

Aurelio López Corral* / Manuel Ángel Vera Ortiz** / Ramón Santacruz Cano* / Kenneth G. Hirth*** / Eric DyrdaHl***

¿Química o color?: comparación entre el uso de fluorescencia de rayos-X portátil y las técnicas visuales de clasificación de obsidiana de Tepeticpac

Resumen: Este trabajo evalúa la utilidad de determinación de fuentes de obsidiana mediante métodos no-destructivos de fluorescencia de rayos X portátil (FRXp) en comparación con la clasificación macro y microscópica por color en obsidianas del sitio de Tepeticpac, Tlaxcala, una entidad política del Posclásico tardío (1250/1300-1519 d.C.) y la Colonia temprana (siglo XVI). En total se clasificaron 2 053 piezas en cinco categorías de color y 16 sub-categorías, de las cuales se analizó una sub-muestra de 155 piezas por FRXp. La comparación entre ambos métodos de análisis indica que la clasificación visual presentó diferentes grados de precisión, pues en una sola categoría de color hubo uno, dos o más yacimientos representados. Esto apunta a que las agrupaciones hechas con FRXp resultan más certeras para determinar los yacimientos de procedencia de los artefactos de obsidiana.

Palabras clave: arqueología, Tepeticpac, obsidiana, estudios químicos, Posclásico tardío, FRXp.

Abstract: This study evaluates the utility of determining obsidian sources by non-destructive methods using portable X-Ray Fluorescence (pXRF) in comparison to macro and microscopic color classifications in obsidians from the site of Tepeticpac, Tlaxcala, a Late Postclassic (AD 1250/1300–1519) and Early Colonial (16th century) political entity. A total of 2,053 pieces were classified establishing five color categories and 16 sub-categories, of which a sub-sample of 155 pieces was analyzed by pXRF. The comparison between the two methods of analysis indicates that visual classification presented different degrees of precision, because within a single color category we identified one, two or more sources represented. This suggests that groupings made with pXRF are more accurate for determining origin sources of obsidian artifacts.

Keywords: archaeology, Tepeticpac, obsidian, chemical studies, Late Postclassic, XRF.

La obsidiana es una roca volcánica rica en sílice que contiene vidrio como su principal componente, y se forma por el muy rápido enfriamiento de lava ácida viscosa al hacer contacto con agua o con la atmósfera. Cuando la lava se enfría atrapa elementos traza y forma huellas químicas distintivas para cada flujo de obsidiana, haciendo a este material uno de los mejores recursos para ubicar los yacimientos explotados en la antigüedad (Clark 2003, Cobean 2002). Gracias a

* Centro INAH Tlaxcala. Agradecemos al INAH, al Centro INAH Tlaxcala y a la comunidad de Santiago Tepeticpac por el apoyo para la realización del Proyecto Arqueológico Tepeticpac; al laboratorio de Mesoamérica del Departamento de Antropología en Penn State University por las facilidades otorgadas para la ejecución del análisis de FRXp, y a los dictaminadores por sus valiosos comentarios en el documento.

** Universidad de las Américas, Cholula.

*** Penn State University.

ello la arqueología ha reconstruido aspectos cruciales de las economías mesoamericanas como el comercio a larga distancia (Hammond 1972, Moholy-Nagy *et al.* 1984, Zeitlin 1982), la producción centralizada y la monopolización de los recursos (Healan 1993, Kabata 2010, Santley 1984, Spence 1987), el desarrollo de los sistemas de mercado (Hirth 1998, 2008, Smith *et al.* 2007), y los procesos de obtención y uso de los yacimientos de obsidiana (Argote Espino *et al.* 2010, Carballo *et al.* 2007, Cobean 2002).

Los arqueólogos necesitan realizar análisis de artefactos de obsidiana con un sentido científico sustancial. Con frecuencia se desarrollan categorizaciones basadas en elementos visibles a nivel macro y microscópico (por ejemplo, color, vetas, vesículas, inclusiones) para distinguir distintas formaciones de vidrio volcánico. Este procedimiento ha sido muy recurrido debido a que pocos proyectos arqueológicos tienen acceso a tecnologías que distinguen la composición química de la obsidiana como la fluorescencia de rayos X, la activación neutrónica, la espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS), o la espectrometría de plasma inducido por láser (LIBS). En consecuencia, existen pocas comparaciones entre clasificaciones visuales por color y análisis con instrumentos de mayor precisión que evalúen la confiabilidad y precisión del primer método.

En esta investigación se clasificaron 2 053 piezas de obsidianas en función de sus atributos macro y microscópicos, principalmente por colores, de las cuales se eligieron 155 piezas para analizarlas con la técnica de fluorescencia de rayos X portátil (FRXp). Esta técnica tiene la ventaja de ser un método de análisis no destructivo que examina rápida y simultáneamente varios elementos traza (Mn, Fe, Zn, Ga, Th, Rb, Sr, Y, Zr, y Nb) de la obsidiana, obteniendo los resultados en tiempo real. La muestra es irradiada con rayos X con la finalidad de provocar la expulsión de un electrón interno de los átomos en la matriz, acción que produce la expulsión de un electrón y su sustitución por otro de una capa superior. Con ello se genera un proceso de emisión de fotones de rayos X característicos de cada uno de los elementos presentes, lo que permite detectar concentra-

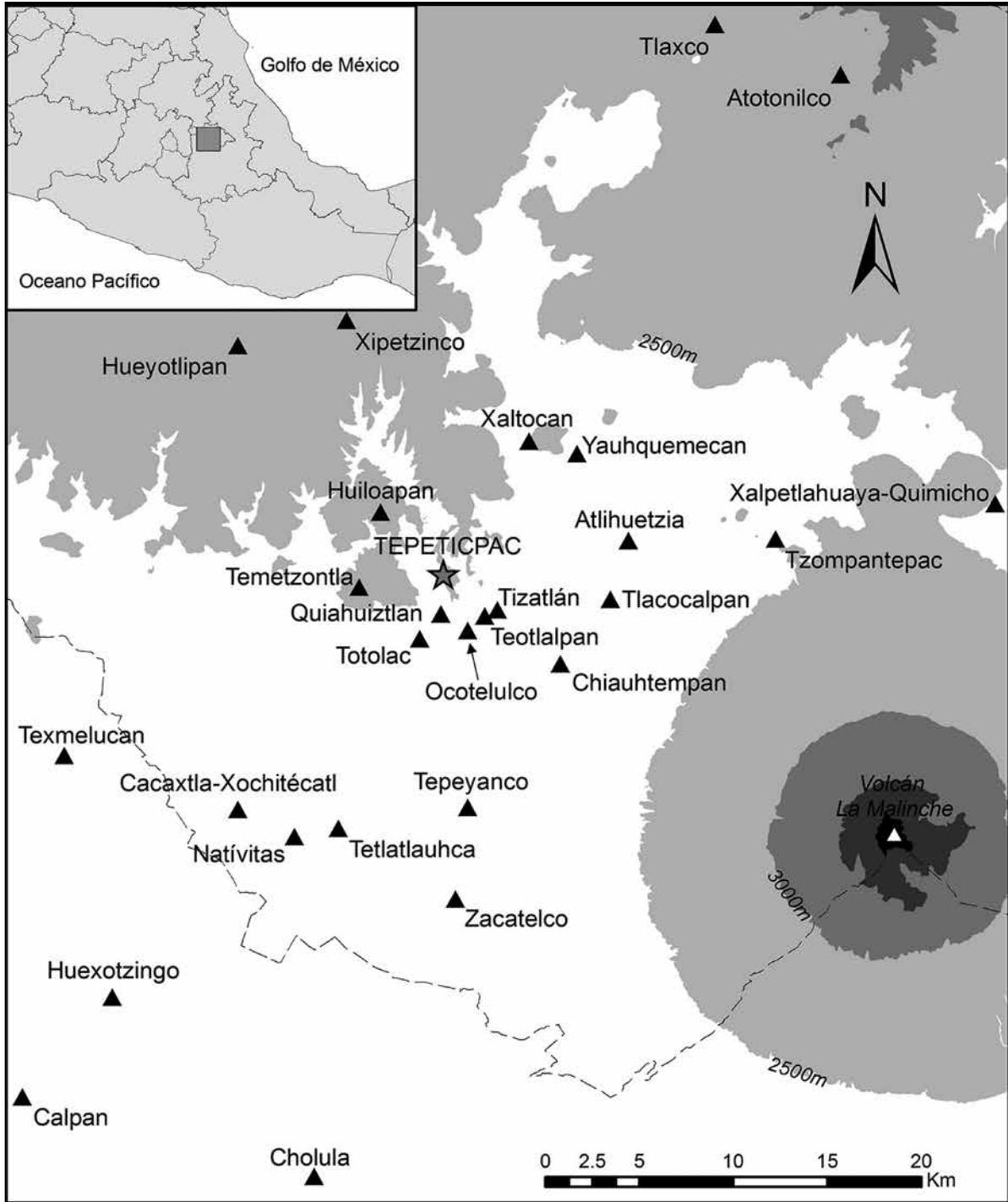
ciones de elementos traza medibles en ppm (partes por millón o microgramos/gramo) o porcentajes.

Los materiales analizados provienen de las exploraciones arqueológicas realizadas en el sitio de Tepeticpac, una entidad política a nivel estatal de la fase Tlaxcallan (1250/1350-1519 d.C.) de acuerdo con la cronología de García Cook (1997), y ubicada en el actual estado de Tlaxcala (fig. 1), donde hemos desarrollado el Proyecto Arqueológico Tepeticpac desde 2011 (Santacruz y López 2011). Los resultados muestran los contrastes y similitudes entre ambas metodologías para aislar grupos de vidrios con las mismas características físicas o geoquímicas, y su posible liga con distintos yacimientos, lo cual sirve para evaluar la utilidad de clasificaciones visuales.

El sitio de Tepeticpac

Tepeticpac fue un prominente *altepetl* o entidad política a nivel estado del Posclásico tardío, cuyo particular sistema de organización sociopolítica y económica estuvo dominado por el *teccalli* o la casa noble. Durante este periodo los *altepemeh* independientes del valle de Puebla y Tlaxcala jugaron un papel trascendental en el desarrollo sociopolítico y económico regional, ya que fueron una de las principales fuentes de poder y control de territorios y mano de obra. Es por ello que desde la década de 1960 varios investigadores han tenido gran interés en analizar diversos aspectos de su organización y procesos de cambio, entre ellos los sistemas tributarios, la tenencia de la tierra, conflictos regionales, migraciones, historias de fundación, mitos, procesos legales y la economía política y doméstica (Anguiano y Chapa 1982, Brito 2011, Carrasco y Sessions 2007, Chance 1996, 2000, Dyckerhoff y Prem 1982, García Cook y Merino 1997, Gibson 1967, Hicks 2009, López y Hirth 2012, Martínez 1984, 1994; Olivera 1978, Perkins 2007, Reyes 1988, Yoneda 1991).

A la llegada de los españoles en 1519, Tepeticpac formaba parte de la poderosa república confederal de Tlaxcallan que congregó a más de 20 *altepemeh* aliados, muchos de ellos integrados



● Fig. 1 Localización de Tepeticpac en la región poblano-tlaxcalteca.

por poblaciones multiétnicas (nahuas, otomíes y pinomes) y, en ocasiones, con contrastantes sistemas de organización social. Los restos de la zona medular de Tepeticpac hoy se localizan en la cima de una sierra de 2 500 m de altitud formada por los cerros Cuauhtzi, El Fuerte, Coyotépetl, Tenex-tépetl (Blanco) y Tlaxistlán, 5 km al norte de la ciudad de Tlaxcala. El cronista mestizo Diego Muñoz Camargo (1998 [1580]: 80, 92-94) cuenta que un grupo de migrantes teochichimecas seleccionó este lugar para la fundación de su asentamiento por las ventajas defensivas que confirió a sus moradores, pero también por el profundo carácter simbólico que representaba al ser el lugar donde, de acuerdo con sus mitos de creación y origen, se ubicaba la tierra prometida por su dios patrono Camaxtli, en la cual “[...] habían de ser señores supremos”.

En general, es poco el trabajo arqueológico realizado en Tepeticpac. Los primeros reportes sobre el sitio datan a la década de 1960 y abarcan descripciones generales sobre el número, la distribución y la preservación de sus monumentos, así como las características de los materiales observados en superficie (Angulo 1965, Beristáin 2004, García Cook y Mora 1974, Snow 1969, Tschohl y Nickel 1972). En la década de 1990 se ejecutaron trabajos efímeros de exploración arqueológica y algunas labores de restauración y mantenimiento que por desgracia no tuvieron continuidad (Contreras 2007, Escuela Nacional de Conservación y Restauración 2000, Guevara y Robinson 1999). En fecha reciente, un grupo de investigadores recobró el interés en el estudio de las culturas posclásicas de Tlaxcallan y generó nuevos proyectos de investigación científica sistemática (Fargher 2010, López y Santacruz 2013).

A partir de 2010, el Proyecto Arqueológico Tepeticpac (PAT) ha llevado a cabo exploraciones arqueológicas con el objetivo de reconstruir la estructura social, política y económica del sitio durante sus diversos periodos de ocupación, establecer su papel e interacción con comunidades contemporáneas de la región de Puebla-Tlaxcala y de otras regiones, además de analizar los procesos de cambio y abandono del asentamiento, en especial aquellos generados a raíz de la conquista.

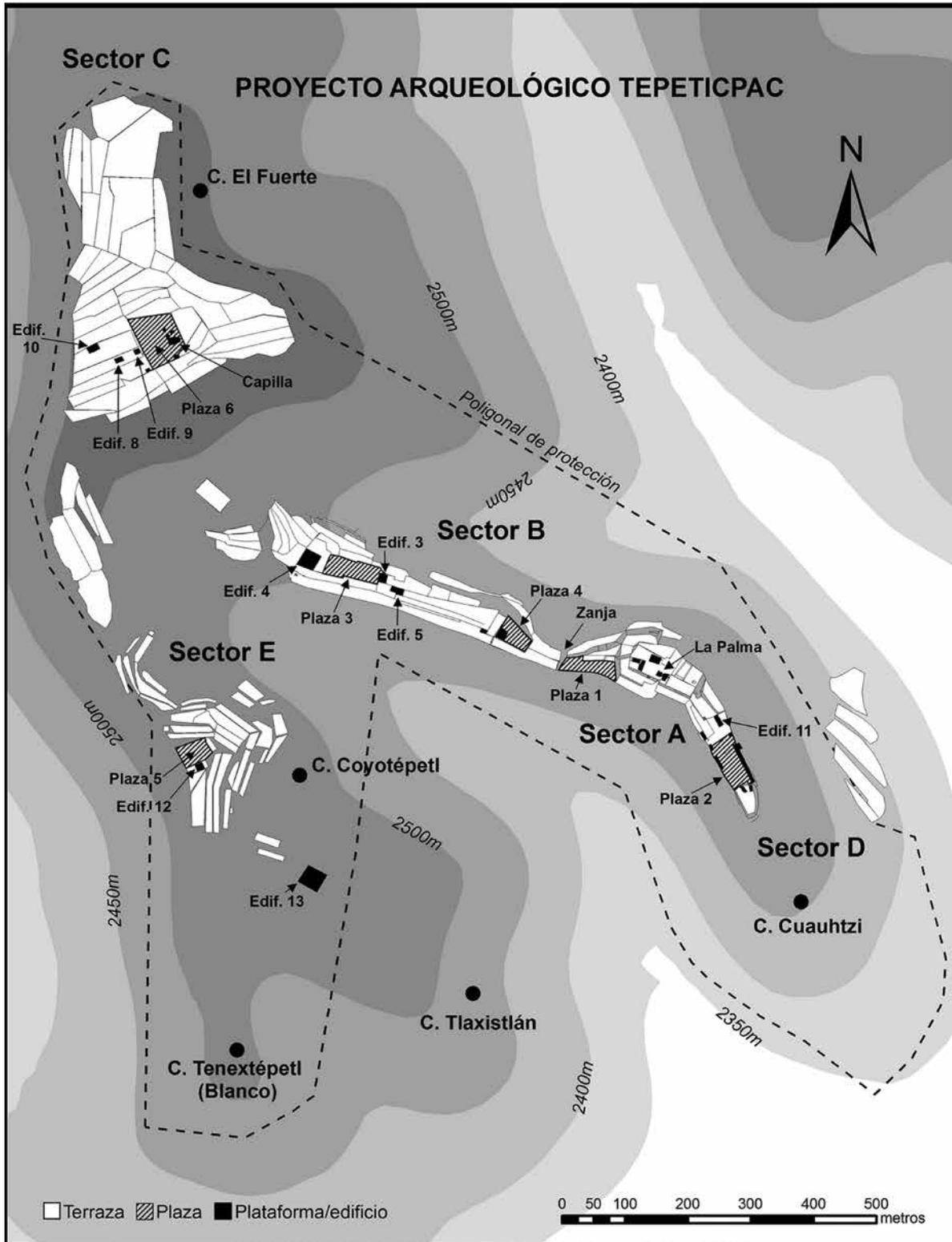
La inaccesible ubicación del sitio ha servido para que en tiempos modernos una amplia extensión de vestigios se haya preservado de los estragos generados por la creciente urbanización. La zona nuclear del asentamiento se localiza sobre un accidentado sistema de cerros y profundas barrancas donde hemos mapeado hasta el momento más de 150 terrazas-habitación-cultivo, trece edificios y seis plazas. Los sistemas de terrazas son tan elaborados que dan la impresión de ser un continuo de edificaciones sin divisiones internas. Sin embargo, la distribución espacial de los elementos arquitectónicos, la carencia de construcciones en algunas secciones, así como la presencia de elementos que restringen el acceso a ciertas áreas, permiten hacer una división del sitio en al menos cinco sectores (A, B, C, D y E) (fig. 2).

Clasificación de la obsidiana por colores

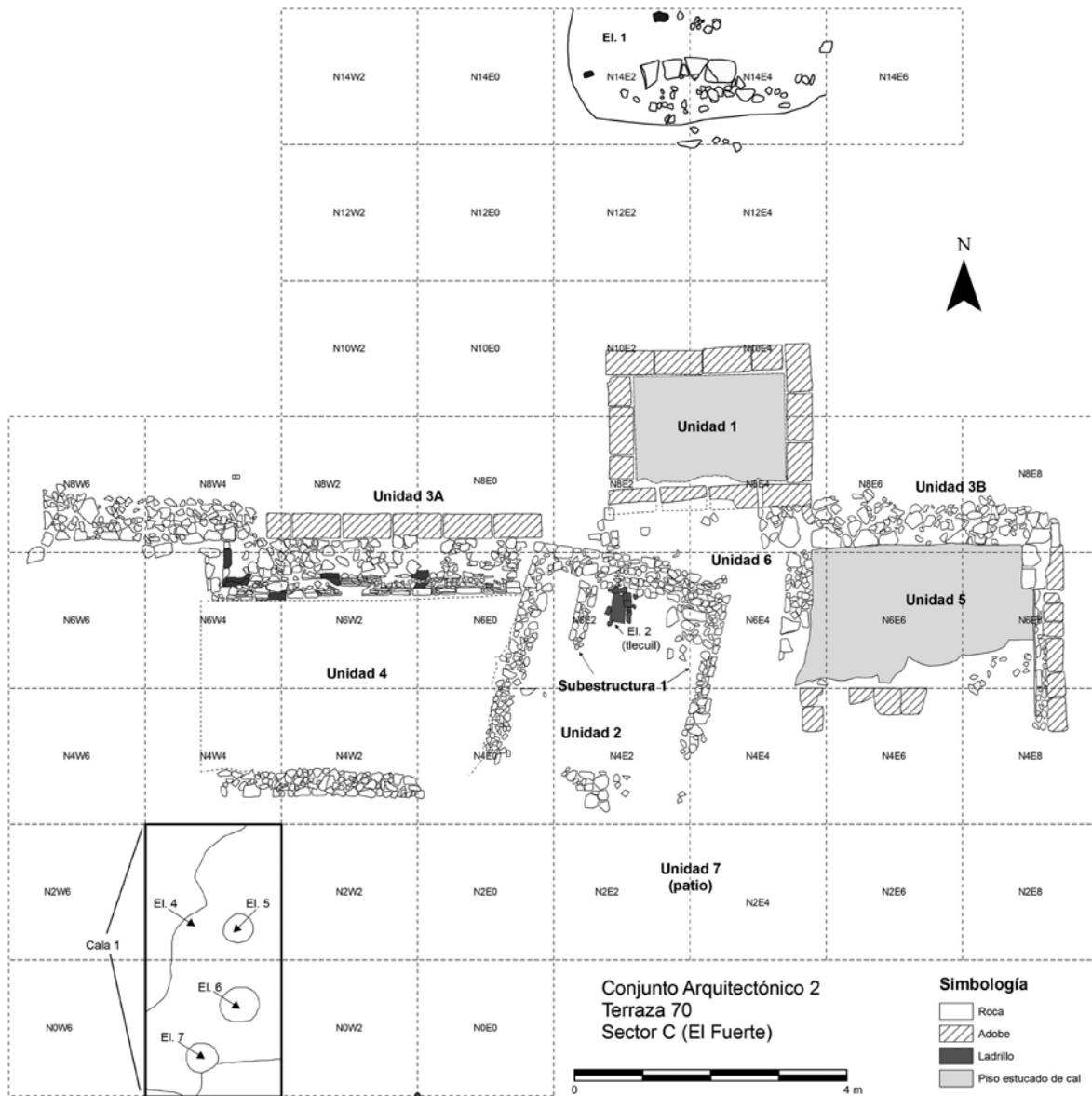
Para esta labor utilizamos un conjunto de 2 053 piezas, de las cuales 1 944 fueron recolectadas durante los recorridos de superficie en los sectores A, B, C y E del sitio, mientras 109 son producto de la exploración de un conjunto arquitectónico denominado CA-2 en el Sector C (fig. 3). La división por colores involucró una inspección macro y microscópica de cada pieza utilizando un microscopio estereoscópico con lente objetivo de 2x y 4x y oculares de 10x y 20x, anotando atributos diagnósticos de la matriz vítrea como color, opacidad/translucidez, presencia/ausencia de vetas, presencia/ausencia de vesículas e inclusiones (fig. 4). Establecimos cinco categorías de color y 16 sub-categorías que comprenden la variabilidad representada y sus atributos físicos (fig. 5).

La obsidiana gris transparente es la más cuantiosa en esta muestra, con 1 403 (68.34%) piezas. Agrupó materiales con matrices vítreas transparentes o altamente translúcidas con al menos cinco sub-categorías (GT1-GT5).

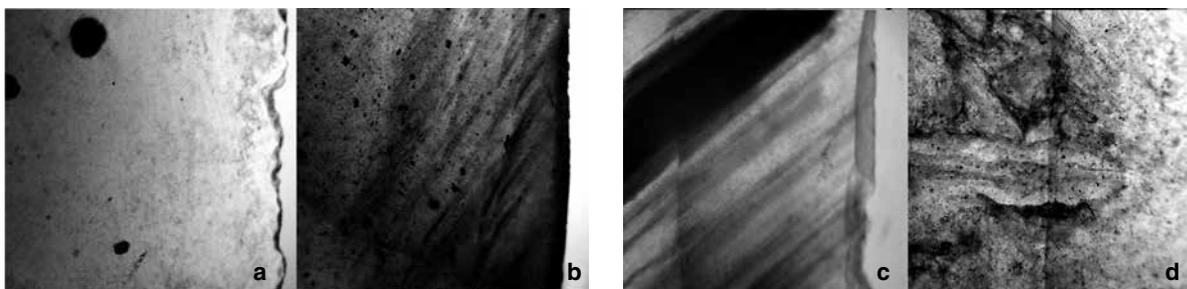
De obsidiana verde identificamos 262 (12.76%) piezas. Su procedencia ha sido bien fijada en la región de Pachuca. Es de muy buena calidad y se distingue por una tonalidad verdosa, de la cual detectamos al menos tres sub-categorías (V1-V3).



© Fig. 2 Plano topográfico de Tepeticpac.



© Fig 3 Planta de la exploración del conjunto arquitectónico 2.



© Fig. 4 Obsidias de la categoría de color Gris transparente: a) GT1, b) GT2, c) GT3, y d) GT4.

| Categoría | Sub-categoría | Descripción |
|--------------------------|----------------------|--|
| Café | C1 | Matriz turbia debido a la presencia de vetas filamentosas y difusas; apariencia fibrosa generalmente opaca carente de inclusiones y vesículas. |
| | C2 | Matriz translúcida carente de vetas, vesículas o inclusiones. |
| Gris opaco | GO1 | Matriz opaca, homogénea, de tonos gris oscuro a gris muy oscuro y carente de inclusiones. |
| | GO2 | Matriz semi-translúcida, casi homogénea, con varias inclusiones micro-cristalinas, y tonalidades gris claro con apariencia ahumada. |
| | GO3 | Matriz heterogénea, con vetas anchas rectas, ondulantes o de aspecto fibroso que son perceptibles a simple vista. |
| | GO4 | Vetas rectas característicamente oscuras en una matriz heterogénea que fluctúa entre tonos grises opacos y transparentes. |
| Gris transparente | GT1 | Matriz característicamente transparente y homogénea; ocasionalmente posee vetas aisladas, cortas o difusas, y por lo general contiene algunas inclusiones micro-cristalinas. |
| | GT2 | Matriz tiene un aspecto "manchado" por la presencia de partículas microscópicas laminares e irregulares dispersas o en pequeñas concentraciones de apariencia fibrosa. |
| | GT3 | Vetas rectas, generalmente anchas y aisladas, en un matriz que puede ir de transparente a una apariencia translúcida un tanto turbia. |
| | GT4 | Apariencia de plástico a simple vista, y contiene partículas minúsculas que se presentan en acumulaciones con patrones fibrosos y le dan un aspecto "cenizo" cuando es vista al microscopio. |
| | GT5 | Matriz transparente de tonalidades azules, carente de inclusiones y vetas. |
| Negro | N1 | Matriz homogénea con partículas minúsculas en un grano muy cerrado, carecen de inclusiones o imperfecciones mayores, y tienen una textura fina. |
| | N2 | Matriz con partículas minúsculas en un grano de apariencia filamentosas, carecen de inclusiones o imperfecciones mayores, y tienen una textura fina. |
| Verde | V1 | Apariencia brillante, matriz uniforme y transparente, ocasionalmente con inclusiones, pero posee una textura fina y regular, lo cual indica que es de muy buena calidad. |
| | V2 | Presentan un gran número de vesículas alargadas, visibles principalmente al microscopio pero que a simple vista le otorgan una apariencia plástica de tono dorado. |
| | V3 | Escasa, presenta partículas minúsculas en la matriz y tono verde-café oscuro. |

© Fig. 5 Categorías y subcategorías de obsidiana por color.

La obsidiana gris opaco contabilizó 205 (9.99%) piezas. Posee matrices semi-translúcidas hasta un opaco total con tonos de gris claro a gris muy oscuro. El espectro de opacidad y tonalidad del grupo es notoriamente amplio y suelen trasladarse con aquellas de las obsidianas gris transparente y negro, lo que generó inconsistencias en la separación visual. Establecimos cuatro sub-categorías (GO1-GO4).

El grupo de obsidiana negra tuvo un total de 155 (7.55%) piezas. Se diferenció por el tono negro brillante con matrices altamente opacas. Únicamente fue posible observar la matriz al mirar a contraluz los filos de las piezas, revelando que se compone de partículas minúsculas en un grano muy cerrado. Establecimos dos subcategorías (N1 y N2).

Por último, la obsidiana café es la menos representada con un total de 28 (1.36%) piezas. Tiene una calidad relativamente buena para producir artefactos y se presentó ante todo en coloraciones cafés, y verdosas en muy pocas ocasiones. Sólo hubo dos sub-categorías (C1 y C2).

Análisis de fluorescencia de rayos X portátil

De la muestra original separamos una sub-muestra de 155 piezas para realizarle estudios de FRXp, de las cuales 109 proceden del CA-2 y 46 de los recorridos de superficie. La selección de esta sub-muestra se hizo para que fuese representativa de cada grupo, pues el objetivo era incluir ejemplares de las 16 sub-divisiones por color, para así detectar la diversidad de la composición química de las obsidianas e identificar las múltiples fuentes representadas.

Los análisis fueron hechos en los laboratorios del Departamento de Antropología de Penn State University. Utilizamos un espectómetro Bruker Tracer III-V+ SD equipado con un tubo de rayos X y objetivo de rodio, y un detector de deriva de silicio con una resolución de *ca.* 145 eV FWHM por 5.9 keV X-rays (a 200 000 conteos por segundo) en una superficie de detección de 10 mm². Todas las muestras fueron medidas a 40kV, 25 µA, con un filtro de 12 000 Al, 1000 Ti, 6 000

Cu, colocado en la trayectoria de los rayos X durante un conteo de 200 segundos en directo. En total se midieron diez elementos traza: Mn, Fe, Zn, Ga, Th, Rb, Sr, Y, Zr, y Nb. Las mediciones de la intensidad foto pico para los picos K α de cada elemento fueron calculados como proporciones del pico Compton del rodio y después fueron convertidos a partes por millón mediante una calibración basada en un conjunto de 40 estándares de obsidiana con valores conocidos proporcionados por la compañía Bruker y muestras de fuentes de la colección en Penn State University. La única excepción fue Th, para el cual se utilizó el pico L α . Para los propósitos de la calibración e identificación de los yacimientos representados en las muestras de Tepeticpac recurrimos a una combinación de especímenes de fuentes geológicas y resultados publicados comparando las concentraciones de los elementos traza reportados, para así identificar las locaciones de procedencia (Argote Espino *et al.* 2010, Carballo *et al.* 2007, Cobean 2002; Ebert *et al.* 2014).

Una muestra de USGS RGM-1 fue analizada diariamente durante toda la duración del estudio para revisar la exactitud y precisión del instrumento y su calibración, garantizando con ello la consistencia de los resultados. Encontramos que los datos derivados del Bruker Tracer III-V+ SD para la instrumentación RGM-1 son comparables a otros valores publicados, lo cual demuestra que nuestros resultados identifican de manera certera y precisa la procedencia original de las fuentes de obsidiana a partir de sus huellas químicas distintivas.

Los análisis de FRXp revelan que las obsidianas de Tepeticpac fueron traídas de cinco yacimientos (Otumba, Pachuca, Paredón, Pico de Orizaba y Zaragoza-Oyameles) ubicados en el altiplano central mesoamericano (figs. 6 y 7). La fuente más representada en la sub-muestra es Paredón con 84 piezas, que se ubica en los límites de los estados de Puebla e Hidalgo, sólo 60 km al norte de Tepeticpac.

La segunda fuente recorrida fue Zaragoza-Oyameles, localizada en la región central del estado de Puebla, 82 km al noreste del sitio. Detectamos 26 piezas que proceden de esta área.

| | | Mn | Fe | Zn | Ga | Th | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Yacimiento asignado |
|----------------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------|
| Muestra | | ppm | |
| PAT001 | Op.2 | 422 | 10190 | 71 | 19 | 18 | 186 | 4 | 54 | 226 | 47 | Paredón |
| PAT002 | Op.2 | 418 | 9903 | 41 | 18 | 10 | 139 | 132 | 26 | 147 | 14 | Otumba |
| PAT003 | Op.2 | 413 | 10681 | 67 | 19 | 18 | 198 | 5 | 58 | 234 | 49 | Paredón |
| PAT004 | Op.2 | 358 | 9909 | 61 | 19 | 20 | 186 | 6 | 50 | 236 | 47 | Paredón |
| PAT005 | Op.2 | 408 | 10186 | 41 | 18 | 12 | 142 | 149 | 25 | 160 | 15 | Otumba |
| PAT006 | Op.2 | 283 | 10658 | 39 | 18 | 21 | 159 | 31 | 33 | 215 | 19 | Zaragoza |
| PAT007 | Op.2 | 395 | 8781 | 56 | 19 | 17 | 169 | 4 | 48 | 210 | 43 | Paredón |
| PAT008 | Op.2 | 1217 | 17442 | 247 | 28 | 19 | 220 | 4 | 122 | 978 | 98 | Pachuca |
| PAT009 | Op.2 | 399 | 9693 | 35 | 17 | 9 | 127 | 135 | 24 | 150 | 13 | Otumba |
| PAT010 | Op.2 | 370 | 8473 | 50 | 18 | 15 | 162 | 4 | 46 | 203 | 40 | Paredón |
| PAT011 | Op.2 | 408 | 9228 | 53 | 19 | 17 | 173 | 4 | 51 | 214 | 45 | Paredón |
| PAT012 | Op.2 | 436 | 10184 | 70 | 19 | 19 | 191 | 4 | 54 | 230 | 46 | Paredón |
| PAT013 | Op.2 | 412 | 10013 | 70 | 19 | 19 | 186 | 5 | 52 | 223 | 47 | Paredón |
| PAT014 | Op.2 | 399 | 9487 | 59 | 19 | 18 | 183 | 6 | 50 | 227 | 44 | Paredón |
| PAT015 | Op.2 | 378 | 10007 | 66 | 19 | 19 | 192 | 6 | 54 | 229 | 47 | Paredón |
| PAT016 | Op.2 | 201 | 10705 | 44 | 19 | 22 | 166 | 28 | 33 | 205 | 20 | Zaragoza |
| PAT017 | Op.2 | 380 | 9588 | 50 | 19 | 19 | 183 | 5 | 50 | 225 | 44 | Paredón |
| PAT018 | Op.2 | 231 | 11119 | 47 | 19 | 20 | 164 | 33 | 34 | 211 | 20 | Zaragoza |
| PAT019 | Op.2 | 366 | 9938 | 60 | 19 | 20 | 190 | 6 | 55 | 226 | 47 | Paredón |
| PAT020 | Op.2 | 378 | 9547 | 58 | 19 | 17 | 184 | 4 | 50 | 223 | 48 | Paredón |
| PAT021 | Op.2 | 445 | 9392 | 40 | 17 | 10 | 128 | 132 | 25 | 152 | 15 | Otumba |
| PAT022 | Op.2 | 270 | 10080 | 31 | 18 | 18 | 150 | 28 | 32 | 199 | 20 | Zaragoza |
| PAT023 | Op.2 | 425 | 9972 | 60 | 19 | 19 | 183 | 5 | 53 | 221 | 47 | Paredón |
| PAT024 | Op.2 | 1114 | 16697 | 230 | 27 | 21 | 211 | 3 | 116 | 942 | 93 | Pachuca |
| PAT025 | Op.2 | 344 | 9875 | 60 | 19 | 19 | 182 | 5 | 49 | 219 | 44 | Paredón |
| PAT026 | Op.2 | 405 | 9313 | 53 | 18 | 17 | 180 | 4 | 51 | 215 | 42 | Paredón |
| PAT027 | Op.2 | 406 | 9886 | 50 | 18 | 17 | 184 | 5 | 53 | 221 | 45 | Paredón |
| PAT028 | Op.2 | 369 | 11072 | 46 | 18 | 14 | 145 | 151 | 26 | 165 | 17 | Otumba? |
| PAT029 | Op.2 | 215 | 10158 | 37 | 18 | 18 | 154 | 32 | 35 | 203 | 19 | Zaragoza |
| PAT030 | Op.2 | 349 | 8654 | 50 | 18 | 16 | 166 | 5 | 47 | 201 | 41 | Paredón |
| PAT031 | Op.2 | 1174 | 17158 | 238 | 28 | 22 | 219 | 4 | 119 | 958 | 97 | Pachuca |
| PAT032 | Op.2 | 1210 | 17638 | 244 | 28 | 23 | 220 | 4 | 119 | 965 | 98 | Pachuca |
| PAT033 | Op.2 | 1182 | 16681 | 232 | 27 | 20 | 210 | 2 | 116 | 939 | 96 | Pachuca |
| PAT034 | Op.2 | 1347 | 19253 | 289 | 30 | 24 | 237 | 4 | 131 | 1042 | 103 | Pachuca |
| PAT035 | Op.2 | 326 | 8976 | 62 | 19 | 17 | 175 | 4 | 48 | 215 | 45 | Paredón |
| PAT036 | Op.2 | 349 | 9773 | 66 | 19 | 19 | 182 | 5 | 49 | 222 | 45 | Paredón |

© Fig. 6 Resultados de valores obtenidos en 155 muestras de obsidiana por medio de FRXp.

(continuación fig. 6)

| Muestra | | Mn | Fe | Zn | Ga | Th | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Yacimiento asignado |
|---------|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|---------------------|
| | | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | |
| PAT037 | Op.2 | 371 | 9621 | 62 | 19 | 16 | 181 | 3 | 53 | 217 | 47 | Paredón |
| PAT038 | Op.2 | 376 | 9599 | 60 | 19 | 16 | 183 | 5 | 53 | 239 | 44 | Paredón |
| PAT039 | Op.2 | 390 | 9304 | 55 | 18 | 16 | 171 | 5 | 51 | 224 | 44 | Paredón |
| PAT040 | Op.2 | 416 | 10917 | 73 | 19 | 19 | 201 | 6 | 57 | 239 | 48 | Paredón |
| PAT041 | Op.2 | 385 | 9498 | 39 | 18 | 12 | 129 | 132 | 24 | 149 | 14 | Otumba |
| PAT042 | Op.2 | 399 | 9973 | 59 | 19 | 18 | 191 | 5 | 53 | 223 | 45 | Paredón |
| PAT043 | Op.2 | 194 | 10603 | 37 | 18 | 19 | 154 | 31 | 35 | 207 | 20 | Zaragoza |
| PAT044 | Op.2 | 331 | 8892 | 53 | 18 | 15 | 167 | 5 | 48 | 215 | 42 | Paredón |
| PAT045 | Op.2 | 355 | 8723 | 55 | 18 | 16 | 165 | 3 | 44 | 206 | 41 | Paredón |
| PAT046 | Op.2 | 632 | 4286 | 32 | 17 | 8 | 132 | 30 | 17 | 70 | 14 | Pico de Orizaba |
| PAT047 | Op.2 | 239 | 9426 | 34 | 18 | 17 | 137 | 27 | 32 | 188 | 17 | Zaragoza |
| PAT048 | Op.2 | 416 | 9863 | 48 | 18 | 11 | 127 | 134 | 24 | 150 | 14 | Otumba |
| PAT049 | Op.2 | 1317 | 19411 | 298 | 31 | 25 | 241 | 5 | 127 | 1030 | 104 | Pachuca |
| PAT050 | Op.2 | 357 | 8761 | 54 | 19 | 17 | 179 | 7 | 51 | 225 | 44 | Paredón |
| PAT051 | Op.2 | 358 | 8311 | 54 | 19 | 17 | 163 | 4 | 45 | 198 | 41 | Paredón |
| PAT052 | Op.2 | 391 | 10418 | 70 | 20 | 22 | 208 | 7 | 53 | 239 | 48 | Paredón |
| PAT053 | Op.2 | 350 | 9155 | 53 | 18 | 17 | 173 | 5 | 48 | 212 | 45 | Paredón |
| PAT054 | Op.2 | 340 | 9487 | 56 | 19 | 16 | 176 | 5 | 51 | 217 | 45 | Paredón |
| PAT055 | Op.2 | 832 | 15892 | 137 | 21 | 12 | 132 | 2 | 96 | 761 | 62 | Pachuca |
| PAT056 | Op.2 | 376 | 8749 | 48 | 18 | 16 | 165 | 4 | 48 | 205 | 43 | Paredón |
| PAT057 | Op.2 | 448 | 10509 | 44 | 18 | 13 | 145 | 134 | 24 | 148 | 15 | Otumba |
| PAT058 | Op.2 | 313 | 8450 | 47 | 18 | 16 | 158 | 4 | 47 | 197 | 40 | Paredón |
| PAT059 | Op.2 | 323 | 8694 | 49 | 18 | 15 | 167 | 3 | 47 | 203 | 44 | Paredón |
| PAT060 | Op.2 | 392 | 8691 | 52 | 18 | 15 | 162 | 4 | 48 | 203 | 41 | Paredón |
| PAT061 | Op.2 | 361 | 8716 | 51 | 18 | 16 | 167 | 4 | 48 | 210 | 43 | Paredón |
| PAT062 | Op.2 | 444 | 9666 | 51 | 19 | 18 | 182 | 4 | 53 | 214 | 46 | Paredón |
| PAT063 | Op.2 | 385 | 9626 | 63 | 19 | 17 | 184 | 5 | 53 | 218 | 47 | Paredón |
| PAT064 | Op.2 | 416 | 9589 | 68 | 19 | 20 | 182 | 4 | 51 | 221 | 44 | Paredón |
| PAT065 | Op.2 | 405 | 9336 | 56 | 18 | 16 | 177 | 4 | 52 | 211 | 43 | Paredón |
| PAT066 | Op.2 | 346 | 8947 | 59 | 19 | 17 | 169 | 4 | 48 | 211 | 43 | Paredón |
| PAT067 | Op.2 | 335 | 9524 | 57 | 19 | 17 | 184 | 4 | 50 | 224 | 44 | Paredón |
| PAT068 | Op.2 | 348 | 8548 | 48 | 18 | 15 | 167 | 4 | 47 | 197 | 41 | Paredón |
| PAT069 | Op.2 | 705 | 4229 | 22 | 17 | 7 | 117 | 29 | 16 | 68 | 15 | Pico de Orizaba |
| PAT070 | Op.2 | 592 | 4017 | 28 | 17 | 5 | 112 | 30 | 17 | 64 | 14 | Pico de Orizaba |
| PAT071 | Op.2 | 206 | 10302 | 42 | 18 | 18 | 154 | 30 | 32 | 201 | 20 | Zaragoza |

(continúa fig. 6)

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| PAT072 | Op.2 | 391 | 9128 | 59 | 19 | 17 | 180 | 5 | 48 | 219 | 44 | Paredón |
| PAT073 | Op.2 | 363 | 8612 | 46 | 18 | 15 | 163 | 4 | 46 | 202 | 41 | Paredón |
| PAT074 | Op.2 | 327 | 8465 | 42 | 18 | 16 | 160 | 4 | 45 | 200 | 39 | Paredón |
| PAT075 | Op.2 | 1231 | 17294 | 225 | 27 | 21 | 219 | 4 | 119 | 963 | 101 | Pachuca |
| PAT076 | Op.2 | 379 | 10061 | 58 | 19 | 18 | 190 | 4 | 55 | 228 | 45 | Paredón |
| PAT077 | Op.2 | 449 | 10651 | 63 | 19 | 17 | 190 | 6 | 53 | 232 | 46 | Paredón |
| PAT078 | Op.2 | 378 | 9391 | 56 | 19 | 18 | 182 | 6 | 49 | 222 | 46 | Paredón |
| PAT079 | Op.2 | 575 | 3843 | 22 | 17 | 6 | 108 | 27 | 17 | 65 | 12 | Pico de Orizaba |
| PAT080 | Op.2 | 208 | 10128 | 32 | 18 | 17 | 147 | 27 | 33 | 199 | 18 | Zaragoza |
| PAT081 | Op.2 | 445 | 10397 | 52 | 18 | 14 | 138 | 144 | 24 | 158 | 14 | Otumba |
| PAT082 | Op.2 | 401 | 9592 | 37 | 18 | 12 | 126 | 133 | 24 | 147 | 14 | Otumba |
| PAT083 | Op.2 | 247 | 9289 | 35 | 18 | 17 | 137 | 26 | 31 | 193 | 17 | Zaragoza |
| PAT084 | Op.2 | 386 | 9836 | 59 | 19 | 16 | 186 | 5 | 53 | 222 | 46 | Paredón |
| PAT085 | Op.2 | 348 | 9457 | 58 | 19 | 18 | 180 | 5 | 53 | 218 | 46 | Paredón |
| PAT086 | Op.2 | 407 | 10182 | 50 | 18 | 12 | 139 | 142 | 25 | 152 | 14 | Otumba |
| PAT087 | Op.2 | 378 | 9363 | 34 | 17 | 9 | 127 | 126 | 25 | 145 | 11 | Otumba |
| PAT088 | Op.2 | 1256 | 17748 | 251 | 28 | 24 | 229 | 3 | 125 | 994 | 103 | Pachuca |
| PAT089 | Op.2 | 345 | 9227 | 60 | 19 | 17 | 175 | 4 | 51 | 223 | 45 | Paredón |
| PAT090 | Op.2 | 360 | 9009 | 54 | 18 | 14 | 171 | 4 | 49 | 210 | 42 | Paredón |
| PAT091 | Op.2 | 385 | 9846 | 61 | 19 | 17 | 187 | 5 | 54 | 220 | 47 | Paredón |
| PAT092 | Op.2 | 416 | 9383 | 60 | 19 | 18 | 183 | 5 | 48 | 219 | 44 | Paredón |
| PAT093 | Op.2 | 380 | 8697 | 50 | 18 | 16 | 166 | 4 | 50 | 209 | 41 | Paredón |
| PAT094 | Op.2 | 415 | 9851 | 60 | 19 | 18 | 183 | 5 | 51 | 233 | 46 | Paredón |
| PAT095 | Op.2 | 353 | 9322 | 52 | 18 | 16 | 180 | 5 | 50 | 229 | 45 | Paredón |
| PAT096 | Op.2 | 353 | 9322 | 52 | 18 | 16 | 180 | 5 | 50 | 229 | 45 | Paredón |
| PAT097 | Op.2 | 225 | 10312 | 46 | 18 | 19 | 148 | 29 | 31 | 196 | 18 | Zaragoza |
| PAT098 | Op.2 | 259 | 9995 | 35 | 18 | 17 | 145 | 28 | 29 | 194 | 18 | Zaragoza |
| PAT099 | Op.2 | 595 | 3923 | 28 | 17 | 7 | 113 | 27 | 16 | 62 | 15 | Pico de Orizaba |
| PAT100 | Op.2 | 268 | 11223 | 42 | 18 | 19 | 160 | 32 | 36 | 212 | 19 | Zaragoza |
| PAT101 | Op.2 | 348 | 9395 | 55 | 19 | 18 | 178 | 6 | 51 | 217 | 45 | Paredón |
| PAT102 | Op.2 | 368 | 9362 | 53 | 19 | 17 | 179 | 5 | 50 | 217 | 44 | Paredón |
| PAT103 | Op.2 | 331 | 10184 | 67 | 19 | 16 | 192 | 5 | 54 | 233 | 46 | Paredón |
| PAT104 | Op.2 | 368 | 10291 | 63 | 19 | 19 | 191 | 4 | 54 | 230 | 48 | Paredón |
| PAT105 | Op.2 | 421 | 10306 | 70 | 19 | 18 | 189 | 5 | 55 | 233 | 46 | Paredón |
| PAT106 | Op.2 | 410 | 8685 | 48 | 18 | 15 | 169 | 5 | 50 | 205 | 40 | Paredón |
| PAT107 | Op.2 | 342 | 9630 | 53 | 18 | 15 | 180 | 5 | 52 | 216 | 46 | Paredón |
| PAT108 | Op.2 | 374 | 8677 | 61 | 19 | 15 | 163 | 4 | 49 | 205 | 40 | Paredón |
| PAT109 | Op.2 | 246 | 9317 | 46 | 18 | 18 | 164 | 30 | 34 | 198 | 17 | Zaragoza |

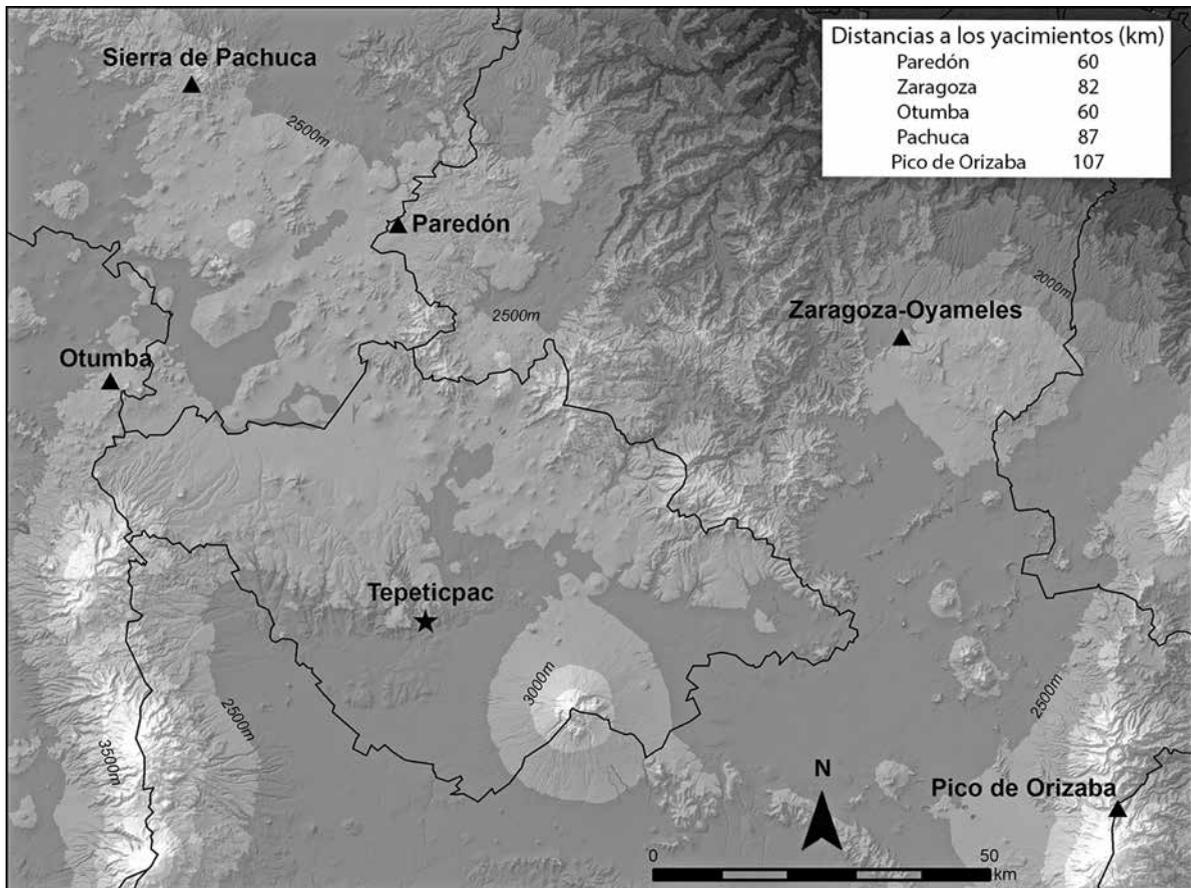
(continúa fig. 6)

(continuación fig. 6)

| Muestra | | Mn ppm | Fe ppm | Zn ppm | Ga ppm | Th ppm | Rb ppm | Sr ppm | Y ppm | Zr ppm | Nb ppm | Yacimiento asignado |
|---------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------------------|
| PAT110 | RS | 342 | 8399 | 45 | 18 | 17 | 163 | 4 | 47 | 201 | 41 | Paredón |
| PAT111 | RS | 284 | 9630 | 36 | 18 | 20 | 141 | 26 | 32 | 199 | 17 | Zaragoza |
| PAT112 | RS | 195 | 10420 | 39 | 18 | 20 | 153 | 29 | 34 | 202 | 20 | Zaragoza |
| PAT113 | RS | 220 | 10336 | 33 | 18 | 19 | 147 | 29 | 34 | 201 | 17 | Zaragoza |
| PAT114 | RS | 177 | 9837 | 43 | 18 | 15 | 144 | 26 | 31 | 195 | 19 | Zaragoza |
| PAT115 | RS | 408 | 9468 | 44 | 18 | 11 | 133 | 132 | 22 | 150 | 14 | Otumba |
| PAT116 | RS | 400 | 10043 | 41 | 18 | 12 | 138 | 128 | 22 | 147 | 15 | Otumba |
| PAT117 | RS | 223 | 10114 | 41 | 18 | 17 | 149 | 27 | 32 | 201 | 17 | Zaragoza |
| PAT118 | RS | 268 | 9201 | 37 | 18 | 16 | 137 | 24 | 29 | 182 | 16 | Zaragoza |
| PAT119 | RS | 245 | 10298 | 33 | 18 | 17 | 148 | 27 | 32 | 199 | 18 | Zaragoza |
| PAT120 | RS | 272 | 10106 | 38 | 18 | 18 | 139 | 27 | 31 | 196 | 17 | Zaragoza |
| PAT121 | RS | 348 | 8788 | 57 | 18 | 13 | 162 | 4 | 47 | 201 | 40 | Paredón |
| PAT122 | RS | 227 | 9040 | 35 | 18 | 15 | 133 | 25 | 29 | 183 | 17 | Zaragoza |
| PAT123 | RS | 413 | 9849 | 49 | 18 | 12 | 130 | 137 | 25 | 152 | 14 | Otumba |
| PAT124 | RS | 224 | 9761 | 34 | 18 | 17 | 143 | 27 | 33 | 195 | 19 | Zaragoza |
| PAT125 | RS | 334 | 8620 | 51 | 18 | 16 | 169 | 4 | 49 | 212 | 43 | Paredón |
| PAT126 | RS | 359 | 9002 | 51 | 18 | 16 | 166 | 4 | 48 | 214 | 44 | Paredón |
| PAT127 | RS | 267 | 10117 | 48 | 18 | 18 | 148 | 28 | 33 | 197 | 16 | Zaragoza |
| PAT128 | RS | 354 | 8697 | 66 | 19 | 17 | 178 | 3 | 47 | 209 | 42 | Paredón |
| PAT129 | RS | 222 | 9384 | 38 | 18 | 17 | 143 | 27 | 31 | 193 | 19 | Zaragoza |
| PAT130 | RS | 427 | 9079 | 34 | 17 | 10 | 123 | 124 | 24 | 144 | 12 | Otumba |
| PAT131 | RS | 534 | 3458 | 20 | 17 | 6 | 103 | 23 | 15 | 59 | 11 | Pico de Orizaba |
| PAT132 | RS | 584 | 3559 | 24 | 17 | 5 | 101 | 24 | 15 | 61 | 11 | Pico de Orizaba |
| PAT133 | RS | 647 | 4035 | 26 | 17 | 7 | 111 | 26 | 17 | 64 | 13 | Pico de Orizaba |
| PAT134 | RS | 576 | 3968 | 27 | 17 | 5 | 111 | 26 | 15 | 63 | 13 | Pico de Orizaba |
| PAT135 | RS | 607 | 3858 | 21 | 17 | 8 | 108 | 25 | 16 | 63 | 14 | Pico de Orizaba |
| PAT136 | RS | 327 | 9559 | 49 | 18 | 17 | 181 | 4 | 51 | 222 | 44 | Paredón |
| PAT137 | RS | 332 | 9692 | 53 | 19 | 20 | 183 | 5 | 50 | 218 | 45 | Paredón |
| PAT138 | RS | 361 | 8378 | 49 | 18 | 16 | 179 | 5 | 49 | 203 | 42 | Paredón |
| PAT139 | RS | 331 | 8901 | 51 | 18 | 15 | 170 | 4 | 49 | 208 | 44 | Paredón |
| PAT140 | RS | 344 | 8686 | 50 | 18 | 15 | 156 | 5 | 45 | 200 | 41 | Paredón |
| PAT141 | RS | 1143 | 16136 | 231 | 28 | 24 | 213 | 4 | 117 | 937 | 95 | Pachuca |
| PAT142 | RS | 411 | 9566 | 46 | 18 | 7 | 125 | 134 | 22 | 147 | 14 | Otumba |
| PAT143 | RS | 386 | 8550 | 52 | 18 | 14 | 165 | 5 | 46 | 219 | 42 | Paredón |
| PAT144 | RS | 395 | 9349 | 40 | 18 | 11 | 126 | 132 | 21 | 146 | 12 | Otumba |

(continúa fig. 6)

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|----|------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| PAT145 | RS | 422 | 9867 | 58 | 19 | 16 | 185 | 4 | 52 | 220 | 45 | Paredón |
| PAT146 | RS | 393 | 9917 | 61 | 19 | 19 | 190 | 5 | 52 | 235 | 43 | Paredón |
| PAT147 | RS | 389 | 8605 | 50 | 18 | 17 | 162 | 3 | 45 | 201 | 41 | Paredón |
| PAT148 | RS | 291 | 8462 | 44 | 18 | 16 | 161 | 3 | 47 | 200 | 40 | Paredón |
| PAT149 | RS | 456 | 9325 | 36 | 17 | 11 | 122 | 126 | 23 | 141 | 12 | Otumba |
| PAT150 | RS | 398 | 8829 | 34 | 17 | 9 | 117 | 123 | 20 | 141 | 11 | Otumba |
| PAT151 | RS | 356 | 8491 | 53 | 18 | 16 | 162 | 5 | 47 | 200 | 40 | Paredón |
| PAT152 | RS | 1157 | 16813 | 212 | 26 | 20 | 209 | 3 | 118 | 932 | 92 | Pachuca |
| PAT153 | RS | 1141 | 16606 | 225 | 26 | 21 | 203 | 3 | 112 | 924 | 92 | Pachuca |
| PAT154 | RS | 1245 | 18121 | 253 | 29 | 23 | 218 | 5 | 126 | 996 | 102 | Pachuca |
| PAT155 | RS | 1108 | 15809 | 210 | 25 | 20 | 198 | 3 | 106 | 886 | 90 | Pachuca |



● Fig. 7 Localización de los yacimientos de obsidiana presentes en las colecciones de Tepeticpac.

También establecimos que 19 piezas proceden de los yacimientos de Otumba, en el Estado de México, y una más que probablemente también procede de este mismo lugar. Esta región se localiza 60 km al noroeste de Tepeticpac. Sabemos que en el Posclásico tardío Otumba formó parte de los territorios acolhua bajo el dominio de Texcoco, que a su vez fue aliado de los mexica y miembro de la Triple Alianza (Charlton 1991). Resulta interesante el que esta obsidiana se haya introducido a Tlaxcallan considerando la marcada enemistad que sostuvo contra las entidades imperiales tramontanas del poniente, además de haber sufrido un supuesto embargo económico que impedía la importación comercial de materias primas foráneas en sus territorios (Muñoz Camargo 1998 [1580]).

La fuente de Pachuca también fue detectada con quince piezas, todas ellas de obsidiana verde. Esto corrobora anteriores resultados ampliamente discutidos entre la liga de esta obsidiana y su procedencia de la Sierra de Pachuca o Sierra de las Navajas (Pastrana 2002), 87 km al norte de Tepeticpac. Al igual que la obsidiana de Otumba, llama la atención su importación en la zona de Tlaxcallan porque su explotación y comercialización parece haber sido controlada por los aliados e intereses de la Triple Alianza (Pastrana 2007).

Por último, la obsidiana de Pico de Orizaba estuvo representada con diez piezas. Esta es la fuente más lejana al sitio y se ubica 107 km al este; se encuentra representada con una proporción baja en la colección, lo cual entrevé un cierto grado de actividad comercial entre la región tlaxcalteca y las poblaciones localizadas en los límites entre Puebla y Veracruz.

Discusión

La comparación entre el análisis por FRXp y la clasificación visual de color de la obsidiana muestra sustanciales diferencias en los resultados obtenidos. En general, la clasificación visual por sub-categorías de colores tiende a crear agrupaciones que incluyen materiales de diferentes procedencias. Por ejemplo, la obsidiana asignada con FRXp a las fuentes de Paredón puede presentarse

en doce de las 16 sub-categorías de color, mientras la establecida para Otumba está presente en siete sub-categorías (figs. 8 y 9).

En el caso de las obsidianas verde 1-3 arrojaron los resultados esperados y estas pueden ser asignadas a una sola fuente que es la Sierra de Pachuca. Pero este es un vidrio volcánico químicamente muy particular y que genera un inusual grado de certeza en su identificación en comparación con otras obsidianas, en particular las de tonalidades grisáceas, cuyas características macro y microscópicas suelen traslaparse. Sin embargo, es posible que nuestros grupos de obsidianas transparente 1, 4, 5 y negro 1 también puedan ser asignada a un solo yacimiento si refinamos su identificación visual macro y microscópica, pues en estos casos más de 90% de las piezas procesadas con FRXp fueron ligadas a los yacimientos de Paredón (T1 y T2), Pico de Orizaba (T5) y Zaragoza-Oyameles (N1). Esto sugiere que, al menos para el caso de Tepeticpac, la clasificación macroscópica de estas obsidianas agrupa adecuadamente una gran proporción de las piezas de acuerdo con un yacimiento en particular, aunque alrededor de 10% serían clasificadas erróneamente.

Visto desde otro ángulo, de las 16 sub-categorías de color, doce contienen al menos dos fuentes de procedencia establecidas con FRXp. Por ejemplo, los grupos de obsidianas opaco 1 a 4 contienen piezas que proceden de tres distintas fuentes, mientras los de transparente 2 y 3 abarcan hasta tres fuentes (fig. 8). En el caso de las obsidianas grises y veteadas las variaciones resultaron tan grandes que el método de clasificación por colores resultó ineficaz en comparación con los de FRXp.

Un dato relevante es que de once piezas de obsidianas café 1 y café 2 analizadas con FRXp, en ocho casos se determinó que proceden de la región de Paredón. Pocas veces se han reportado materiales de este yacimiento con esta coloración en colecciones arqueológicas estudiadas por caracterización química, aunque Charlton y Spence (1982: 36) reportan vidrios con coloración café durante sus recorridos realizados en el lugar.

Este trabajo no contempló elaborar un análisis de ubicuidad de las distintas obsidianas presentes en Tepeticpac. Sin embargo, podemos establecer que la materia prima fue adquirida de al menos

| Sub-categoría de color | Otumba | Otumba? | Pachuca | Pico de Orizaba | Paredón | Zaragoza | Total |
|------------------------|--------|---------|---------|-----------------|---------|----------|-------|
| Café 1 | | | 2 | | 6 | | 8 |
| Café 2 | | | | | 3 | | 3 |
| Negro 1 | | | | | 1 | 9 | 10 |
| Negro 2 | | | | | 1 | 2 | 3 |
| Opaco 1 | 2 | | | | 7 | 8 | 17 |
| Opaco 2 | 1 | | | | 3 | | 4 |
| Opaco 3 | 7 | | | | 4 | 4 | 15 |
| Opaco 4 | 2 | | | | | 1 | 3 |
| Transparente 1 | 1 | | | | 21 | | 22 |
| Transparente 2 | 2 | 1 | | | 6 | | 9 |
| Transparente 3 | 4 | | | | 19 | 1 | 24 |
| Transparente 4 | | | | | 12 | 1 | 13 |
| Transparente 5 | | | | 10 | 1 | | 11 |
| Verde 1 | | | 6 | | | | 6 |
| Verde 2 | | | 3 | | | | 3 |
| Verde 3 | | | 4 | | | | 4 |
| Total general | 19 | 1 | 15 | 10 | 84 | 26 | 155 |

Fig. 8 Correlación entre las sub-categorías de colores asignadas a la obsidiana y la fuente establecida mediante el análisis de FRX.

cinco fuentes a lo largo del Posclásico tardío, todas ellas ubicadas a distancias menores de 110 km (fig. 7). En términos de menor costo energético, las fuentes más cercanas a Tepeticpac son Otumba y Paredón, a tan sólo 60 km de distancia, pero otras obsidianas proceden de yacimientos con casi el doble de la distancia —como Pico de Orizaba—, e incluso dentro de territorios dominados por, o aliados de, los acérrimos rivales de los tlaxcaltecas, entre ellos Otumba y Sierra de Pachuca. En estos dos últimos casos, su introducción en Tlaxcallan definitivamente pone el dedo en la llaga respecto al supuesto boicot económico de la Triple Alianza derivado del conflicto entre estas entidades estatales, lo cual generó que varios productos dejaran de fluir: la sal, el algodón, plumas preciosas y metales como el cobre y el oro

(Durán 2006 [1579], Alva Ixtlilxóchitl 1997); esto más bien sugiere que las redes de intercambio de obsidiana de algún modo traspasaron los límites socio-políticos y los conflictos regionales. Mayor énfasis deberá ponerse en tratar de dilucidar los mecanismos de obtención de bienes dentro del entorno de circunscripción político-territorial que caracterizó el Posclásico tardío en Tlaxcala.

Conclusión

La clasificación visual de obsidianas en Tepeticpac resultó inexacta en diferentes grados en contraste con análisis más confiables y precisos como lo es FRXp (Millhauser *et al.* 2011), a pesar de observarse claras variaciones de sub-categorías. Aunque reconocemos que la experiencia del investigador juega un papel fundamental en la adecuada identificación visual de los diferentes tipos de obsidiana, el hecho es que por lo general los análisis son llevados a cabo por gente con poca experiencia (como estudiantes).

Desafortunadamente, el acceso a nuevas tecnologías de caracterización química todavía dista

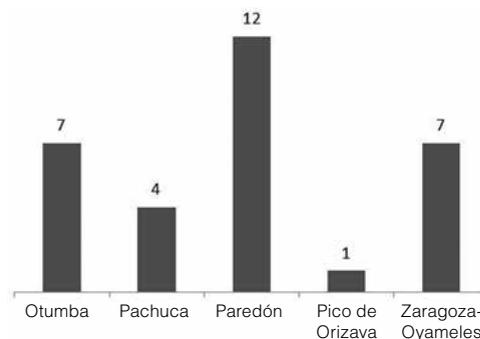


Fig. 9 Total de sub-categorías de colores presentes de acuerdo a la fuente de obsidiana asignada mediante el análisis de FRX.

de ser la idónea, pero esperamos que en el futuro este tipo de equipos esté disponible a gran escala. Sin embargo, hasta que ello no suceda debemos estar conscientes de las limitantes que ofrece una división básica, por atributos macro y microscópicos de la obsidiana, para crear categorías y establecer procedencias o identificar distintos yacimientos representados.

Bibliografía

- Alva Ixtlilxochitl, F. de
1997. *Historia de la nación chichimeca* (2 vols.), en *Obras históricas*, México, UNAM.
- Argote Espino, Denisse, Jesús Solé, Pedro López García y Osvaldo Sterpone Canuto
2010. “Análisis composicional de seis yacimientos de obsidiana del centro de México y su clasificación con DBSCAN”, *Arqueología*, núm. 43, México, INAH, pp. 197-215.
- Anguiano, Marina y Matilde Chapa
1982. “Estratificación social en Tlaxcala durante el siglo XVI,” en Pedro Carrasco y Johanna Broda, *La estratificación social en la Mesoamérica prehispánica*, México, INAH, pp. 118-156.
- Angulo, Andrés
1965. “Informe sobre el Cerro Cuautzi,” en Ángel García Cook y Beatriz Leonor Merino Carrión (eds.), *Antología de Tlaxcala*, México, INAH, vol. I, pp. 123-130.
- Beristain, Francisco
2004. “Santiago Tepeticpac, Tlaxcala: importancia arqueológica”, *Arqueología*, núm. 32, México, INAH, pp. 28-47.
- Brito, Baltazar
2011. “Huexotzingo en el siglo XVI: transformaciones de un altépetl mesoamericano”, tesis de doctorado, México, FFYL-UNAM.
- Carballo, David, Jennifer Carballo y Hector Neff
2007. “Formative and Classic Period Obsidian Procurement in Central Mexico: A Compositional Study Using Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry”, *Latin American Antiquity*, núm. 18, pp. 23-43.
- Carrasco, D. y S. Sessions (eds.)
2007. *Cave, City, and Eagle's Nest: An Interpretive Journey through the Mapa de Cuauhtinchan No. 2*, Albuquerque, University of New Mexico Press.
- Clark, John E.
2003. “A Review of Twentieth-Century Mesoamerican Studies”, en Kenneth G. Hirth (ed.), *Mesoamerican Lithic Technology: Experimentation and Interpretation*, Salt Lake City, University of Utah Press, pp. 15-54.
- Cobean, R. H.
2002. *Un mundo de obsidiana: minería y comercio de un vidrio volcánico en el México antiguo*, México, INAH /University of Pittsburgh.
- Contreras, Eduardo
2007. “Programa 2007 de mantenimiento mayor del sitio arqueológico de Tepeticpac, Tlaxcala” (manuscrito), Archivo Técnico, Sección de Arqueología, Centro INAH Tlaxcala.
- Chance, John K.
1996. “The Barrios of Colonial Tecali: Patronage, Kinship, and Territorial Relations in a Central Mexican Community”, *Ethnology*, núm. 35, pp. 107-139.
2000. “The Noble House in Colonial Puebla, Mexico: Descent, Inheritance, and the Nahua Tradition”, *American Anthropologist*, New Series, núm. 102, pp. 485-502.
- Charlton, Thomas H., Deborah L. Nichols y Cynthia Otis Charlton
1991. “Aztec Craft Production and Specialization: Archaeological Evidence from the City-State of Otumba, Mexico”, *World Archaeology*, núm. 23, pp. 98-114.
- Charlton, Thomas H. y Michael W. Spence
1982. “Obsidian Exploitation and Civilization in the Basin of Mexico”, *Anthropology*, núm. 6, pp. 7-86.
- Durán, D.
2006 [1579]. *Historia de las Indias de Nueva España e Islas de la Tierra Firme*, México, Porrúa.
- Dyckerhoff, Ursula y Hanns J. Prem
1982. “La estratificación social en Huexotzingo”, en Pedro Carrasco y Johanna Broda (eds.), *Estratifica-*

- ción social en la Mesoamérica prehispánica*, México, INAH, pp. 157-180.
- Ebert, Claire, Mark Dennison, Kenneth G. Hirth, Sarah B. McClure y Douglas J. Kennett
2014. "Formative Period Obsidian Exchange along the Pacific Coast of Mesoamerica", *Archaeometry*, núm. DOI: 10.1111/arc.12095.
 - Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCR y M)
2000. "Sitio Arqueológico de Tepeticpac. Acrópolis del Cerro Cuauti, Tlaxcala", reporte de la ENCRYM (mecanuscrito), Archivo Técnico del INAH, México.
 - Fargher, Lane F., Richard E. Blanton, Verence Y. Heredia, John Millhauser, Nezahualcoyotl Xiutechtli y Lisa Overholtzer
2010. "Tlaxcallan: The Archaeology of an Ancient Republic in the New World", *Antiquity*, núm. 84, pp. 1-15.
 - García Cook, Ángel
1997. "Una secuencia cultural para Tlaxcala," en Ángel García Cook, Beatriz Leonor Merino Carrión (eds.), *Antología de Tlaxcala*, México, INAH (Antologías), vol. II, , pp. 57-89.
 - García Cook, Ángel y Beatriz Leonor Merino Carrión
1997. "Integración y consolidación de los Señoríos Tlaxcala, siglos IX a XVI," en Ángel García Cook y Leonor Merino Carrión (eds.), *Antología de Tlaxcala*, México, INAH, vol. IV, pp. 231-249.
 - García Cook, Ángel y Raciél Mora López
1974. "Tetepetla: un sitio fortificado del Clásico en Tlaxcala", *Comunicaciones*, núm. 10, pp. 23-30.
 - Gibson, C.
1967. *Tlaxcala in the Sixteenth Century*, Stanford, Stanford University Press.
 - Guevara, Jorge y Héctor M. Robinson
1999. "Proyecto: excavaciones en unidades residenciales y domésticas en Tepeticpac. Informe de la segunda temporada de campo. Otoño de 1999" (mecanuscrito), Archivo Técnico del INAH, México.
 - Hammond, Norman
1972. "Obsidian Trade Routes in the Mayan Area", *Science*, núm. 178, pp. 1092-1093.
 - Healan, Dan M.
1993. "Local versus Non-local Obsidian Exchange at Tula and its Implications for Post-formative Mesoamerica", *World Archaeology*, núm. 24, pp. 449-466.
 - Hicks, Frederic
2009. "Land and Succession in the Indigenous Noble Houses of Sixteenth-Century Tlaxcala", *Ethnohistory*, núm. 56, pp. 569-588.
 - Hirth, Kenneth G.
1998. "The Distributional Approach: A New Way to Identify Marketplace Exchange in the Archaeological Record", *Current Anthropology*, núm. 39, pp. 451-476.
 - 2008. "The Economy of Supply: Modeling Obsidian Procurement and Craft Provisioning at a Central Mexican Urban Center", *Latin American Antiquity*, núm. 19, pp. 435-458.
 - Kabata, Shigeru
2010. "La dinámica regional entre el valle de Toluca y las áreas circundantes: intercambio antes y después de la caída de Teotihuacan", ponencia en el Sexto Congreso Colombiano de Arqueología, Santa Martha, Colombia.
 - López, Aurelio y Kenneth G. Hirth
2012. "Terrazguero Smallholders and the Function of Agricultural Tribute in Sixteenth-Century Tepeaca, Mexico", *Mexican Studies / Estudios Mexicanos*, núm. 28, pp. 73-93.
 - López, Aurelio y Ramón Santacruz
2013. "Proyecto Arqueológico Tepeticpac, Informe de la Primera Temporada de Campo 2012" (mecanuscrito), Archivo Técnico del INAH, México.
 - Martínez, H.
1984. *Tepeaca en el siglo XVI: tenencia de la tierra y organización de un señorío*, México, CIESAS (Ediciones de la Casa Chata, 21).
 - 1994. *Codiciaban la tierra: el despojo agrario de los señoríos de Tecamachalco y Quecholac (Puebla, 1520-1650)*, México, CIESAS.
 - Millhauser, John K., Enrique Rodríguez y M. D. Glascock
2011. "Testing the Accuracy of Portable X-ray Fluorescence to Study Aztec and Colonial Obsidian

Supply at Xaltocan, Mexico”, *Journal of Archaeological Science*, núm. 38, pp. 3141-3152.

• Moholy-Nagy, Hattula, Frank Asaro y Fred H. Stross
1984. “Tikal Obsidian: Sources and Typology”, *American Antiquity*, núm. 49, pp. 104-117.

• Muñoz Camargo, D.
1998 [1580]. *Historia de Tlaxcala (Ms. 210 de la Biblioteca Nacional de París)*, Tlaxcala, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

• Olivera, M.
1978. *Pillis y macehuales, las formaciones sociales y los modos de producción de Tecali del siglo XII al XVI*, México, CIESAS (Ediciones de la Casa Chata, 6).

• Pastrana, Alejandro
2002. “Variation at the Source: Obsidian Exploitation at Sierra de las Navajas, Mexico”, en Kenneth G. Hirth y Bradford W. Andrews (eds.), *Pathways to Prismatic Blades: A Study in Mesoamerican Obsidian-Core Technology*, Los Ángeles, The Cotsen Institute of Archaeology-University of California (Monograph 45).

2007. *La distribución de la obsidiana de la Triple Alianza en la cuenca de México*, México, INAH (Científica, 517, Serie Arqueología).

• Perkins, Stephen M.
2007. “The House of Guzmán: An Indigenous Cacicazgo in Early Colonial Central Mexico”, *Culture and Agriculture*, núm. 29, pp. 25-42.

• Reyes, L.
1988. *Cuauhtinchan del siglo XII al XVI: formación y desarrollo histórico de un señorío prehispánico*, México, FCE.

• Santacruz, Ramón y Aurelio López
2011. “Proyecto Arqueológico Tepeticpac, Tlaxcala” (manuscrito), Archivo Técnico del INAH, México.

• Santley, Robert S.
1984. “Obsidian Exchange, Economic Stratification, and the Evolution of Complex Society in the Basin of Mexico”, en Kenneth G. Hirth (ed.), *Trade and Exchange in Early Mesoamerica*, Albuquerque, University of New Mexico Press, pp. 43-86.

• Smith, Michael E., A. L. Burke, Timothy S. Hare y Michael D. Glascock
2007. “Sources of Imported Obsidian at Postclassic Sites in the Yautepec Valley, Morelos: A Characterization Study Using XRF and INAA”, *Latin American Antiquity*, núm. 18, pp. 429-450.

• Snow, Dean R.
1969. “Ceramic Sequence and Settlement Location in Pre-Hispanic Tlaxcala”, *American Antiquity*, núm. 34, pp. 131-145.

• Spence, Michael W.
1987. “The Scale and Structure of Obsidian Production in Teotihuacan”, en Emily McClung de Tapia y Evelyn Childs Rattray (eds.), *Teotihuacán: nuevos datos, nuevas síntesis, nuevos problemas*, México, IIA-UNAM, pp. 429-450.

• Tschohl, P. y H. J. Nickel
1972. *Catálogo arqueológico y etnohistórico de Puebla-Tlaxcala* (edición preliminar A-C), Colonia, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Mexiko-Projekt.

• Yoneda, K.
1991. *Los mapas de Cuauhtinchan y la historia cartográfica prehispánica*, México, CIESAS.

• Zeitlin, Robert N.
1982. “Toward a More Comprehensive Model of Interregional Commodity Distribution: Political Variables and Prehistoric Obsidian Procurement in Mesoamerica”, *American Antiquity*, núm. 47, pp. 260-275.

