana sugiere que no tuvieron función habitacional, sino que posiblemente funcionaron como talleres para los artesanos implicados en la industria de obsidiana. Una unidad estratigráfica (Suboperación P31) fue excavada por el borde de una de estas plataformas, y reveló una serie de depósitos primarios de desechos de obsidiana (Figura 5). A diferencia de los materiales mezclados en estratos de excavación superiores, estos depósitos parecieron ser el resultado de actividades distintas, que fueron sellados relativamente rápido por la construcción de las plataformas superiores. El análisis de estos depósitos es muy importante para el estudio de la industria de obsidiana antigua. El pozo estratigráfico P31 siguió debajo de estos depósitos a una profundidad de 3.78 metros, revelando capas de ceniza volcánica del Volcán de Fuego. Se encontraron otros desechos de obsidiana debajo de estas capas de ceniza, sugiriendo que el área fue usada como un depósito de basura durante un periodo prolongado. Los 172 artefactos de El Baúl que fueron probados en este estudio representan microdesechos coleccionados de un depósito distinto dentro del pozo de prueba P31, que se denominada EB9-P31-06, lo que parece ser una deposición singular de basura obsidiana. Este depósito tuvo 14,489 micro artefactos de obsidiana. La muestra para este estudio fue elegida al azar de este grupo, y representa solamente una fracción pequeña de los artefactos totales del contexto.

METODOLOGÍA

El análisis presentado aquí fue realizado por Molly Morgan y Brigitte Kovacevich, en la supervisión de Hector Neff, y por una beca de investigador de visita en IIRMES entre 1 y 5 del junio de 2008. El programa de investigador de visita de IIRMES ofrece una oportunidad única, no sólo para

analizar materiales usando LA-ICP-MS, sino también para entrenar a arqueólogos en este método de laboratorio. Se enfatiza que la aplicación de nueva tecnología en la Arqueología sale mejor cuando la investigación es una colaboración en la que los arqueólogos trabajan directamente en los procedimientos de laboratorio. Estas clases de colaboración aseguran un entendimiento completo de los procesos y parámetros de los métodos, y fortifican la aplicación de los datos que resultan en la interpretación arqueológica.

Las muestras fueron preparadas y se montaron en plaquillas de vidrio para la introducción en la caja de LA. 63 muestras fueron analizadas de Chiquiuitan y no variaron drásticamente en el tamaño, generalmente entre 2 cm y 1 mm de largo. Mientras estos artefactos eran muy pequeños, no todos podrían ser considerados microdesechos conforme a la definición tradicional, pero son del tamaño encontrado más frecuentemente en la mayoría de contextos arqueológicos. Sin embargo, los 162 microdesechos de obsidiana de El Baúl variaron mucho en tamaño, y fueron clasificados en cuatro categorías usando pantallas geológicas metálicas. Las cuatro clases de tamaño usadas para este estudio eran: 3.18 mm, 2 mm, 500 μm y 250 μm . La categoría de tamaño más pequeño era la más difícil para manejarse en el análisis, pero proporcionó importante información para ver las ventajas potenciales de LA-ICP-MS con muestras arqueológicas diminutas (Figura 6).

Después de la preparación de las plaquillas de vidrio, los materiales fueron colocados en la caja de LA y se sometieron al primer paso de la introducción de muestra. Para este estudio, las muestras fueron analizadas usando una New Wave UP-213, sistema de introducción de muestra en ablación de láser. Un investigador hizo funcionar el sistema LA dirigiendo el láser por una imagen que aparece en la pantalla de computadora. En caso de artefactos grandes, los investigadores pueden localizar un área lisa en la superficie de la obsidiana y dibujan unos modelos de trama sobre los cuales el láser viajará varias veces cuando se analiza la muestra. Con microdesechos, la superficie usualmente no es bastante grande para un modelo de trama, y es necesario dibujar líneas o ángulos para ablación con láser (Figura 7).

El proceso de pre-ablación ocurre cuando el láser corre sobre la muestra por la primera vez. Este proceso quita cualquier suciedad u otras partículas que pueden estar en la superficie del artefacto y que podrían contaminar la señal del analito. Una de las dificultades de la ablación de microdesechos se encontró durante el proceso de pre-ablación cuando algunos de los pedazos de obsidiana comenzaron a moverse alrededor en la plaquilla en la que se montan. A veces se tira en sus lados o por otra parte de la plaquilla, cambiando el camino donde pasa el láser. En tales casos raros, los resultados tuvieron que ser desatendidos porque cualquier dato tomado cuando el láser fue apuntado al epoxi que adhiere la obsidiana a la plaquilla no reflejaría correctamente la composición química de la obsidiana.

Mientras un investigador hizo funcionar el LA, el otro controló la ICP-MS. El modelo usado para este estudio en IIRMES es un GBC OptiMass 8000 Tiempo de Vuelo ICP-MS. Después de que la muestra pasa por la ablación y se convirtió en el plasma, trasladándose por la antorcha de ICP-MS. Se hace ionizado, y comienza a enviar una señal de analito que puede ser contada por el detector de masas atómico. Después del proceso de pre-ablación, el analista enciende el detector en la ICP-MS para comenzar a registrar la cuenta de las masas atómicas varias. Estos datos se registraron en cinco integraciones que corrieron cinco segundos cada una.

Después de análisis, el OptiMass 8000, programa de computador (las versiones 1.9 y 2.1 se usan comúnmente), exportó los datos a una hoja de cálculo en Excel. Estos datos representaron promedios de las cuentas tomadas de masas atómicas diferentes en las cinco integraciones, que tenían que ser calibradas para tener acceso a los datos de muestra actuales. En este estudio, los datos fueron calibrados usando el silicio como un estándar interno y corrigiendo para el oxígeno (el único elemento no descubierto por el detector de masas) utilizando el método Gratuze (para discusiones de los métodos de calibración, ver Gratuze 1999; Speakman y Neff 2005). Entonces, se quitaron los datos sin muestras (pruebas analizadas sin ablación de muestra) y los estándares (muestras conocidas analizadas para supervisar las máquinas), y se transformaron los datos a la base de log-10 para hacer distribuciones normalizadas de las composiciones. Los datos que resultan indicaron los componentes primos de las

muestras analizadas en ppm. Finalmente, se dibujaron los resultados en ilustraciones usando el programa Guass para revelar grupos distintos de las fuentes de obsidiana.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio son dobles. Primero, fue un éxito probando la eficacia de la técnica LA-ICP-MS en artefactos de obsidiana muy pequeños y delgados. Aunque en este tamaño pequeño, LA permitió la introducción de muestras diminutas, y la ICP-MS era capaz de detectar componentes sin ningún problema. Asimismo, se ha demostrado que la obsidiana incluida en este estudio vino de tres fuentes en Guatemala: El Chayal, San Martin Jilotepeque e Ixtepeque.

Algunos elementos son sobre todo útiles en la ilustración de la composición química diferente entre la obsidiana de varias fuentes. El arsénico (As) es un metaloide que existe en varias formas oxidadas como cristales. El cesio (Cs) es un metal de álcali que ocurre naturalmente. Por la comparación de las cantidades en ppm de estos dos elementos químicos de cada muestra, es posible ver los grupos distintos de las tres fuentes de obsidiana (Figura 8). Estos grupos también incluyen muestras de las fuentes conocidas que fueron analizados por LA-ICP-MS para confirmar asignaciones del grupo, asegurando la identificación con estos orígenes particulares. El Praseodimio (Pr) es un lantánido común de los metales de la tierra rara que también se diferencia entre fuentes de obsidiana, y puede ser usado para ilustrar estos grupos de nuevo (Figura 9). Los diagramas de estos tres elementos ilustran el éxito de LA-ICP-MS para identificar fácilmente los grupos distinguibles con composiciones químicas de la obsidiana de El Chayal, San Martin Jilotepeque e Ixtepeque.

Segundo, se investigó la cuestión desafiante de identificar la fuente de obsidiana con técnicas visuales. Un artefacto pequeño y delgado puede tener características visuales muy diferentes que un artefacto más grande y grueso, y puede afectar el análisis visual. Mientras el material debajo de 1 mm frecuentemente puede ser imposible de identificar visualmente a la fuente, este estudio confirmó que LA-ICP-MS es una técnica fuerte con microdesechos pequeños, los artefactos importantes que a menudo son los únicos productos dejados en el registro arqueológico que pueden ser usados para identificar contextos primarios de la producción de obsidiana. El análisis de identificación visual de artefactos de más de 1 mm en Chiquiuitan fue en gran parte confirmado por los resultados de LA-ICP-MS, con éxito de 98%. La mayoría de los artefactos de El Baúl eran demasiado pequeños para identificar visualmente la fuente.

Lamentablemente, la identificación eficaz por análisis visual en artefactos pequeños como éstos no es posible ni con técnicas como la fluorescencia de rayos X (XRF), que no produce resultados eficaces para tales pequeños artefactos, ni con otras técnicas similares que requieren una dimensión mínima para el análisis (Glascock *et al.* 2005:32). Así, la aplicación acertada en este estudio de la técnica LA-ICP-MS en microdesechos de obsidiana provee un instrumento nuevo e importante con el cual los arqueólogos pueden explorar los temas de consecución y producción de obsidiana.

Finalmente, la identificación de las fuentes de obsidiana encontrada en contextos arqueológicos a partir del periodo Preclásico en Chiquiuitan y el periodo Clásico Tardío en El Baúl indica tendencias importantes en la consecución de este material y su uso por los habitantes de estos sitios antiguos. Mientras esta ponencia se ha concentrado en el uso de la técnica LA-ICP-MS en microdesechos de obsidiana y las implicaciones para sus usos futuros en aplicaciones arqueológicas, las interpretaciones culturales de estos datos serán presentadas por Brigitte Kovacevich en una ponencia en la reunión de la Sociedad de Arqueología Americana en 2009, en una sesión sobre la Costa Pacífica de Guatemala, organizada por James Daniels.

Aquí sólo se mencionan unas tendencias preliminares. Para Chiquiuitan, la identificación visual de una mayoría de obsidiana en gran parte atribuida a la fuente de El Chayal ha sido reforzada. De hecho, 57 de los 63 artefactos probados, o el 90%, eran de El Chayal (Cuadro 1). La explotación menos intensiva de Ixtepeque y San Martin Jilotepeque también fue vista en el análisis visual y se indica en el estudio de LA-ICP-MS. Dos artefactos vinieron de Ixtepeque, y cuatro fueron identificados de San Martin Jilotepeque.

	Chiquiuitan	El Baúl	Total
El Chayal	57	10	67
Ixtepeque	2	0	2
San Martín Jilotepeque	4	152	156
Total	63	162	225

Cuadro 1. Datos de LA-ICP-MS de obsidiana de Chiquiuitan y El Baúl, mostrando cantidades de obsidiana de las fuentes El Chayal, Ixtepeque y San Martín Jilotepeque

Los datos indican una tendencia interesante, sugiriendo que los residentes de Chiquiuitan pudieron haber tenido acceso desigual a estas fuentes al final del Preclásico Temprano y el comienzo del Preclásico Medio. Se indica una distribución variante de artefactos de las fuentes Ixtepeque y San Martín Jilotepeque, identificados en contextos de estas fases en varias partes del sitio. De los cuatro montículos excavados en 2006 y 2007, la obsidiana de Ixtepeque y San Martín Jilotepeque fue encontrada en mayores frecuencias sólo en dos montículos (Figura 10). El Montículo 34 demostró el 14% de la obsidiana Ixtepeque y el Montículo 24 expuso el 50% de la obsidiana de San Martín Jilotepeque. El resto de la obsidiana de ambos montículos se atribuyó a El Chayal. En comparación con el Montículo 13, el más excavado en el sitio, ninguna obsidiana vino de Ixtepeque, y sólo el 2% de San Martín Jilotepeque, mientras la mayoría (98%) era de El Chayal. Estos datos sugieren la posibilidad que los residentes de Chiquiuitan en el Preclásico Temprano tardío y Preclásico Medio temprano vivieron en una sociedad dividida que funcionó por redes múltiples de intercambio de obsidiana, una interpretación que requiere investigación adicional.

En El Baúl, los resultados indican que la obsidiana deposita en EB9-P31-06 principalmente representa la fuente de San Martín Jilotepeque. De los 162 artefactos de obsidiana analizados (una muestra muy pequeña de los 14,489 micro artefactos del depósito entero), 152, o el 94% vino de San Martín Jilotepeque (ver Cuadro 1). Los otros 10 artefactos (6%) fueron iguales químicamente a El Chayal, y ninguna obsidiana de Ixtepeque fue registrada de la muestra de El Baúl.

Mientras estos números son diferentes de aquellos de pruebas de pala y otras excavaciones en El Baúl, que indican El Chayal como la fuente dominante (Chinchilla 2004; Apéndice por Edgar Carpio), los hallazgos presentados aquí probablemente representan un evento de deposición singular, por la manera del depósito y homogeneidad en esta fuente de obsidiana. Se indica que el basurero de obsidiana de donde fueron recolectados estos materiales fue localizado inmediatamente cerca de el taller de producción revelado por las excavaciones (ver Figura 5). El pozo estratigráfico P31 indicó que el área fue usada como basurero por mucho tiempo, pero su contenido de cerámica indica que el lugar era principalmente activo durante el Clásico Tardío. La proximidad del área de taller a un compuesto de estructuras que posiblemente incluyó un temascal que puede ser significativo en términos de ceremonialismo asociado con el proceso de producción de obsidiana. El éxito de este estudio de LA-ICP-MS en microdesechos de obsidiana de este depósito demuestra que microdesechos podrían ser usados para entender cambios de la utilización de fuentes durante tiempo y espacio dentro de sitios arqueológicos.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer nuestros amigos en el laboratorio de IIRMES, especialmente Adrian Abella, Jimmy Daniels y Dr. Carl Lipo. Gracias a Edgar Carpio por su trabajo analizando la obsidiana de El Baúl. Agradecemos todos los miembros del IDAEH, quienes ayudaron en estos proyectos. El Proyecto Arqueológico Chiquiuitan fue posible gracias a becas de investigaciones de IIE Fulbright, FAMSI beca #07017, la New World Archaeological Foundation y también por la Universidad de Vanderbilt. El Proyecto Arqueológico Cotzumalguapa fue posible gracias al Museo Popol Vuh de la Universidad Francisco Marroquín, Wenner-Gren Foundation beca #6787 y FAMSI beca #02023. Este estudio fue una parte del programa para becarios visitantes de IIRMES apoyado por la National Science Foundation, beca #BCS 0604712.

REFERENCIAS

Castillo Taracena, Carlos Rafael

- 2006 *Los procesos de producción lítica en la Costa Sur guatemalteca: el análisis del depósito de obsidiana del sitio El Baúl*. Tesis de Licenciatura, Área de Arqueología, Escuela de Historia, USAC, Guatemala.

Chinchilla, Oswaldo

- 2004 Analysis of archaeological artifacts from Cotzumalhuapa, Guatemala. Informe presentado a FAMSI. Versión digital en <http://www.famsi.org/reports/02023/index.html>

Cogswell, James W.; David R. Abbott, Elizabeth J. Miksa, Hector Neff, Robert J. Speakman y Michael D. Glascock

- 2005 A provenance study of Hohokam Schist-tempered pottery and raw materials from the Middle Gila River Valley, Arizona: techniques and prospects. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.105-116. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Cucina, Andrea; Hector Neff y Vera Tiesler Blos

- 2005 Detecting provenance of African-Origin individuals in the colonial cemetery of Campeche, Yucatán: a new approach using trace elements and LA-ICP-MS. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.187-197. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Diebold, Benjamin H.; Robert J. Speakman y Michael D. Glascock

- 2005 Laser Ablation-ICP-MS analysis of Late Neolithic ceramic pigments from the Amuq Plain, Turkey. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.125-138. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Eerkens, Jelmer W.; Jeffrey R. Ferguson, Michael D. Glascock, Craig E. Skinner y Sharon A. Waechter

- 2007 Reduction strategies and geochemical characterization of lithic assemblages: a comparison of three case studies from Western North America. *American Antiquity* 72(3):585-597.

Fladmark, Knut R.

- 1982 Microdebitage analysis: initial considerations. *Journal of Archaeological Science* 9(2):205-220.

Fraser-Shapiro, Ian y Will Gilstrap

- 2007 *Obsidian microdebitage analysis by LA-ICP-MS*. Cartel presentado en la 72 Reunión de la Sociedad de Arqueología Americana, Austin.

Glascock, Michael D.; Robert J. Speakman y Helen P. Pollard

- 2005 LA-ICP-MS as a supplement to abbreviated-INAA for obsidian artifacts from the Aztec-Tarascan frontier. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.29-38. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Gratuze, B.

- 1999 Obsidian characterization by Laser Ablation ICP-MS and its application to prehistoric trade in the Mediterranean and the Near East: sources and distribution of obsidian within the Aegean and Anatolia. *Journal of Archaeological Science* 26:869-881.

Kovacevich, Brigitte; Hector Neff y Ronald L. Bishop

- 2005 Laser Ablation-ICP-MS chemical characterization of Jade from a Jade workshop in Cancun, Guatemala. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.39-58. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Larson, Daniel O.; Sachiko Sakai y Hector Neff

- 2005 Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) as a bulk chemical characterization technique: comparison of LA-ICP-MS, Digestion-ICP-MS, and INAA data on Virgin Branch Anasazi ceramics. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.95-104. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Morgan, Molly y Judith Valle

- 2006 *Proyecto Arqueológico Chiquiuitan, Investigaciones de una sociedad compleja en el periodo Preclásico Temprano en la Costa Sur de Guatemala, Informe Final de Temporada 2006*. Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.
- 2007 *Proyecto Arqueológico Chiquiuitan, Las Conclusiones de la Temporada 2007, Informe Final de Temporada 2007*. Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

Roll, Tom E.; Michal P. Neeley, Robert J. Speakman y Michael D. Glascock

- 2005 Characterization of Montana Cherts by LA-ICP-MS. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.59-76. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Sall, Candace A.; Maria Nieves Zedeño y Robert J. Speakman

- 2005 A preliminary analysis of pigments used in Redware Pottery production at Point of Pines, Arizona. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.155-166. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Speakman, Robert J. y Hector Neff

- 2005 The application of Laser-Ablation-ICP-MS to the study of archaeological materials – An introduction. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.1-16. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Tabares, A. Natasha; Michael W. Love, Robert J. Speakman, Hector Neff y Michael D. Glascock

- 2005 Straight from the source: obsidian prismatic blades at El Ujuxte, Guatemala. En *Laser Ablation-ICP-MS in Archaeological Research* (editado por R. Speakman y H. Neff), pp.17-28. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Tejada, Ana S.

- 2006 Intercambio interregional y el poder político en la Costa del Pacífico de Guatemala durante el Preclásico Medio. En *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2005* (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía), pp.1061-1072. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Diagrama de las Sistemas de LA-TOF-ICP-MS

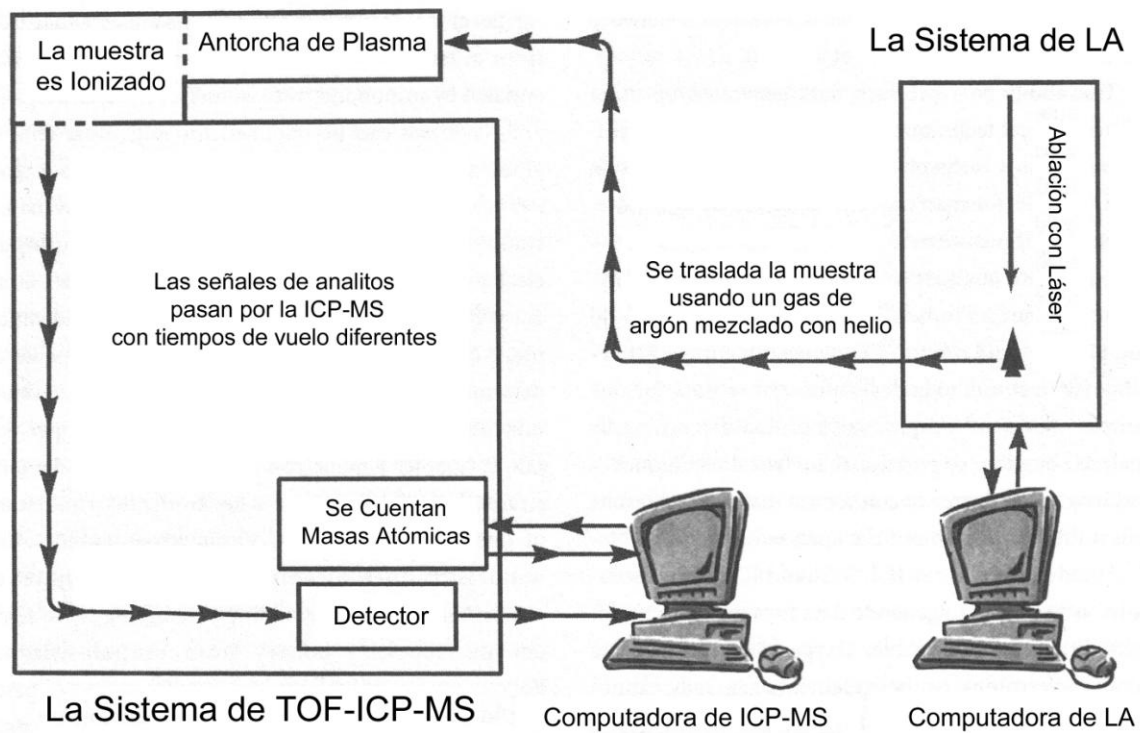


Figura 1 Diagrama de los sistemas de LA-TOF-ICP-MS (después de Speakman y Neff 2005:5)

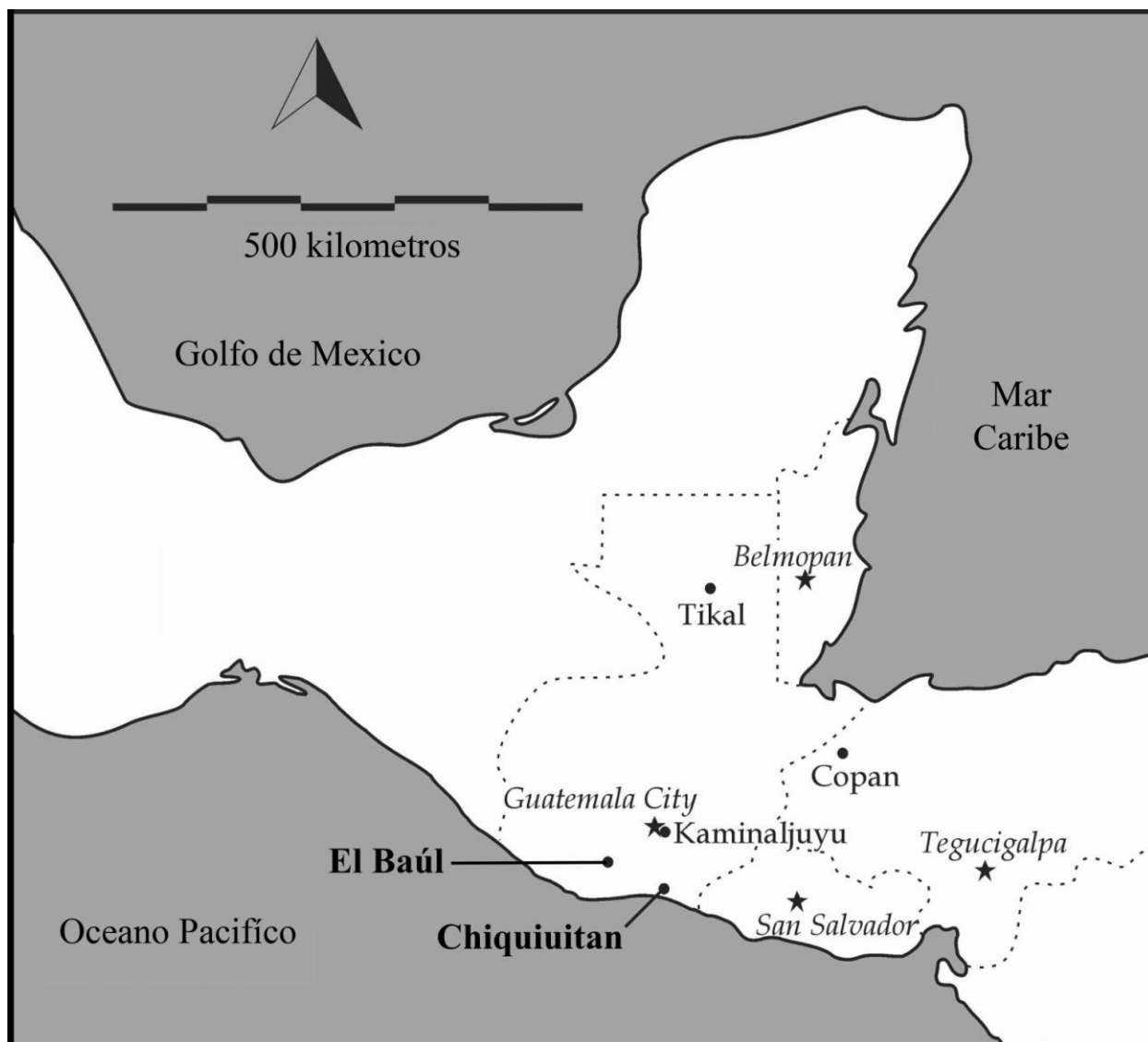


Figura 2 Mapa general de Mesoamérica. Localización de Chiquiuitan y El Baúl

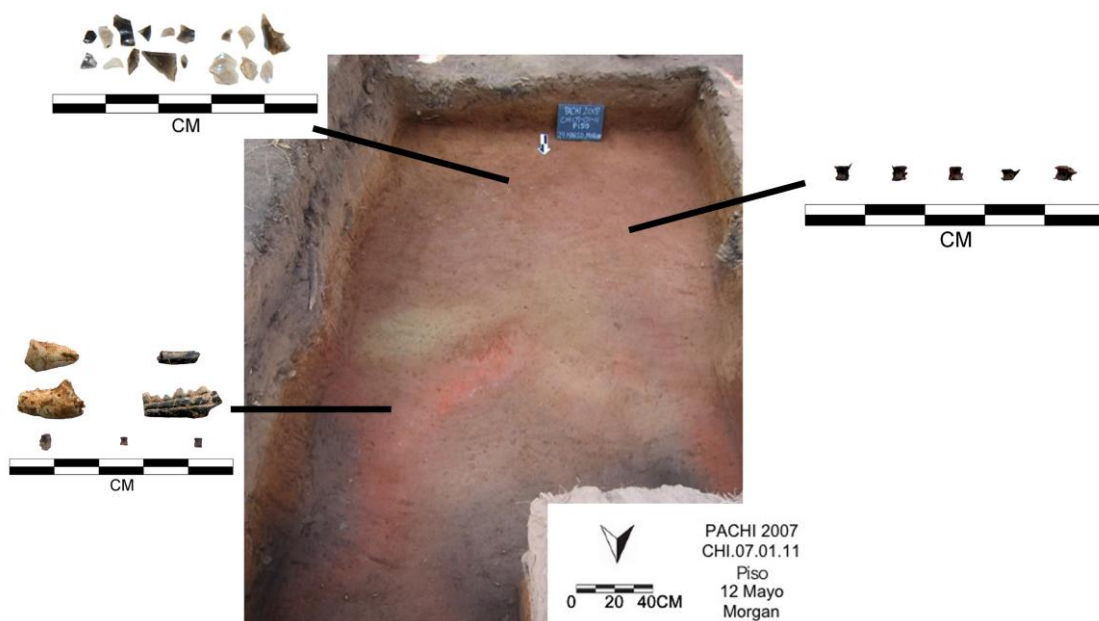


Figura 3 Fotografía de un piso de tierra en una residencia de Chiquiuitan, mostrando los artefactos recolectados por cernidor fino

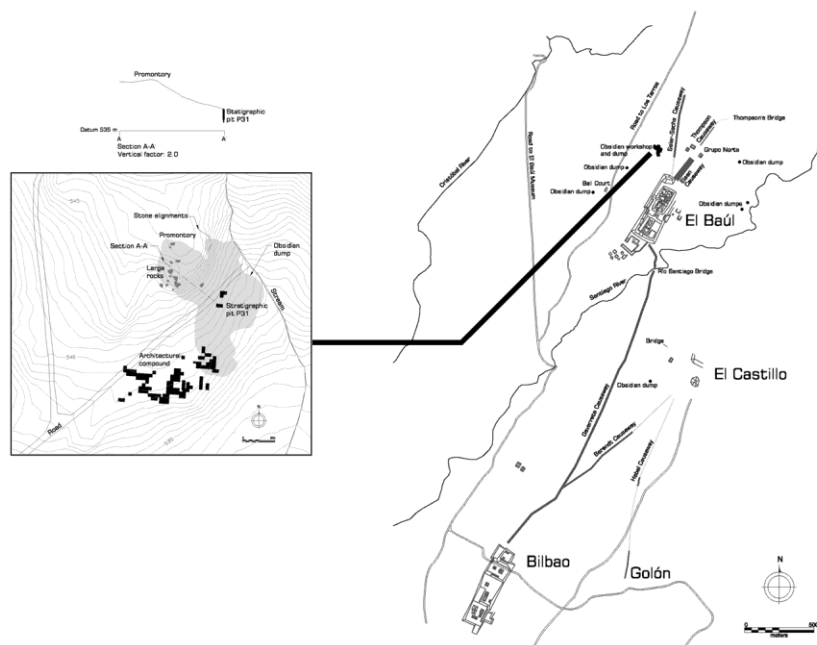


Figura 4 Mapa de Cotzumalguapa y el taller de obsidiana en El Baúl

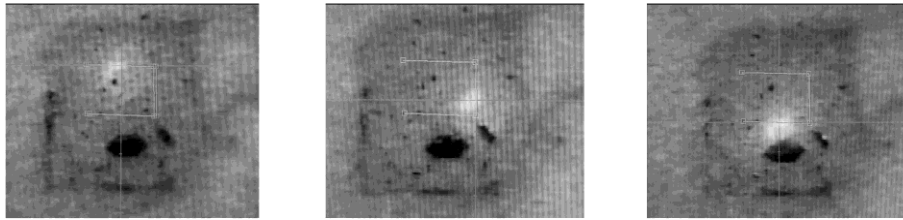


Figura 7 Fotografías de la serie de ablación con láser de un micro desecho de obsidiana. Las imágenes mostradas son las que se presentan en la pantalla de la computadora

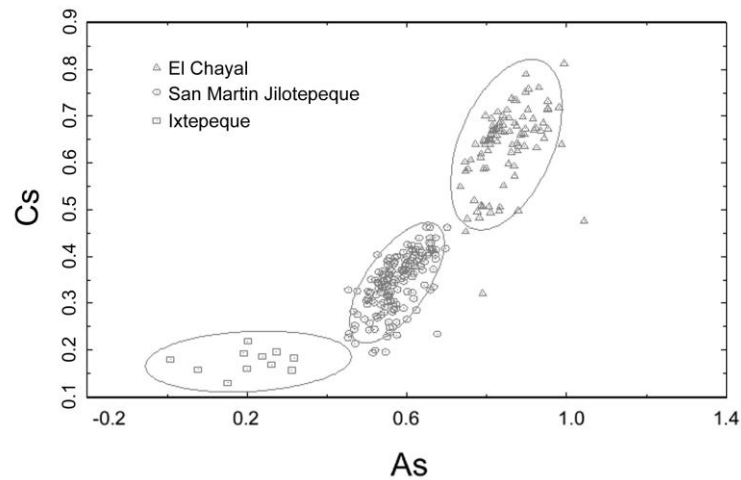


Figura 8 Proyección bi-variante de ppm de Arsénico y Cesio de los grupos con elipses de confianza de 90%

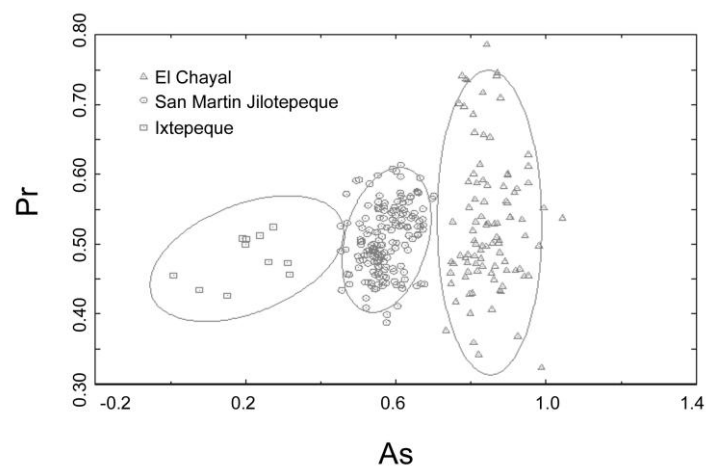


Figura 9 Proyección bi-variante de ppm de Arsénico y Praseodim de los grupos con elipses de confianza de 90%

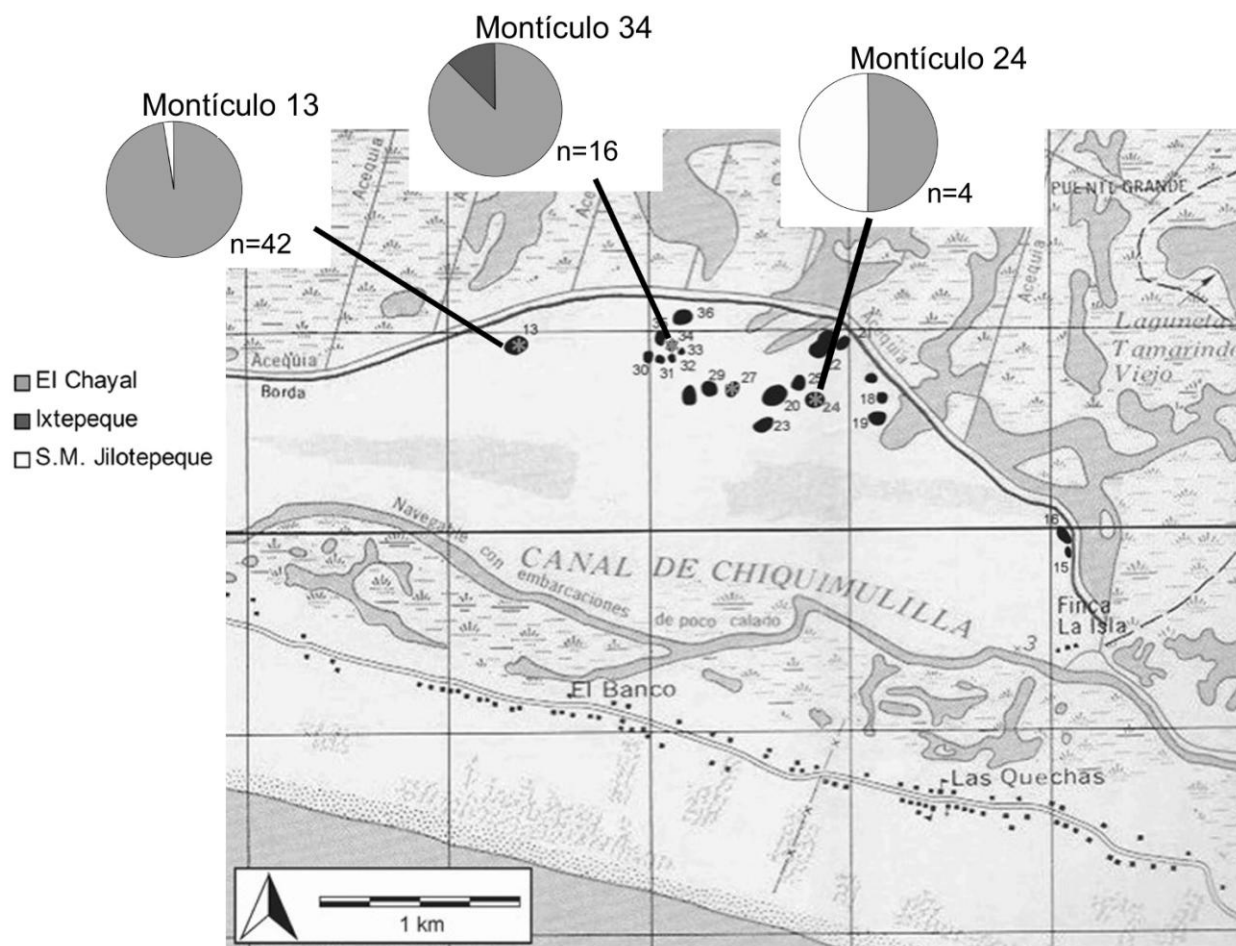


Figura 10 Mapa de Chiquiuitan y diagramas mostrando cantidades de obsidiana de las fuentes El Chayal, Ixtepeque y San Martín Jilotepeque