

Ricardo Leonel Cruz Jiménez\*, Melania Jiménez-Reyes\*\*  
Dolores Tenorio\*\*

## **Análisis por activación neutrónica de obsidiana recolectada en el sitio arqueológico de Morgadal Grande, Veracruz**

Artefactos arqueológicos de obsidiana recolectados en la ciudad arqueológica de Morgadal Grande, en la región de El Tajín, Veracruz, fueron analizados mediante activación neutrónica instrumental y fueron determinados los siguientes elementos: Na, Al, K y Fe, en porcentaje, y Sc, Mn, Rb, Sb, Cs, Ba, La, Eu, Dy, Yb, Lu, Th y U, en  $\mu\text{g/g}$ . El análisis estadístico de las composiciones químicas permitió identificar los lugares de origen de las muestras arqueológicas: Sierra de Pachuca, Tulancingo y Zacualtipán (Hidalgo), Altotonga (Veracruz), y Zaragoza y Oyameles (Puebla). Con base en esos resultados se sugieren las rutas de la obsidiana desde esos yacimientos hasta el sitio arqueológico, así como los periodos históricos correspondientes.

Obsidian archaeological artifacts collected in the city of Morgadal Grande, in the Tajin region in Veracruz, were analyzed using instrumental neutron activation and the following elements were determined: Na, Al, K and Fe in percentage, and Sc, Mn, Rb, Sb, Cs, Ba, La, Eu, Dy, Yb, Lu, Th and U, in  $\mu\text{g/g}$ . Statistical analysis of the chemical compositions led to the identity of the places of origin of the samples: Sierra de Pachuca, Tulancingo and Zacualtipán (Hidalgo), Altotonga (Veracruz), Zaragoza and Oyameles (Puebla). Based on these findings, routes for the transportation of the obsidian are suggested, as well as the corresponding historical periods.

La obsidiana es una roca magmática extrusiva, cuyo origen se debe al efecto de la actividad volcánica, seguida de un enfriamiento abrupto de la lava. Por esa razón la obsidiana carece de estructura cristalina; tiene lustre vítreo, fractura concoidea/semiconcoidea, y dureza de 5.5 en la escala de Mohs. Este material es quebradizo, su peso específico se sitúa entre 2.3 y 2.75, el color puede ir del gris, al verde, al rojo y al negro y en láminas delgadas suele ser translúcido (Mottana *et al.*, 1977; Ortega, 1989).

En el ámbito de la arqueología mesoamericana los estudios de procedencia de obsidiana mediante la caracterización química se inician en la segunda mitad de la década de los sesenta, con las investigaciones pioneras de Weaver y Stross (1965), Jack *et al.* (1968), y Stross *et al.* (1968); para la realización de estos análisis se empleó principalmente la técnica de fluorescencia de rayos-X (Nelson, 1988: 23). Posteriormente, para la caracterización de obsidiana arqueológica comenzó a utilizarse el análisis por activación con neutrones, y las

\* Escuela Nacional de Antropología e Historia, INAH.

\*\* Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Los autores agradecen el apoyo financiero del Conacyt, por medio del proyecto 29237H, y de la UNAM (proyecto 25107H) por la beca otorgada a RLCJ; al señor Jesús Muñoz Lujano, por el apoyo técnico; a la doctora Annick Daneels, por su ayuda y consejos en la discusión de resultados, y al maestro Ángel García Cook, por su entusiasta apoyo para la publicación de este artículo.

primeras investigaciones para Mesoamérica fueron realizadas por Robert Cobean *et al.* (1971) en San Lorenzo Tenochtitlán, Hurtado de Mendoza (1973) para Kaminaljuyu y Pires-Ferreira (1975) en la región central de Oaxaca.

Específicamente para la arqueología de Veracruz, se han realizado análisis de muestras de obsidiana procedentes sobre todo de las regiones centro y sur del estado (Cobean *et al.*, 1971, 1991; Hester *et al.*, 1971; Jack *et al.*, 1972; Stark *et al.*, 1992; Heller y Stark, 1997; Knight, 1999; Santley *et al.*, 2001; Heller, 2001; Barret, 2003; Esquivais, 2003). Sin embargo, poco conocemos sobre la circulación de la obsidiana en el centro-norte y norte del estado, dado que hasta el momento contamos con muy pocas referencias al respecto (Jack *et al.*, 1972; Cruz Jiménez, 2000). Es en este orden de ideas que la presente investigación puede aportar datos y puntos de partida para futuros estudios que complementen de manera más apropiada los esquemas políticos y comerciales en la región costera al norte del río Nautla.

En la llanura costera norte del Golfo, donde se ubica la región que nos ocupa, predominan los materiales geológicos sedimentarios de origen marino —arenas, arcillas y conglomerados—, así como rocas sedimentarias asociadas: areniscas, areniscas fosilíferas, calizas y algunas lutitas. La ausencia de yacimientos de obsidiana en esa región es casi total, por ello los artefactos líticos de ese material son poco abundantes. Precisamente por esa razón los artefactos de obsidiana ofrecen una información histórica valiosa, en tanto permiten conocer las relaciones culturales, comerciales y aún militares de los habitantes de la región, con los poseedores de los yacimientos de obsidiana.

## El sitio de Morgadal Grande

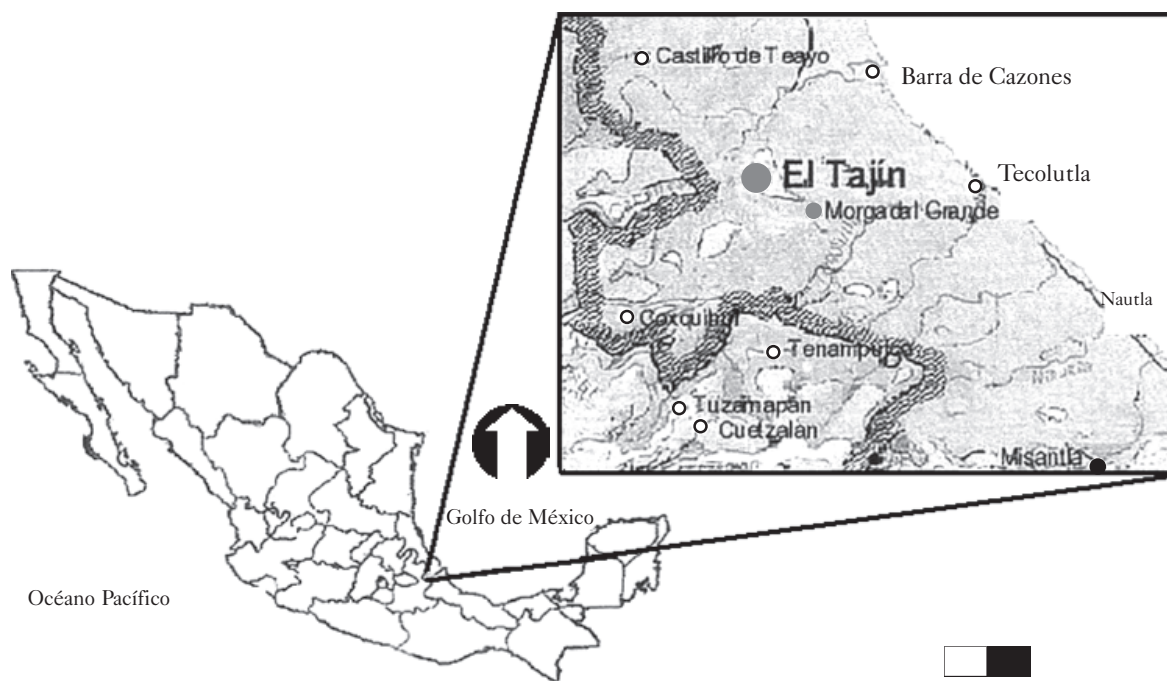
En la presente investigación se ha realizado el análisis químico de fragmentos de obsidiana, recolectados en la ciudad arqueológica de Morgadal Grande, municipio de Papantla de Olarte, Veracruz. (20° 23' 10" Norte, 97° 21' 40" Oeste)

(Jiménez Lara, 1991). Este sitio arqueológico está ubicado en la periferia inmediata de El Tajín, a escasos 11 km en línea recta, y en las cercanías del arroyo Tlahuanapa, un afluente del río Tecolutla (fig. 1). Desde el punto de vista arqueológico el sitio fue visitado inicialmente por Omar Ruiz Gordillo (1997); posteriormente, en una investigación regional —como parte del Proyecto Tajín 1990 dirigido por Brueggeman— el arqueólogo Pedro Jiménez Lara hizo un reconocimiento arquitectónico y una recolección de tiestos cerámicos (Jiménez Lara, 1991). Con todo, las investigaciones llevadas a cabo por Pascual Soto (1997, 2002, 2006) en este emplazamiento arqueológico son los que más información específica han arrojado acerca de Morgadal Grande y su entorno inmediato.

Dentro de la estructura urbana del sitio se pueden ubicar varias plazas, edificios, juegos de pelota y plataformas, que en conjunto muestran una planeación arquitectónica ordenada y adecuada a la topografía sobre la que se construyó el emplazamiento. Morgadal Grande parece haber formado parte de una serie de sitios arqueológicos semejantes, construidos con materiales perecederos, con arquitectura pública en piedra poco desarrollada (Pascual Soto, 1990: 80). Así pues, Morgadal Grande muestra en todos sus aspectos la complejidad social propia de una ciudad activa a lo largo de un amplio espectro de tiempo. De lo anterior no hay duda, pues el sitio tiene diversos testimonios escultóricos que datan del Formativo medio (*ca.* 1000-300 d.n.e.), mismos que continúan hasta el Epiclásico. Mediante diversos estudios de cerámica y excavaciones arqueológicas Pascual Soto (2006: 21) ha mostrado recientemente que Morgadal Grande tiene importantes depósitos de cerámica diagnóstica que van del Protoclásico al Epiclásico, siendo este último periodo el de mayor dinámica social en El Tajín y su cultura.

## Análisis por activación neutrónica

El análisis por activación neutrónica (AXA) es una técnica basada en irradiar un material con neu-



● Fig. 1 Mapa de localización de la región del sitio arqueológico de Morgadal Grande. La escala corresponde a la distancia entre el Tajín y Morgadal Grande.

trones térmicos generados en un reactor nuclear, para después de medir la radiactividad de cada isótopo mediante un espectrómetro gamma. La comparación de los datos obtenidos con los de un material de referencia permite realizar un análisis cuantitativo. La técnica es multielemental, sumamente sensible y el error estadístico es usualmente muy pequeño. En muchos casos se puede considerar al AXA como no destructivo; sin embargo, como requiere que la geometría del material problema sea idéntica a la del material de referencia, en el caso de las obsidias se recomienda pulverizar la muestra (Cruz Jiménez, 2000).

La activación neutrónica es una herramienta de análisis elemental de materiales; es decir, a partir de su aplicación puede conocerse la composición química de un material al nivel de sus elementos químicos. En lo que respecta a la arqueología, esta información puede ser útil en los análisis de procedencia —como en este caso—, estudios sobre tecnología de materiales —aleaciones, cerámica, pigmentos, etcétera—, y en la restauración y conservación de bienes arqueológicos y artísticos.

### Caracterización química de las muestras

Los artefactos de obsidiana para el presente estudio fueron recuperados en la ciudad arqueológica de Morgadal Grande. En la fig. 2 se ofrece una descripción de las muestras de obsidiana analizadas, así como su ubicación estratigráfica. El proceso de preparación de las muestras inició con el registro de las mismas; posteriormente se limpiaron cuidadosamente y se lavaron con una solución de Extran (Merck Co.) al 10% en agua destilada mediante agitación por ultrasonido; se dejaron secar a temperatura ambiente y se redujeron a polvo fino con un mortero de ágata automático. El material de referencia fue una obsidiana (SRM-278), también un polvo fino, cuya composición química fue certificada por el National Institute of Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos de América.

Las irradiaciones se llevaron a cabo en el reactor nuclear TRIGA MARK III del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), con un flujo de neutrones térmicos de  $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Como detector de radiactividad se utilizó un

No.	Registro	Ubicación estratigráfica	Descripción	P
T1	50	MG/UH10/96C Superficie general -E	Fragmento medial de navajilla, negro	ZH
T2	50	MG/UH10/96C Superficie general -E	Fragmento medial de navajilla, negro	ZH
T3	50	MG/UH10/96C Superficie general -E	Fragmento distal de navajilla, gris traslúcido	ZP/OP
T4	50	MG/UH10/96C Superficie general -E	Lasca, negro-guinda	AV
T5	45	MG/UH10/96C Superficie general	Fragmento distal de navajilla, gris opaco	ZP/OP
T6	449	MG/UH10/96C Superficie general -E	Fragmento proximal de navajilla, gris opaco	ZP/OP
T7	105	MG/UH10/S Edificio 29.N150. W115	Fragmento medial de navajilla, verde traslúcido	SP
T8	105	MG/UH10/S Edificio 29.N150. W115	Fragmento proximal de navajilla, negro	ZH
T9	117	MG/UH10/S Edificio 29.N150. W125	Fragmento proximal de navajilla, negro	ZP/OP
T10	117	MG/UH10/S Edificio 29.N150. W125	Fragmento distal de navajilla, gris opaco	ZP/OP
T11	1560	MG/PzE Edificio 50-B N140. W115 Cala 5/Cuadro B1/ Capa II	Fragmento medial de navajilla, gris semi-traslúcido	ZP/OP
T12	1349	MG/PzE Edificio 50-B N140. W115 Cala 5/Cuadro B1/ Capa 7-8	Fragmento, negro-guinda	AV
T13	1561	MG/PzE Edificio 50-B/ N140. W115 Cala 5/Cuadro B1/ Capa II	Fragmento medial de navajilla, gris semi-traslúcido	ZP/OP
T14	1483	MG/PzE Edificio 50-B N140. W115 Cala 5/Cuadro B2/ Capa II	Fragmento proximal de navajilla, negro brillante	ZH
T15	1460	MG/PtN Edificio 20-B N290. W225 Cala 4/Cuadro A1/ Capa I-II	Lasca sin cortex, verde opaca y rugosa	TH
T16	1353	MG/PzE Edificio 50-B N140. W115 Cala 5/Cuadro B2/ Capa II	Fragmento distal de navajilla, gris	ZP/OP
T17	1259	MG/PtN Edificio 20-B N290. W225 Cala 4/Cuadro A1/ Capa I	Fragmento distal de navajilla, verde semi-traslúcido	SP
T18	1616	MG/PzS Edificio 13 N149. W155 Cala 3/Cuadro A1/ Capa 5	Lasca de descortezamiento, negro-guinda	AV
T19	1616	MG/PzS Edificio 13 N149. W155 Cala 3/Cuadro A1/ Capa 5	Lasca laminar, negro-guinda,	AV
T20	1562	MG/PzE Edificio 50-B N140. W115 Cala 5/Cuadro B1/ Capa II	Fragmento medial de navajilla, gris opaco	ZP/OP
T21	1458	MG/PzE Edificio 50-B N140. W115 Cala 5/Cuadro B2/ Capa II-III	Fragmento proximal de navajilla, gris traslúcida	ZP/OP

● Fig. 2 Descripción de las muestras de obsidiana analizadas, con los yacimientos de procedencia (P). ZH: Zacualtipan, Hgo.; ZP/OP: Zaragoza/Oyameles, Pue.; SP: Sierra de Pachuca, Hgo.; AV: Altotonga, Ver.; TH: Tulancingo, Hgo.

crystal de germanio hiperpuro, acoplado a los equipos electrónicos necesarios y a una computadora a manera de analizador multicanal de altura de pulsos.

Para los experimentos se utilizó siempre la misma cantidad de obsidias arqueológicas que del material de referencia, depositadas individualmente en recipientes idénticos. Se irradiaron dos muestras de cada una de las primeras, junto con una del material de referencia, y el experimento fue repetido cuando se consideró necesario de acuerdo con la estadística.

Se irradiaron muestras de 20 mg cada una durante 30 segundos, y después de ocho minutos se obtuvo su espectro de radiación gamma durante 30 segundos para el análisis del alumi-

nio; luego de un lapso de 15 minutos se obtuvo nuevamente el espectro de radiación gamma, durante 10 minutos, para el análisis de otros elementos (Na, K, Mn, Ba y Dy). De manera independiente, en el reactor nuclear se irradiaron muestras de 200 mg durante dos horas, en las que se dejaron decaer los isótopos de vida media corta durante 12-14 días; pasado ese tiempo se obtuvieron, durante una hora, los espectros de radiación gamma para Sc, Fe, Rb, Sb, Cs, La, Eu, Yb, Lu, Th y U. Todos los valores de radiactividad fueron corregidos a un tiempo cero para cada experimento.

La fig. 3 muestra los datos nucleares (Ekström y Firestone, 2004) de los isótopos radiactivos identificados en los espectros de radiación

<i>Isótopo natural</i>	<i>Abundancia (%)</i>	<i>Sección eficaz de captura neutrónica (<math>\times 10^{-24} \text{ cm}^2</math>)</i>	<i>Isótopo formado</i>	<i>Vida media</i>	<i>Espectro gamma (KeV)</i>
<sup>23</sup> Na	100	0.53	<sup>24</sup> Na	15 h	1369, ...
<sup>27</sup> Al	100	0.24	<sup>28</sup> Al	2.3 m	1780
<sup>37</sup> Cl	24.5	0.4	<sup>38</sup> Cl	37 m	1600, ...
<sup>41</sup> K	6.8	1.2	<sup>42</sup> K	12.4 h	1524, ...
<sup>45</sup> Sc	100	13	<sup>46</sup> Sc	84 d	889, 1120
<sup>55</sup> Mn	100	13.3	<sup>56</sup> Mn	2.5 h	847, 1811, ...
<sup>58</sup> Fe	0.31	1.1	<sup>59</sup> Fe	45.6 d	1095, 1292, ...
<sup>85</sup> Rb	72.15	0.9	<sup>86m</sup> Rb	1 m	-
		0.1	<sup>86</sup> Rb	18.7 d	1078
<sup>81</sup> Br	49.5	3	<sup>82</sup> Br	35 h	776, 554, 619, 698, 1044, 1317, ...
<sup>121</sup> Sb	57.25	6	<sup>122</sup> Sb	2.8 d	564, ...
<sup>133</sup> Cs	100	28	<sup>134</sup> Cs	2 a	796, 605, 570, ...
<sup>138</sup> Ba	71.7	0.4	<sup>139</sup> Ba	83 m	166,...
<sup>139</sup> La	99.9	8.9	<sup>140</sup> La	40 h	1.596, 487, 816, 329, ...
<sup>151</sup> Eu	47.8	2800	<sup>152m1</sup> Eu	9.3 h	122, 344, ...
<sup>164</sup> Dy	28.2	800	<sup>165</sup> Dy	139 m	95, 361, ...
<sup>174</sup> Yb	31.8	9	<sup>175</sup> Yb	101 h	396, ...
<sup>176</sup> Lu	2.6	2100	<sup>177</sup> Lu	6.7 d	208, 113
<sup>232</sup> Th	100	7.4	<sup>233</sup> Th	22.1 m	—
			<sup>233</sup> Pa	27 d	310
<sup>238</sup> U	99.276	2.73	<sup>239</sup> U	23.5 m	—
			<sup>239</sup> Np	2.3 d	106, 228, 278, ...

● Fig. 3 Propiedades nucleares de los isótopos identificados mediante activación neutrónica (Ekström y Firestone, 2004) (m: minuto, h: hora, d: día, a: año).

gamma de las obsidias analizadas; el cloro y el bromo no fueron analizados cuantitativamente. La concentración del lantano ( $31 \pm 1.6$  g/g) —que no está certificada para el SRM-278— fue tomada de la literatura (Jiménez-Reyes *et al.* 2000: 465). Las concentraciones elementales obtenidas mediante el análisis por activación neutrónica se sometieron a un análisis estadístico en función de los procedimientos del Missouri University Research Reactor (MURR), diseñados para conjuntos de datos multivariantes y escrito en lenguaje GAUSS por el doctor Héctor Neff (2008). Los datos correspondientes a los yacimientos, con los que identificó el origen de las muestras de obsidiana, fueron tomados de la literatura (Jiménez-Reyes *et al.*, 2000; Cobean, 2002).

## Resultados y discusión

Muchos han sido los esfuerzos dentro de la historia de la arqueología para conocer el origen de las materias primas con las que fueron hechos diversos artefactos recuperados en los trabajos de investigación. Así han podido desarrollarse técnicas, principalmente dentro de ciencias auxiliares de la arqueología, que al aplicarse a problemas arqueológicos han aportado una serie de datos de suma importancia para el conocimiento de los métodos y técnicas de aprovisionamiento de materiales, así como de su distribución y consumo.

Dado que las muestras no fueron seleccionadas de manera aleatoria, es necesario aclarar que no necesariamente representan el comportamiento integral de todo el universo de la obsidiana en el sitio. Sin embargo, muestran una tendencia similar a la observada en investigaciones anteriores para El Tajín (Jack *et al.*, 1972) y el resto del territorio de Veracruz. Es muy posible que si se continúan realizando este tipo de análisis a la obsidiana de Morgadal Grande, así como la procedente de la región entre los ríos Nautla y Tecolutla, se encuentre un comportamiento similar a los resultados aquí presentados.

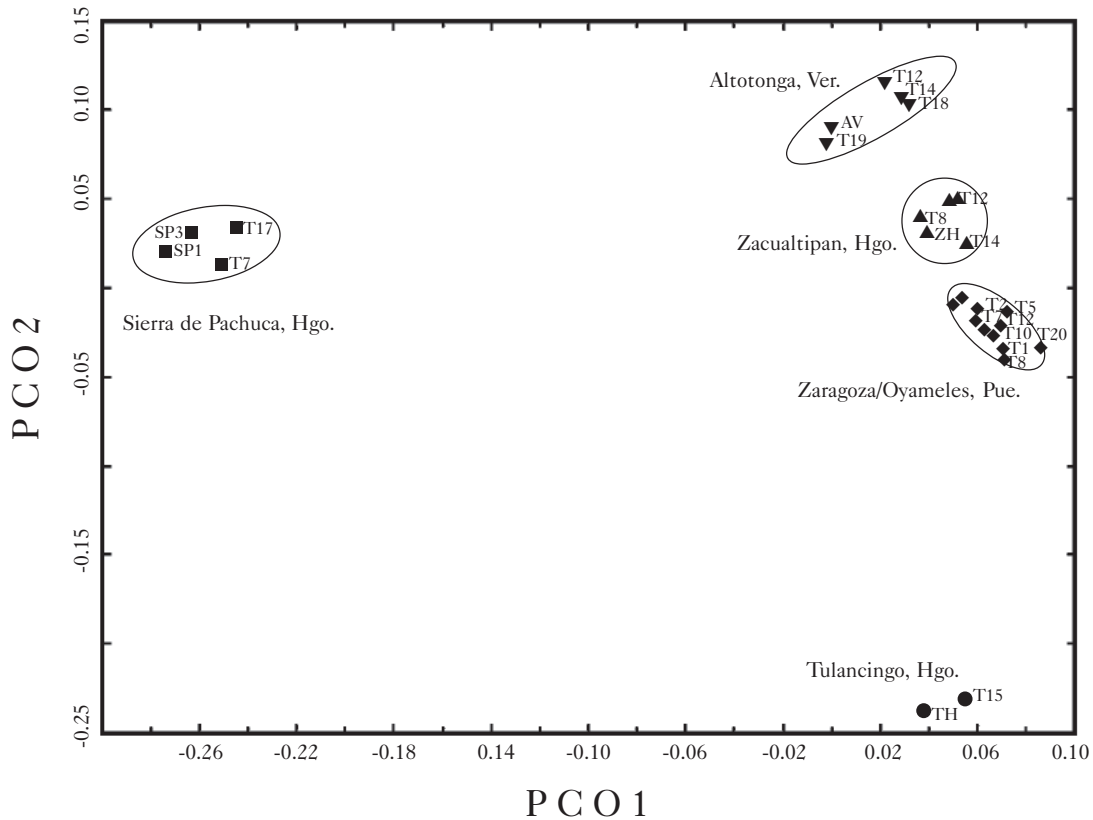
La figura 4 muestra el diagrama de componentes principales. En consecuencia, las muestras

analizadas y recolectadas en Morgadal Grande provienen de los siguientes yacimientos: Zaragoza/Oyameles, Puebla (ZP/OP; n=10); Altotonga Veracruz (AV; n=4); Tulancingo, Hidalgo (TH; n=1); Zacualtipan, Hidalgo (ZH; n=4), y Sierra de Pachuca, Hidalgo (SP1, SP3; n=2). De acuerdo con esa figura se calcularon los valores promedio y las desviaciones estándar de cada grupo (fig. 5), y en la fig. 2 se incluyó el yacimiento de procedencia de cada muestra.

Ahora bien, si revisamos la literatura y sumamos los resultados de esta investigación a los publicados por Jack *et al.* (1972), Wilkerson (1972) y Healan (1997) —donde hay menciones sobre la procedencia de obsidiana de la región de El Tajín mediante la determinación de elementos traza—, tenemos que para el territorio comprendido entre la cuenca de los ríos Nautla y Cazonas se tiene registro de siete yacimientos de obsidiana proveedores de esta región, y abarcan un horizonte cronológico que va del periodo Preclásico al Posclásico tardío: Zaragoza-Oyameles, Altotonga, Zacualtipan, Sierra de las Navajas, Tulancingo, Ucareo y El Paraíso.

Sobre la obsidiana de Tulancingo se puede suponer que penetró a la región del Tajín —y por ende a Morgadal Grande— por la ruta que parte de Tulancingo, siguió por Huauchinango y Xicotepetec para atravesar Tuzapan, y penetrar finalmente a la llanura costera por la cuenca del río Cazonas (Stresser-Péan, 1995: 17). El ejemplar analizado y que resultó provenir de Tulancingo fue encontrado en la transición entre las capas I y II de la plataforma norte de Morgadal Grande (Cruz Jiménez, 2000: 65), por lo que estratigráficamente parece corresponder a la parte media de la fase La Isla A (*ca.* 600-900 d.n.e.); se trata de un fragmento de lasca de bifacial, posiblemente un cuchillo o una punta de proyectil.

Las extensas investigaciones realizadas por la arqueóloga Margarita Gaxiola en Huapalcalco han mostrado que para el lapso de ocupación del sitio (*ca.* 650-900 d.n.e.) se dispone de evidencias cerámicas de intercambio entre el centro-norte de la costa del Golfo y la región de Tulancingo, Hidalgo (Gaxiola, 1999: 46).



● Fig. 4 Diagrama de componentes principales obtenido con las muestras de obsidiana prehistórica (de T1 y T21) y los yacimientos. El intervalo de confianza de las elipses es de 0.9.

Gaxiola y Guevara (1989: 241) han postulado precisamente que Huapalcalco funcionó como centro rector de la provincia de Tulancingo una vez desestabilizado el sistema tributario de Teotihuacán, situación que permitió una mayor dispersión de la obsidiana originaria de la zona de Tulancingo, principalmente del yacimiento de El Pizarrín, siendo ésta la fuente explotada de manera más intensa durante el Epiclásico en dicha región (Gaxiola, 2005: 185). Robert Cobean (2002: 50) también hace notar que el periodo de mayor actividad minera en este yacimiento corresponde al Clásico tardío (750-900 d.n.e.), periodo durante el cual la obsidiana de dicha fuente tuvo una amplia distribución en el centro de México.

En esta zona de la costa del Golfo de México la obsidiana de la Sierra de Pachuca se presenta en cantidades relativas realmente bajas durante todo el Clásico temprano y tardío, tan-

to en Morgadal Grande y Cerro Grande (Pascual Soto, 1997, 2006; Cruz Jiménez, 2000) como en El Tajín (Du Solier, 1945; Krotser y Krotser, 1973, 1989; Pescador, 1988; Rinke, 1987), Santa Luisa (Wilkerson, 1972, 1975, 1976), El Pital (Wilkerson, 1994a, 1994b), Serafín (Jiménez Lara, 1991), Zacate Colorado y Corralillos (Vázquez Zarate, 1997). En todos estos sitios la presencia de obsidiana proveniente de la Sierra de Pachuca es nula o realmente escasa para el Clásico. Wilkerson (1972: 861) reportó haber encontrado en Santa Luisa un primer —y al parecer único— ejemplar de navajillas prismáticas de obsidiana verde de la Sierra de Pachuca, pero en estratos correspondientes a la fase Esteros B (ca. 550-300 a.n.e.).

La baja densidad de obsidiana procedente de la Sierra de Pachuca en este sitio, así como en el resto de la zona costera del Golfo de México, es congruente con lo que conocemos para

el centro y sur de Veracruz (Cobean *et al.*, 1971, 1991; Knight, 1999, Santley *et al.*, 2001; Stark *et al.*, 1992). Al parecer la obsidiana verde de Pachuca siempre tuvo una distribución limitada a lo largo de la costa norte del Golfo durante todo el arco temporal prehispánico. La pieza de obsidiana recuperada mediante excavación en Morgadal Grande —identificada como procedente de la Sierra de Pachuca— puede ser ubicada cronológicamente entre las fases La Isla B y Cabezas (900-1520 d.n.e.) (Pascual Soto, 2006: 3338).

La obsidiana de Zacualtipan muy posiblemente llegó a la región de El Tajín en el curso de la fase El Cristo (1100-1300 d.n.e.), en coincidencia con la penetración de cerámicas caoliniticas, algunas de ellas de tradición huasteca (Daneels, 2006: 436). Es posible que esta ruta de comercio que partía desde Zacualtipan pasara por Huayacocotla para continuar por Paha-

tlán y entrar a la región del Tajín justo por el extremo occidental de la cuenca del río Cazonen. Es interesante notar el dato lingüístico proporcionado por L. Manrique Castañeda (1990: 211), quien sugiere la penetración de la lengua huasteca hacia Meztitlán alrededor del año 1000 d.n.e. También sabemos, por las investigaciones llevadas a cabo por Ana María Álvarez Palma y Gianfranco Cassiano (1997: 227), que los asentamientos prehispánicos relacionados con la explotación de la obsidiana han sido fechados por similitud cerámica para el Posclásico temprano.

A pesar de la amplia distribución de la obsidiana de esta fuente geológica desde el Clásico tardío, coincidimos con Robert Cobean (2002: 60) cuando afirma que: “la principal zona comercial prehispánica más importante para este yacimiento posiblemente fue la Huasteca de Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz, en donde se han

	ZP/OP <i>n</i> = 10	AV <i>n</i> = 4	ZH <i>n</i> = 4	SP <i>n</i> = 2	TH <i>n</i> = 1
Na(%)	3.1±0.1	3.1±0.1	2.6±0.09	3.56±0.05	3.5±0.05
Al(%)	6.7±0.5	6.68±0.08	7.18±0.08	5.4±0.5	5.39±0.05
K(%)	4.2±0.2	4.2±0.2	4.5±0.4	3.5±0.2	3.65±0.03
Sc	2.8±0.2	2.8±0.3	3±0.1	3.1±0.3	0.46±0.09
Mn	277±16	270±9	182±8	1057±10	416±0.7
Fe(%)	0.71±0.06	0.66±0.06	0.77±0.04	1.2±0.1	1.57±0.01
Rb	130±13	149±13	270±13	191±21	130±9
Sb	0.5±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.3±0.01	1.29±0.05
Cs	4±0.4	4±0.5	15±1	4±2	7.7±0.5
Ba	615±68	141±24	353±36	37.3±0.01	625±76
La	38±5	39±8	52±5	37.5±0.9	79.9±0.9
Eu	0.41±0.03	0.12±0.03	0.3±0.02	0.93±0.03	1.49±0.04
Dy	6.1±0.5	6.3±0.1	9.5±0.6	16.3±0.3	18.1±0.4
Yb	3.2±0.3	3.6±0.4	4.6±0.7	13±1	10.3±0.01
Lu	0.54±0.04	0.6±0.05	0.75±0.05	2±0.2	1.46±0.01
Th	19±2	22±2	36±1	20±1	13.8±0.3
U	4±0.8	4.4±0.9	9±3	5±2	4.7±0.4

● Fig. 5 Resultados de los análisis multielementales de las muestras de obsidiana, de acuerdo con los grupos formados mediante el diagrama de componentes principales. ZP/OP: Zaragoza/Oyameles, Pue.; AV: Altotonga, Ver.; ZH: Zacualtipan, Hgo.; SP: Sierra de Pachuca, Hgo.; TH: Tulancingo, Hgo. El número de muestras de cada grupo (*n*) está incluido. Las concentraciones están dadas en  $\mu\text{g/g}$ , a menos que se indique otra unidad.



identificado a simple vista los artefactos de obsidiana de Zacualtipan, aunque no se han realizado análisis de elementos traza en estos lugares”. En la medida en que se realicen más estudios de procedencia en obsidianas del centro-norte y norte del Golfo de México, seguramente podremos corroborar la amplia dispersión de los productos de Zacualtipan en estas regiones de Mesoamérica.

La obsidiana de Altotonga, Veracruz, es de color negro, con un ligero matiz guinda que se puede apreciar a contraluz. Geológicamente el material se encuentra de manera dispersa, en forma de pequeños nódulos de no más de 16 cm de largo, por esta razón difícilmente podrían extraerse navajas prismáticas (Ferriz, 1985: 367). Debido a ello los artefactos de dicha fuente son casi siempre instrumentos sobre lascas. De hecho, los artefactos analizados en la presente investigación fueron tres fragmentos de nódulos y una lasca laminar.

La región de Altotonga no dista más de 35 km de la llanura costera y está a sólo 48 km de la ciudad arqueológica de El Pital. En todo ese trayecto existen ventajas fisiográficas para el desplazamiento de grupos de personas, si se bordea el cauce del río Alcececa hasta alcanzar el río Bobos; a través de este recorrido se puede acceder a la llanura costera, donde el camino se vuelve plano y cómodo para el recorrido pedestre. En toda esta ruta se cuenta con suficientes recursos naturales para ofrecer alimentación y resguardo a quienes llevaban la obsidiana desde las tierras altas. Este camino tenía al río Nautla y sus afluentes como eje conductor, y como verdadera vía de transporte, en su tramo navegable. A lo largo de su curso existen afloramientos poco extensos de material ignimbrítico y algunas tobas ácidas. Ocasionalmente es posible encontrar pequeños cantos rodados de obsidiana en sus riberas, y en las de algunos afluentes menores; además de poseer una composición química muy semejante a la obsidiana de Altotonga, estaría mezclada con ésta en las playas y riberas del río, dado que en su curso hacia el mar atraviesa buena parte de la región de Altotonga. La recolección de estos nódulos para fabricar instrumentos sobre lasca debió ser

una tarea relativamente común para los pobladores de la llanura costera norte. Con todo, podemos proponer que la obsidiana de Altotonga fue utilizada intensamente por distintos sitios de la llanura costera del Golfo de México, incluyendo Morgadal Grande, por lo menos desde la fase Esteros B (550-300 d.n.e.) y hasta bien entrada la fase Cacahuatal (ca. 300-600 d.n.e.).

El sistema de yacimientos de Zaragoza-Oyameles está ubicado al norte de la ciudad arqueológica de Cantona, que fue sin duda la principal fuente de obsidiana para la gran mayoría de asentamientos ubicados en el área del centro-norte del Golfo de México durante todo el periodo Clásico. Cantona está situada a no más de 10 km en línea recta de los principales puntos de extracción de obsidiana, y los numerosos talleres encontrados en la ciudad demuestran la vocación de sus habitantes por la explotación y tallado de la obsidiana (García Cook y Merino Carrión, 1998: 210; 2000: 95).

Todo parece apuntar que a partir de su periodo de ocupación II (ca. 150/200-600 d.n.e.) Cantona (García Cook y Merino Carrión, 1998: 213) sería el principal centro distribuidor de obsidiana de Zaragoza-Oyameles a la costa del Golfo, valle de Puebla-Tlaxcala y, posiblemente, al istmo de Oaxaca. La consolidación del centro de explotación y comercio en Cantona intensificó la ruta hacia la cuenca del Tecolutla y el río Cazones.

Desde Cantona partían los cargamentos de obsidiana extraída de los yacimientos de Zaragoza-Oyameles, posiblemente desde las puertas de algunos de los múltiples talleres localizados en esta ciudad (*ibidem*: 210), para de ahí tomar la dirección noreste rumbo al área de Hueyapan, y desde este punto la comunicación con Yohualichan a lo largo del río Apulco se vuelve relativamente fácil. Yohualichan es una ciudad que guarda en todo la pauta cultural dictada por El Tajín, y de hecho comparten el mismo carácter arquitectónico y cerámico. La ubicación de este sitio arqueológico ofrece un trayecto menos accidentado, y por ende un tránsito más rápido hacia El Tajín. Sabemos que Yohualichan es en todo momento contemporáneo a El Tajín, por ello viven sus momentos de mayor auge al mis-

mo tiempo; sabemos también, gracias a las exploraciones en el sitio, que esta ciudad se fundó alrededor del año 400 d.n.e. (Ruiz Gordillo, 1997: 40).

El “camino” comercial hacia El Tajín y el resto de la planicie costera posiblemente llegaba hasta el sitio de Peñasco Limonar, un asentamiento ribereño de la cuenca alta del Tecomul, pero ya totalmente dentro de la planicie aluvial de Espinal. Después, la caravana de comerciantes y cargadores procedentes del Altiplano oriental seguiría hacia el norte hasta el sitio de Cerro Grande. Por un lado, esta antigua ciudad es el punto con mayor altitud viniendo desde el Tecomul, y al parecer es uno de los sitios más importantes de todo el “corredor Tlahuanapa”.

Es muy posible que la mayor parte de la obsidiana en Morgadal Grande y la región del Tajín hacia el Clásico tardío y el Epiclásico proceda de los yacimientos de Zaragoza-Oyameles (Jack *et al.*, 1972: 118; Ferriz, 1985: 369; Rinke, 1987; Cruz Jiménez, 2000: 45); de igual forma, en el sitio de Zacate Colorado se han identificado visualmente preformas y artefactos terminados, tales como navajillas prismáticas, hechos con obsidiana de Zaragoza-Oyameles (Vázquez Zárate, 1997: 26). Hemos mencionado ya que investigaciones previas han identificado algunas fuentes de aprovisionamiento de obsidiana para El Tajín, y además de confirmarse en ellas la presencia de materiales de Zaragoza-Oyameles, se pudo identificar obsidiana de El Paraíso, Querétaro, y Ucareo, Michoacán.

En lo que respecta a la fuente de El Paraíso, ninguna de las muestras analizadas en esta investigación fue identificada como proveniente de ese yacimiento; tan sólo se cuenta con breves menciones por parte del arqueólogo Jeffrey Wilkerson, quien lamentablemente no describe el tipo de artefactos analizados y tampoco da cuenta del número de muestras estudiadas (Wilkerson 1972: 849; 1990: 261). Sin embargo, Robert Cobean (2002: 72) recientemente ha señalado que debido a un error de identificación los artefactos atribuidos inicialmente al yacimiento de El Paraíso en realidad corresponden a la fuente de Ucareo-Zinapécuaro, y al pare-

cer se trata de una condición aplicable a análisis anteriores a 1979.

Este dato es muy importante, pues da consistencia a la información respecto a la presencia de obsidiana procedente del norte de Michoacán hacia la región costera del Golfo de México. Entre las piezas analizadas como parte de nuestra investigación tampoco se halló muestra alguna procedente de este yacimiento. Sin embargo, la obsidiana de Ucareo ha sido detectada en El Tajín (Jack *et al.*, 1972; Healan, 1997: 79). Gracias a las investigaciones de Dan Healan se sabe que la obsidiana de Zinapécuaro y Ucareo se explotó intensivamente durante el Epiclásico y el Posclásico temprano; de hecho, tal como señala ese autor, durante ese tiempo fue una de las fuentes con mayor dispersión de sus productos en distintos sitios de Mesoamérica (Healan, *ibidem*: 77). Dado que la muestra analizada por la Universidad de California (Jack *et al.*, 1972) provenía de la superficie, sin un contexto arqueológico definido, es difícil asignarle temporalidad probable, por ello que Healan propone para esta obsidiana en El Tajín una temporalidad correspondiente del Clásico tardío.

Annick Daneels y Fernando Miranda (1999: 42) proponen que la región de Córdoba, Orizaba y Maltrata experimentaron un crecimiento en el número de asentamientos durante el Posclásico temprano, en parte debido a su ubicación dentro de la ruta de comercio que llevaba cerámica Plumbate y obsidiana de Ucareo-Zinapécuaro desde Tula hasta Chichén Itzá. Por tanto, tentativamente se puede situar la llegada de la obsidiana de Ucareo-Zinapécuaro a la región del Tajín, entre 900 y 1200 d.n.e., justamente durante la llamada fase Perales terminal definida por Christine Hernández (2000: 34) para el noroeste de Michoacán; precisamente durante este periodo es posible encontrar en la zona de yacimientos de Ucareo-Zinapécuaro “una pequeña presencia de cerámica tolteca importada del noroeste de Michoacán que acompaña la cerámica local”.

A través de fechados absolutos las excavaciones efectuadas dentro de Morgadal Grande han mostrado que hacia el final de la fase La Isla B (900-1100 d.n.e.) e inicios de la fase El Cristo

(1100-1300 d.n.e.) la ciudad se mantenía en actividad, si bien de forma distinta que en el Clásico tardío y el Epiclásico; ya que por entonces se efectuarían las últimas reformas arquitectónicas de importancia en el sitio (Pascual Soto, 2006: 168).

Por otro lado, Annick Daneels (2006: 430) ha señalado que el abandono de El Tajín debió suceder hacia el año 1000 d.n.e.; de igual forma, esta autora muestra cómo la fase El Cristo da inicio a la presencia de nuevos tipos cerámicos exógenos y a dinámicas de reocupación de espacios públicos en la región (*ibidem*: 436). Es posible que la presencia de esta obsidiana michoacana en la región de El Tajín esté reflejando el momento político y los consiguientes cambios en la estructura de las rutas comerciales hacia esta parte de la llanura costera.

## Conclusiones

El análisis por activación neutrónica, aunado a las pruebas estadísticas, ha sido útil para identificar la procedencia de la obsidiana del sitio arqueológico de Morgadal Grande. Los análisis de procedencia mediante la caracterización química de la obsidiana han abierto las puertas a nuevas hipótesis en cuanto a las redes de distribución de este producto en la Mesoamérica precortesiana. Si no contáramos con esta poderosa herramienta quizá nos perderíamos de un medio de contrastación de antiguas hipótesis respecto al papel de Teotihuacán en el comercio de obsidiana en la costa del Golfo.

Sabemos que sería importante incrementar el número de muestras de obsidiana para ser analizadas a través de medios químicos; sin embargo, desde nuestro punto de vista los resultados aquí obtenidos pueden ser complementados a futuro con nuevos análisis de este tipo. Consideramos además que estas reflexiones iniciales en torno a la distribución de obsidiana hacia Morgadal Grande, y en general hacia la región de El Tajín, abonan en un mejor entendimiento con respecto al papel político y comercial que jugaron ciudades tan importantes como El Tajín, Cantona y Teotihuacán. Falta por conocer la in-

cidencia en la zona de la obsidiana del Pico de Orizaba, así como ahondar en aspectos tecnológicos y tipológicos de los artefactos en Morgadal Grande, y así completar el ciclo de adquisición, uso y desecho en este importante sitio de la costa del Golfo de México.

## Bibliografía

- Álvarez Palma, Ana y Gianfranco Cassiano  
1997. "El patrón de asentamiento y las etapas de desarrollo cultural prehispánico en el área de Metztlán, Hidalgo", en *Homenaje a la Dra. Beatriz Barba de Piña Chán*, México, INAH (Científica, 343), pp. 223-236.
- Barrett, Thomas P.  
2003. "Tuxtla Obsidian: Organization and Change in a Regional Craft Industry", tesis, Tucson, Department of Anthropology-University of New Mexico.
- Cobean, Robert  
1991. "Principales yacimientos de obsidiana en el Altiplano Central", en *Arqueología*, segunda época, núm. 5, pp. 9-31.  
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, Robert, Michael Coe, Edward Perry y Karl Turekian  
1971. "Obsidian Trade at San Lorenzo Tenochtitlán, México", en *Science*, vol. 174, núm. 4010, pp. 666-671.
- Cobean, Robert, James Voght, Michael Glascock y T. Stocker  
1991. "High-precision Trace Element Characterization of Major Mesoamerican Obsidian Sources and Further Analysis of Artifacts from San Lorenzo Tenochtitlán, Mexico", en *Latin American Antiquity*, vol. 2, núm. 1, pp. 69-91.
- Cruz Jiménez, Ricardo  
2000. "Los caminos de la obsidiana en la región de El Tajín", tesis de licenciatura, México, ENAH-INAH.

- Daneels, Annick  
2006. “La cerámica del Clásico en Veracruz (0-1000 d.C.)”, en Leonor Merino Carrión y Ángel García Cook (eds.), *La producción alfarera en el México antiguo II*, México, INAH (Científica, 495), pp. 393-503.
- Daneels, Annick y Fernando Miranda  
1999. “La industria prehispánica de la obsidiana en la región de Orizaba”, en C. Serrano Sánchez y A. García Márquez A. (eds.), *El valle de Orizaba, textos de historia y antropología*, México, UNAM/MAUV/H. Ayuntamiento de Orizaba, pp. 27-60.
- Du Solier, Wilfrido  
1945. “La cerámica arqueológica del Tajín”, en *Anales del Museo Nacional de México*, núm. 5, pp. 1-45.
- Ekström L.P. y R.B. Firestone  
2004. Table of Radioactive Isotopes. Base de datos, version 2.1. <http://ie.lbl.gov/toi/index.htm>, página consultada el 30 de enero de 2009.
- Esquivais, Chantal  
2003. “On the Edge of Empire? Settlement Changes in Chacalapan, Southern Veracruz, Mexico, during the Classic and Postclassic Periods”, tesis, Department of Archaeology-Boston University.
- Ferriz, Horacio  
1985. “Caltonac, a pre-Hispanic Obsidian-mining Center in Eastern Mexico?: A Preliminary Report”, en *Journal of Field Archeology*, núm. 12, pp. 363-370.
- García Cook, Ángel y Leonor Merino Carrión  
1998. “Cantona: urbe prehispánica en el Altiplano central de México”, en *Latin American Antiquity*, vol. 9, núm. 3, pp. 191-216.
- 2000. “El Proyecto arqueológico Cantona”, en Jaime Litvak y Lorena Mirambell (coords.), *Arqueología, historia y antropología: In memoriam José Luis Lorenzo Bautista*, México, INAH (Científica, 415), pp. 161-203.
- Gaxiola, Margarita  
1999. “Huapalcalco y las tradiciones alfareras del Epiclásico”, en *Arqueología*, núm. 21, pp. 45-71.
- 2005. “Rancho la Cañada: una unidad de producción de instrumentos de obsidiana en Huapalcalco, Hidalgo”, en L. González y L. Mirambell (eds.), *Reflexiones sobre la industria lítica*, México, INAH (Científica, 475), pp. 181-204.
- Gaxiola, Margarita y Jorge Guevara  
1989. “Un conjunto habitacional en Huapalcalco, Hgo., especializado en la talla de obsidiana”, en M. Gaxiola y J. Clark (coords.), *La obsidiana en Mesoamérica*, México, INAH (Científica), pp. 227-242.
- Healan, Dan  
1997. “Prehispanic Quarrying in the Ucareo-Zinapécuaro Source Area”, en *Ancient Mesoamerica*, núm. 8, pp. 77-100.
- Heller, Lynette  
2001. “Sources, Technology, Production, Use and Deposition of Knapped Obsidian”, en B. Stark (ed.), *Classic Period Mixtequilla*, Albany, University of New York-Institute for Mesoamerican Studies (Monograph 12), pp. 159-175.
- Heller, Lynette y Barbara Stark  
1997. “Classic and Postclassic Obsidian Tool Production and Consumption: A Regional Perspective from the Mixtequilla, Veracruz”, en *Mexicon*, núm. 20, pp. 119-128.
- Hester, Thomas, Robert Heizer y Robert Jack  
1971. “Technology and Geologic Sources of Obsidian Artifacts from Cerro de Las Mesas, Veracruz, with Observations on Olmec Trade”, en *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*, vol. 13, pp. 133-141.
- Hernández, Christine  
2000. “Una comparación entre la fase Perales en el noreste de Michoacán y la fase Lerma en Acámbaro, Guanajuato”, en *Arqueología*, núm. 25, pp. 23-46.
- Hurtado de Mendoza, Luis  
1973. “Neutron Activation Analysis of Kaminaljuyu Obsidian”, en W. Michaels y W. Sanders (eds.), *Kaminaljuyu Project 1969, 1970 Seasons, part 1*, Penn State University (Occasional Papers in Anthropology, 9), pp. 43-54.

- Jack, Robert, Thomas Hester y Robert Heizer  
1968. "Finger-Printing of Some Mesoamerican Obsidian Artifacts", en *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*, vol. 5, pp. 81-100.
- 1972. "Geological Sources of Archaeological Obsidian from Sites in Northern and Central Veracruz, Mexico", en *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*, vol. 16, pp. 117-122.
- Jiménez Lara, Pedro  
1991. "Reconocimiento de superficie dentro y fuera de la zona arqueológica de El Tajín", en J. Brüeggemann (coord.), *Proyecto Tajín*, México, INAH (Cuadernos de Trabajo, 9).
- Jiménez-Reyes, Melania, Dolores Tenorio, Juan Rodrigo Esparza-López, Ricardo Leonel Cruz-Jiménez, Carlos Mandujano y Sandra Elizalde  
2000. "Neutron Activation Analysis of Obsidians from Quarries of the Central Quaternary Trans-Mexican Volcanic Axis", en *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 250, pp. 465-471.
- Knight, Charles  
1999. "The Late Formative to Classic Period Obsidian Economy at Palo Errado, Veracruz", tesis doctoral, Pittsburgh, Pittsburgh University.
- Krotser, Paula y Ramón Krotser  
1973. "Topografía y cerámica de El Tajín, Ver.", en *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, vol. III, pp. 177-221.
- 1989. "La forma de vida en El Tajín", en Lorenzo Ochoa (ed.), *Huastecos y totonacas: una antología histórico-cultural*, México, Conaculta, pp. 280-292.
- Manrique Castañeda, Leonardo  
1990. "La posición de la lengua huasteca", en Lorenzo Ochoa (ed.), *Huastecos y totonacas: una antología histórico-cultural*, México, Conaculta, pp. 206-224.
- Mottana, Anibale, Rodolfo Crespi y Giuseppe Liborio  
1977. *Guía de minerales y rocas*, México, Grijalbo.
- Neff, Héctor  
2008. "GAUSS Language Routines for Statistical Analysis of Multivariate Archaeometric Sata", en (<http://archaeometry.missouri.edu>), consultada el 30 de enero de 2009.
- Nelson, Fred  
1988. "Resumen de los métodos analíticos usados en la identificación de yacimientos y artefactos de obsidiana", en M. Gaxiola y J. Clark (coords.), *La obsidiana en Mesoamérica*, México, INAH (Científica).
- Ortega, José  
1989. "Propiedades físicas, petrográficas y yacimientos de vidrios volcánicos", en M. Gaxiola y J. Clark (coords.), *La obsidiana en Mesoamérica*, México, INAH (Científica).
- Pascual Soto, Arturo  
1990. *Iconografía arqueológica de El Tajín*, México, IIE-UNAM/FCE.
- 1997. "El Tajín en vísperas del Clásico tardío", tesis de doctorado, México, FFyL-UNAM.
- 2002. "El Tajín, First Approximations of a Civilization", en *Voices of Mexico*, núm. 60, pp. 79-82.
- 2006. *El Tajín, en busca de los orígenes de una civilización*, México, IIE-UNAM.
- Pescador, Laura  
1988. "Exploración de una unidad habitacional en el oeste de la ciudad. Proyecto Tajín" (mecanoescrito), Archivo Técnico del INAH, México.
- Pires-Ferreira, Jane  
1975. *Formative Mesoamerican Exchange Networks with Special Reference to the Valley of Oaxaca*, Ann Arbor, University of Michigan Press (Memoirs of the Museum of Anthropology, 7).
- Rinke, Dorothee  
1987. "La excavación de dos casas habitación. Informe Técnico del Proyecto Tajín, Temporada 1987" (mecanoescrito), Archivo Técnico del INAH, México.
- Ruiz Gordillo, Omar  
1997. "Yohualichan: investigación y conservación", en *Memoria del V Foro anual docencia, investigación, extensión y difusión de la facultad de antropología*, Xalapa, Universidad Veracruzana, pp. 39-46.

- Santley, R.S., T.P. Barrett, M.D. Glascock y H. Neff  
2001. "Pre-Hispanic Obsidian Procurement in the Tuxtla Mountains, Southern Veracruz, Mexico", en *Ancient Mesoamerica*, vol. 12, pp. 49-63.
- Stark, Barbara *et al.*  
1992. "Obsidian-artifact Source Analysis for the Mixtequilla Region, South-central Veracruz, México", en *Latin American Antiquity*, vol. 3, núm. 3, pp. 221-239.
- Stresser-Péan, Guy  
1995. El Códice de Xicotepec, estudio e interpretación, México, CEMCA/FCE/Gobierno del Estado de Puebla.
- Stross, F. *et al.*  
1968. "Analysis of American Obsidians by X-Ray Fluorescence and Neutron Activation Analysis", en *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*, núm. 5, pp. 59-79.
- Vásquez Zárate, Sergio  
1997. "Rescate arqueológico en Zacate Colorado y Corralillos, Veracruz", en *Memoria del V Foro anual docencia, investigación, extensión y difusión de la Facultad de Antropología*, Xalapa, Universidad Veracruzana pp. 25-38.
- Weaver, J. y Stross, F.  
1965. "Analysis by X-ray Fluorescence of Some American Obsidians", en *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*, núm. 1, pp. 89-93.
- Wilkerson, Jeffrey K.  
1972. "Ethnogenesis of the Huastecs y Totonacs. Early Cultures North-Central Veracruz at Santa Luisa, Mexico" (mecanoescrito), Archivo Técnico del INAH, México.
- 1975. "Pre-agricultural Village Life: The Late Pre-ceramic period in Veracruz", en *Contributions of the University of California. Archaeological Research Facility*, vol. 27.
- 1976. "Report to the National Geographic Society and the Instituto Nacional de Antropología e Historia on the 1976 Season of the Florida State Museum-National Geographic Society" (mecanoescrito), Archivo Técnico del INAH, México.
- 1990. "Presencia huasteca y cronología cultural en el norte de Veracruz Central", en Lorenzo Ochoa (ed.), *Huastecos y totonacos: una antología histórico-cultural*, México, Conaculta, pp. 257-279.
- 1994a. "The Garden City of El Pital: The Genesis of Classic Civilization in Eastern Mesoamerica", en *National Geographic Research and Exploration*, vol. 1, núm. 10, pp. 56-71.
- 1994b. El Pital y los asentamientos prehispánicos en la cuenca inferior del río Nautla, Veracruz, México" (mecanoescrito), Reporte técnico a la National Geographic Society y al INAH, Archivo Técnico del INAH, México.

