



## Artículo

# Procedencia de la mica de Teotihuacan: control de los recursos suntuarios foráneos por las élites gobernantes

*The provenance of Teotihuacan mica: the control of sumptuary foreign goods by the ruling elite*

Linda R. Manzanilla<sup>a,\*</sup>, Xim Bokhimi<sup>b</sup>, Dolores Tenorio<sup>c</sup>, Melania Jiménez-Reyes<sup>c</sup>,  
Edgar Rosales<sup>d</sup>, Cira Martínez<sup>e</sup> y Marcus Winter<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, Cd. Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

<sup>b</sup> Instituto de Física de la UNAM, Cd. Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

<sup>c</sup> Departamento de Química, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Apartado Postal 18-1027, 11801 Ciudad de México, México

<sup>d</sup> Posgrado en Antropología, UNAM, Cd. Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

<sup>e</sup> Centro-INAH Oaxaca, Pino Suárez 715, Col. Centro, Oaxaca, Oax. 68000, México

Recibido el 6 de septiembre de 2016; aceptado el 23 de septiembre de 2016

## Resumen

Este artículo tiene como tema la descripción de los contextos de hallazgo y procedencia de la mica (flogopita o biotita) —una materia prima importada de los valles centrales de Oaxaca— en la gran metrópolis de Teotihuacan en el centro de México, durante el periodo Clásico (primeros 6 siglos de la Era cristiana). Más del 90% de la mica de Teotihuacan está concentrado en 2 complejos arquitectónicos: el Grupo Viking, al sur de la Pirámide del Sol, y el complejo palaciego de Xalla, al norte de la Pirámide del Sol, 2 espacios relacionados con la elite gobernante de la ciudad. En contraste, en otros conjuntos arquitectónicos, como el centro de barrio multiétnico de Teopancazco, también excavado por nuestro proyecto, hallamos solamente gramos de mica.

Los cerca de 37 kg de mica hallados en Xalla fueron hallados por el proyecto “Teotihuacan. Elite y gobierno” (Linda R. Manzanilla, 1997-2016) en forma de placas, triángulos, figuras trapezoidales, rectángulos, cuadrados y círculos, así como en fragmentos pequeños y polvo. En Xalla, fueron utilizados en las partes bajas de los muros; en Oztoyahualco 15B, en las rodela que adornan incensarios tipo teatro; en Teopancazco, discos y formas geométricas acompañan entierros relevantes.

A través de análisis arqueométricos (difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, activación neutrónica), las micas de Xalla y Teopancazco se caracterizaron y compararon con yacimientos de mica de los valles centrales de Oaxaca (Las Trancas cerca de San Francisco Telixtlahuaca, Paraje Loma Gorda cerca de Cuilapan, Loma Yaguín cerca de Santo Tomás Jalieza, la mina moderna de Minerales de Antequera S.A. en Ocotlán de Morelos), y con mica prehispánica de los sitios arqueológicos de Monte Albán, Cerro de las Minas y Huamelulpan en Oaxaca. La mayoría de la mica prehispánica al parecer fue extraída del sitio de la minera moderna de Minerales de Antequera S.A. en Ejutla.

© 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Palabras clave:** Mica; Oaxaca; Xalla; Teopancazco; Monte Albán

## Abstract

This article describes the provenance and contexts in which mica (phlogopite or biotite) has been found, as a foreign raw material imported from the Valley of Oaxaca, in the great metropolis of Teotihuacan in Central Mexico, during the Classic period (first 6 centuries CE). More than 90% of the mica found in the Classic city is concentrated in two compounds at Teotihuacan: the Xalla Palace, to the north of the Sun Pyramid, and the Viking Group, to the south of the Sun Pyramid, both sites that were related to the city's governing elite. In contrast to the large amount of mica in these contexts is the small amount (measured in grams) found in multi-ethnic neighborhood centers such as Teopancazco, which were also excavated by this project.

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [lmanza2004@yahoo.com.mx](mailto:lmanza2004@yahoo.com.mx) (L.R. Manzanilla).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.antro.2016.09.001>

0185-1225/© 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

The approximately 37 kg of sheet mica found in Xalla during the project “Teotihuacan. Elite and government” (Linda R. Manzanilla, 1997–2016) occurs as cut plaques, triangles, trapezoidal figures, rectangles and circles, as well as flake mica and dust. At Xalla, they were used on the lower part of the walls; as circles incorporated as “eyes” in theater-type censers found in Oztoyahualco 15B; and as disks and angular geometric figures in important burials at Teopanczco.

Through archaeometric studies (X-ray diffraction, scan electron microscopy, neutron activation), mica from Xalla and Teopanczco is characterized and compared with sources of mica in the Valley of Oaxaca (Las Trancas near San Francisco Telixtlahuaca, Paraje Loma Gorda near Cuilapan, Loma Yaguín near Santo Tomás Jalieza, the modern mine of Minerale de Antequera S.A. in Ocotlán de Morelos) and with Prehispanic mica from the archaeological sites of Monte Albán, Cerro de las Minas, and Huamelulpan in Oaxaca. Most of the Prehispanic mica may have come from the area of the modern mine of Minerale de Antequera S.A. in Ejutla.

© 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

*Keywords:* Mica; Oaxaca; Xalla; Teopanczco; Monte Albán

## Introducción

En esta investigación abordamos un material brillante, especular y llamativo en placas, hallado profusamente en diversos conjuntos arquitectónicos de Teotihuacan: la mica (Rosales de la Rosa, en preparación). Para entender la procedencia de este material en los valles centrales de Oaxaca hicimos análisis de microscopía electrónica de barrido, difracción de rayos X y activación neutrónica.

Obtuvimos múltiples muestras de diversas fuentes de los Valles Centrales de Oaxaca, la mayoría de las cuales gentilmente fueron proporcionadas para nuestro análisis por los arqueólogos Ciria Martínez y Marcus Winter, del Centro-INAH Oaxaca. Otras provinieron de la actual minera: Minerale de Antequera, ubicada en Ejutla, Oaxaca. Las muestras prehispánicas provienen de la Plataforma Norte de Monte Albán, de una tumba en Huajuapán de León, y de Huamelulpan, Oaxaca, contrastadas contra las micas de excavaciones controladas del centro de barrio multiétnico de Teopanczco y el complejo palaciego de Xalla en Teotihuacan, como parte del proyecto arqueológico “Teotihuacan: Elite y gobierno”, de la Dra. Linda R. Manzanilla (IIA-UNAM) (Manzanilla, 2008b).

Durante el periodo Clásico en el Centro de México (Manzanilla, 2009b), la gran metrópolis de Teotihuacan albergó a distintos grupos étnicos que participaron en una sociedad urbana que constituyó una excepción en Mesoamérica: su extensión (20 km<sup>2</sup>) y su traza ortogonal (Millon, 1973), su patrón de asentamiento dominado por una enorme metrópolis rodeada de sitios rurales (Sanders, Parsons y Santley, 1979), su carácter multiétnico y su organización corporativa (Manzanilla, 2015a, 2012b, 2009a). Pudo haber sido la capital de un estado que Manzanilla ha denominado de “tipo pulpo”, con la gran ciudad como la cabeza, y los tentáculos como los corredores de sitios aliados hacia regiones que proveían bienes suntuarios para el consumo de la elite (Manzanilla, 2006, 2009a, 2011a, 2015a).

La organización corporativa presente en los conjuntos de apartamentos teotihuacanos que albergaban grupos corporativos (Manzanilla, 2009a) y en el posible co-gobierno (Manzanilla, 2009a, 2008a) fue amenazada por las elites intermedias que administraban los centros de barrio, que competían entre ellas para traer los bienes más exóticos, raros y vistosos para despliegue personal (Manzanilla, 2015a). Este comportamiento

exclusionista (Blanton, Feinman, Kowalewski y Peregrine, 1996) fue contrario al desiderátum corporativo del estado teotihuacano, y quizás la tensión llevó al colapso.

Una de las más importantes estructuras palaciegas de Teotihuacan es Xalla, ubicada al norte de la Pirámide del Sol (Manzanilla, 2008a; Manzanilla y López Luján, 2001), en el cuadro N4E1 del mapa de René Millon (Millon, 1973). Es una gigantesca estructura palaciega (55,000 m<sup>2</sup>), fundada en el periodo Miccaotli (circa 150 dC), y localizada entre las 2 pirámides principales, al este de la Calzada de los Muertos. Tiene un camino elevado que conecta Xalla con la Plaza de la Luna (Manzanilla y López Luján, 2001). Está rodeada por un muro perimetral con paso de ronda, que permite la vigilancia. Tiene 8 plazas y 29 plataformas, hecho que sugiere que se trata de un palacio multifuncional. Su plaza principal tiene 4 estructuras elevadas equivalentes, cada una a un punto cardinal, con un templo en el centro de la plaza; su traza muy formal sugiere la flor de 4 pétalos, un emblema prominente en el núcleo de la ciudad, y quizás el glifo emblema de Teotihuacan (según López Austin, 1989). Esta plaza principal de Xalla podría ser un espacio particular para los co-gobernantes de Teotihuacan (Manzanilla, 2002a, 2002b, 2008a).

La Plaza 5 al sur de ésta podría ser un espacio utilizado por los artesanos adscritos al palacio, dedicados al trabajo lapidario (incluyendo el trabajo de la mica), la confección de vestimentas, la carpintería, la decoración de incensarios tipo teatro, la pintura, actividades de las cuales tenemos instrumentos, materias primas y desechos. Dos materias primas suntuarias podrían haber sido controladas por la elite gobernante de Teotihuacan: la mica de los Valles Centrales de Oaxaca (Rosales de la Rosa y Manzanilla, 2011) y la jadeíta de la región del Motagua en Guatemala-Honduras (Ruvalcaba Sil, Manzanilla, Melgar y Lozano Santa Cruz, 2008).

Otro conjunto que tomamos en cuenta en este estudio fue Teopanczco, un centro de barrio multiétnico ubicado al sur de La Ciudadela de Teotihuacan, en el cuadro S2E2 de Millon (Manzanilla, 2006, 2009a, 2011b, 2012a, 2012b, 2015a). La elite intermedia de Teotihuacan parece haber administrado los aproximadamente 22 centros de barrio de la ciudad (Froese, Gershenson y Manzanilla, 2014), pero también parecen haber constituido elementos muy dinámicos que competían por prestigio y estatus al auspiciar caravanas hacia sectores proveedores

de materias primas y bienes suntuarios en Mesoamérica, y que trajeron a la ciudad bienes exóticos, pigmentos y cosméticos (Martínez García, Ruvalcaba, Ontalba y Manzanilla, 2002; Martínez García, Ruvalcaba, Ontalba y Manzanilla, 2005; Vázquez de Ágredos Pascual, Manzanilla Naim y Vidal Lorenzo, 2012; Doménech Carbó et al., 2012), mantas de algodón, piedras verdes y travertino (Melgar Tísoc, Solís Ciriaco y Ruvalcaba Sil, 2011; Melgar Tísoc, Solís Ciriaco y Ruvalcaba Sil, 2012), pizarra (López Juárez, Ruvalcaba Sil y Aguilar Franco, 2012), moluscos marinos (Velázquez Castro y Pérez Roldán, 2011; Velázquez Castro, Valentín Maldonado y Zúñiga Arellano, 2012), peces de las lagunas costeras y cangrejos (Rodríguez Galicia, 2010), y otros bienes (Manzanilla, 2015a).

Es sorprendente que la elite intermedia de los centros de barrio de Teotihuacan acumulase una gran variedad de bienes suntuarios a través de un sistema de caravanas dirigidas a diversas áreas de Mesoamérica, mientras la elite gobernante solo controló mica y jadeíta que venían de regiones muy lejanas.

La mica es un material frágil y suave, con un brillo muy atractivo y gran resistencia al calor. La mica es un término para denominar a los aluminosilicatos hidratados con K, Mg o Fe, también llamados filosilicatos. Este material se exfolia en hojas finas y elásticas. Hay 3 variantes: la moscovita ( $KAl_2 [OH]_2 [AlSi_3O_{10}]$ ), la biotita ( $K_2 [Mg,Fe]_2 [OH]_2 [AlSi_3O_{10}]$ ) y la flogopita ( $KMg_3Al [OH] Si_4O_{10}$ ) (Kerr, 1959, p. 383). Es suave, por lo que puede ser fácilmente cortada con navajas prismáticas de obsidiana, y puede ser exfoliada con instrumentos de hueso, como los que hallamos en la E12 de Xalla.

Sobre la función de este mineral en la sociedad teotihuacana, hay varios interrogantes. Nada sabemos a ciencia cierta, aparte del hecho de que era un material foráneo fuertemente controlado por la elite gobernante de Teotihuacan. En el *Códice Florentino* (Sahagún, 1963, p. 235) fue considerada un mineral con un brillo áureo que resiste a las temperaturas altas; los mexicas parecen haberlo denominado *metzcuítlatl* o “excremento de la Luna”.

### La mica: sus características y yacimientos en los Valles Centrales de Oaxaca

Los teotihuacanos usaron flogopita (brillo amarillento) o biotita (un brillo más oscuro, incluso negro, debido al hierro). Estos minerales son generados en el contacto metamórfico de las rocas pegmatíticas (Victoria, Mayorga y Prol, 1997). La región más cercana de la cual los teotihuacanos pudieron traer la mica es Oaxaca, y otros investigadores ya habían propuesto que los depósitos cerca de Monte Albán pudieron haber sido los yacimientos de origen de la mica teotihuacana (Martínez López, 1994).

En esta investigación hemos tomado muestras de los siguientes yacimientos (la matriz) y su contenido de mica de los Valles Centrales de Oaxaca, proporcionados por Cira Martínez López y Marcus Winter (véase fig. 1).

- M1 (matriz geológica) y M4 (mica): Las Trancas, San Francisco Telixtlahuaca. En este yacimiento, la mica aparece en placas de 5 por 5 por 0.5 cm. No es muy abundante en este punto. Altitud: 2 160 msnm; 14Q 0719793, UTM 1925424;

latitud N17°24.221' y longitud HO96°55.867'. La mica estaba expuesta cuando se construyó un camino en la ladera.

- M2 (matriz geológica) y M3 (mica): Paraje Loma Gorda, Cuilapan de Guerrero. Pequeños fragmentos de mica fueron expuestos por el cultivo con arado y por cursos de agua. Altitud: 1 659 msnm; 14Q0732397, UTM 1879829; latitud N16°59.434' y HO96°49.041' longitud.
- M10: Loma Yaguín, Santo Tomás Jalieza (camino a Tocuila); monte entre San Martín Jalieza y Tocuila.
- M11, M12, M13 y M14: mina moderna de mica denominada Minerales de Antequera S.A., en Ejutla (marcadas respectivamente como “biotita”, “mica”, “vermiculita” y “flogopita”).

### Mica prehispánica procedente de Oaxaca

- M0: Huajuapán de León, tumba de Cerro de las Minas. Muestra proporcionada por Iván Rivera (Alfaro Castro y Rivera Guzmán, 2014).
- M5: Huamelulpan 1990, Área C, Trinchera C1, elemento C1, bolsa C11. Es un taller de mica ubicado en la porción más alta del Grupo Iglesia, del antiguo centro urbano mixteco de Huamelulpan, en un conjunto residencial denominado Conjunto Sur. El taller estaba constituido por adornos en la forma de discos y volutas, así como preformas y materia prima. La cerámica asociada fue clasificada como Huamelulpan II (200 aC-200 dC), y se usaron grandes lascas de sílex para cortarla. La muestra fue tomada de la materia prima.
- Monte Albán. Las muestras vienen de 3 contextos localizados en el lado oriental de la Plataforma Norte de Monte Albán (fig. 2) (Martínez López, 1994).
- Estructura 1992-Norte. Es una estructura con una escalinata en el lado sur de la proyección este de la Plataforma Norte. Esta construcción fue edificada en el Clásico Temprano (350-500 dC) o más tarde. El escombros que cubrió la estructura fue excavado por trincheras, como fue el caso de la Trinchera A4, donde mica y cerámica (500 aC-500 dC) fueron halladas asociadas. Las muestras correspondientes a esta estructura fueron:
  - M6: Monte Albán 1992 Plataforma Norte. Área A, Trinchera A4, bolsa A19.
  - M8: Monte Albán 1993 Plataforma Norte, Estructura 92 Norte, bolsa 88.
- Edificio VG. Es el templo más alto de la Plataforma Norte, y está ubicado en el lado este del patio de esta construcción. La Trinchera B6 fue excavada bajo y al este del muro que rodea la plataforma encima de donde está ubicado el Edificio VG. El relleno con el cual la plataforma fue elevada parece haber sido producto de un taller de placas de mica con fechamiento radiocarbónico de  $200 \pm 70$  dC (Beta 63235), y asociado a cerámica de la fase Pitao (Clásico temprano) y cerámica de estilo teotihuacano (Grupo Dxu’).

La muestra relacionada a este depósito es:

- M7: Monte Albán 1992, Plataforma Norte. Área B, Trinchera B6, bolsa 537.

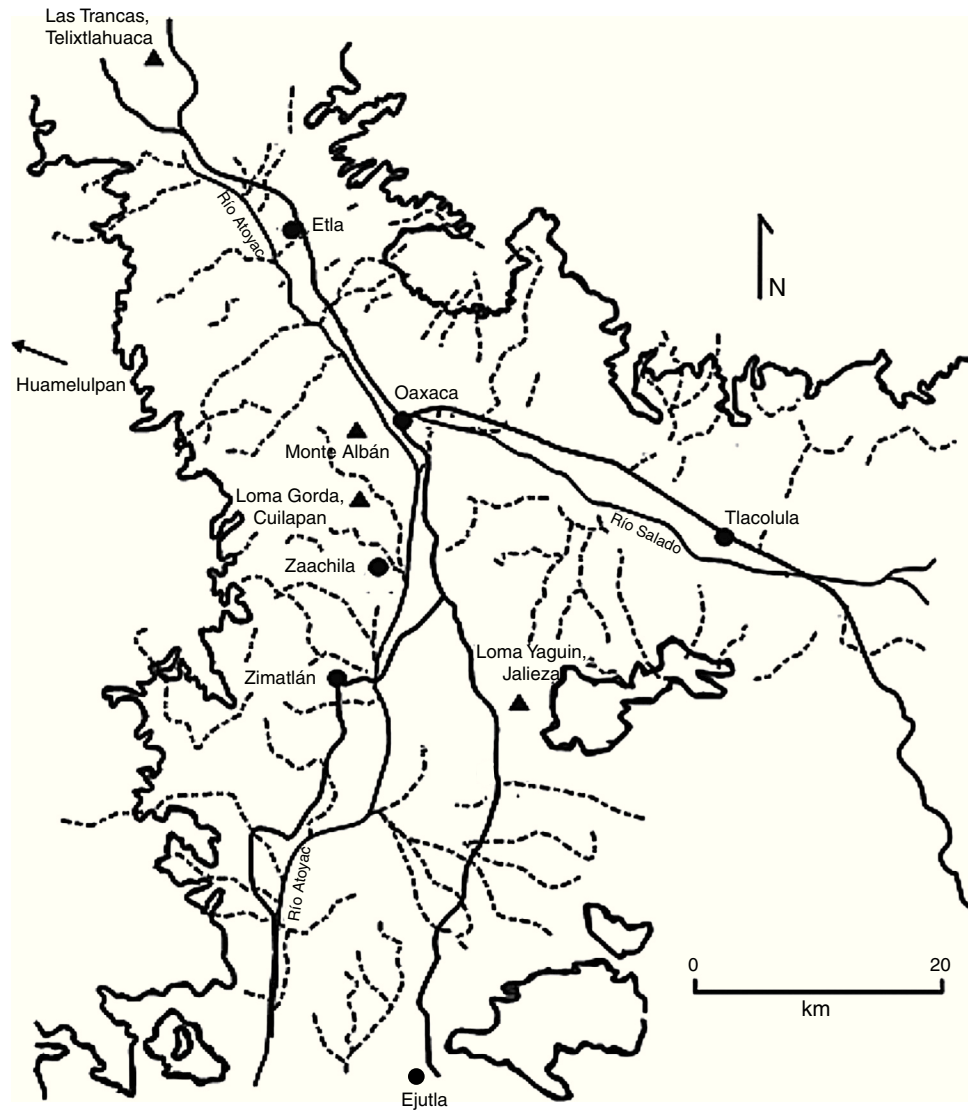


Figura 1. Ubicación de los depósitos geológicos de mica que fueron tomados en cuenta en los Valles Centrales de Oaxaca. Mapa proporcionado por Marcus Winter, escaneado por Ismael Vicente Cruz.

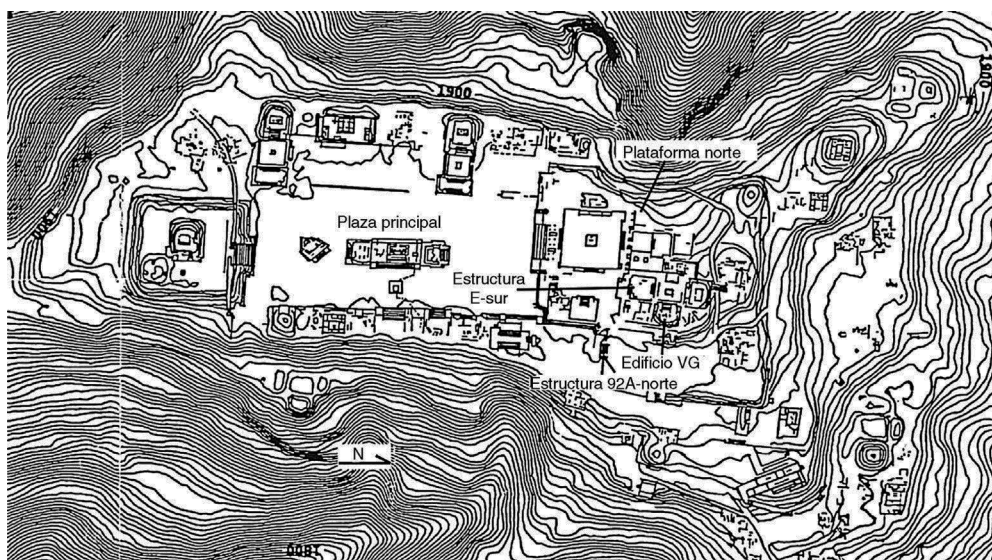


Figura 2. Mapa del sector central de Monte Albán que muestra la ubicación de las muestras de mica de la Plataforma Norte. Mapa base por Peeler (1994).

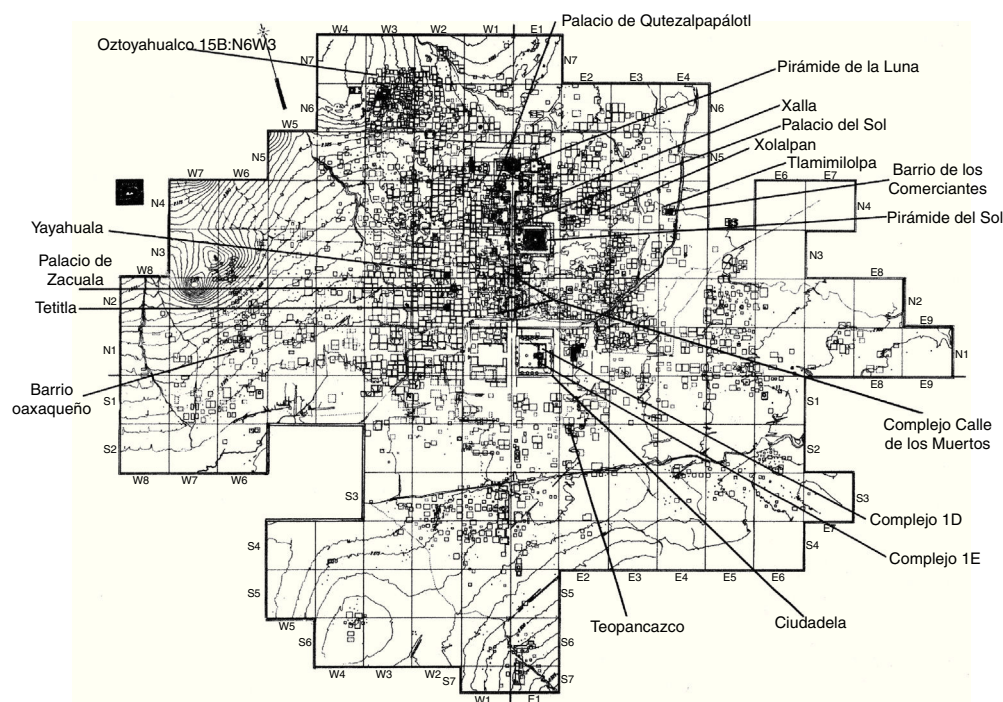


Figura 3. Mapa base de Teotihuacan elaborado por René Millon, con la ubicación del complejo palaciego de Xalla y el centro de barrio multiétnico de Teopanczco, ambos excavados por Linda R. Manzanilla (1997-2016).

- Estructura E-Sur. Es una plataforma grande anexa al lado occidental del Edificio VG. La mica fue hallada en el relleno y está asociada a cerámica del Clásico temprano (fase Pitao).
- M9: Monte Albán 1994. Plataforma Norte. Estructura E-Sur, Alfarda W, bolsa 9.

### Mica de Teotihuacan

Mucha de la mica hallada en Teotihuacan (fig. 3) viene del Grupo Viking, al sur de la Pirámide del Sol, y del complejo palaciego de Xalla (fig. 4), al norte de la Pirámide del Sol. En cada uno de estos complejos arquitectónicos se han hallado alrededor de 35 kg de mica, mientras que en centros de barrio como Teopanczco solo se cuenta con 71.41 g de mica (Rosales de la Rosa y Manzanilla, 2011). Este hecho reitera el control que las elites gobernantes de Teotihuacan tenían sobre la mica.

### La mica hallada en complejos palaciegos: los contextos de Xalla en Teotihuacan

Debido al hecho de que la elite teotihuacana visitó Monte Albán con presentes para el señor zapoteco, como se puede percibir de las piedras labradas de la Plataforma Sur de Monte Albán, así como de la Lápida de Bazán (fig. 5), y por el hecho de que en el palacio situado en la Plataforma Norte de Monte Albán (de donde provienen las muestras M6, M7, M8 y M9) había un cuarto lleno de mica y objetos teotihuacanos, es posible que la elite gobernante de Teotihuacan organizara un abastecimiento directo de mica de los valles centrales de Oaxaca, en alianza con la elite gobernante de Monte Albán. Esta mica era traída por la

elite viajera hacia Xalla y el Grupo Viking en Teotihuacan. Llegó a la ciudad en grandes placas (la más grande de las cuales tuvo 50 por 30 por 3 cm) (Rosales de la Rosa y Manzanilla, 2011), posiblemente envuelta en telas para prevenir daños durante el transporte.

### Formas

En Xalla, Linda R. Manzanilla (Manzanilla, 2008a, 2015b) ha excavado diferentes sectores funcionales, pero destacamos la Estructura 12, donde se hallaron discos de mica (fig. 6), triángulos (fig. 7) y grandes placas geométricas (figs. 8-10).

En la Plaza 5 de Xalla, una plaza dedicada al trabajo artesanal, se hallaron diferentes áreas de trabajo de la mica (fig. 11). Algunas de estas placas estaban decorando la parte inferior del muro sur de E35 junto al muro perimetral de Xalla. En la Estructura E12, al noroeste, en un corredor de 1.15 m de ancho, entre 2 subestructuras (E112A-E112B), se hallaron diferentes áreas de actividad donde las grandes placas de mica estaban apiladas (fig. 12). Estas placas pudieron haber sido exfoliadas con instrumentos de hueso hallados en dicho corredor: agujas (fig. 13) y leznas (fig. 14). La mica fue cortada con navajillas prismáticas, y trazas de finos cortes lineales o aserrados fueron hallados en las placas (Rosales de la Rosa y Manzanilla, 2011).

Un posible lugar de almacenamiento (o, más bien, el tesoro de los co-gobernantes) fue hallado en Xalla en la Estructura E12, un túmulo ritual sin piso encima, ubicado en el sector noroeste del complejo palaciego de Xalla (véase fig. 4). En este túmulo se hallaron muchos restos óseos de animales, mica en diferentes formas y tamaños, figurillas, pizarra, cuentas de piedra verde, adornos de incensarios tipo teatro, instrumentos de

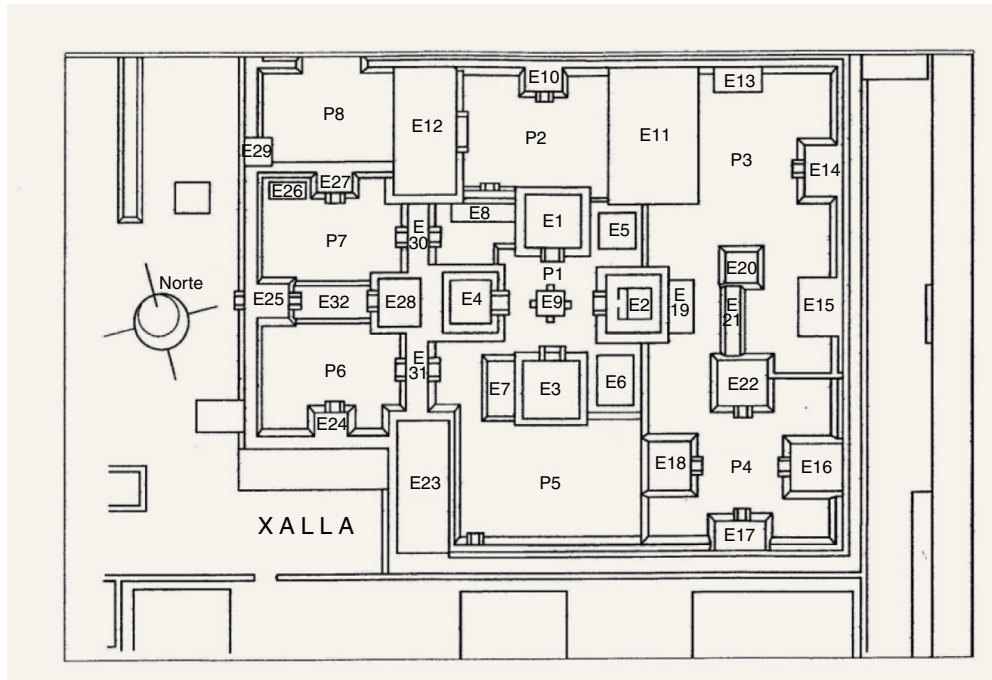


Figura 4. Complejo palaciego de Xalla en Teotihuacan.

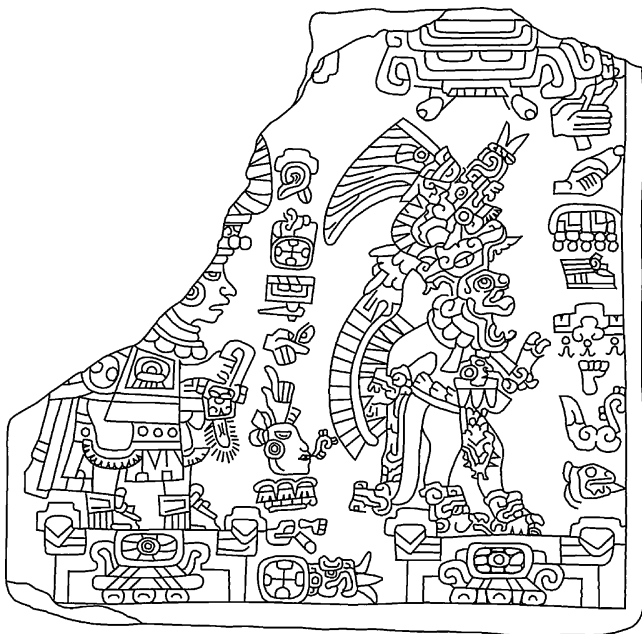


Figura 5. Lápida de Bazán (redibujada de [Caso, 1938](#)).

obsidiana, lítica pulida, instrumentos de hueso y otros objetos. Esta masa enorme de tierra y objetos fue dispuesta sobre 2 subestructuras de 4.3 m (E112A y E112B). En el corredor, entre las 2 subestructuras, se dispusieron muchas placas de mica, la mayoría cortada en formas geométricas (véanse [figs. 9-11](#)). Al parecer, un tesoro de mica fue enterrado en tiempos Xolalpan (UNAM-1514: 334-652 dC, fechas calibradas).

Este “atesoramiento” no refiere a un acto de acaparamiento de un material con importancia económica, sino al aseguramiento del abasto de un material con fuerte contenido simbólico, muy



Figura 6. Disco perforado de Xalla excavado por Linda R. Manzanilla (fotografiado por Rafael Reyes).



Figura 7. Triángulo de mica de Xalla, excavado por Linda R. Manzanilla (fotografiado por Rafael Reyes).

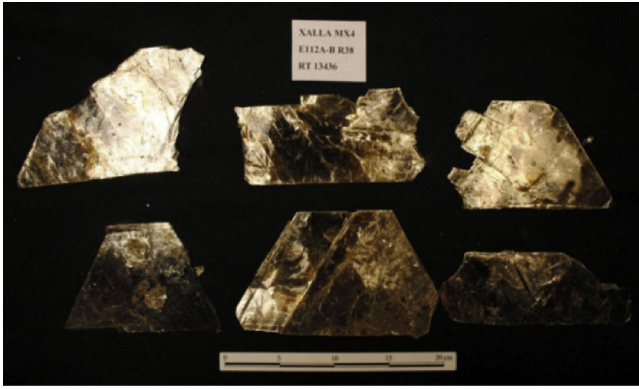


Figura 8. Placas geométricas halladas en la E12 de Xalla (E112A-E112B R38), con número de muestra MX4, excavadas por Linda R. Manzanilla (fotografiadas por Rafael Reyes).



Figura 9. Placas geométricas halladas en la E12 de Xalla (E112A-E112B R38), con número de muestra MX6, excavadas por Linda R. Manzanilla (fotografiadas por Rafael Reyes).

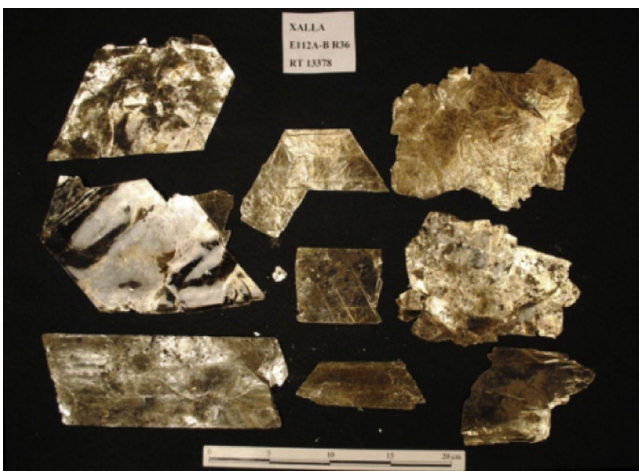


Figura 10. Placas geométricas halladas en la E12 de Xalla (E112A-E112B R36), excavadas por Linda R. Manzanilla (fotografiadas por Rafael Reyes).



Figura 11. Mica hallada en la Plaza 5, Estructura 35, en un área de actividad relacionada al muro perimetral del sur (excavada y fotografiada por Linda R. Manzanilla).



Figura 12. Grandes placas de mica halladas en E12, en el corredor entre las subestructuras E112A-E112B, sobre un empedrado (fotografiado por Linda R. Manzanilla).



Figura 13. Gran aguja de hueso (de 14 cm de largo) hallada junto a las placas de mica del corredor de E12 (E112A-E112B R37 sobre el piso 10) (excavada por Linda R. Manzanilla, fotografiada por Rafael Reyes).



Figura 14. Lezna de hueso hallada en la Estructura 12 de Xalla y asociada a placas de mica del corredor entre las 2 subestructuras (E112A-E112B R35) (excavada por Linda R. Manzanilla, fotografiada por Rafael Reyes).

probablemente en manos del grupo relacionado con el Dios de la Lluvia. La existencia de placas de mica adheridas al último cuerpo de la Pirámide del Sol (observadas por Leopoldo Batres) enfatiza esta relación.

### Mica en los centros de barrio de Teotihuacan: Teopancazco

En el centro de barrio de Teopancazco, ubicado en el cuadro S2E2 del mapa de René Millon (Millon, 1973), al sur de La Ciudadela (Manzanilla, 2012a, 2012b), Linda R. Manzanilla excavó extensivamente la mayor parte del conjunto, con 4 niveles constructivos; en este conjunto se ubican diversos sectores con funciones diferenciadas. En los 1 530 m<sup>2</sup> excavados solo se hallaron 71.4 g de mica. Los objetos más importantes hechos en esta materia prima alóctona fueron: discos (fig. 15) y formas geométricas (fig. 16) que acompañaron a 2 individuos importantes enterrados en el conjunto (2 adolescentes: entierros 105 y 108, masculino y femenino) dispuestos en posición sedente en una fosa. Además los acompañaban diversas miniaturas (platos y ollas) que contuvieron resinas y cosméticos, sellos, un cuenco naranja laqueado, una figurilla títere, pizarra, objetos de lapidaria, además de las formas de mica (Manzanilla, 2012a).

Las muestras de mica analizadas en esta investigación vienen de contextos que rodean el patio ritual principal del conjunto.



Figura 15. Disco y algunas formas geométricas hallados en la fosa de los entierros 105-108 de Teopancazco (excavados por Linda R. Manzanilla y fotografiados por Rafael Reyes).



Figura 16. Formas geométricas hechas de mica, asociadas a los entierros 105-108 de Teopancazco (excavadas por Linda R. Manzanilla y fotografiadas por Rafael Reyes).

### Técnicas analíticas

#### Activación neutrónica

Dieciocho muestras de micas arqueológicas y 9 de yacimientos (M1 a M4 y M10 a M14) fueron analizadas por activación neutrónica (Jiménez Reyes et al., 2001) (cuadro 1). Todas las



Cuadro 1  
Descripción de muestras de mica analizadas

Clave	Descripción	N.º de conjunto
MX4	bolsa 80920 Xalla, Teotihuacan, 2014-2015 P2 E112B N411 E323 R38 RT 13436	1
MX5	bolsa 80755 Xalla 2014-2015 P2 E12C1 Corredor Sur E112B N411 E323 R38 RT 13436 AA98	1
MX7	bolsa 80720 Xalla 2014-2015 P2E12C1 Corredor Sur E112B N412 E322 R37/Ap. 10 RT 13381	1
MX8	bolsa 80900 Xalla 2014-2015 Corredor Sur E112B N411 E323 R37 bajo Ap. 10 RT	1
MX10	bolsa 80982 Xalla 2014-2015 P2E12C1 Corredor Sur E112B N412 E324 R38/Ap. 10B AA98	1
M6	Mica prehispánica de Monte Albán 1992, Plataforma Norte, Área A, Trincheras A4, Bolsa A19	2
M7	Mica prehispánica de Monte Albán 1992, Plataforma Norte, Área B, Trincheras B6, Bolsa 537	2
M8	Mica prehispánica de Monte Albán 1993, Plataforma Norte, Estructura 92 Norte, Bolsa M88	2
M9	Mica prehispánica de Monte Albán 1994, Plataforma Norte, Estructura E-Sur, Alfarda W, Bolsa 9	2
M5	Mica prehispánica de Huamelulpan, Oaxaca, Elemento C1, Bolsa C11	2
MO	Tumba de la Mixteca Baja (Cerro de las Minas, Huajuapán) proporcionada por el arqueólogo Iván Rivera	2
MT1	bolsa 79799 Teopancazco, Teotihuacan, 2012 C159B R7 asociada al entierro 118 (mismo contexto que la MT4)	2
MT2	bolsa 79905 Teopancazco 2012 C58 R3	2
MX1	bolsa Xalla, Teotihuacan, 2002 E4 C1 N350 AA40 R16	2
MX2	bolsa 44757 Xalla 2002 P5 E6C1 AA42 N310 E397 11/Pi RT 5765	2
MX3	bolsa 76576 Xalla E6C1 R2 RT 12366	2
MX6	bolsa 81075 Xalla 2014-2015 P2E12C1 corredor entre E112A y E112B N411 E322 R38: tierra con ceniza y grandes placas de mica cortada	2
MX9	bolsa 81009 Xalla 2014-2015 P2E12C1 Corredor Sur E112B N411 E324 Ap. 108 R2 AA99	2
M1	Muestra geológica de mica de Paraje Loma Gorda, Cuilapan, Oaxaca	
M2	Muestra geológica de la matriz en la que la mica fue hallada en Las Trancas, San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca	
M3	Muestra geológica de mica de Las Trancas, San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca	
M4	Muestra geológica de mica de Paraje Loma Gorda, Cuilapan, Oaxaca	
M10	Muestra geológica n.º 3 de mica de Loma Yaguín, Santo Tomás Jalieza, Oaxaca	
M11	Muestra geológica de mica de la mina moderna de mica Minerale de Antequera S.A., marcada como “biotita” (K(Mg, Fe) <sub>3</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH, F) <sub>2</sub> )	1
M12	Muestra geológica de mica de la mina moderna de mica Minerale de Antequera S.A., marcada como “mica”	
M13	Muestra geológica de mica de la mina moderna de mica Minerale de Antequera S.A., marcada como “vermiculita” (Mg <sub>0.7</sub> (Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub> 8H <sub>2</sub> O)	1
M14	Muestra geológica de mica de la mina moderna de mica Minerale de Antequera S.A., marcada como “flogopita” (K(Mg, Fe, Mn) <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (F, OH) <sub>2</sub> )	2

Las muestras analizadas por las otras técnicas fueron:

MT3: mica prehispánica, Teopancazco 98-1 bolsa 7965 E1 C35 N444 E82 R1 bajo Ap. 6

MT4: mica prehispánica, Teopancazco 2012 bolsa 79824 C159b N461 E93 R7 asociada al entierro 118 (mismo contexto que MT1)

MT5: mica prehispánica, Teopancazco 2012 bolsa 79972 C58 N465 E95 bajo piso 1

MX10: mica prehispánica, Xalla 2014-2015 bolsa 80982 Plaza 2 E12C1 Corredor Sur E112B N412 E324 R38/Ap. 10B AA98

MX11: mica prehispánica, Xalla 2012 bolsa 75625 Plaza 1 N324 E400 AA89B R1 sobre tepetate RT 12286

muestras de mica fueron limpiadas escrupulosamente para eliminar contaminantes. Luego fueron lavadas con una solución al 10% de EXTRAN (Merck Co.) en agua destilada y agitadas. Fueron secadas a temperatura ambiente. Posteriormente las muestras fueron molidas en un mortero de ágata hasta obtener un polvo fino. Las muestras de 200 mg fueron usadas para la irradiación. El material de referencia fue una cantidad igual de Soil7 (IAEA). La irradiación de las muestras de mica fue hecha en un reactor nuclear TRIGA MARK III con un flujo de neutrones de  $1.10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , por 2 horas. Las muestras se dejaron decaer por 12-14 días; posteriormente los espectros de rayos  $\gamma$  fueron registrados por una hora. Todos los valores de radiactividad fueron corregidos en cuanto a los tiempos de decaimiento.

Los elementos analizados fueron: Sm, Nd, Ce, Lu, U, Tb, Th, Cr, Eu, Yb, Hf, Sb, Cs, Zr, Sc, Rb, Fe, Co y La. Las concentraciones de Zr, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Th y U yacen bajo el límite de detección ( $< 0.05 \mu\text{g/g}$ ); por lo tanto, para cálculos estadísticos, los siguientes elementos fueron usados: Sc, Cr, Fe, Co, Rb, Sb, Cs y La. Los análisis estadísticos para obtener el dendrograma y el diagrama de componente principal fueron hechos

mediante los procedimientos MURR para datos arqueométricos multivariados escritos en lenguaje GAUSS (Neff, 2012).

### Difracción de rayos X

#### Técnicas de caracterización

*Difracción de rayos X en polvos.* Los patrones de difracción de rayos X en polvos de mica fueron determinados a temperatura ambiente en 2 difractómetros: uno con geometría Bragg-Brentano y el otro con geometría Debye-Scherrer.

El difractómetro con geometría Bragg-Brentano fue un Bruker D-8 Advance, con radiación  $\text{CuK}\alpha$ , un filtro Ni 0.5% Cu-K $\beta$  en el rayo secundario, y un detector con posición 1-dimensional de la tira sensible al silicón (Bruker, Lynxeye) (Dabrowski, Grybos, Hottowy, Swientek y Wiacek, 2003). La intensidad de difracción como función de los ángulos  $2\theta$  fue medida entre  $20^\circ$  y  $130^\circ$ , con un paso  $2\theta$  step de  $0.019447^\circ$ , de 264 segundos por punto.

El difractómetro con la geometría Debye-Scherrer fue un equipo Bruker D-8 Discover con radiación monocromática

enfocada  $\text{MoK}_{\alpha 1}$ , un monocromador Ge (220), con configuración Johansson en el rayo principal, un capilar hecho de poliamida Kapton, con un diámetro interior de 0.83 mm para sujetar las muestras, y un detector con tira sensible al silicón en posición (Bruker, Lynxeye). La intensidad de difracción como función de los ángulos  $2\theta$  fue medida entre  $7^\circ$  y  $60^\circ$ , con un paso  $2\theta$  de  $0.019447^\circ$ , por 1 700 segundos por punto.

Las estructuras cristalinas fueron refinadas utilizando el método Rietveld implementado en el código TOPAS, versión académica 4.1.4 (Coelho, 2007). El tamaño y la morfología de la cristallita fueron modelados en espacio recíproco con una expansión armónica simetrizada (Jarvinen, 1993). Las deformaciones del enrejado se asumieron como anisotrópicas y modeladas con una distribución multidimensional de la métrica del enrejado (Prince, 1981). El modelo de fondo fue una función polinomial que, junto con los términos constantes, lineales, cuadráticos y cúbicos en  $2\theta$ , también incluyeron el término  $(1/2\theta)$ . La desviación estándar, que se anexa en paréntesis en el texto, muestra variaciones en el último dígito de un número. Cuando corresponden a los parámetros redefinidos Rietveld, los valores no son estimaciones del error probable en el análisis en general, sino solo de los errores probables mínimos basados en distribuciones normales (Meagher y Lager, 1979).

**Análisis químicos.** La concentración de peso promedio de los elementos químicos en las muestras fue determinada a temperatura ambiente con una espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (EDS), utilizando un detector Oxford-ISIS acoplado a un microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-7800). Para cada muestra, el análisis tomó 5 minutos a una amplificación de  $200\times$  con electrones acelerados a 20 KV.

**Análisis estadístico de composiciones elementales.** El análisis estadístico multivariado de la correlación entre las concentraciones elementales y las muestras fue hecho utilizando la versión de código Minitab 17.2.1 (Minitab Inc., 2015). El arreglo de los datos dispuso los números de muestras en las filas y las

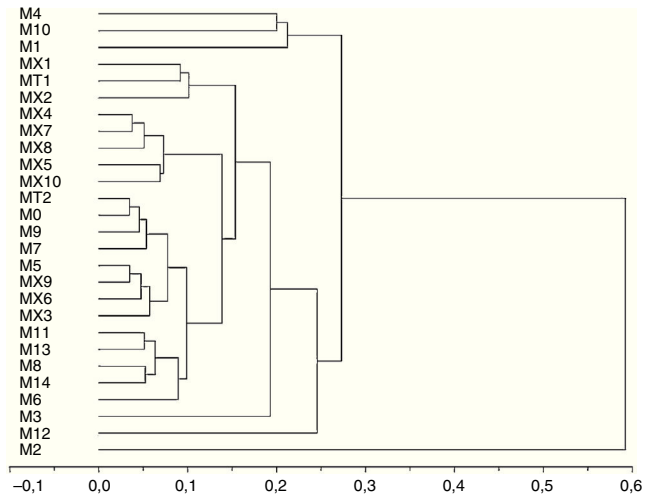


Figura 17. Dendrograma. Cluster 1 y Cluster 2: micas arqueológicas. M1 a M4 y M10 a M14: muestras de varios depósitos geológicos con micas.

composiciones en las columnas. Este arreglo fue utilizado para generar una matriz de co-variación para hacer el análisis de componente principal, que permite representar nuestra estructura de datos de  $n$ -dimensiones en un menor número de dimensiones. Este análisis puede mostrar quizás agrupamiento de muestras y concentraciones al dibujar una gráfica utilizando el primer y segundo componentes principales. El correspondiente dendrograma fue generado utilizando la misma matriz de covariación junto con distancias euclidianas. Aquí el eje de las Y representa la similitud entre muestras.

## Resultados

### Activación neutrónica

Las figuras 17 y 18 muestran el dendrograma y el diagrama de componente principal, respectivamente.

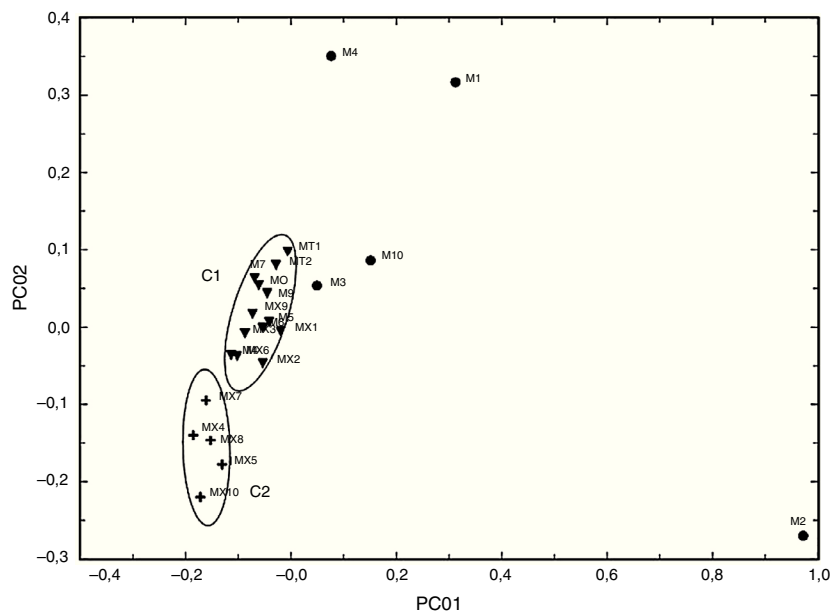


Figura 18. Diagrama de componente principal. Cluster 1 y Cluster 2: micas arqueológicas. Círculos: muestras de varios depósitos con micas. Intervalo de confianza de las elipses: 0.9. Porcentajes de varianza: 58% (PC01) y 21% (PC02).

Cuadro 2

Composición química de los grupos de micas arqueológicas y muestras procedentes de diferentes depósitos

	C1 (n=5)	C2 (n=13)	M1	M2	M3	M4	M10	M11	M12	M13	M14
Cr	26 ± 9	33 ± 15	93	604	370	19	30	20	1312	26	43
Sb	0.13 ± 0.04	0.2 ± 0.2	0.3	0.8	0.3	1.5	0.2	0.3	0.1	0.4	0.4
Cs	7 ± 2	9 ± 1	1.5	0.6	12.9	10.5	6.2	11.0	4.0	11.2	12.1
Sc	0.7 ± 0.3	1.3 ± 0.5	21	36	1.4	23.9	7.4	1.0	17.2	0.9	2.0
Rb	510 ± 153	669 ± 149	407	0	594	1809	148	601	643	802	647
Fe	34 ± 6	42 ± 8	122	51	42	109	97	44	104	55	46
Co	12 ± 3	15 ± 4	40	11	11	60	66	18	47	22	19
La	0.2 ± 0.1	1.9 ± 1.3	75	39	4.0	9.2	3.8	0.2	1.0	0.2	0.4

El dendrograma muestra que las muestras de yacimientos M1-M4, M10 y M12 son estadísticamente diferentes, en contraposición a las muestras M11, M13 y M14, que no son distintas de las micas arqueológicas. De acuerdo al diagrama de componente principal, 2 conjuntos de micas arqueológicas fueron identificados: el Cluster 1 es estadísticamente similar a M11 (“biotita” de la mina Minerales de Antequera) y a M13 (“vermiculita” de la mina Minerales de Antequera), mientras el Cluster 2 es similar a M14 (“flogopita” de la mina Minerales de Antequera). En la [figura 18](#) se incluye el conjunto al que pertenece cada muestra.

La [figura 19](#) muestra los datos relacionados a la composición química. Ambos conjuntos de micas arqueológicas muestran similares concentraciones de los elementos analizados, excepto por el lantano y el escandio, cuyas concentraciones son estadísticamente diferentes en los conjuntos 1 y 2. Se observaron diferencias significativas entre las muestras de los depósitos geológicos de mica. M1 muestra una concentración alta de lantano y cromo, pero la concentración del último es incluso mayor para M2 y M3. El contenido de rubidio de M4 es notoriamente el más alto, mientras que M2 casi no tiene rubidio. Las concentraciones de los 6 elementos para el conjunto 2 son estadísticamente similares a aquellas de M3 y M10; sin embargo, M3 es más rico en cromo y M10 es más pobre en rubidio que el conjunto 2. Para M12, el alto contenido de cromo es notorio.

### Difracción de rayos X en polvos

#### Muestras de micas de sitios arqueológicos

Analizamos 19 muestras de mica: 14 fueron de Teotihuacan, en el Estado de México —11 del conjunto palaciego de Xalla (MX1 a MX11), ubicado al norte de la Pirámide del Sol ([Manzanilla, 2008a](#)), y otras 3, del centro de barrio multiétnico de Teopancazco (MT1 a MT3) ([Manzanilla, 2012a, 2012b, 2015a](#))—; una muestra de mica (M0) procedió de La Mixteca (Cerro de las Minas, Huajuapán), Oaxaca ([Alfaro Castro y Rivera Guzmán, 2014](#)); 4 muestras de mica provinieron de la Plataforma Norte de Monte Albán, en Oaxaca (M6 a M9), y una muestra de mica, del sitio arqueológico de Huamelulpan, Oaxaca (M5).

Todas estas muestras de mica fueron placas planas de algunos milímetros de espesor. En el análisis con difracción de rayos X, utilizando una geometría Bragg-Brentano, su superficie plana

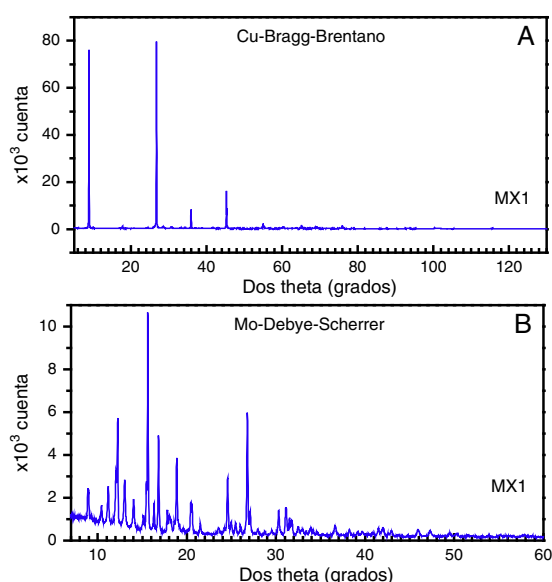


Figura 19. A) Patrón de difracción de rayos X en polvo de la muestra de mica arqueológica MX1, formada por placas. Se indican algunos índices Miller. Fue medida en la geometría Bragg-Brentano con la superficie de la mica paralela al plano de difracción del difractor. B) Patrón de difracción de rayos X en polvos de la muestra de mica arqueológica MX1 después de su pulverización. Fue medida en la geometría Debye-Scherrer con una muestra de polvo en el capilar Kapton.

fue dispuesta paralelamente al plano de difracción del difractor. Los patrones correspondientes de difracción mostraron que las muestras eran monocristalinas con sus planos (001) paralelos a su superficie ([fig. 19](#)). Bajo estas condiciones de medición, la orientación preferida de los planos cristalográficos fue enorme. Esto hizo difícil tanto el refinamiento de la estructura cristalina como el modelaje de la microestructura. Para salvar esta orientación, se molieron las muestras, hecho que disminuyó la orientación preferencial, pero no desaparecieron las dificultades para el análisis cuantitativo de los patrones de difracción.

Para obtener una orientación preferida menor, los patrones de difracción de rayos X de los polvos de las muestras fueron medidos en la Debye-Scherrer: en este caso, el polvo de la muestra fue contenido en el capilar Kapton. La [figura 19B](#) muestra el patrón de difracción correspondiente de las muestras utilizadas para obtener los patrones de difracción de la [figura 19A](#).

Cuadro 3

Flogopita: grupo espacial  $C2/m$ , posición de los átomos en coordenadas fraccionadas

Átomo	Sitio	X	Y	Z
K	2a	0	0	0
Mg	2d	0	1/2	1/2
Mg	4h	0	0.8341	1/2
Si	8j	0.5753	0.1668	0.226
O	8j	0.8273	0.2284	0.1686
O	4i	0.5130	0	0.1694
O	8j	0.6306	0.1674	0.3914
O-H	4i	0.1315	0	0.3994

En los patrones de difracción, solo la fase flogopita estuvo presente. Esta fase tiene la fórmula química ideal  $KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ . Su estructura cristalina es monoclinica con una célula unitaria que contiene 2 veces el número de átomos de la fórmula antes mencionada. La distribución atómica en esta célula unitaria sigue la simetría descrita por el grupo espacial  $C2/m$ ; el cuadro 3 muestra la posición de los átomos de la base atómica correspondiente en la célula unitaria.

Esta información cristalográfica de la fase flogopita junto con sus dimensiones celulares reportadas (Schingaro, Scordari y Ventruti, 2001):  $a = 0.5332$  nm,  $b = 0.9235$  nm,  $c = 1.0220$  nm, con  $\beta = 100.08^\circ$ , fueron usadas como información celular de entrada para refinar la estructura cristalina de la fase flogopita hallada en todas las muestras. La composición atómica de las muestras estudiadas de mica muestra que, además de los elementos que componen la fase ideal de flogopita, también contienen C, Cl, F, Na, Fe, Ti, y algunas muestras también tuvieron impurezas de Ca, Ba, S, Mn y Cr.

Al analizar la literatura en torno a la distribución atómica de la flogopita (Steinfink, 1962; Matarrese et al., 2008; Ventruti, Zema, Scordari y Pedrazzi, 2008; Redmacher y Roth, 2002), se puede ver que Na, Ca y el Ba sustituyen parcialmente a K, mientras que F y Cl sustituyen parcialmente al grupo hidroxilo. Los sitios segundo y cuarto, ocupados por Mg en la fórmula ideal (cuadro 2), pueden ser también ocupados por Fe, Ti, Al, Mn y Cr. El sitio 8j, ocupado en la fórmula ideal por Si, también puede ser ocupado por Al.

Durante el análisis Rietveld las sustituciones atómicas fueron tomadas en cuenta al ajustar la ocupación de los diferentes sitios, utilizando las concentraciones atómicas obtenidas por el análisis EDS. La figura 20 muestra una gráfica típica de refinamiento Rietveld.

Para comparar la distribución atómica en las diferentes micas arqueológicas, los difractogramas de rayos X obtenidos con la geometría Bragg-Brentano fueron más apropiados, ya que las muestras eran casi cristales únicos con la cara más grande paralela a los planos (001) de la cristallita, que produjo un número reducido de picos de difracción. Las figuras 21 y 22 muestran estas comparaciones.

Estas figuras muestran que, a primera vista, todas las muestras de micas arqueológicas tienen las mismas reflexiones, e indican que tienen la misma distribución atómica. La diferencia en la intensidad relativa entre picos para cada patrón de difracción es causada principalmente por una diferencia en orientación preferida.

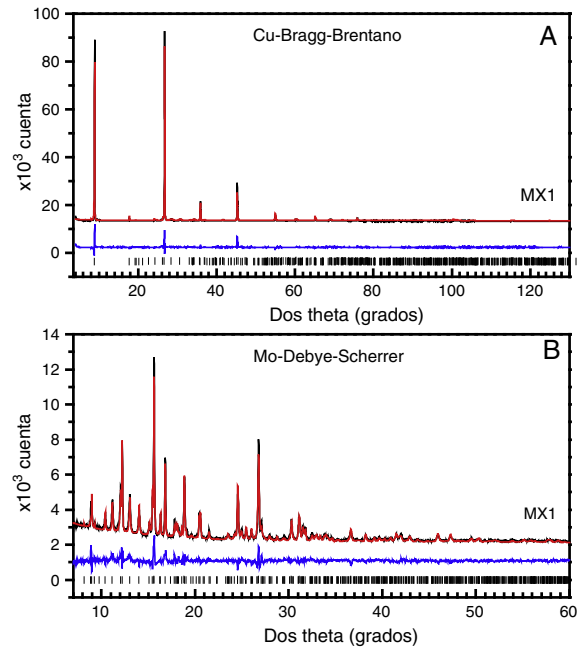


Figura 20. Gráfica de refinamiento Rietveld de la muestra MX1. En la curva superior, los puntos corresponden al patrón de difracción medido, mientras que la línea continua corresponde al patrón calculado. La curva inferior es la diferencia entre los patrones de difracción calculados y medidos. Las marcas corresponden a la fase flogopita.

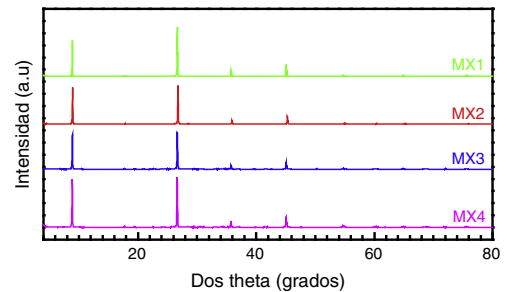


Figura 21. Patrones de difracción de rayos X de 4 muestras diferentes de mica de la estructura palaciega de Xalla en Teotihuacan.

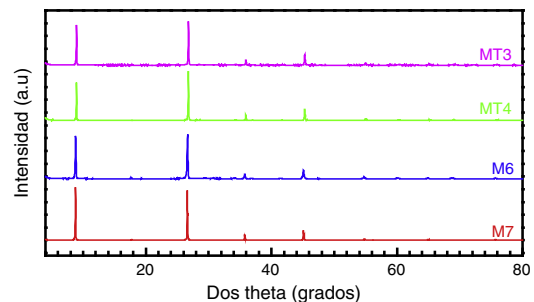


Figura 22. Patrones de difracción de rayos X de 2 muestras diferentes de mica del centro de barrio multiétnico de Teopancazco, en Teotihuacan, y 2 diferentes muestras de mica del sitio arqueológico de Monte Albán.

### Muestras de mica de yacimientos geológicos posibles para las micas halladas en sitios arqueológicos

Analizamos 8 muestras de mica de diferentes sitios geológicos de Oaxaca: 2 de “El Paraje Loma Gorda”, Cuilapan (M1,

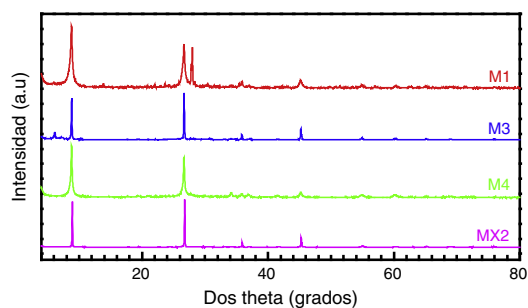


Figura 23. Patrones de difracción de rayos X de 3 muestras de mica geológica, M1, M3, M4, y la muestra de mica MX2 de la estructura palaciega de Xalla en Teotihuacan.

M4), una de “Las Trancas”, San Francisco Telixtlahuaca (M3), una de “Loma Yaguín”, Santo Tomás Jalieza (M10), y 3 de la compañía minera “Minerales Antequera S.A.”, en Ejutla (M11, M12, M13). También analizamos un mineral (M2) asociado a la mica de la mina de “Las Trancas”, San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca.

La figura 23 muestra los patrones de difracción de las muestras de mica M1, M3, M4 y MX2. Los patrones de difracción de las muestras de mica M1 y M3 muestran que los picos de difracción correspondientes a la flogopita son anchos, sugiriendo un tamaño cristalino pequeño. Estos patrones contienen también picos de otras fases cristalinas diferentes a la flogopita. La muestra M3 contiene vermiculita en baja proporción, identificada por un pico de difracción a  $2\theta = 6.2$  grados. Del análisis de estos patrones de difracción de rayos X se sugiere que los yacimientos asociados a estas muestras geológicas son descartados como fuente posible de las micas halladas en los sitios arqueológicos estudiados en la presente investigación.

La figura 24 muestra los patrones de difracción de las muestras M11, M12, M13 y MX2. Son muy similares, sugiriendo que las fuentes geológicas de las muestras M11, M12, y M13 pueden ser los posibles yacimientos de la mica prehispánica.

Los resultados anteriores muestran que la difracción de rayos X fue una buena técnica para eliminar los yacimientos de algunas micas geológicas como fuentes para las micas arqueológicas estudiadas en esta investigación. El resultado podría ser generalizado a cualquier análisis arqueométrico, cuando es importante hallar yacimientos geológicos de minerales utilizados para hacer un objeto arqueológico.

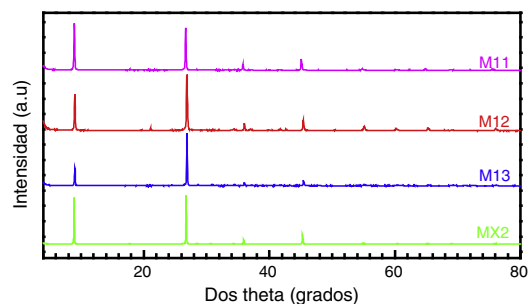


Figura 24. Patrones de difracción de rayos X de 3 micas geológicas, M11, M12, M13, y la muestra de mica MX2 de Xalla en Teotihuacan.

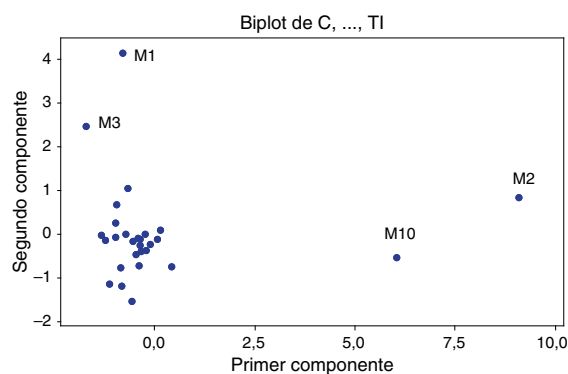


Figura 25. Gráfica construida con los componentes primario y secundario obtenidos por el análisis de Componente Principal, utilizando la composición de elementos químicos en Wt. % de las 28 muestras analizadas de mica. Los puntos más externos tienen su número de muestra.

### Análisis químico

La composición química en porcentaje de peso de las micas fue determinada con EDS en un microscopio electrónico de barrido que tenía un emisor de campos de electrones. Esto causó que tuviésemos gran fluorescencia de rayos X durante la medición (5 minutos), y consecuentemente tuvimos intensidades grandes de rayos X, y bajas desviaciones estándar en las concentraciones medidas. Este análisis excluyó elementos de impurezas y fue realizado solamente con los siguientes elementos: C, O, F, Cl, K, Na, Si, Al, Mg, Fe y Ti.

La figura 25 muestra la gráfica obtenida después de realizar el análisis de Componente Principal de la correlación entre las concentraciones de los elementos y las mediciones de las muestras. Anterior al análisis, las concentraciones de elementos fueron transformadas en proporciones logarítmicas: las concentraciones fueron re-escaladas en proporciones que daban una sumatoria de una unidad, y luego fueron transformadas logarítmicamente. Estas proporciones logarítmicas con el número de muestra fueron utilizadas para generar una matriz de covarianza utilizada en este análisis. Esta figura muestra que las muestras M1, M2, M3 y M10 no están correlacionadas con el resto de las muestras. Estas 4 muestras no son micas provenientes de las zonas arqueológicas sino de fuentes geológicas. Por tanto, estos yacimientos de micas fueron descartados como posible origen de las muestras arqueológicas utilizadas en el presente estudio.

Este resultado está totalmente en concordancia con el análisis de las micas por difracción de rayos X descrito en párrafos anteriores, reforzando la utilidad de la última técnica mencionada en la búsqueda de yacimientos geológicos de minerales utilizados para hacer objetos arqueológicos.

La figura 26 es un zoom de la figura 25. De esta figura es posible hallar la fuente de las micas arqueológicas y buscar posibles correlaciones entre las micas de diferentes sitios arqueológicos.

De las figuras 25 y 26, es claro que el yacimiento de las micas geológicas M4, M11, M12 y M13 podría ser la fuente de las micas arqueológicas. De la figura 26, es claro que las muestras M11 y M12 están fuertemente correlacionadas con las micas que vienen del conjunto palaciego de Xalla, en Teotihuacan, Estado de México.

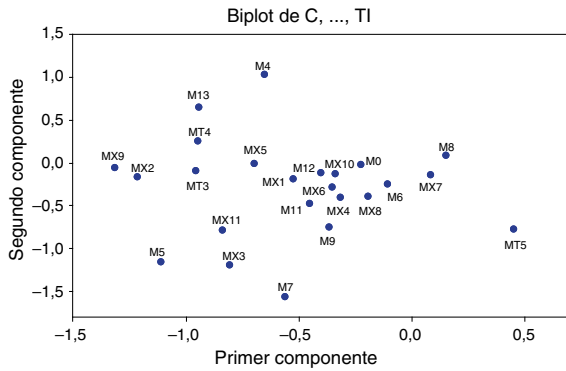


Figura 26. Zoom en la gráfica que se muestra en la figura 25. En este caso, todos los puntos son identificados para ayudar en la visualización de la correlación entre muestras.

El dendrograma (fig. 27) obtenido de este análisis estadístico multivariado también es útil para ver la correlación entre muestras. Por ejemplo, se ve que las muestras MX1 y M11 están fuertemente correlacionadas, con 100% de similitud. Las muestras MT4 y M13 están fuertemente correlacionadas, así como las muestras MX7, M0 y M12.

El análisis estadístico descrito anteriormente muestra que la fuente de micas geológicas M11, M12 y M13 es muy seguramente el yacimiento de donde se obtuvieron las micas arqueológicas estudiadas en esta investigación.

### Consideraciones finales

El análisis por activación neutrónica favorece el yacimiento de la mina actual de mica Minerale de Antequera, S.A. (muestras M11, M13 y M14) como la fuente de las micas arqueológicas. Esta minera se encuentra en Ejutla, Oaxaca, muy cerca del sitio arqueológico de Ejutla, excavado por Feinman y Nicholas (2004), en el cual hallaron una fosa con mica almacenada, muy probablemente procedente de la mina prehispánica.

Dentro de la mina moderna de mica, las muestras denominadas “biotita” (M11) y “vermiculita” (M13) pueden ser la fuente del Conjunto 1 de muestras que agrupa a la mica de la tumba de Cerro de las Minas en Huajuapán de León (Mixteca Baja), algunas muestras de la Plataforma Norte de Monte Albán (M6, M7, M8, M9), mica de Teopancazco (MT2), mica de Xalla (corredor entre las subestructuras E112A-E112B: MX4, MX5, MX6, MX7, MX8, MX9, MX10), así como la mica de Huamelulpan.

El Conjunto 2, con afinidad con la muestra M14 (mica “flogopita” de la mina actual de Minerale de Antequera), agrupa mica de Teopancazco (C159B: MT1) y Xalla (MX1 y MX2, en otras estructuras que no son la E12), en Teotihuacan.

Con respecto de la difracción de rayos X, la mica de la mina moderna de Minerale de Antequera, S.A. de C.V., también resulta similar a las muestras prehispánicas de Monte Albán, la Mixteca y Teotihuacan. Sin embargo, hay algunos grupos que podríamos mencionar:

1. Un grupo involucra a M11 y M13 (mina moderna de Minerale de Antequera), Xalla MX6 y Teopancazco MT4.
2. Otro grupo también involucra a la mina moderna de Minerale de Antequera (M12) junto con M0 de Cerro de las Minas en Huajuapán de León, muestras de Xalla principalmente de E12 (MX4, MX5, MX7, MX10), en Teotihuacan.
3. El tercer grupo involucra 3 muestras de diferentes estructuras de Xalla (MX2, MX9 y MX11) así como alguna de Teopancazco (MT3).
4. El último grupo reúne a la mica de Huamelulpan (M5), 2 muestras de Monte Albán (M7 y M9) y una de la Estructura 6A en Xalla (MX3).

En la presente investigación, la técnica de difracción de rayos X fue muy sensible a hallar flogopita y otras fases. Esto nos permitió hallar correlaciones entre las micas utilizadas en diferentes sitios arqueológicos. El análisis cuantitativo de patrones de difracción de rayos X permitió discriminar la existencia de diferentes fases en las muestras de mica.

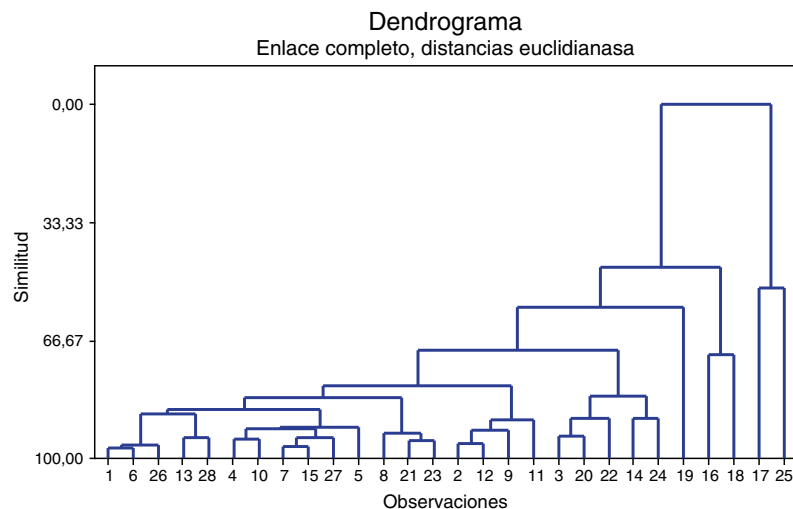


Figura 27. Dendrograma generado después del análisis de Componente Principal.

1 = MX1, 2 = MX2, 3 = MX3, 4 = MX4, 5 = MX5, 6 = MX6, 7 = MX7, 8 = MX8, 9 = MX9, 10 = MX10, 11 = MX11, 12 = MT3, 13 = MT4, 14 = MT5, 15 = M0, 16 = M1, 17 = M2, 18 = M3, 19 = M4, 20 = M5, 21 = M6, 22 = M7, 23 = M8, 24 = M9, 25 = M10, 26 = M11, 27 = M12, 28 = M13.

La activación neutrónica que trabaja con trazas reiteró las conclusiones de la difracción de rayos X.

Si la principal fuente de mica prehispánica yace en la región de Ejutla, Oaxaca, entonces podríamos agregar la mica local a la serie de bienes suntuarios costeños (moluscos marinos, algódon) que Feinman y Nicholas (1990) le han asignado como punto de entrada del estado zapoteco (en la fase Monte Albán IIIA) hacia el sur. Monte Albán seguramente capitalizó esta relación al promover que la mica figurase como uno de los bienes fundamentales de la alianza entre Teotihuacan y la capital zapoteca, a través del palacio real de la Plataforma Norte. Seguramente la elite gobernante de Xalla promovió estas relaciones a través de emisarios de elite para proveer a Teotihuacan de uno de los materiales con mayor contenido simbólico.

## Agradecimientos

Las excavaciones de Xalla y Teopanazgo en Teotihuacan, dirigidas por Linda R. Manzanilla, fueron financiadas por las siguientes instituciones: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, apoyos no. 25563H, G36050H, 0082596, 152340; el Instituto de Investigaciones Antropológicas y la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (IN 406199 e IN 404213) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El permiso para esta investigación fue otorgado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Agradecemos al Sr. Antonio Morales, del Instituto de Física, UNAM, por su ayuda técnica en las mediciones de difracción de rayos-X, y al Sr. Jesús Muñoz Lujano, del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), por su asistencia técnica en el análisis por activación neutrónica.

## Referencias

- Alfaro Castro y Rivera Guzmán. (2014). La Tumba 10 de Cerro de las Minas, un estudio preliminar sobre las prácticas funerarias prehispánicas del período clásico en la Mixteca Baja de Oaxaca. En R. Ortiz Escamilla (ed.), *Recuerdos y Costumbres Vivas en la Mixteca* (pp. 43–73). Huajuapán de León: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Blanton, R. E., Feinman, G. M., Kowalewski, S. A. y Peregrine, P. N. (1996). A dual-processual theory for the evolution of Mesoamerican civilization. *Current Anthropology*, 37(1), 1–14.
- Caso, A. (1938). *Exploraciones en Oaxaca, Quinta y sexta temporadas 1936-1937. Publicación no. 34*. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Coelho, A. (2007). *TOPAS-Academic V4.1. Coelho Software*. Brisbane: [www.topas-academic.net](http://www.topas-academic.net)
- Dabrowski, W., Grybos, P., Hottowy, P., Swientek, K. y Wiacek, P. (2003). Integrated readout of silicon strip detectors for position sensitive measurement of X-rays. *Nuclear Instruments and Methods in Physics, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Instruments*, 512, 213–219.
- Doménech Carbó, M. T., Vázquez de Ágredos-Pascual, M. L., Osete Cortina, L., Doménech Carbó, A., Guasch Ferré, N., Manzanilla, L. R., et al. (2012). Characterization of Prehispanic cosmetics found in a burial of the ancient city of Teotihuacan (Mexico). *Journal of Archaeological Science*, 39, 1043–1062.
- Feinman, G. M. y Nicholas, L. M. (1990). At the margins of the Monte Albán state. Settlement patterns in the Ejutla Valley, Oaxaca, Mexico. *Latin American Antiquity*, 1, 216–246.
- Feinman, G. M. y Nicholas, L. M. (2004). Unraveling the Prehispanic Highland Mesoamerican Economy. En G. M. Feinman y L. M. Nicholas (eds.), *Archaeological Perspectives on Political Economies* (pp. 167–188). Salt Lake City: University of Utah Press.
- Froese, T., Gershenson, C. y Manzanilla, L. R. (2014). Can government be self-organized? A mathematical model of the collective social organization of ancient Teotihuacan, Central Mexico. *PLOS ONE*, 9(10), e109966.
- Jarvinen, M. (1993). Application of symmetrized harmonics expansion to correction of the preferred orientation effect. *Journal of Applied Crystallography*, 26, 525–531.
- Jiménez Reyes, M., Tenorio, D., Esparza López, J. R., Cruz Jiménez, R. L., Mandujano, C. y Elizalde, S. (2001). Neutron activation analysis of obsidian from quarries of the Central Quaternary Trans-Mexican Volcanic Axis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 250(3), 465–471.
- Kerr, P. F. (1959). *Optical Mineralogy*. New York: MacGraw-Hill Company, Inc.
- López Austin, A. (1989). La historia de Teotihuacan. In *Teotihuacan*. pp. 13–35. México: El Equilibrista, Citicorp/Citibank.
- López Juárez, J. M., Ruvalcaba Sil, J. L. y Aguilar Franco, M. (2012). Aplicación de difracción de rayos X (XRD), rayos X y luminiscencia inducidas por protones (PIXE e IOL) para la caracterización de pizarra de Teotihuacan. En L. R. Manzanilla (ed.), *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopanazgo en Teotihuacan* (pp. 233–256). México: Coordinación de Humanidades-Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manzanilla, L. R. (2002a). Organización sociopolítica de Teotihuacan: lo que los materiales arqueológicos nos dicen o nos callan. In *Memorias de la Primera Mesa Redonda de Teotihuacan*. pp. 3–21. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Antropológicas-Instituto de Investigaciones Estéticas, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Manzanilla, L. R. (2002b). Gobierno corporativo en Teotihuacan: una revisión del concepto ‘palacio’ aplicado a la gran urbe prehispánica. *Anales de Antropología*, 35(2001), 157–190.
- Manzanilla, L. R. (2006). Estados corporativos arcaicos. Organizaciones de excepción en escenarios excluyentes. *Revista Cuicuilco*, 13(36), 13–45.
- Manzanilla, L. R. (2008a). La iconografía del poder en Teotihuacan. En G. Olivier (ed.), *Símbolos de poder en Mesoamérica* (pp. 111–131). México: Instituto de Investigaciones Históricas (Serie Culturas Mesoamericanas 5) e Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manzanilla, L. R. (2008b). Proyecto interdisciplinario: ‘Teotihuacan: élite y gobierno’. En E. Krotz (ed.), *Inventario Antropológico 8, 2002-2006* (pp. 431–439). México: Universidad Autónoma de Yucatán, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Manzanilla, L. R. (2009a). Corporate life in apartment and *barrio* compounds at Teotihuacan, Central Mexico: craft specialization, hierarchy and ethnicity. En L. R. Manzanilla y C. Chapdelaine (eds.), *Domestic Life in Prehispanic Capitals. A Study of Specialization, Hierarchy and Ethnicity* (pp. 21–42). Ann Arbor: Memoirs of the Museum of Anthropology 46, Studies in Latin American Ethnohistory and Archaeology VII, University of Michigan.
- Manzanilla, L. R. (2009b). Nuevos datos sobre la cronología de Teotihuacan. Correlación de técnicas de fechamiento. En A. Daneels (Ed.), *V Coloquio Pedro Bosch Gimpera (2001), Cronología y periodización de Mesoamérica y el Norte de México* (pp. 21–52). Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manzanilla, L. R. (2011a). Metrópolis prehispánicas e impacto ambiental: el caso de Teotihuacan a través del tiempo. En M. Caballero y B. Ortega (eds.), *Escenarios de cambio climático I: Registros del Cuaternario en América Latina* (pp. 287–319). México: Fomento Editorial, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manzanilla, L. R. (2011b). Sistemas de control de mano de obra y del intercambio de bienes suntuarios en el corredor teotihuacano hacia la costa del Golfo en el Clásico. *Anales de Antropología*, 45, 9–32.
- Manzanilla, L. R. (Ed.). (2012). *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopanazgo en Teotihuacan*. México: Coordinación de Humanidades/Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manzanilla, L. R. (2012). Introducción. Teopanazgo, un centro de barrio multiétnico de Teotihuacan. En L. R. Manzanilla (ed.), *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopanazgo en Teotihuacan* (pp. 17–66). México:

- Coordinación de Humanidades-Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manzanilla, L. R. (2015a). Cooperation and tensions in multiethnic corporate societies using Teotihuacan. Central Mexico, as a case study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(30), 9210–9215.
- Manzanilla, L. R. (2015b). *Informe técnico parcial de la décima temporada de excavaciones en Xalla. Diciembre 2014-enero 2015*. Informe técnico para el Consejo de Arqueología, INAH.
- Manzanilla, L. R. y López Luján, L. (2001). Exploraciones en un posible palacio de Teotihuacan: el Proyecto Xalla (2000-2001). *Mexicon*, 13(3), 58–61.
- Martínez López, C. (1994). La cerámica de estilo teotihuacano en Monte Albán. En M. Winter (ed.), *Monte Albán: estudios recientes. Proyecto Especial Monte Albán 1992-1994* (pp. 25–54). Contribución 2, Centro INAH-Oaxaca, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Martínez García, C., Ruvalcaba, J. L., Ontalba, M. A. y Manzanilla, L. R. (2002). Caracterización mediante haces de partículas: estudios interdisciplinarios de pintura mural teotihuacana. In *Arte y Ciencia. XXIV Coloquio Internacional de Historia del Arte*. (pp. 239–263). México: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez García, C., Ruvalcaba, J. L., Ontalba, M. A. y Manzanilla, L. R. (2005). Análisis interdisciplinario de caracterización de la pintura mural teotihuacana: aplicación del haz de partículas externo como técnica no destructiva. En R. Esparza López y E. Cárdenas García (eds.), *Arqueometría. Proyectos y técnicas de investigación arqueológica* (pp. 73–91). Zamora, Michoacán: El Colegio de Michoacán.
- Matarrese, S., Schingaro, E., Scordari, F., Stoppa, F., Rosatelli, G., Pedrazzi, G., et al. (2008). Crystal chemistry of phlogopite from Vulture-S. Michele Subsynthemvolcanicrocks (Mt. Vulture, Italy) and volcanological implications. *American Mineralogist*, 93, 426–437.
- Meagher, E. P. y Lager, G. A. (1979). Polyhedral thermal expansion in the TiO<sub>2</sub> polymorphs: Refinement of the crystal structures of rutile and brookite at high temperature. *Canadian Mineralogist*, 17, 77–85.
- Melgar Tísoc, E. R., Solís Ciriaco, R. B. y Ruvalcaba Sil, J. L. (2011). *Del centro de barrio al complejo palaciego: los artesanos lapidarios y las tradiciones de manufactura locales y foráneas vistas desde Teopancazco y Xalla*. San Juan Teotihuacan: Ponencia presentada en la Quinta Mesa Redonda de Teotihuacan, Hotel Quinto Sol.
- Melgar Tísoc, E. R., Solís Ciriaco, R. B. y Ruvalcaba Sil, J. L. (2012). La lapidaria de Teopancazco: composición y manufactura. En L. R. Manzanilla (ed.), *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan* (pp. 257–284). México: Coordinación de Humanidades-Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Millon René. (1973). *Urbanization at Teotihuacan. Mexico I, 1. The Teotihuacan Map. Part One: Text*. Austin: University of Texas Press.
- Minitab 17, Minitab Inc., Quality Plaza 1829 Pine Hall Rd, State College PA 16801-3210, USA. [www.minitab.com](http://www.minitab.com)
- Neff, H. (2012). Gauss Language Routines for Statistical Analyses of Multivariate Archaeometric Data [consultado Dic 2012]. Disponible en: <http://archaeometric.missouri.edu>
- Peeler, D.E. (1994). Mapa de Monte Albán. Proyecto Especial Monte Albán 1992-1994, Contribución 6. Oaxaca: Centro INAH Oaxaca.
- Prince, E. (1981). Comparison of profile and integrated-intensity methods in powder refinement. *Journal of Applied Crystallography*, 14, 157–159.
- Redmacher, G. J. y Roth, G. (2002). Single-crystal structure refinements and crystal chemistry of synthetic trioctahedral micas KM<sub>3</sub>(Al,Si)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>, where M=Ni, Mg, Co, Fe, Al. *American Mineralogist*, 87, 1464–1476.
- Rodríguez Galicia, B. (2010). *Captura, preparación y uso diferencial de la ictiofauna encontrada en el sitio arqueológico de Teopancazco, Teotihuacan (tesis de doctorado en Antropología)*. México: Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rosales de la Rosa, E.A. (en preparación) *La mica: un material especular (tesis de Maestría en Estudios Mesoamericanos)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rosales de la Rosa, E. y Manzanilla, L. R. (2011). Producción, consumo y distribución de la mica en Teotihuacan, Presencia de un recurso alóctono en los contextos arqueológicos de dos conjuntos arquitectónicos: Xalla y Teopancazco. En L. R. Manzanilla y K. Hirth (eds.), *La producción artesanal y especializada en Mesoamérica. Áreas de actividad y procesos productivos* (pp. 131–152). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ruvalcaba Sil, J. L., Manzanilla, L., Melgar, E. y Lozano Santa Cruz, R. (2008). PIXE and ion luminescence for Mesoamerican jadeite characterization. *X-Ray Spectrometry*, 37, 96–99.
- Sahagún, Fray Bernardino (1963). “Earthly thing”. En: *Florentine Codex: General History of the Things of New Spain*, editado y traducido por A.J.O. Anderson y C.E. Dibble, Monograph 14, pt. 12, School of American Research, Santa Fe, y la University of Utah, Salt Lake City.
- Sanders, W. T., Parsons, J. R. y Santley, R. S. (1979). *The Basin of Mexico. Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*. New York: Studies in Archaeology, Academic Press.
- Schingaro, E. F., Scordari, F. y Ventriti, G. (2011). Trioctahedral micas-1M from Mt. Vulture (Italy): Structural disorder and crystal chemistry. *European Journal of Mineralogy*, 13, 1057–1069.
- Steinfink, H. (1962). Crystal structure of a trioctahedral mica phlogopite. *American Mineralogist*, 47, 886–896.
- Vázquez de Ágredos Pascual, M. L., Manzanilla Naim, L. R. y Vidal Lorenzo, C. (2012). Antiguas esencias aromáticas y cosméticos funerarios del barrio multiétnico de Teopancazco (Teotihuacan, México). En L. R. Manzanilla (ed.), *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan* (pp. 211–232). México: Coordinación de Humanidades-Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velázquez Castro A. y Pérez Roldán A. (2011). “La producción artesanal de hueso y concha en Teotihuacan. Comparación entre un barrio y un palacio”. Ponencia presentada en la Quinta Mesa Redonda de Teotihuacan, Hotel Quinto Sol, San Juan Teotihuacan, noviembre 2011.
- Velázquez Castro, A., Valentín Maldonado, N. y Zúñiga Arellano, B. (2012). Análisis con MEB de las huellas de manufactura de los objetos de concha de Teopancazco. En L. R. Manzanilla (ed.), *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan* (pp. 285–310). México: Coordinación de Humanidades-Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ventriti, G., Zema, M., Scordari, F. y Pedrazzi, G. (2008). Thermal behavior of a Ti-rich phlogopite from Mt. Vulture (Potenza, Italy): An in situ X-ray single-crystal diffraction study. *American Mineralogist*, 93, 632–643.
- Victoria A, Mayorga V. O., y Prol R. M., (1997). Características mineralógicas de algunas pegmatitas del Complejo Oaxaqueño. *II Convención sobre la evolución geológica de México y recursos asociados*. Pachuca, Hidalgo, México (pp. 82-85). México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UAIEH, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.