

Julie Gazzola\*

## **Fuentes de abastecimiento de obsidiana en fases tempranas en Teotihuacán, México**

El Proyecto Primeras Ocupaciones en Teotihuacán tiene como uno de sus objetivos caracterizar la ocupación de las fases Tzacualli (1-150 d.C.) y Miccaotli (150-200 d.C.) existente en el espacio de La Ciudadela. El análisis de los materiales es parte del estudio para identificar las actividades desarrolladas en los espacios que conforman uno de los conjuntos explorados del nivel Preciudadela, su función y el origen de las materias primas de los objetos localizados durante la exploración. Para determinar los yacimientos de origen de los objetos de obsidiana, se analizaron cien fragmentos de diversos colores, con las técnicas PIXE e INAA. Los resultados permitieron reconocer las fuentes de abastecimiento e inferir las relaciones que pudieron existir ya desde esas fases entre Teotihuacán y otras áreas de Mesoamérica.

One of the objectives of the First Occupation Project at Teotihuacan is to characterize the earlier occupation in the Tzacualli (1-150 d.C.) and Miccaotli (150-200 d.C.) phases in the Ciudadela area. The analysis of materials is part of a study to identify the activities undertaken in one of the explored compounds at the Preciudadela level, its function and the origin of the raw materials of the objects found during the exploration. We analyzed one hundred obsidian fragments with several colors, using PIXE and INAA techniques to identify the deposits from which they came. The results will allow us to establish the sources for the materials and the commercial relationships which existed between Teotihuacan and other areas of Mesoamerica in early times.

**E**l Proyecto Primeras Ocupaciones en Teotihuacán tiene el objetivo de caracterizar las fases tempranas de ocupación en Teotihuacán, por ello se han explorado varias subestructuras localizadas en el espacio donde fue construido el complejo La Ciudadela. Las excavaciones en los conjuntos 1 y 2 del denominado nivel Preciudadela (Cabrera, 1982, 1998) permitieron recuperar abundantes materiales cerámicos y líticos, que nos refieren sobre cuál era el conjunto de artefactos usado en fases tempranas (Gazzola, 2005). Determinar el origen (lo-

\* Dirección de Estudios Arqueológicos, INAH, julie\_gazzola@hotmail.com

Los análisis INAA fueron realizados gracias a la subvención 07093 otorgada por la FAMSI. Agradezco la valiosa ayuda y disposición de los asesores de este estudio, los doctores Robert Cobean y Alejandro Pastrana de la Dirección de Estudios Arqueológicos-INAH, México; al doctor Michael Spence, de la Universidad de Ontario, Canadá; al doctor Michael Glascock, de la Universidad de Missouri, por los análisis INAA y su informe sobre los materiales del Templo de La Serpiente Emplumada; al doctor Dan Healan, quien con su amplia experiencia nos ayudó en la identificación de algunas muestras de Ucareo; a los ingenieros Michel Menu, Thomas Calligaro y Laurent Pichon, del LRMF, siempre dispuestos a mantener una colaboración transoceánica; a la doctora Corina Solís, del Instituto de Física de la UNAM, por su colaboración en este estudio; al ingeniero Manuel Sánchez del Río, técnico del Synchrotron de Grenoble, por su interés en seguir esta investigación tanto en México como en Francia; a Sergio Gómez, por la lectura y comentarios.

cal o foráneo) de los materiales tuvo el interés de inferir aspectos sobre el acceso a distintos recursos por parte de los grupos que los ocuparon, así como las relaciones establecidas entre Teotihuacán y otras áreas en fases tempranas.

Con respecto a la obsidiana, el proceso incluyó una clasificación tecno-económica (Gazzola, 2006a, 2007a, 2007c, 2008), así como por su color, característica que puede ser propia de un yacimiento en particular. Se sabe que la obsidiana verde translúcida procede de la Sierra de las Navajas, en tanto la gris translúcida (o de “hielo”) es del yacimiento de Paredón, en el estado de Hidalgo. Las obsidianas grises pueden presentar una variedad mayor de tonalidades, y aunque por su cercanía gran parte debió obtenerse de Otumba (Estado de México), su identificación macroscópica no siempre resulta certera porque puede corresponder a otros yacimientos. Con el objetivo de determinar la procedencia geológica de estos materiales se hizo una selección de muestras para su análisis por las técnicas de inducción de partículas por emisión de rayos X (PIXE) y activación neutrónica (INAA).

## Antecedentes

Los estudios y las técnicas empleadas para determinar la procedencia de obsidianas de México (Cobean *et al.*, 1991; Glascock *et al.*, 1994; Tenorio *et al.*, 1998; Heller, 2001; Calligaro *et al.*, 2006) son numerosos.

En el caso de Teotihuacán sólo se ha realizado un estudio para identificar la procedencia de las obsidianas asociadas a las ofrendas y rellenos del Templo de La Serpiente Emplumada (Glascock y Neff, 1993) utilizando la técnica de activación neutrónica (INAA). Los resultados obtenidos sobre 111 muestras determinaron que 79 (71%) procedieron de Otumba, 21 (18.9%) de la Sierra de las Navajas, cinco (4.5%) del yacimiento de Paredón, dos (1.8%) de Zaragoza (Puebla), una (0.9%) de Ucareo (Michoacán), y una (0.9%) de Fuentezuelas (Querétaro), quedando dos sin poder ser identificadas; los resultados no han sido publicados (Glascock, comunicación personal, 2008).

Desde los estudios de Spence (1967, 1981, 1983; Spence *et al.*, 1984, 1986, 1990) y Charlton (1978, 1983; Charlton y Spence, 1982; Charlton *et al.*, 1978), así como los más recientes realizados por Pastrana y Sterpone (2005) en los yacimientos de Otumba (estado de México) y la Sierra de las Navajas (Hidalgo), se ha reconocido la explotación y control por parte de los teotihuacanos de este importante recurso en ambos yacimientos. Debido a la cercanía y abundancia del material en estos yacimientos, la mayoría de investigadores considera que la obsidiana empleada en Teotihuacán procedía exclusivamente de ambas fuentes. Por razones obvias no se ha considerado la posibilidad de que hubiese llegado a Teotihuacán obsidiana de yacimientos distantes.

## Objetivos

Uno de los objetivos de mi estudio fue tratar de identificar el origen geológico de cada una de las 100 muestras de obsidiana seleccionadas. Además de considerar los yacimientos de Otumba y Sierra de las Navajas como fuentes primarias de abastecimiento, los análisis realizados con dos técnicas distintas pretenden identificar obsidianas de otras fuentes en fases Tzacualli-Miccoatlí (1-200 d.C.). La utilización de dos técnicas distintas para la identificación de obsidiana de diferentes yacimientos pretende contrastar los resultados de ambas para evaluar las ventajas de una y otra, además de equiparar los costos y disponibilidad de acceso a equipos.

En el caso de la obsidiana verde, cuya procedencia geológica es reconocida en la Sierra de las Navajas, se tratará de definir si vino de los sectores muestreados por Cobean (2002), o de otros lugares de explotación en la misma sierra. Los resultados podrían tener distintas implicaciones: sin embargo, será necesario en un futuro recolectar de otras partes de la sierra para tener un abanico más amplio de referencias geológicas, y de esta manera comparar los resultados de análisis de artefactos localizados en diversos contextos de la ciudad. En función de los resultados obtenidos, estaremos en posibilidad de re-

conocer las regiones con las cuales la metrópoli intercambiaba materias primas y productos terminados en fases tempranas.

Otro de los objetivos de esta investigación es comparar los resultados derivados de las dos técnicas empleadas (PIXE e INAA). Para ello, en 2006 se realizaron análisis con PIXE de 50 muestras (Gazzola, 2006b), doce de las cuales fueron analizadas por INAA en 2007.

### Contexto arqueológico y temporal de las muestras analizadas

El Proyecto Primeras Ocupaciones en Teotihuacán fue planteado por la autora en 2005, con el objetivo de conocer las características de los diferentes niveles y fases de ocupación más tempranas en Teotihuacán. El proyecto se originó a partir de los descubrimientos realizados por el PICTSE,<sup>1</sup> y pudo estructurarse conforme avanzaba el análisis de los materiales. Durante varias temporadas se han explorado partes de lo que hemos identificado como conjuntos 1 y 2 del nivel Preciudadela,<sup>2</sup> ubicados respectivamente al sur y norte de la Plataforma Adosada al Templo de La Serpiente Emplumada (fig. 1) y por debajo del primer piso que tuvo La Ciudadela.

Las muestras de obsidiana analizadas fueron obtenidas de fragmentos de navajillas, lascas, dos raspadores, dos puntas de proyectil y tres bifaciales localizados durante la excavación de los conjuntos 1 (figs. 2 y 3) y 2 en el marco del PICTSE, temporadas 2002, 2003 y 2004 (Gómez y Gazzola, 2005; Gazzola, 2004, 2005a, 2006a, 2007a), y posteriormente en las temporadas 2006 y 2007 del Proyecto Primeras Ocupaciones en Teotihuacán (Gazzola, 2005b, 2007b y 2007c).

<sup>1</sup> El PICTSE o Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán, elaborado en 2002 por Sergio Gómez (2002a) y la autora, tiene por objetivo principal la conservación del templo y de todo el complejo de La Ciudadela, así como investigar las causas y factores de deterioro.

<sup>2</sup> El término Preciudadela fue empleado por primera vez por el arqueólogo Rubén Cabrera (1998), y corresponde a estructuras construidas antes del complejo de La Ciudadela, no solamente en el espacio mismo bajo La Ciudadela, sino de la Calzada de Los Muertos y el Gran Conjunto.

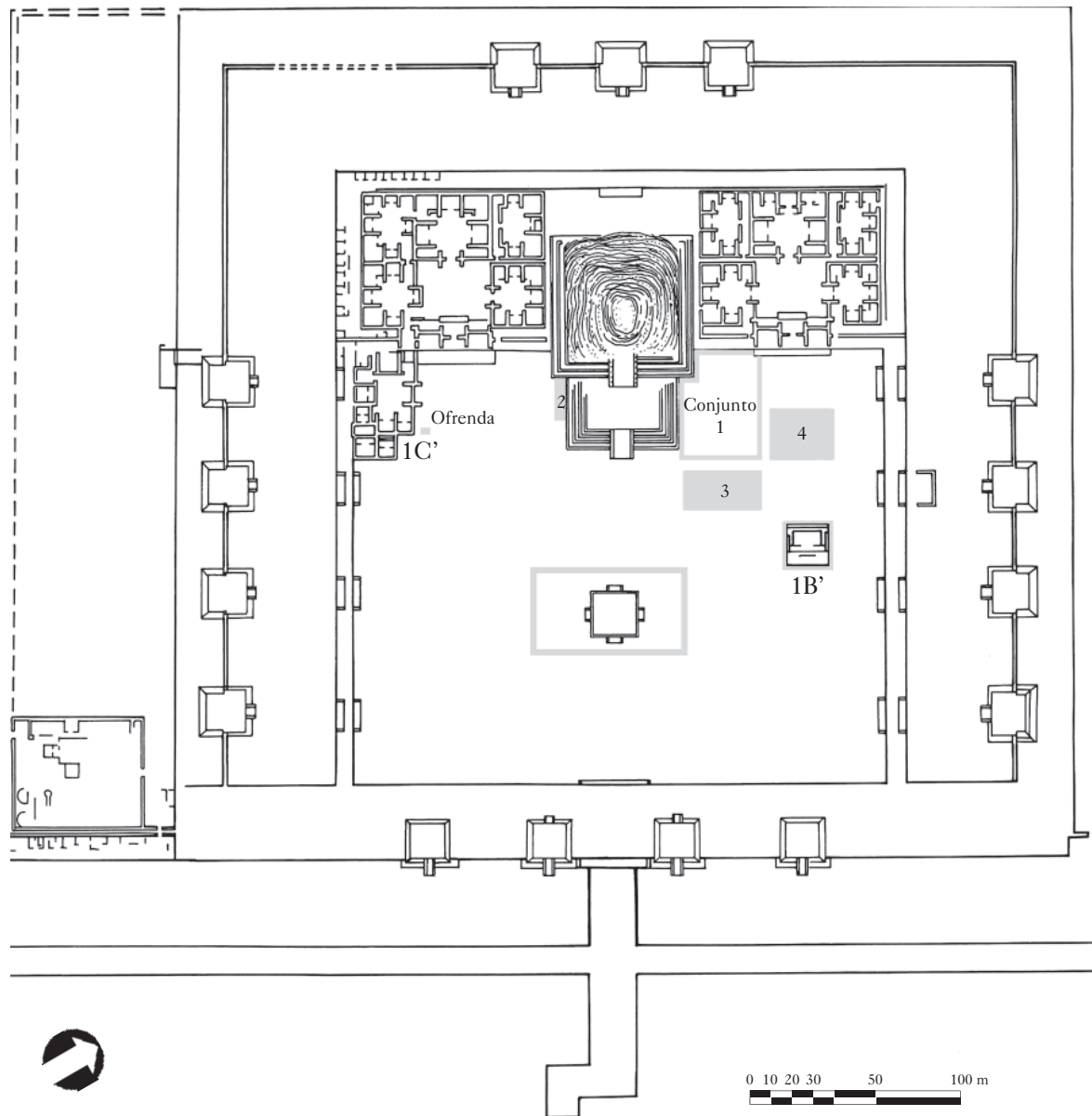
Las muestras fueron elegidas por su color y variedad de tonalidad —que va del verde translúcido, verde dorado, gris translúcido y gris opaco al negro—, y corresponden a tres estratos: el primero es el relleno constructivo de los conjuntos 1 y 2. Este estrato se localiza directamente sobre el tepetate natural, y está cubierto por el primer piso de los diferentes espacios de ambos conjuntos. El segundo estrato se encuentra en contacto directo con el primer piso de argamasa (piso 4), y mantiene una asociación directa con la ocupación de los conjuntos. El tercero corresponde a un relleno utilizado para nivelar el terreno una vez que los conjuntos fueron arrasados y colocar sobre éstos el primer piso de la plaza de La Ciudadela (figs. 4 y 5).

### Técnicas de análisis

De acuerdo con Rubalcaba (2001), la técnica PIXE de origen nuclear, requiere de un acelerador de partículas. Un átomo puede considerarse como un núcleo con carga positiva y electrones que se encuentran distribuidos en capas alrededor del núcleo. Cuando el haz de partículas incide y penetra en un material se llevan a cabo diversos efectos o fenómenos con sus átomos. Uno de estos es la expulsión de los electrones de las capas internas del átomo, dejando al átomo ionizado y excitado. Para regresar al estado estable del átomo, los electrones de capas más externas tienden a ocupar el lugar de los electrones expulsados, emitiéndose como consecuencia un conjunto de rayos X característicos del átomo. Este fenómeno es la base de la técnica PIXE: a partir de los rayos X característicos producidos es posible llevar a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo del material irradiado.

Los análisis mediante las técnicas PIXE e INAA se realizaron en los Laboratorios de Investigación de los Museos Franceses (LRMF), la UNAM y la Universidad de Missouri.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Los análisis fueron realizados por los ingenieros Thomas Calligaro y Laurent Pichon, en el LRMF; la doctora Corina Solís en el Instituto de Física de la UNAM, y el doctor Glascock sobre algunas de las muestras analizadas con PIXE en la Universidad de Missouri. En los dos primeros casos, los análisis son producto de una colaboración entre ambas instituciones.



● Fig. 1 Ubicación de los conjuntos 1 y 2, La Ciudadela (corregido de Cabrera, 1991).

#### Análisis con la técnica PIXE

Los análisis con la técnica PIXE fueron realizados en los Laboratorios de Investigación de los Museos Franceses (LRMF), con el Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire que cuenta con un acelerador tandem de 3-MV (NECPelletron 6SDH-2). Se usó un haz externo de protones de energía de 2 MeV con un diámetro de 100  $\mu\text{m}$ , para irradiar una muestra con una superficie de 0.5 x 0.5 mm<sup>2</sup> y así obtener una

composición promedio. Las muestras fueron colocadas sobre un soporte en 3-D en el aire a la atmósfera, monitoreado por una cámara de video para ubicar exactamente el punto de impacto del rayo de protones, reconocible por un punto luminoso. Los espectros de rayos X fueron registrados por dos detectores Si(Li) orientados a 45° del rayo de protón; el primero sirvió para medir la energía de los rayos X (0.3–10 keV) generados por los elementos mayores de bajo Z de la matriz de obsidiana, y el segundo para



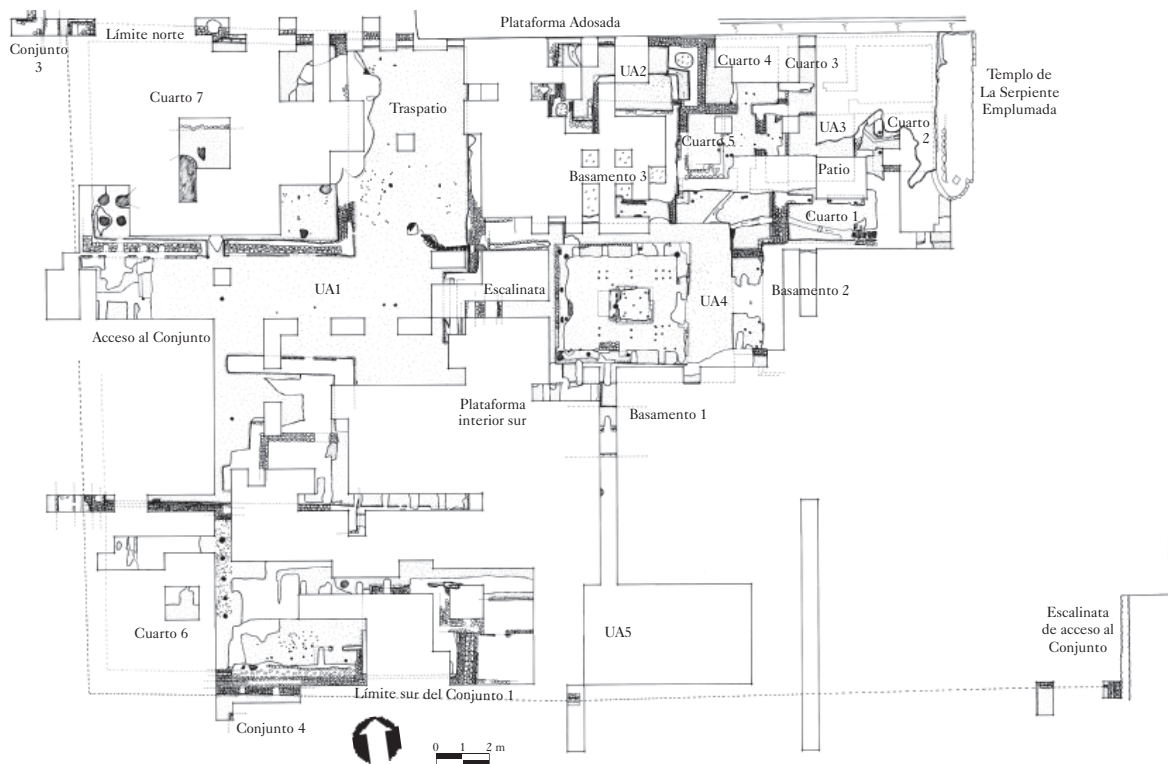
● Fig. 2 Vista de las excavaciones del Conjunto 1, al Sur de la Plataforma Adosada.

helio. Los espectros se obtuvieron con una dosis fija correspondiente a una irradiación con una corriente de 5-nA durante siete minutos. Los análisis cuantitativos fueron comparados con el DR-N geostandard (Diorita, CRPG Nancy), en tanto la concentración elemental fue obtenida procesando los espectros de PIXE con el programa GUPIX. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa Statistica. Con la técnica PIXE sólo es posible analizar elementos de número atómico superior a once como Na, K, Mn, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr y Ba.

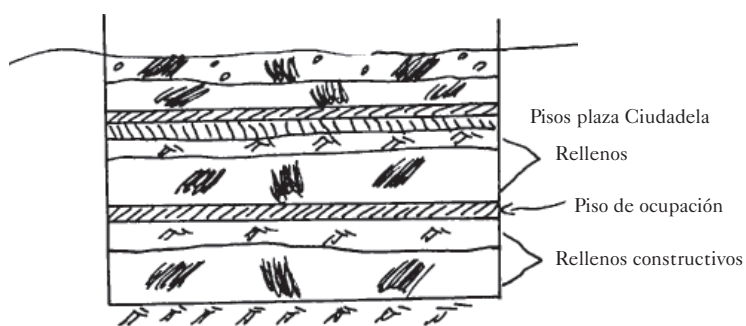
Se tuvo también la posibilidad de realizar análisis con PIXE en el

medir la energía de los rayos X (5–40 keV) emitida por los elementos traza. Se colocó un filtro de 50- $\mu$ m frente al detector de alta energía, y el detector de baja energía se equipó con una ventana muy delgada operando en un flujo de

Instituto de Física de la UNAM. Doce de las mismas muestras fueron analizadas utilizando un acelerador tandem de 3-MV(NECPelletron 9-SDH). En este caso se utilizó la emisión de un rayo de protones de 3 MeV con una corriente



● Fig. 3 Plano del Conjunto 1, complejo de La Ciudadela.



● Fig. 4 Esquema de la secuencia estratigráfica de las muestras analizadas.

de 5-nA durante 10 minutos. Se registraron dos espectros por cada muestra, utilizando un Ge Canberra LEGe para los elementos pesados y un detector de Si-PIN-Amptek XR-100CR para los ligeros, ubicados a 45° de la muestra. Los resultados obtenidos (fig. 7) fueron similares a los reportados en Francia mediante el uso del PIXE.

## Resultados

A partir de la concentración en ppm de Na, K, Mn, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr y Ba y su comparación con estándares preestablecidos, se han identificado los yacimientos de Otumba, Sierra de las Navajas, Paredón, Guadalupe Victoria y Zacualtipan como fuentes de origen de las obsidias analizadas con PIXE. Según los resultados, 30 corresponden a Otumba (61%), diez a la Sierra de las Navajas (Hidalgo) (20.4%), seis a Paredón (12%), dos a Guadalupe Victoria (Puebla) (4%) y una a Zacualtipan (Hidalgo) (2%) (fig. 6).

Las muestras identificadas por PIXE como procedentes de Otumba fueron descartadas para su análisis con INAA, solamente algunas de otros yacimientos distintos al de Otumba fueron seleccionadas para confirmar su procedencia.

### La técnica INAA

De acuerdo con Tenorio, la técnica INAA:

Se basa en la detección de especies radiactivas producidas en una muestra cuando ésta se pone en contacto con neutrones térmicos [...] Cuando una muestra es bombardeada con neutrones, gran variedad de reac-

ciones nucleares se llevan a cabo. Los neutrones térmicos interactúan con los núcleos de los elementos presentes, lo que da lugar a reacciones nucleares. La mayor parte de los isótopos estables capturan neutrones térmicos, y la capacidad de que un núcleo capture un neutrón es lo que se denomina “sección eficaz”. Al capturar el neutrón, el núcleo se convierte en un núcleo excitado, y una de las maneras de perder esa energía es mediante la emisión de radiación gamma [...]. La detección e identificación de la energía

de esta radiación gamma permite reconocer al elemento radiactivo y además utilizar un parámetro adicional que es la “vida media”, valor característico de cada radioisótopo. Este término se define como el tiempo transcurrido para que una actividad  $A_0$  del radioelemento se reduzca a la mitad  $A_0/2$ . Los valores de vida media varían desde microsegundos hasta miles de años. [...] Para llevar a cabo el análisis cuantitativo se utiliza el método de comparación, que consiste en irradiar un patrón con elementos de concentración conocida junto con la muestra que se quiere analizar, para detectar la radiación gamma que emite tanto el patrón como la muestra problema, en las mismas condiciones geométricas. De esta forma los únicos parámetros a controlar para los cálculos serán los valores de la sección eficaz, el flujo de neutrones y el tiempo de conteo (Tenorio, 2004: 104, 106).

En cuanto a la activación neutrónica de corta irradiación, Glascock indica: “consiste en una irradiación simple de 5 segundos sobre una muestra con un peso de 100 mg, la cual ha sido pulverizada y encapsulada en un contenedor de polietileno, utilizando un flujo de neutrones térmicos de  $8 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Después de una irradiación de corta duración, se deja descansar 25 minutos, y 12 minutos de conteo para medir 7 elementos de corta vida como Al (aluminio), Ba (bario), Cl (cloro), Dy (disproscio), K (potasio), Mn (manganeso) y Na (sodio)” (Glascock *et al.*, 1994; traducción de la autora).

### Resultados

Los elementos analizados por INAA son Al, Ba, Cl, Dy, K, Mn y Na, cuya proporción en ppm

PIXE LRMF	Conjunto 1	Artefacto	Color
M1	<i>Rellenos constructivos Preciudadela</i> N1E1.8.73.34.VII. no 8110	navajilla prismática	gris translúcida
M2		navajilla prismática	verde dorada
M3		navajilla prismática	gris plateada/gris oscura
M4		navajilla prismática	gris opaca
M5		navajilla prismática	gris semi-translúcida con vetas
M6		navajilla prismática	gris semi-translúcida mate
M7		navajilla prismática	verde translúcida
M8		navajilla prismática	gris semi-translúcida/gris oscura
M36	N1E1.8.66.45.VII. no 672	navajilla prismática	gris semi-translúcida
M9	<i>Ocupación Preciudadela</i> N1E1.8.63.35.V. no 8489	lasca	gris oscura
M10	N1E1.8.75.23.V. no 7165	navajilla prismática	gris mate
M11	N1E1.8.64.43.V. no 8462	navajilla prismática	gris semi-translúcida con vetas
M12	N1E1.8.74.37.VII. no 6367	navajilla prismática	gris semi-translúcida
M13	N1E1.8.75.42.V. no 7085	macro-lasca	gris semi-translúcida
M14	N1E1.8.75.41.V. no 7056	lasca	verde translúcida
M15		navajilla prismática	verde dorada
M16	N1E1.8.74.32.VI. no 7361	lasca	meca
M17		navajilla prismática	gris translúcida
M18		navajilla prismática	gris semi-translúcida
M19		navajilla prismática	gris plateada
M20		lasca	gris opaca
M21		punta de proyectil	negra
<i>Conjunto 2</i>			
M22	<i>Rellenos constructivos Preciudadela</i> N1E1.13.36.12.VII. no 4520B	navajilla prismática	gris plateada
M23		navajilla prismática	gris opaca con partes semi-translúcidas
M24	N1E1.13.36.44.VI. no 3319	navajilla prismática	gris semi-translúcida
M25	N1E1.13.27.83.IX. no 3501	navajilla prismática	gris opaca
M26		bifacial	gris opaca con vetas
M27	<i>Ocupación Preciudadela</i> N1E1.13.36.5.VI. no 3032	navajilla prismática	gris mate
M28	N1E1.13.26.96.VI. no 3463	navajilla prismática	gris oscura
M29		navajilla prismática	gris plateada
M30	N1E1.13.36.6.VI. no 4671	navajilla prismática	verde translúcida
M34		navajilla prismática	verde dorada
M31	N1E1.13.26.84.VI. no 4581	navajilla prismática	gris negra
M32		navajilla prismática	gris semi-translúcida
M33	N1E1.13.25.98.VI. no 3263	navajilla prismática	gris translúcida
M35	N1E1.13.26.96.VI. no 3463	navajilla prismática	gris semi-translúcida
M37	<i>Rellenos constructivos Ciudadela</i> N1E1.13.36.8.VII. no 4715	navajilla prismática	verde café translúcida
M38		navajilla prismática	verde translúcida
M39	N1E1.13.36.8.VII. no 4489	navajilla prismática	verde dorada
M43bis		navajilla prismática	verde dorada mate
M40	N1E1.13.45.90.III. no 2772	navajilla prismática	gris semi-translúcida con vetas
M41		navajilla prismática	gris plateada
M42		navajilla prismática	gris oscura
M43		lasca	gris semi-translúcida
M44	N1E1.13.36.25.IV. no 2995	navajilla prismática	gris semi-translúcida.
M45	N1E1.13.36.8.VI. no 4716	navajilla prismática	gris translúcida
M46	N1E1.13.36.6.V. no 4668	bifacial	negra
M47	<i>Sierra de las Navajas</i>	materia prima	verde translúcida
M48	N1E1.13.36.37.IV. no 3267	navajilla prismática	gris translúcida
M49	N1E1.13.36.15.VI. no 3022	bifacial	gris opaca

● Fig. 5 Ubicación (según Millon), tipo de artefacto y color de la obsidiana de las muestras analizadas.

<i>PIXE</i> <i>LRMF</i>	<i>Na</i> ( <i>Z=11</i> )	<i>K</i> ( <i>Z=19</i> )	<i>Mn</i> ( <i>Z=25</i> )	<i>Fe</i> ( <i>Z=26</i> )	<i>Zn</i> ( <i>Z=30</i> )	<i>Rb</i> ( <i>Z=37</i> )	<i>Sr</i> ( <i>Z=38</i> )	<i>Zr</i> ( <i>Z=40</i> )	<i>Ba</i> ( <i>Z=56</i> )	<i>Procedencia</i>
M1	23336	44315	362	8945	58	185	7	217	0	Paredón
M2	32274	39228	1232	17128	230	224	5	1035	0	S. Pachuca-1
M3	26975	35527	398	9271	44	138	143	161	935	Otumba
M4	25900	36486	448	9410	43	146	143	150	332	Otumba
M5	27124	35380	380	9200	43	147	132	153	508	Otumba
M6	27276	35375	404	9322	44	134	141	151	908	Otumba
M7	32663	39125	1250	18235	259	234	5	1146	0	S. Pachuca-1
M8	26646	35832	416	9646	42	148	153	150	466	Otumba
M9	26957	36337	406	9129	40	143	124	142	268	Otumba
M10	27562	35239	386	8947	43	129	131	138	692	Otumba
M11	27135	35384	382	9517	38	141	151	158	0	Otumba
M12	26717	35475	395	9410	40	134	134	146	1154	Otumba
M13	27339	35080	401	9500	41	130	142	151	410	Otumba
M14	32945	38960	1178	17764	236	221	0	1097	242	S. Pachuca-1
M15	32674	38998	1130	16779	234	212	0	1061	73	S. Pachuca-1
M16	24516	38153	666	8344	57	154	69	110	347	Guadalupe Victoria
M17	23359	44111	386	9166	59	194	6	221	0	Paredón
M18	26025	35937	459	10011	43	135	140	152	651	Otumba
M19	25397	36508	440	10651	47	158	161	162	725	Otumba
M20	22827	37072	461	10323	47	156	147	160	652	Otumba
M21	21642	44944	299	12052	43	166	35	243	211	Paredón
M22	25873	36198	432	11155	47	141	150	163	868	Otumba
M23	16244	53388	437	9762	45	137	155	162	753	Otumba
M24	27473	35300	436	9649	44	126	153	150	795	Otumba
M25	26699	37325	718	9162	63	171	86	126	708	Guadalupe Victoria
M26	28665	34776	422	9285	41	117	126	142	408	Otumba
M27	10495	76743	441	9611	84	242	167	155	759	Otumba
M28	26823	35912	455	10884	49	159	166	166	800	Otumba
M29	26919	35644	426	10112	44	145	142	156	1218	Otumba
M30	33429	38963	1209	17241	227	207	1	1001	30	S. Pachuca-1
M31	26100	36542	475	10846	49	158	162	179	719	Otumba
M32	27042	35746	416	9757	45	141	157	175	625	Otumba
M33	24276	44230	378	9735	64	196	8	226	0	Paredón
M34	30398	41564	1185	17126	234	230	4	1071	201	S. Pachuca-1
M35	27343	35478	390	9378	41	130	148	135	564	Otumba
M36	27011	36007	436	10385	47	137	154	164	484	Otumba
M37	32951	39394	1290	19295	268	250	4	1191	0	S. Pachuca-1
M38	32429	39250	1207	18237	242	222	3	1089	0	S. Pachuca-1
M39	33251	38761	1229	17928	238	208	3	1076	0	S. Pachuca-1
M40	25900	36050	437	9922	45	137	146	160	848	Otumba
M41	26382	36099	407	10252	44	146	155	167	562	Otumba
M42	26054	36195	470	9868	44	146	140	163	461	Otumba
M43	26756	35905	389	10010	48	143	165	163	505	Otumba
M44	26515	35832	424	10361	46	133	151	172	354	Otumba
M45	24818	43723	385	9035	57	170	3	222	341	Paredón
M46	21810	47090	177	11324	36	275	39	218	243	Zacualtipan
M47 (M68)	35449	38026	1176	16993	222	204	2	978	0	S. Pachuca-1
M48 (M69)	27497	41749	349	8427	53	158	3	176	0	Paredón
M49 (M70)	28377	35118	389	9599	42	126	131	155	366	Otumba
M50 (M43bis)	12936	85323	1349	18094	265	597	42	1104	118	S. Pachuca-1

● Fig. 6 Resultados obtenidos con PIXE (en LRMF) de las obsidias analizadas (concentración en ppm).



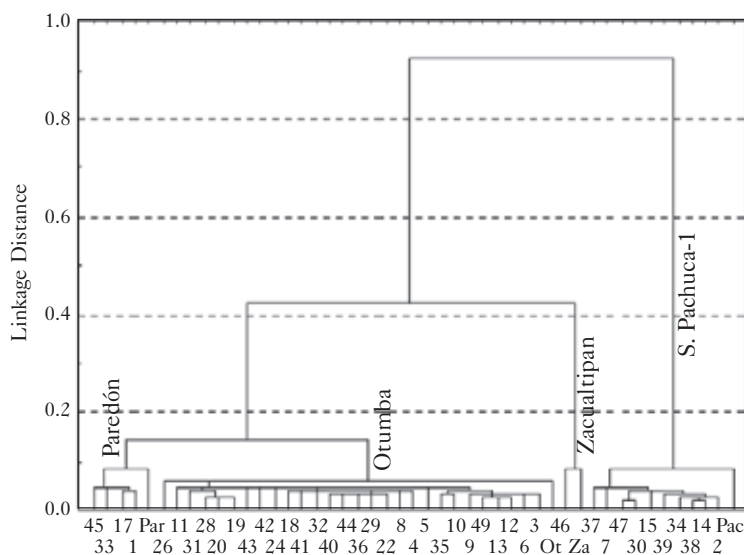


Fig. 7 Gráfica de los resultados obtenidos por PIXE (Instituto de Física, UNAM).

permitió la identificación de 31 muestras de obsidiana procedentes de los yacimientos de Otumba, dos de “Apan” (Estado de México), tres de la Sierra de Pachuca (o las Navajas) -1 (Hidalgo), doce de Paredón, una de Zaragoza (Puebla), y otra más de Ucareo (Michoacán) como origen de las 50 muestras de obsidiana analizadas (fig. 9).

### Procedencia de las obsidianas analizadas de fases tempranas

De las 87 muestras<sup>4</sup> de obsidiana de las fases tempranas en los conjuntos 1 y 2, las verdes translúcidas y doradas provienen de los yacimientos de la Sierra de las Navajas (doce), las grises opacas de Otumba (53), las grises translúcidas de Paredón (17), Zacualtipan (una), Zaragoza (una), Ucareo (una), y dos muestras no identificadas (fig. 11).

#### Yacimientos identificados

El yacimiento de Otumba fue el primero en ser ampliamente explotado por los teotihuacanos

<sup>4</sup> El número de muestras analizadas fue en realidad de 87, ya que doce muestras analizadas con PIXE fueron repetidas con INAA, mientras una muestra trató de materia prima y no se contabilizó en el total.

(Spence, 1981). La obsidiana gris localizada en el Conjunto 1 representa 61.3% (3 980) de los materiales hasta ahora analizados (Gazzola, 2007a, 2007c, 2008) y demuestra un mayor uso de esta obsidiana en las primeras fases de ocupación (Tzacualli, 1-150 d.C., y Miccaotli, 150-200 d.C.).<sup>5</sup> El 38.5% (2 499) corresponde a la obsidiana verde de la Sierra de las Navajas.

Los materiales recuperados incluyen fragmentos de artefactos y cantos rodados de obsidiana gris; en cambio, de obsidiana verde no se tiene materia prima, únicamente artefactos terminados, mismos que probablemente fueron manu-

facturados tanto en talleres de la ciudad como en la sierra (Pastrana, 2008). Nuestros resultados confirman una explotación menos intensiva de los yacimientos de la Sierra de las Navajas. Según Spence, la extracción de obsidiana verde se intensificaría a partir de Tlamimilolpa temprano, cuando el Estado ejerce un control sobre este recurso. Los talleres de la Sierra de las Navajas formaban parte de la estrategia del Estado para mantener el control de la producción y distribución (Pastrana y Sterpone, 2005; Pastrana, 2008), aunque se desconocen las características de la explotación en fases tempranas como Cuanalan, 500-200 a.C., y Patlachique, 200 a.C.-0.

Según los análisis realizados, todas las muestras de obsidiana verde proceden de la Sierra de Pachuca-1, lo que parece indicar una localización específica de extracción dentro del yacimiento en fases tempranas. Con el incremento de la demanda de obsidiana verde probablemente fue necesario explotar otras áreas del yacimiento en épocas posteriores.<sup>6</sup> Para confirmar-

<sup>5</sup> Kabata (2004) menciona que los rellenos del edificio 1 o primera Pirámide de la Luna, fechada para la fase Tzacualli, presentan 87.2% de obsidiana gris, lo que confirma nuestros resultados.

<sup>6</sup> Cobean (2002) muestreó otras dos zonas, Sierra de Pachuca-2 y -3, que corresponden a otros lugares dentro

INAA	Conjunto 2	Artefacto	Color
GAZ 001	<i>Rellenos constructivos Preciudadela</i> N1E1.13.36.12.VII. no 4520B	navajilla prismática	gris plateada
GAZ 002		navajilla prismática	gris opaca con partes semi-translúcidas
GAZ 005	N1E1.13.27.83.IX. no 3501	navajilla prismática	gris opaca
GAZ 004	<i>Ocupación Preciudadela</i>		
	N1E1.13.36.5.VI. no 3032	navajilla prismática	gris mate
GAZ 029	N1E1.13.26.96.VI. no 3463	navajilla prismática	gris semi-translúcida
GAZ 030	N1E1.13.25.98.VI. no 3263	navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 031	N1E1.13.26.96.VI. no 3463	navajilla prismática	gris oscura
GAZ 032		navajilla prismática	gris plateada
GAZ 003	<i>Rellenos constructivos Ciudadela</i> N1E1.13.36.17.V. no 4489	navajilla prismática	verde dorada mate
	<i>Conjunto 1</i>		
GAZ 009	<i>Rellenos constructivos Preciudadela</i> N1E1.8.76.C39A.VII. no 766	navajilla prismática	gris translúcida con rayas grises
GAZ 010		navajilla prismática	verde
GAZ 011		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 006	<i>Ocupación Preciudadela</i> N1E1.8.76.C39A.VI. no 758	navajilla prismática	verde café translúcida
GAZ 007	N1E1.8.76.C40.VI	navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 008		navajilla prismática	gris plateada clara
GAZ 012	N1E1.8.62.78.VIIIA. no 1006	navajilla prismática	gris azul oscura
GAZ 013		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 014		navajilla prismática	gris plateada clara
GAZ 015	N1E1.8.63.75.VIA. no 995	navajilla prismática	gris semi-translúcida
GAZ 016	N1E1.8.62.64.74.VIC. no 988	navajilla prismática	gris translúcida con rayas grises
GAZ 017	N1E1.8.63.73.V. no 682, 698, 663	navajilla prismática	gris translúcida con rayas grises
GAZ 018		lasca	gris plateada oscura
GAZ 019		navajilla prismática	gris plateada clara
GAZ 020		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 021	N1E1.8.63.75.VIA. no 995	navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 022		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 023		navajilla prismática	gris translúcida con puntos negros
GAZ 024	N1E1.8.62.78.VIIIE. no 1004	navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 025		navajilla prismática	gris semi-translúcida con rayas grises
GAZ 026		navajilla prismática	gris translúcida con rayas grises
GAZ 027		navajilla prismática	gris translúcida con rayas grises
GAZ 028	N1E1.8.42.53.XII. no 807	lasca	gris opaca
GAZ 033	N1E1.8.74.32.VI. no 7361	lasca	meca
GAZ 034	N1E1.8.63.35.V. no 8489	lasca	gris oscura
GAZ 035	N1E1.8.75.52.V. no 7085	macro-lasca	gris semi-translúcida
GAZ 036	N1E1.8.65.57.VIII B. no 168	navajilla prismática	gris
GAZ 037	N1E1.8.73.44.VIII. no 887	navajilla subprismática	gris azulada opaca
GAZ 038		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 039	N1E1.8.73.44.IX. no 1011	lasca	gris azulada plateada
GAZ 040		navajilla subprismática	gris opaca mate
GAZ 041		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 042	N1E1.8.73.37.VII. no 6367	navajilla prismática	gris oscura
GAZ 043		navajilla prismática	gris semi-translúcida
GAZ 044		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 045		navajilla prismática	gris translúcida
GAZ 046	N1E1.8.62.78.88.VIIA. no 914	punta de proyectil	gris semi-translúcida
GAZ 047	N1E1.8.62.78.88.VIIIE. no 1004	raspador	gris semi-translúcida
GAZ 048		preforma de raspador	meca
GAZ 049	N1E1.8.73.44.VIII. no 890	lasca con cresta	gris semi-translúcida
GAZ 050	N1E1.8.42.65.VIII. no 598	navajilla prismática	gris

● Fig. 8 Ubicación, tipo de artefacto y color de la obsidiana de las muestras analizadas.

lo sería necesario realizar análisis sobre un número mayor de muestras de obsidiana verde de diferentes temporalidades.

Se tiene poca información de la explotación del yacimiento de Paredón en Puebla, que según Charlton ocurrió desde el Formativo medio (Charlton, 1978; Charlton *et al.* 1978) por grupos establecidos en el valle de México, y posteriormente controlado directamente por Teotihuacán. Según este autor, la presencia de obsidiana de Paredón en Tepeapulco, localizado cerca del yacimiento, confirmaría un control directo de los teotihuacanos y su explotación habría sido esencial para el desarrollo económico de la ciudad.

El interés de los teotihuacanos en extender su red comercial implicó sin duda la aplicación de estrategias para mantener el control y la explotación de distintos recursos. La elevada proporción de obsidiana procedente de los yacimientos de Otumba y Sierra de las Navajas indica una explotación intensa de éstos; en cambio, la presencia de obsidiana de Zacualtipán, o incluso de Paredón, demuestra el aprovechamiento de otros yacimientos.

Paredón se encuentra a 60 km de la ciudad de Teotihuacán, a poca distancia de la Sierra de las Navajas. La presencia de obsidiana de Paredón en contextos de uso en el Conjunto 1 indica la explotación de este yacimiento con una distribución local. Asimismo, varios autores (Nelson y Howard, 1986; Moholy-Nagy y Nelson, 1990, citados en Cobean 2002) han identificado la obsidiana de Paredón en sitios mayas como El Mirador en el Clásico temprano, y Tikal en el Clásico tardío, e indican que también estaba destinada a un mercado regional y de larga distancia.

Para el caso de las dos obsidianas procedentes de Ucareo y Zaragoza, respectivamente (fig. 13), éstas pudieron acompañar a otros productos intercambiados o ser parte de los presentes ofrecidos entre miembros de la elite. De manera similar, artefactos de obsidiana verde procedentes de la Sierra de las Navajas fueron localiza-

dos en contextos de entierros en Tikal, Altun Ha, Kaminaljuyu y otros sitios de la zona maya, los cuales solían usar obsidiana de yacimientos cercanos, como el Chayal o San Martín Jilotepeque (Nelson y Clark, 1998). En estos casos el intercambio de obsidiana a larga distancia no tuvo un gran impacto en el sistema económico, pues seguramente se trataba de regalos entre elites, quienes la utilizaban como símbolo de poder (Spence, 1996).

Además de la obsidiana, numerosos productos de primera necesidad y de lujo fueron intercambiados entre la metrópoli y otras regiones. El análisis de las materias primas, artefactos y recipientes indican relaciones con Veracruz (Rattray, 1987), Guerrero, Oaxaca (Rattray, 1987; Spence, 1989), Puebla (Rattray, 1981) y Michoacán (Gómez, 2002b; Gómez y Gazzola, 2007). Aparentemente, desde fases tempranas los teotihuacanos buscaron desarrollar y extender su red comercial mediante la creación de alianzas políticas, a fin de beneficiarse de todos aquellos recursos que no existían en el valle.

### Comparación de los resultados de los análisis por INAA y PIXE

La técnica de activación neutrónica tiene la desventaja de ser destructiva —pues implica siempre la obtención de una muestra sobre el objeto—. Esta técnica se utilizó para contrastar los resultados obtenidos con el PIXE, y al contrario de aquella no se trata de un procedimiento destructivo. La razón por la que algunas muestras fueron analizadas en dos ocasiones se debió a la necesidad de confirmar su procedencia, o en otros casos para tratar de aclarar dudas en los resultados y, por tanto, en la identificación del yacimiento de origen.

Las muestras comparadas fueron doce en total. Los resultados de la activación neutrónica permitieron identificar ocho muestras con los yacimientos de Otumba, dos con el de “Apan”, uno con la Sierra de las Navajas-1 y uno con Paredón (fig. 12). Con PIXE, se pudieron identificar ocho de Otumba, una de Sierra de Pachuca-1, una de Paredón y dos de Guadalupe Victoria.

del yacimiento y no han sido identificados en las muestras analizadas.

<i>Anid</i>	<i>Al</i>	<i>Ba</i>	<i>Cl</i>	<i>Dy</i>	<i>K</i>	<i>Mn</i>	<i>Na</i>	<i>Nombre de la fuente</i>
GAZ001	68816	952	247	3.38	31872	393	30817	Otumba
GAZ002	71879	854	279	3.36	31851	396	30338	Otumba
GAZ003	58927	0	866	16.14	47722	1130	31561	Sierra de Pachuca-1
GAZ004	70162	850	277	2.96	37431	393	27210	Otumba
GAZ005	75561	657	314	4.13	34589	621	32218	Otumba (¿Sub-fuente Apan?)
GAZ006	58909	0	902	16.35	36498	1140	37680	Sierra de Pachuca-1
GAZ007	62841	54	640	7.96	37650	365	29172	Paredón
GAZ008	64163	0	646	7.85	37361	365	29205	Paredón
GAZ009	74678	794	324	3.60	33925	392	30063	Otumba
GAZ010	57659	0	832	15.95	32644	1127	37500	Sierra de Pachuca-1
GAZ011	62354	103	638	8.11	38768	369	29693	Paredón
GAZ012	67275	101	207	4.00	39938	173	27786	Ucareo
GAZ013	78738	775	268	3.59	33537	407	31744	Otumba
GAZ014	72880	870	282	4.01	33224	392	30114	Otumba
GAZ015	76654	898	253	3.53	32265	395	30498	Otumba
GAZ016	66623	87	625	7.92	35823	371	29780	Paredón
GAZ017	73483	841	247	3.73	33776	396	29895	Otumba
GAZ018	70646	826	222	2.71	32297	418	30598	Otumba
GAZ019	75961	740	232	3.29	32762	392	30564	Otumba
GAZ020	68725	835	233	3.39	34185	394	30485	Otumba
GAZ021	65123	0	634	8.33	38290	367	29520	Paredón
GAZ022	63501	85	651	8.85	41313	370	29807	Paredón
GAZ023	68237	0	603	8.18	42524	372	30141	Paredón
GAZ024	68980	0	593	8.75	42770	374	30400	Paredón
GAZ025	72216	758	231	3.06	33280	401	31004	Otumba
GAZ026	69901	797	246	3.08	33957	393	30550	Otumba
GAZ027	68344	835	257	3.44	32465	395	30879	Otumba
GAZ028	72541	777	266	3.49	32812	405	30792	Otumba
GAZ029	72938	857	248	3.21	34793	403	31124	Otumba
GAZ030	68393	0	650	8.44	40836	373	29955	Paredón
GAZ031	72418	882	223	3.11	33995	400	31354	Otumba
GAZ032	78230	769	280	3.10	32520	405	31624	Otumba
GAZ033	71051	490	187	4.28	34369	618	32247	Otumba (¿Sub-fuente Apan?)
GAZ034	70467	838	252	3.94	34829	398	30379	Otumba
GAZ035	72851	832	269	2.96	34088	394	30634	Otumba
GAZ036	75676	711	273	3.82	35677	630	32471	Otumba (¿Sub-fuente Apan?)
GAZ037	66572	466	324	4.65	37236	249	29439	Zaragoza
GAZ038	63208	107	618	8.36	42117	365	29616	Paredón
GAZ039	68891	758	187	2.99	31961	414	30481	Otumba
GAZ040	68591	791	252	3.54	34108	398	29906	Otumba
GAZ041	66458	99	622	8.31	38719	369	29790	Paredón
GAZ042	76292	869	266	3.09	35230	408	31376	Otumba
GAZ043	72997	833	325	3.21	34270	383	30198	Otumba
GAZ044	70464	881	285	2.99	33283	388	30554	Otumba
GAZ045	67258	0	721	7.97	40910	360	29355	Paredón
GAZ046	69537	774	311	3.27	34313	402	30931	Otumba
GAZ047	75986	853	322	3.86	35814	396	30217	Otumba
GAZ048	73721	695	262	3.54	39196	384	29405	Otumba
GAZ049	69161	779	294	2.77	37252	386	30340	Otumba
GAZ050	77980	861	279	3.07	33482	388	30595	Otumba

● Fig. 9 Resultados obtenidos por INAA, concentración en ppm (Laboratorios de la Universidad de Missouri).

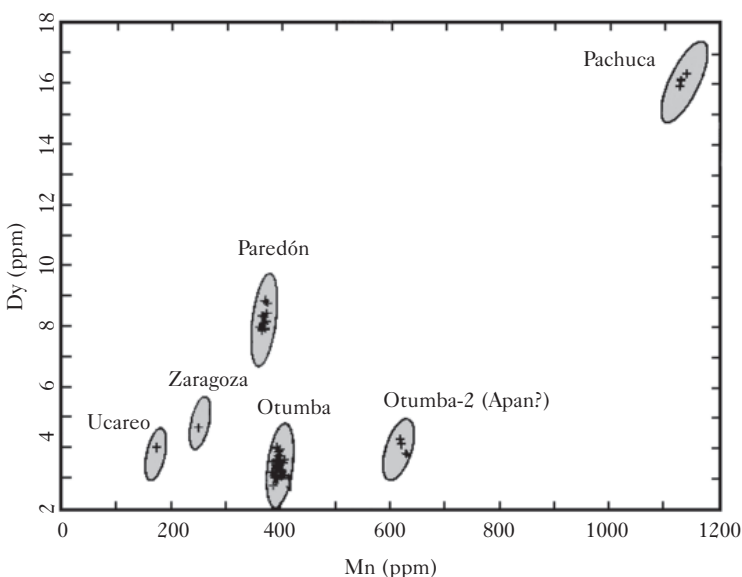


Fig. 10 Gráfica de los resultados por INAA.

cia podría deberse a la falta de estándares de comparación, y explicaría la razón por la cual se obtuvieron resultados diferentes. Los resultados de estas dos muestras son problemáticos, debido a que no se pudo indicar de manera segura su origen por ninguna de las dos técnicas.

### Conclusión

La obsidiana fue un material utilizado por los pueblos prehispánicos desde tiempos remotos. Debido a su especialización, los artesanos teotihuacanos lograron elaborar abundantes y variados artefactos, desde raspadores, puntas de proyectil y navajillas prismáticas, hasta objetos de culto.

Según los resultados de los análisis realizados con PIXE e INAA, los principales yacimientos explotados por los teotihuacanos eran los de Otumba y Sierra de las Navajas, aunque también los de Zacualtipan y Paredón. Con 17 muestras procedentes de Paredón en Puebla, de un total de 100, este yacimiento parece haber sido importante para los teotihuacanos en fases tempranas.

A pesar de encontrar gran cantidad de obsidiana de Otumba y Sierra de las Navajas, se identificaron obsidianas de yacimientos

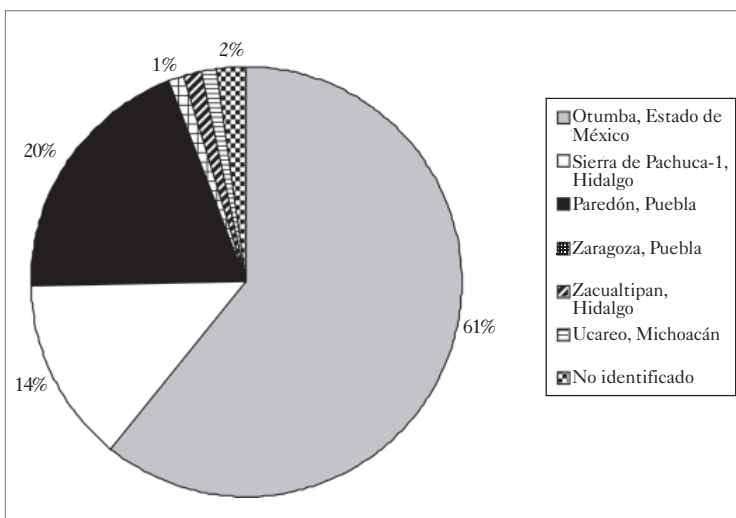


Fig. 11 Porcentaje de obsidianas identificadas con distintos yacimientos.

Al comparar los resultados de la figura 12 podemos observar que salvo en dos casos, se obtuvieron los mismos resultados por ambas técnicas. Para las muestras GAZ 005 y GAZ 033, el INAA indica "Apan" como fuente de origen, aunque nosotros la consideramos como no identificada porque el resultado es poco preciso. Con la técnica PIXE fue posible identificar el origen de las mismas muestras con el yacimiento de Guadalupe Victoria. Esta aparente discordan-

cia más lejanos. La muestra GAZ 012 es de Ucareo, en Michoacán, y GAZ 037 de Zaragoza, en Puebla (fig. 13). A pesar de que se trata de un número reducido, nos permite hablar de manera general de distintas clases de vínculos con otras regiones en fases tempranas. El desarrollo de una hipótesis que explique la presencia de obsidiana de otros yacimientos requiere disponer de un mayor número de datos y la identificación precisa de sus procedencias.

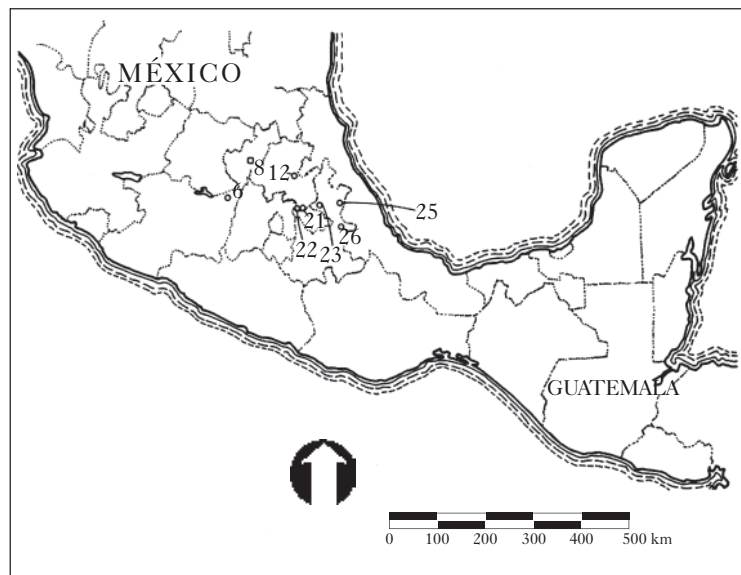
INAA	Procedencia	PIXE	Procedencia	Color
GAZ 001	Otumba	22	Otumba	gris plateada
GAZ 002	Otumba	23	Otumba	gris opaca con partes semi-translúcidas
GAZ 005	<b>Otumba (¿Apan?)</b>	25	Guadalupe Victoria	gris opaca
GAZ 004	Otumba	27	Otumba	gris mate
GAZ 029	Otumba	35	Otumba	gris semi-translúcida
GAZ 030	Paredón	33	Paredón	gris translúcida
GAZ 031	Otumba	28	Otumba	gris oscura
GAZ 032	Otumba	29	Otumba	gris plateada
GAZ 003	Sierra de Pachuca-1	43bis	Sierra de Pachuca-1	verde dorada mate
GAZ 033	<b>Otumba (¿Apan?)</b>	16	Guadalupe Victoria	meca
GAZ 034	Otumba	9	Otumba	gris oscura
GAZ 035	Otumba	13	Otumba	gris semi-translúcida

● Fig. 12 Comparación de los resultados obtenidos de doce muestras con INAA y PIXE.

Las obsidias analizadas que corresponden a Otumba son grises con diferentes tonalidades, como el plateado claro y oscuro, opaca con partes semi-translúcidas, mate, opaca mate, plateada con tonalidades azules, semi-translúcida, translúcida, translúcida con líneas grises y meca. Al contrario de lo que menciona Charlton (1978), las variaciones en los grises hacen imposible la identificación macroscópica de las obsidias de Otumba, ya que colores similares se han identificado en yacimientos como Paredón. En este mismo yacimiento Glascock menciona "Apan" con obsidiana gris opaco y meca como subfuente, lo cual se determinó con base en el análisis de muestras obtenidas por Charlton. Sin embargo, después de una discusión con Charlton y Glascock parece que la procedencia no ha sido claramente identificada, aunque las muestras se parecen químicamente a las de Otumba o Malpaís. Según Cobean (2002: 60), el Malpaís es un yacimiento diferente, localizado 10-12 km al este de Otumba.

En ausencia de un análisis más preciso, se prefirió considerarlas como procedentes de una fuente no identificada.

La obsidiana de la Sierra de las Navajas es verde dorada mate, verde translúcida y verde café translúcida, mientras en Paredón es gris



● Fig 13 Ubicación de los yacimientos de obsidiana mencionados en el texto. 6. Ucareo, Michoacán. 8. Fuentezuelas, Querétaro. 12. Sierra de Pachuca, Hidalgo. 21. Malpaís, Hidalgo. 22. Otumba, Estado de México. 23. Paredón, Puebla. 25. Zaragoza, Puebla. 26. Guadalupe Victoria, Puebla (modificado de Cobean, 2002).

translúcida, translúcida con líneas grises, con puntos negros o plateada claro; incluso algunas obsidianas pueden confundirse con las de Otumba. En Ucareo la obsidiana es gris-azul oscuro, en tanto la de Zaragoza es gris-azul opaco y la de Zacualtipan es de color negro.

Podemos concluir que la observación de los colores a simple vista es muy subjetiva y no es un criterio válido para determinar el origen geológico de una obsidiana. En todo caso es necesario confirmar las procedencias por técnicas de análisis como el INAA o PIXE.

En cuanto a los artefactos utilizados, las navajillas prismáticas son las representadas en mayor número, ya que han sido identificadas en obsidiana de casi todos los yacimientos mencionados (salvo Zacualtipan). La navajilla prismática era probablemente el objeto más utilizado, tanto a escala local como regional. La mayor variedad de lascas, de artefactos como puntas de proyectil y raspadores, fue fabricada en obsidiana de Otumba, cuya cercanía explicaría su alta frecuencia en fases tempranas.

## Bibliografía

- Cabrera, Rubén  
1982. "Secuencia arquitectónica y cronológica de La Ciudadela", en Rubén Cabrera, Ignacio Rodríguez y Noel Morelos (coords.), *Teotihuacan 1980-1982. Nuevas interpretaciones*, México, INAH (Científica, 227, Serie Arqueología), pp. 31-60.
- 1998. "La cronología de La Ciudadela en su secuencia arquitectónica", en Rosa Brambila y Rubén Cabrera (coords.), *Los ritmos de cambio en Teotihuacán: reflexiones y discusiones de su cronología*, México, INAH (Científica, 366, Serie Arqueología), pp. 143-166.
- Cabrera, Rubén *et al.*  
1989. "El proyecto Templo de Quetzalcóatl", en *Arqueología*, núm. 5, pp. 51-79.
- Calligaro, Th. *et al.*  
2006. "PIXE Reveals That Two Murillo's Masterpieces Were Painted on Mexican Obsidian Slabs", en *Nucl. Instr. and Methods B* 249.
- Charlton, Thomas  
1978. "Teotihuacán, Tepeapulco, and Obsidian Exploitation", en *Science*, vol. 200, pp. 1227-1236.
- 1983. "Production and Exchange: Variables in the Evolution of a Civilization", en Kenneth G. Hirth (ed.), *Trade and Exchange in Early Mesoamerica*, Albuquerque, University of New Mexico Press, pp. 17-41.
- Charlton, Thomas y Michael Spence  
1982. "Obsidian Exploitation and Civilization in the Basin of Mexico", en *Anthropology*, vol. VI, núms. 1 y 2, pp. 7-86.
- Charlton, Thomas, David Grove y Philip Hopke  
1978. "The Paredón, Mexico, Obsidian Source and Early Formative Exchange", en *Science*, vol. 201, pp. 807-809.
- Cobean, Robert  
2002. *Un mundo de obsidiana: minería y comercio de un vidrio volcánico en el México antiguo*, México, Universidad de Pittsburgh/INAH (Serie Arqueología de México).
- Cobean, R.H., J.R. Vogt, M.D. Glascock, T.L. Stocker,  
1991. "High-Precision Trace-Element Characterization of Major Mesoamerican Obsidian Sources and Further Analyses of Artifacts from San Lorenzo Tenochtitlan, Mexico", en *Latin American Antiquity*, núm. 2, pp. 69-91.
- Gazzola, Julie  
2004. "Informe de los trabajos de campo, del 1 de agosto al 10 de septiembre de 2004, Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.
- 2005a. "Informe de los trabajos de campo, junio a diciembre de 2003, Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.
- 2005b. "Proyecto Preciudadela. Etapas tempranas de ocupación en la ciudad de Teotihuacán", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2006a. Febrero. "Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán, México. Informe del análisis de los materiales líticos del área al norte de la Plataforma Adosada, temporada 2003", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2006b. Octubre. "Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán, México. Informe de los análisis PIXE realizados sobre muestras de obsidiana procedentes de los conjuntos 1 y 2 Preciudadela. Informe de los análisis PIXE realizados sobre muestras de piedras verdes procedentes del Conjunto 2 Preciudadela y de los talleres de lapidaria del Conjunto A, La Ventilla", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2007a. Mayo. "Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán, México. Informe del análisis de los materiales líticos de las excavaciones realizadas al sur de la Plataforma Adosada, temporadas 2002 y 2004", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2007b. Septiembre. "Proyecto Preciudadela, Teotihuacán, México. Informe de la temporada de campo octubre-diciembre 2006", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2007c. Septiembre. "Proyecto Preciudadela, Teotihuacán, México. Informe del análisis de los materiales líticos de las excavaciones realizadas al sur de la Plataforma Adosada, temporada 2006", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2008. Julio. "Proyecto Primeras Ocupaciones en Teotihuacán. Informe del análisis de los materiales líticos de las excavaciones realizadas al sur de la Plataforma Adosada, temporada 2007", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

• Glascock, Michael  
2007. "Neutron Activation Analysis of Obsidian Artifacts from Central Mexico" (mecanoescrito), Missouri University Research Reactor.

• Glascock, Michael y Hector Neff  
1993. "Sources of Obsidian Offerings at the Temple of Quetzalcoatl, Teotihuacan" (mecanoescrito), Missouri University Research Reactor.

• Glascock, Michael *et al.*  
1994. "Sourcing Archaeological Obsidian by an Abbreviated NAA Procedure", en *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 180, núm. 1, pp. 29-35.

• Gómez Chávez, Sergio  
2002a. "Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán, México", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2002b. "Presencia del occidente de México en Teotihuacán. Aproximaciones a la política exterior del Estado teotihuacano", en María Elena Ruiz G. (ed.), *Memoria de la Primera Mesa Redonda de Teotihuacán, Ideología y Política a través de Materiales, Imágenes y Símbolos*, México, INAH, pp. 563-625.

• Gómez, Sergio y Julie Gazzola  
2005, marzo. "Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de La Serpiente Emplumada, Teotihuacán, México. Informe de los trabajos de campo de junio a diciembre 2003", Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, México.

2007. "Análisis de las relaciones entre Teotihuacán y el Occidente de México", en B. Faugère (ed.), *Dinámicas en la cuenca de México, del Preclásico al Posclásico*, México, CEMCA/Colegio de Michoacán, pp. 113-135.

• Heller, Lynette  
2001. "Sources, Technology, Production, Use, and Deposition of Knapped Obsidian", en Barbara L. Satark (ed.), *Classic Period Mixtequilla, Veracruz, Mexico. Diachronic Inferences from Residential Investigations*, Albany, Institute for Mesoamerican Studies-The New York University/ University of Texas Press.

• Kabata, Shigeru  
2004. "Cambios en las actividades de producción de artefactos de obsidiana y escala de control estatal en Teotihuacán", en María Elena Ruiz G. y Jesús Torres P. (eds), *Memoria de la Cuarta Mesa*



*Redonda de Teotihuacán, Teotihuacán: Más Allá de la Ciudad*, México, INAH.

- Nelson, Fred. W. y John E. Clark,  
1998. "Obsidian Production and Exchange in Eastern Mesoamerica", en Evelyn Ch. Rattray (ed.), *Rutas de intercambio en Mesoamerica, III Coloquio Pedro Bosch Gimpera*, México, IIA-UNAM, pp. 277-333.
- Pastrana, Alejandro  
2008. "La explotación teotihuacana, tolteca y azteca en el yacimiento de la Sierra de las Navajas", ponencia para las Jornadas Académicas organizadas por la DEA y Templo Mayor, INAH, México.
- Pastrana, Alejandro y Osvaldo Sterpone  
2005. "La explotación de la obsidiana en la Sierra de las Navajas", ponencia para la *IV Mesa Redonda de Teotihuacan, Teotihuacán: Más Allá de la Ciudad*, INAH, México.
- Rattray C., Evelyn  
1981. "Anaranjado Delgado: cerámica de comercio de Teotihuacán", en E. Rattary, J. Litvak y C. Díaz (comps.), *Interacción cultural en México central*, México, III-UNAM (Serie Antropológica, 41), pp. 55-79
- 1987. "Los barrios foráneos de Teotihuacán", en Emily McClung y Evelyn Rattray (eds.), *Teotihuacán: nuevos datos, nuevas síntesis, nuevos problemas*, México, UNAM, pp. 243-273.
- 2004. "Etnicidad en el Barrio de los Comerciantes, Teotihuacan, y sus relaciones con Veracruz", en María Elena Ruiz y Arturo Pascual (eds.), *La costa del Golfo en tiempos teotihuacanos: propuestas y perspectivas, Memoria de la Segunda Mesa Redonda de Teotihuacan*, México, INAH, pp. 493-512.
- Rubalcaba, José Luis  
2001. "Estudios arqueométricos mediante PIXE y RBS", en *Antropología y Técnica*, núm. 7.
- Spence W., Michael  
1967. "The Obsidian Industry of Teotihuacán", en *American Antiquity*, vol. 32, núm. 4, pp. 507-514.
- 1981. "Obsidian production and the State in Teotihuacan", en *American Antiquity*, vol. 46, núm. 4, pp. 769-788.

1983. "Craft Production and Polity in Early Teotihuacan", en Kenneth G. Hirth (ed.), *Trade and Exchange in Early Mesoamerica*, Albuquerque, University of New Mexico Press, pp. 87-114.

1986. "Locational Analysis of Craft Specialization Area in Teotihuacan", en Barry L. Isaac (ed.), *Research in Economic Anthropology. A Research Annual. Economic Aspects of Prehispanic Highland Mexico*, Connecticut, Jai Press, pp. 75-100.

1989. "Excavaciones recientes en Tlailotlacan, el barrio oaxaqueño de Teotihuacán", en *Arqueología*, núm. 5, pp. 81-104.

1990. "El estado de investigaciones líticas en Mesoamérica", en Ma. de los Dolores Soto de Arechavaleta (ed.), *Nuevos enfoques en el estudio de la lítica*, México, UNAM, pp. 431-442.

1996. "Commodity or Gift: Teotihuacan Obsidiana in the Maya Region", en *Latin American Antiquity*, vol. 7, núm. 1, pp. 21-39.

- Spence W., Michael, J. Kimberlin y G. Harbottle  
1984. "State-controlled Procurement and the Obsidian Workshops of Teotihuacán, Mexico", en Jonathan E. Ericson and Barbara A. Purdy (eds.), *Prehistoric Quarries and Lithic Production*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 97-105.

- Tenorio, Dolores  
2004. "Caracterización de obsidianas mexicanas con la técnica de análisis por Activación Neutrónica", en María Elena Ruiz G. y Arturo Pascual S. (eds), *Memoria de la Segunda Mesa Redonda de Teotihuacán, La costa del Golfo en tiempos teotihuacanos: propuestas y perspectivas*, México, INAH, pp. 103-113.

- Tenorio, Dolores, et al.  
1998. "Differences in Coloured Obsidians from Sierra de Pachuca, Mexico", en *Journal of Archaeological Science*, núm. 25, pp. 229-234.

