



Special Section: Recent Research on Iron Ore Mirrors in Mesoamerica and Central America

Los discos de Pizarra de Teotihuacán: caracterización y procedencia de la materia prima

Julieta M. López Juárez^a , José Luis Ruvalcaba Sil^a , Marina Vega González^b y Manuel Aguilar Franco^c

^aLaboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México; ^bCentro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro, México and ^cLaboratorio Central de Microscopía, Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

Resumen

Desde la antigüedad, los artefactos de pizarra fueron utilizados por sociedades asentadas en diversos puntos del continente americano; su uso abarcó diferentes temporalidades y múltiples formas.

En el caso particular de Teotihuacán, ubicado en el centro de México, los artefactos en cuestión se reportan dentro y fuera de esta ciudad, depositados como ofrenda y asociados directamente al fuego, al agua y al inframundo. Aunque la pizarra fue una materia prima con una presencia constante en Teotihuacán, sólo se reconoce cuando aparece asociada a los espejos, cuando presenta diseños iconográficos, o con evidencia de decoración. Al respecto, en este texto señalamos la importancia de la pizarra en Teotihuacán, su cronología y contexto. De acuerdo con los resultados de los análisis tipológicos, geológicos y de caracterización, proponemos el aprovechamiento de diversas materias primas dentro de un mismo yacimiento, así como la identificación de las áreas de extracción de la pizarra utilizada por los teotihuacanos a través del tiempo.

Estos datos nos permiten inferir las funciones rituales, simbólicas y jerárquicas de esta materia prima dentro de la metrópoli teotihuacana.

Abstract

Slate artifacts were used by societies in various parts of the Americas from ancient times, spanning different forms and temporalities. In the case of Teotihuacan, located in central Mexico, slate artifacts reported both inside and outside this city were deposited as offerings, and were associated with fire, water, and the underworld. Although slate was a raw material with a constant presence in Teotihuacan, it is only recognized when it appears associated with mirrors or when it presents iconographic designs or with evidence of decoration. In this article we point out its social importance in Teotihuacan and its chronological and contextual associations. According to the results of the typological, geological, and characterization analyses, we show the use of raw materials within the same deposit, as well as the identification of slate raw material sources. The results allow us to make inferences about the ritual, symbolic, and hierarchical functions of this raw material within Teotihuacan.

Desde la antigüedad, los artefactos de pizarra fueron utilizados por sociedades asentadas en diversos puntos del continente americano. Geográficamente, se reportan artefactos desde Groenlandia, Alaska, el norte de Canadá, el suroeste de los Estados Unidos, pasando por Mesoamérica y cubriendo Sudamérica. La pizarra como materia prima fue usada por distintas sociedades y abarcó diferentes temporalidades y múltiples formas (Blainey 2016; Carot y Hers 2011; Castillo y Olmedo Vera 2016; Dennett y Blainey 2016; Filini 2007; Gazzola et al. 2016; Hers 2013; Hocquenghem 2010;

Ichikawa 2011; Ito 2008; Kindl 2016; Kovacevich 2016; Lelgemann 2016; López Juárez 2006, 2011; López Juárez y Murakami 2018; López Juárez et al. 2012; Lunazzi 2007; Mata Amado 2003; Ménager et al. 2021; Mountjoy 2016; Murano Masakage et al. 2013; Nelson et al. 2005; Pastrana y Domínguez 2010; Pereira 2008; Rivera Dorado 1999; Stone 1964; Velázquez Castro et al. 2006).

En el centro de México, los artefactos manufacturados con pizarra fueron utilizados desde el período formativo hasta el posclásico por diversas sociedades (López Juárez 2011). En el caso particular de Teotihuacán, los registros arqueológicos mencionan que los artefactos de pizarra fueron utilizados aun después de la decadencia de la ciudad por grupos Coyotlatelco y Mazapa. Especialmente, se han recuperado artefactos de pizarra en todos los complejos

Corresponding author: Email: sil@fisica.unam.mx

Cite this article: López Juárez, Julieta M., José Luis Ruvalcaba Sil, Marina Vega González, and Manuel Aguilar Franco (2024) Los discos de Pizarra de Teotihuacán: caracterización y procedencia de la materia prima. *Ancient Mesoamerica* 35, 115–130. <https://doi.org/10.1017/S0956536121000390>

arquitectónicos excavados hasta el momento. Es decir, los artefactos elaborados con pizarra no fueron de circulación restringida; se han identificado dentro y fuera de la ciudad, depositados como parte central de la ofrenda, asociados directamente al fuego, al agua y al inframundo (López Juárez 2006, 2011; López Juárez y Murakami 2018; López Juárez et al. 2012). El conjunto de artefactos manufacturados con pizarra se presenta en formas diversas: placas, lajas, pendientes, figurillas antropomorfas, instrumentos de trabajo (regletas y agujas) y discos, entre otras. Y aunque los artefactos fueron empleados durante largo tiempo, hay pocas investigaciones que aborden la procedencia de la materia prima, el aprovechamiento de otras materias primas dentro de un mismo yacimiento, las técnicas de manufactura o el simbolismo intrínseco en la materia prima, más que en el objeto.

Al respecto, en este texto indicamos la génesis de la materia prima con el fin de ilustrar el complejo proceso de formación e identificación de ésta; así también señalamos que las impurezas minerales contenidas dentro del material fueron aprovechadas por los teotihuacanos en la manufactura de espejos y pendientes.

Posteriormente, mostramos la tipología, cronología y contexto de los artefactos de pizarra recuperados en Teotihuacán. Dentro de la tipología distinguimos los discos, espejos dorsales o *tezcacuitlapilli*, algunos de ellos manufacturados sobre materia prima de transición pizarra-pirita o pizarra hematita.

Argumentamos los siguientes temas a través de los resultados de la caracterización de materiales que nos han permitido: identificar algunas de las áreas de abastecimiento de la materia prima para Teotihuacán; determinar que, en la fase Tzacualli, la elaboración de los artefactos de pizarra se realizó tomando el material de las capas superficiales de la roca—es decir, no había una selección por color ni por calidad como se observa para la fase Miccaotli—; y reconocer que los minerales accesorios como la pirita fueron utilizados para la manufactura de los espejos hechos en una sola pieza, así como de otros singulares ornamentos (López Juárez 2011). La integración de los resultados se presenta al final del texto como conclusión.

La naturaleza de la materia prima

Geológicamente, el valle de Teotihuacán está compuesto por rocas volcánicas ácidas y básicas entre las que destacan, respectivamente, rocas basálticas y andesíticas, tepetate y, en menor cantidad, obsidianas o vidrio volcánico. Es evidente que la pizarra no es propia de la localidad, lo que indica que para su obtención existían especialistas que contaban con los conocimientos necesarios para identificar, seleccionar, extraer, embalar y transportar la materia prima desde los afloramientos hasta la ciudad (López Juárez 2006, 2011; López Juárez et al. 2012).

La pizarra se clasifica dentro de las rocas metamórficas: se transforma a partir de rocas sedimentarias durante eventos tectónicos de grado relativamente bajo por calor y presión moderada. De manera general, la pizarra se define como una roca metamórfica de grano extremadamente

fino, transformada por presión y/o calor moderado. Los minerales predominantes de esta roca pueden ser: mica, clorita y cuarzo. Adicionalmente, la pizarra contiene minerales accesorios como óxidos de hierro, sulfuros de hierro, feldespatos, grafitos y carbonatos. La textura laminar de la pizarra permite separar hojas grandes y delgadas al momento de su extracción. El color, que está dado por el tamaño de grano, por los minerales mayoritarios y por las condiciones genéticas ambientales, puede ser gris, negro, negro azulado, verdoso, amarillento, castaño claro y castaño rojizo (Cardenes et al. 2021; Kopf 1979; López Juárez 2006, 2011; Walsh 2007; Wenk et al. 2020).

Dependiendo del tipo de metamorfismo que les dio origen y los minerales accesorios que contengan, dentro de las formaciones geológicas se pueden identificar en forma de bandas, nódulos o zonas minerales de: cuarzos, peder-nales, esquistos verdes, serpentinas, serpentinitas, hematitas con manganeso, piritas, pirrotitas, calcopiritas, arsenopiritas, azuritas, malaquitas, limonitas, antimonio, especularita, jarosita, minerales arcillosos y, en ocasiones, minerales derivados del cobre (López Juárez 2011:67–99; Walsh 2007). Y aunque geológicamente se identifican diversas materias primas aprovechables dentro de los yacimientos, por el momento no hay estudios que hayan caracterizado y/o comprobado el aprovechamiento de estas materias primas en las sociedades prehispánicas.

Al respecto, entre los minerales ferrosos aprovechados por los teotihuacanos en la manufactura de los espejos se identifican: hematita (óxido férrico o Fe_2O_3), pirita (sulfuro de hierro o FeS_2) y magnetita (Fe_3O_4 ; Gazzola et al. 2016; López Juárez 2006, 2011; López et al. 2012). Usualmente, la identificación de estos minerales se hace a través de inferencias, cuando en lugar de encontrarse la superficie reflejante del espejo, se presentan restos de una masa de color amarillo brillante o rojizo, identificado en ocasiones como jarosita o como limonita. Aunque en realidad, jarosita y limonita tiene orígenes totalmente diferentes; adicionalmente, el hecho de encontrar mineral en descomposición sobre un soporte no significa que necesariamente tuviese teselas de pirita o fuese un espejo adherido. Por ejemplo, en Teotihuacán se identifican artefactos manufacturados en una sola pieza, como pendientes circulares y espejos pequeños y planos. Estos fueron hechos de pizarra transición pirita o de pizarra transición hematita, aunque la utilización de esta materia prima de transición no fue exclusiva de los teotihuacanos, ya que en la tradición de las tumbas de tiro también ha sido reportada (Hers 2013). Adicionalmente, es posible que como mencionan Mata Amado (2003) y Nelson y colaboradores (2005), existieran espejos compuestos en Teotihuacán (espejos hechos con polvo de pirita o hematita mezclados con arcillas), aunque en nuestros análisis no los detectamos. Respecto al uso de la magnetita en la manufactura de espejos, aunque se ha propuesto su utilización, todavía no contamos con datos de caracterización sobre las muestras arqueológicas que comprueben o refuten estas propuestas. Pero no es imposible que se hubiese utilizado, ya que, por su génesis, puede encontrarse en asociación magnetita-martita, hematita-martita o goetita-hematita (Duuring et al. 2019; Nayak 2021).

Bibliográficamente, la pizarra se identifica dentro de las formaciones geológicas meta-sedimentarias que recorren gran parte de México y, consecuentemente, abarcan diversos estados.

Sobre los yacimientos de la materia prima, estudios previos identifican la pizarra utilizada por los teotihuacanos en las formaciones geológicas de los actuales estados de Michoacán, México, Morelos y Guerrero (López Juárez 2011:133–171; López Juárez et al. 2012:248–250), aunque hay algunas fuentes que todavía no han podido ser identificadas (Figura 1).

Estas formaciones geológicas de pizarra no fueron recorridas ni muestreadas exhaustivamente, aunque se comprobó la intercalación y bandas de otros materiales, como cuarzos, pedernales, esquistos verdes o esquistos micáceos. Dicha observación nos permite proponer que, al momento en que se extrajo la pizarra, se aprovecharon estas intercalaciones o impurezas minerales—es decir, se optimizó el rendimiento de las fuerzas de trabajo en la extracción de diversas materias primas de una sola formación geológica.

Estas materias primas fueron utilizadas en la elaboración de espejos, aplicaciones y colorantes (pirita, hematita, magnetita, minerales arcillosos con alto contenido de hierro o cobre), ornamentos diversos (piedras verdes, mica) y como herramientas (pedernales).

Tipología, cronología y contexto

La tipología se realizó analizando los artefactos recuperados por diversos proyectos arqueológicos dentro y fuera del centro ceremonial de Teotihuacán. Para situar los artefactos en el tiempo, se utilizan los resultados de radiocarbono de los proyectos:

- Proyecto Antigua Ciudad de Teotihuacán. Primeras fases de desarrollo urbano: Oztoyahualco 15B:N6W3 (Manzanilla Naím 1993);
- Proyecto Templo de Quetzalcóatl, Teotihuacán (Cabrera Castro 2009; Cabrera Castro y Sugiyama 1982);
- Proyecto Pirámide de la Luna Teotihuacán (Cabrera Castro y Sugiyama 1999, 2009; Sugiyama y Cabrera Castro 2006);

- Proyecto Estudio de Túneles y Cuevas en Teotihuacán (Manzanilla Naím 1994a, 1994b; Manzanilla Naím et al. 1996);
- Proyecto Teotihuacán Élite y Gobierno: Xalla y Teopanazgo, Teotihuacán (Manzanilla Naím 2009a, 2009b, 2019; Figura 2).

Hasta el momento, se han analizado 44.684 artefactos de pizarra; 43.857 pertenecen a Teotihuacán y el resto pertenece a diferentes sociedades asentadas en el centro de México que tuvieron vínculos con Teotihuacán (López Juárez 2006, 2011; López Juárez et al. 2013, 2015).

Así entonces, el conjunto de artefactos manufacturados en pizarra terminados y en proceso de elaboración son cuentas, pendientes, placas, discos, figurillas antropomorfas, lajas o láminas con y sin decoración, instrumentos de trabajo como regletas y agujas, formas especiales (López Juárez 2006, 2011; Figura 3). Algunos artefactos presentan diferentes grados de elaboración y de decoración; otros artefactos como los discos fueron reutilizados, haciendo un reensamblaje y diseño con ellos. Estos discos fueron cortados intencionalmente; posteriormente fueron pegados con alguna resina o arcilla, respetando la forma original; algunos conservan restos de óxidos de hierro en una de las superficies, posiblemente restos de un espejo de hematita. Hablando sobre la temporalidad, los artefactos producidos con pizarra se utilizaron desde el formativo terminal hacia la fase Tzacualli (1–100 d.C.) en Teotihuacán, llegando hasta la fase Mazapa (900 d.C.), donde disminuyen drásticamente (López Juárez et al. 2012). Lo anterior hace evidente que los artefactos fueron utilizados antes de que Teotihuacán fuera constituida como metrópoli, cuyo uso continúa durante el período de florecimiento y auge, e incluso después de su decadencia (900 d.C.).

Contexto de los artefactos

Una gran cantidad de artefactos líticos, entre ellos pizarra, fueron recuperados a lo largo de la Calzada de los Muertos en los años de 1960 por el Proyecto Teotihuacán,



Figura 1. Diversidad de los yacimientos de pizarra: (a) Tlalpujahua, Michoacán, México; (b) Senjojiki Rock Plateau, Parque Nacional Yoshino-Kumano, Shirahama, Japón. Fotografía: J. López Juárez.

aunque el contexto no siempre es claro (López Juárez 2006; López Juárez y Murakami 2018; Medina González y Ortega Cabrera 2020). En esta área se realizaron excavaciones en los Edificios 2, 3, 4, 5 que delimitan la Plaza de la Luna, al oeste en el Palacio de Quetzalpapalotl; en el Edificio 1 y al pie de la Plataforma adosada de la Pirámide de la Luna, en la escalinata de la Pirámide del Sol, hasta el inicio del Complejo de la Calzada de los Muertos (Medina González y Ortega Cabrera 2020).

De acuerdo con la ubicación, la abundancia y las diversas materias primas encontradas, se ha propuesto un área de talleres (Turner 1987, 1992). Y es posible que algunos de los artefactos recuperados de los monumentos como Pirámide de la Luna y la Pirámide de la Serpiente Emplumada fueran producidos en esta área. Aunque es igualmente posible que ésta fuera un área para el almacenamiento de materias primas importadas que serían distribuidas posteriormente hacia los talleres. Se han propuesto

cuatro localizaciones de talleres lapidarios para Teotihuacán además de La Ventilla: Tecopac (Turner 1987, 1992), Tlajinga 33 (Widmer 1987, 1991), una estructura a lo largo de la Calle de los Muertos (Turner 1987, 1992) y Tlamimilolpa N5:S1E1 (Ortega Cabrera 2001). En cualquier caso, la evidencia actual sugiere que no había muchos talleres lapidarios en Teotihuacán, aunque los análisis traceológicos realizados sobre algunos artefactos evidencian la multiespecialización artesanal (López Juárez 2009, 2011; López Juárez y Murakami 2018; Manzanilla Naím 2018; Melgar Tísoc y Solís Ciriaco 2018; Ménager et al. 2021).

El descubrimiento de los entierros ubicados dentro de la Pirámide de la Serpiente Emplumada y el análisis de estas ofrendas permite ampliar el conocimiento sobre la dimensión sociopolítica en el uso de los objetos lapidarios (Cabrera Cortés 1995, 2002; Sugiyama 2005). Durante las excavaciones de la Pirámide de la Serpiente Emplumada, un total de 898 artefactos de pizarra fueron recuperados

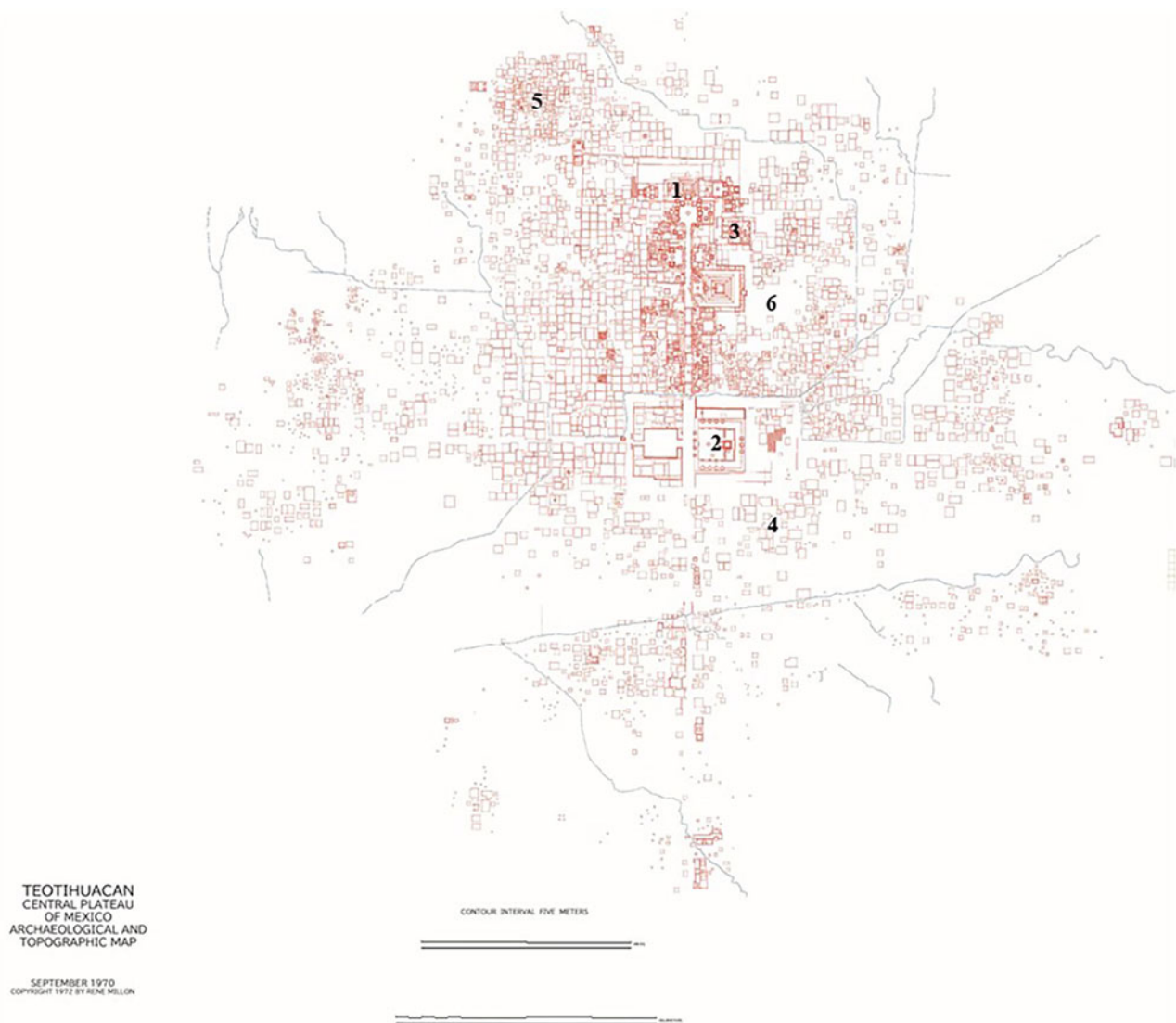


Figura 2. Detalle del mapa de la ciudad de Teotihuacán. © Millon 1973. Se han señalado con número sobre el mapa, la ubicación de los proyectos discutidos en el texto. 1. Pirámide de la Luna, 2. Templo de Quetzalcóatl, 3. Xalla, 4. Teopanazgo, 5. Oztoyahualco 15B, 6. Estudio de Túneles y Cuevas de Teotihuacan. Edición del mapa y ubicación de J. López.

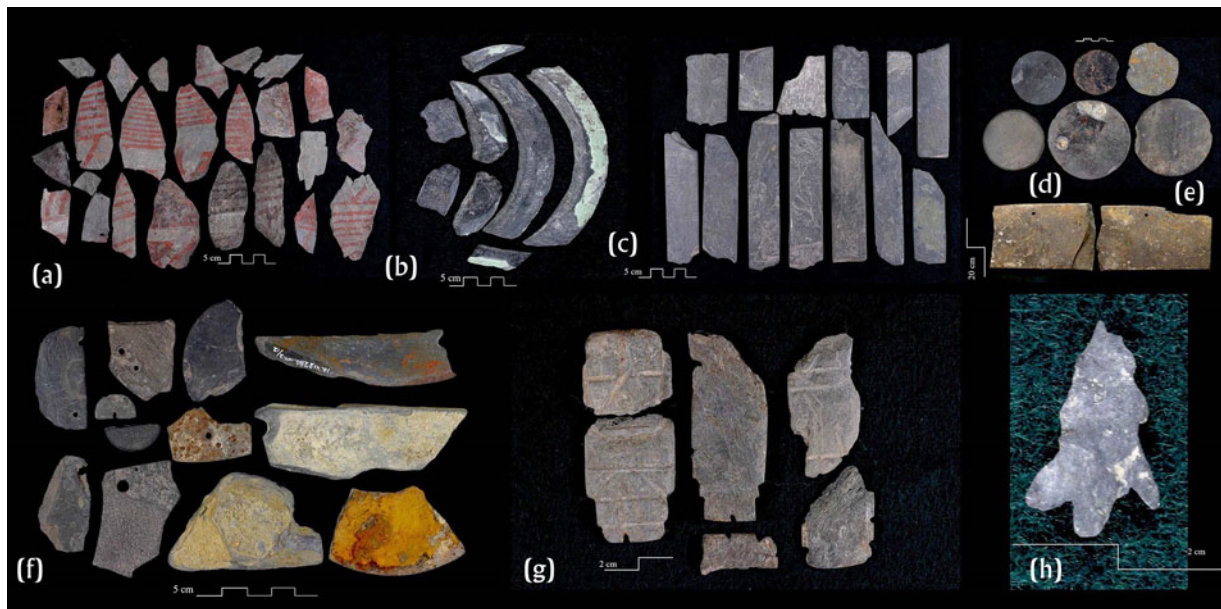


Figura 3. Ejemplos de la tipología de los artefactos de pizarra en Teotihuacán según López Juárez (2006): (a) lajas pintadas; (b) brazaletes; (c) regletas; (d) discos; (e) tapas; (f) materiales con huellas de trabajo; (g) figurillas antropomorfas; (h) punta miniatura. © Acervo de la Zona Arqueológica de Teotihuacán. Fotografías: M. Morales.

de los rellenos constructivos, de los entierros y de las ofrendas del monumento. Entre estos, se identifican 194 discos de pizarra con restos de pirita que funcionaron como espejos dorsales también llamados *tezcacuitlapillis*, algunos depositados a la altura de las pelvis, otros a la altura de las piernas y/o el pie del lado derecho del individuo. Ninguno de estos discos presenta decoración incisa como la reportada sobre otros que han sido recuperados en la antigua ciudad (Gazzola et al. 2016; Heyden 1975; Taube 2018 [1992]; Villa 2010). Por otro lado, se reconoce un espejo quemado que funcionó como soporte del cráneo de un individuo. También se identifican 13 pendientes manufacturados con pizarra-pirita que contaban con una, dos o cuatro perforaciones, que posiblemente funcionaban como broches, ya que fueron recuperados en el pecho sobre el hombro izquierdo, lo que nos hace pensar que estuvieron cosidos en la vestimenta. Estos artefactos se encontraban asociados a: obsidiana, pirita, piedras verdes, moluscos identificados como *Spondylus* sp. y figurillas antropomorfas. Cabe mencionar que dentro del Entierro 14 nos encontramos ante un complicado simbolismo, ya que se identificaron 12 discos con un tratamiento y deposición especial. Hay espejos de pizarra-pirita que se observan quemados (nueve piezas), mientras que las otras tres piezas restantes (3–6 cm de diámetro) fueron quemadas, depositadas cada una dentro de un *Spondylus* sp. y ubicadas en el lado izquierdo de la cadera de los individuos. Esta asociación de materiales (disco/espejo-molusco) se ha reportado en la tradición tumbas de tiro en Nayarit y en el valle de Jalisco, que antecede a los materiales de Teotihuacán por algunas generaciones (Hers 2013; Mountjoy 2016). En contraste, para los mayas del clásico y posclásico, el significado del *Spondylus* se relaciona con la muerte y el inframundo, al igual que los

espejos, que además fungieron como instrumento de comunicación entre ambos mundos (Blainey 2016; Kovacevich 2016; Pereira 2008; Rivera Dorado 1999; Taube 2018 [1992]; Villa 2010).

Por otro lado, hay que resaltar que la colocación de los espejos en ciertas partes del cuerpo fue intencional y posiblemente tendría un significado más profundo que el estético. Es probable que la ubicación del espejo sobre el cuerpo se relacione directamente con una deidad (Rivera Dorado 1999), pero también podría transmitir la legitimación del personaje que lo portaba, o quizás su filiación a un linaje específico. Y aunque la identificación de *tezcacuitlapilli* en los entierros de la Pirámide de la Serpiente Emplumada es ya un descubrimiento excepcional por su abundancia, la aplicación intencional de fuego sobre estos artefactos para ser depositados dentro de un elemento de origen acuático podría señalar que estos individuos fueron, en vida, aún más especiales. De acuerdo con el análisis contextual de las ofrendas asociadas directamente a entierros individuales, Cabrera Castro (2009) y Sugiyama (2005) proponen que los individuos enterrados se agruparon dentro de tres o cuatro grupos de estatus social diferente. El estatus social fue identificado de acuerdo con la riqueza de su ajuar funerario, el tamaño de los ornamentos de piedra verde y el estilo de estos. Entre estos personajes distinguieron a los militares porque portaban collares con maxilares y espejos dorsales.

Los descubrimientos en la Pirámide de la Luna, en parte, corroboran las interpretaciones de los autores ya mencionados, y aclaran la diferenciación social dentro de los grupos de élite en Teotihuacán. Dichos entierros corresponden a tres fases constructivas consecutivas, lo que hace posible investigar los cambios diacrónicos en el uso de los objetos

lapidarios. Los materiales lapidarios de los entierros consisten principalmente de objetos manufacturados sobre piedra verde, obsidiana, pirita y pizarra. Los artefactos de pizarra recuperados de los entierros, ofrendas y rellenos constructivos de las excavaciones de Pirámide de la Luna son 802 en total—de los cuales, 656 artefactos completos, en proceso de trabajo y fragmentados corresponden al relleno del Edificio 1, fechado para la fase Tzacualli; los 146 artefactos restantes son de los entierros ubicados entre las fases Miccaotli y Tlamimilolpa. Entre estos artefactos se distinguen 12 discos con espejos de pirita, así como 7 placas cuadrangulares manufacturadas con la misma materia prima de transición, que consideramos eran preformas de espejos. En este caso, los espejos fueron la parte central de las grandes ofrendas. Por ejemplo, en uno de los depósitos recuperados para el Entierro 6 (300 d.C.) fueron dispuestos nueve pares de excéntricos de obsidiana, cada uno compuesto por un cuchillo ondulado y una imagen de serpiente vista de perfil que rodeaban un disco de pizarra cubierto en ambas superficies por teselas de pirita. Sobre el espejo se depositaron dos figurillas antropomorfas, una tallada en obsidiana y otra elaborada con mosaico de piedra verde sobre madera (Sugiyama y López Luján 2006, 2007a, 2007b).

Esta compleja ofrenda, con un espejo doble (Figura 4), representa una amplia polisemia. Podría simbolizar una puerta que abre y cierra el inframundo. También podría ser la recreación de un sol pálido, cuyos rayos, algunos en forma de ofidios, hacen alusión al interior de la tierra, a la fertilidad y a la renovación (Rivera Dorado 1999), o, como lo documenta Taube (2018 [1992]), podría asociarse al ojo, la flor, el fuego, el agua, la red y la cueva.

El análisis realizado a los artefactos muestra que la Pirámide de la Luna es uno de los monumentos donde se identifican espejos completos y de mayores dimensiones (28–30 cm), peso (4.750 gramos), complejidad (espejos dobles: pirita-pizarra-pirita) y diversas formas—los hay cuadrangulares (Figuras 5), entre estos, algunos fueron cortados y rearmados para conservar la forma original (Figura 6).

Adicionalmente, dentro de los artefactos depositados para los entierros de Pirámide de la Luna fue posible



Figura 4. Espejo doble, perfil. © Proyecto Pirámide de la Luna, Entierro 6. Fotografía: J. López Juárez.

observar que existieron artefactos en proceso de trabajo y artefactos reutilizados manufacturados con pizarra transición pirita. Es decir, el valor del artefacto fue intrínseco al de la materia prima. Y aunque la pizarra con forma de disco o espejo no estuvo limitada a la zona central, su frecuencia es baja en comparación con otros objetos, como las láminas pintadas o los pendientes, que se distribuyen ampliamente en varios contextos de la ciudad (López Juárez 2006, 2011).

El caso de Teopanazco (fase Tlamimilolpa–Xolalpan) es excepcional. La evidente profusión de artefactos de pizarra y su relación con variadas materias primas foráneas nos indican un acceso preferencial sobre la materia prima, posiblemente manejada por las élites intermedias (Manzanilla Naím 2009a, 2009b, 2009c). Para las fases Coyotlatelco y Mazapa, la utilización de los artefactos de pizarra reportados en las cuevas al oeste de la Pirámide del Sol (Cueva de las Varillas y Cueva Pirul) disminuye drásticamente (38 artefactos).

Hasta aquí, hemos mostrado la tipología, cronología y contexto de los artefactos, haciendo énfasis en los discos o espejos, pero ¿de qué hablamos cuando nos referimos a los discos, espejos o *tezcacuitlapilli*? En el siguiente apartado lo explicamos.

¿Discos, espejos o *tezcacuitlapilli*?

En este apartado describimos las características de los discos, los espejos y los *tezcacuitlapilli* con la finalidad de diferenciarlos, ya que en la literatura se asume para las formas circulares un mismo significado.

Discos y espejos

De manera general al mencionar los discos, nos referimos a la forma circular y plana de un objeto, pudiendo estar manufacturado con materiales orgánicos o minerales (madera, concha, piedras). En cambio, los espejos, pudiendo tener o no la forma circular, son objetos reflejantes, que usualmente—aunque no necesariamente—son montados sobre una base de madera, arenisca o pizarra. La materia prima reflejante de los espejos prehispánicos podía ser de antracita, mica, obsidiana, ilmenita, pirita, hematita, magnetita u otros minerales lustrosos. La manufactura de los espejos a veces fue de una sola pieza o un ensamble de pequeñas teselas que fueron adheridas a una base. Es posible que el tamaño de los espejos estuviera determinado por la geología del material, pero también por su uso. Los discos y espejos analizados entre 2 y 15 cm fueron aplicaciones y también parte de la vestimenta de personajes con alto estatus. Estos discos fueron manufacturados con materia prima de transición pizarra-pirita, aunque también los hay de pizarra con hematita, y posiblemente de pizarra con magnetita.

En cambio, los espejos con dimensiones de 28–30 cm fueron hechos de pequeñas piezas de pirita y, aunque presentan perforaciones en los extremos, no creemos que hayan sido portados, sino que fueron manufacturados expresamente para depositarlos en el ritual funerario. El pegamento utilizado en la aplicación de las teselas fue una mezcla que pudo contener arcillas, materia orgánica vegetal

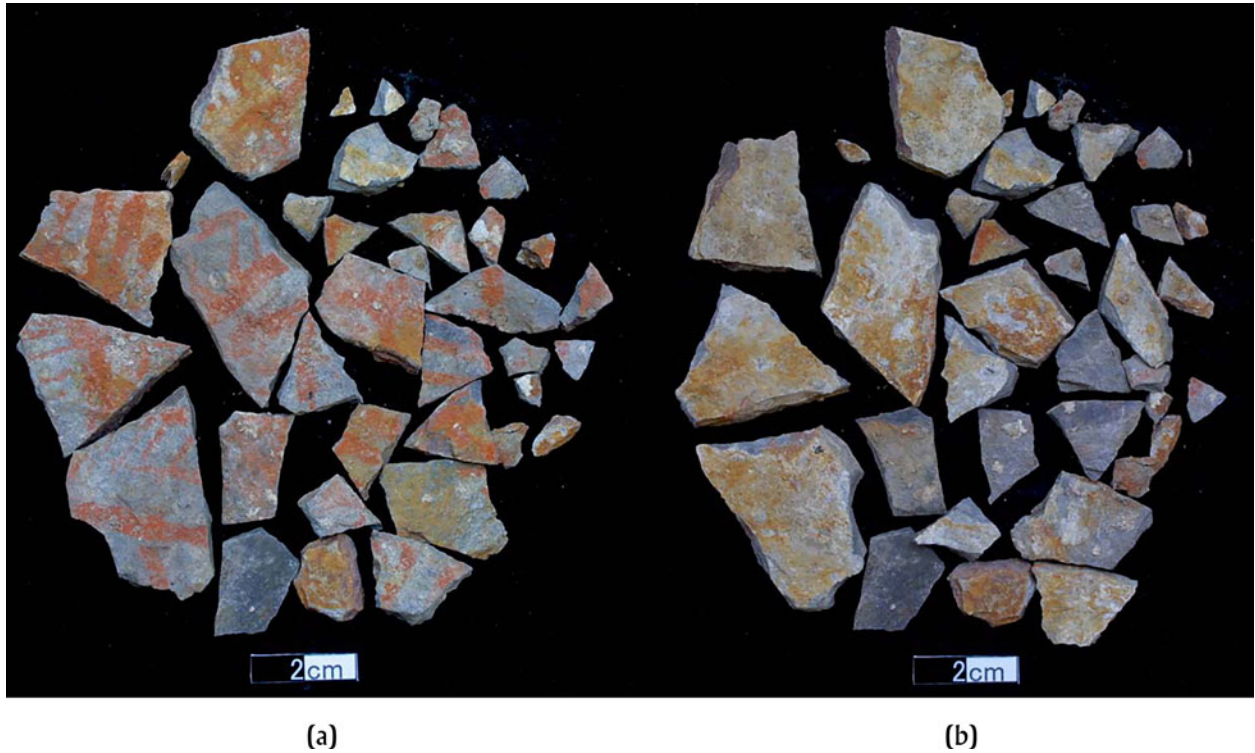


Figura 5. (a) Fragmentos de espejo cuadrangular de pizarra con decoración; (b) restos minerales del adhesivo y teselas de minerales ferruginosos. © Proyecto Pirámide de la Luna, Entierro 2, Elemento 257-2. Fotografía: J. López Juárez.

y/o resinas (López Juárez 2006, 2011; Mata Amado 2003; Ménager et al. 2021; Nelson et al. 2005). Y aunque se menciona la existencia de espejos cóncavos y convexos (Lunazzi 2016), los espejos teotihuacanos, al parecer, fueron planos.

Si bien los espejos y pequeños mosaicos fueron manufacturados con materiales ferrosos que obtienen un alto grado de lustre al ser pulidos, de acuerdo con la materia prima utilizada el lustre y la calidad del reflejo se modifica. La antracita permite una reflexión del 5%, mientras que con la



Figura 6. Espejo cuadrangular cortado y rearmado para depositarlo como ofrenda. Materia prima de transición. © Proyecto Pirámide de la Luna, Entierro 6, Elemento 2000. Fotografía: J. López Juárez.

magnetita pulida la reflexión obtenida es del 21%. Al utilizar obsidiana y hematita la reflexión ronda el 20%, y para la pirita un 60% (Calvo y Enoch 2007; Lunazzi 1996, 2007; Nelson et al. 2005). Por lo tanto, es posible que también la claridad y la intensidad del reflejo tuviesen un significado al momento de elegir la materia prima para manufacturar el espejo.

Los espejos a los que hacemos referencia en este texto fueron manufacturados con óxidos o sulfuros de hierro, adheridos a un disco de pizarra con una mezcla de arcillas, hierbas y/o resinas. Otras veces, aprovechando la materia prima en proceso de transición (pizarra-pirita, pizarra-hematita), los espejos fueron manufacturados puliendo la superficie de pizarra y bruñendo la superficie contraria que contenía pirita o hematita, consiguiendo así un espejo de una sola pieza (Figura 7). Se identifican pendientes circulares con la misma materia prima, aunque algunos de ellos muestran sobre la superficie reflejante un curioso diseño geométrico, simulando teselas o una red (Figura 7g), como sugiere Taube (2018 [1992]).

Respecto a esta materia prima en proceso de metamorfosis, resalta el hecho de que ha sido documentada en sitios que antecedieron algunas generaciones a Teotihuacán, como Tequisquiapan, Querétaro, así como en la cultura de tumbas de tiro en Las Cebollas, Tequilita, Nayarit y en Huitzilapa, Jalisco (Hers 2013). Adicionalmente, se reportan artefactos manufacturados sobre material transicional de pirita y cuarzo (reconocidos como “doublets”) en tumbas de tiro fechadas entre 1000 y 400 a.C. en Jalisco (Mountjoy 2016).

Tezcacuitlapilli

El *tezcacuitlapilli* es un término náhuatl formado por la raíz de la palabra *tezcatl* que se traduce como “espejo”, y la palabra *cuitlapilli* que quiere decir “cola o rabo de animal o de ave” (Castillo Bernal y Olmedo Vera 2016; Gran Diccionario Náhuatl 2012). Entonces, un *tezcacuitlapilli* es un espejo circular ubicado en la espalda baja, cerca de la cadera que pudo estar adornado con plumas y/o borlas de algodón (Taube 2018 [1992]), o como parte de un mosaico.

Para el posclásico, los informantes de Sahagún describen que entre los regalos enviados a Cortés por Moctheuczoma se encontraban los atavíos sacerdotales de los dioses Tezcatlipoca, Tlalocatecutli y Quetzalcóatl, entre las múltiples partes que componían los atavíos se describe “una medalla grande hecha de mosaico que se ponía sobre una manta atada al cuerpo”, o “una medalla con la que se ciñen los lomos, rodeada de plumas ricas” (Sahagún 1999 [1956]:lbr. XII, cap. IV, pp. 725–726). Suponemos, entonces, que los individuos del Templo de Quetzalcóatl que portaban *tezcacuitlapilli* fueron señalados como parte de una élite y pertenecieron al linaje de los dioses del fuego, el inframundo, el agua y la creación. De acuerdo con la información mostrada hasta el momento, la pizarra fue un bien imprescindible dentro de los rituales teotihuacanos, aunque la identificación y selección de la materia prima, su extracción o los medios de obtención han sido poco estudiados hasta este momento.

Al respecto, en el apartado siguiente resumimos los resultados de la caracterización de artefactos y la

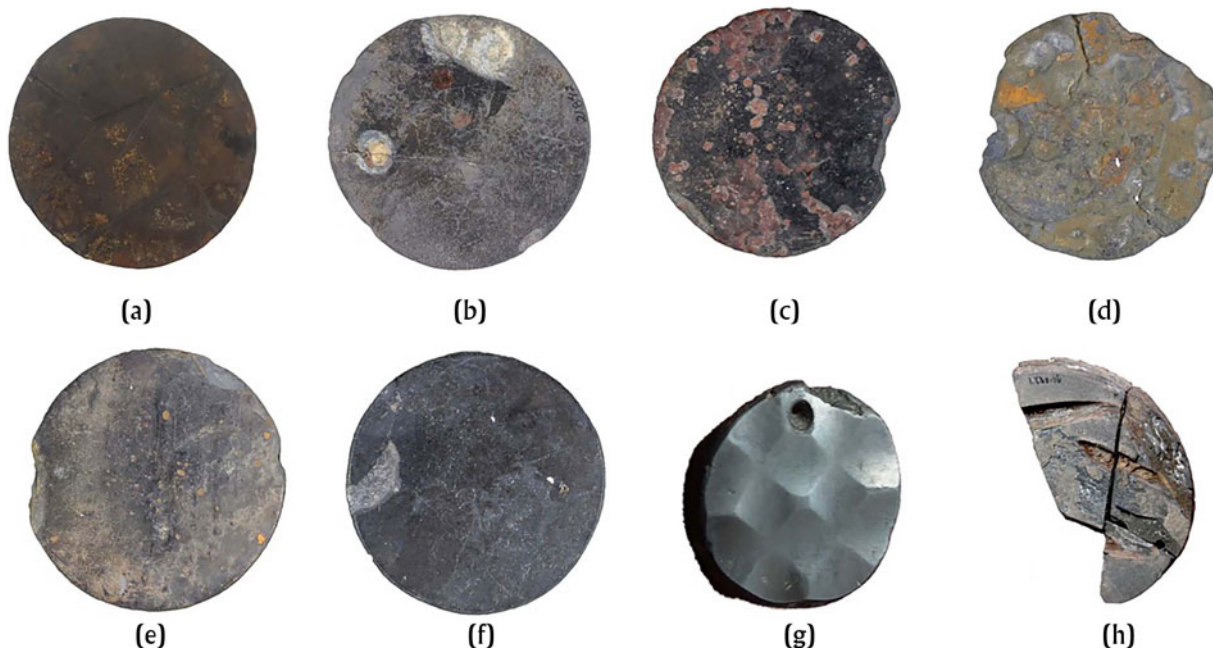


Figura 7. Ejemplos de espejos de una pieza manufacturados con materia prima de transición: (a) © Pirámide de la Luna, Entierro 2, diámetro 11,6 cm, grosor 11,0 mm. (b) © Proyecto Arqueológico Teotihuacán 1980–1982, diámetro 6,0 cm, grosor 3,0 mm. (c) © Proyecto Teotihuacán 1962–1964, diámetro 4,2 cm, grosor 4,0 mm. (d) © Proyecto Arqueológico Teotihuacán 1980–1982, diámetro 6,0 cm, grosor 3,0 mm. (e) © Proyecto Teotihuacán 1962–1964, diámetro 6,0 cm, grosor 3,0 mm. (f) © Proyecto Teotihuacán 1962–1964, diámetro 4,6 cm, grosor 3,0 mm. (g) © Templo de Quetzalcóatl 1989, frente C. diámetro 2,4 cm, grosor 3,0 mm. (h) © Templo de Quetzalcóatl 1989, frente C. diámetro 8,0 cm (aprox.), grosor 11,0 mm. Fotografías: M. Morales y J. López Juárez.

identificación y la ubicación de algunos yacimientos que fueron aprovechados por los teotihuacanos.

Caracterización de los materiales

Se caracterizaron 254 objetos, de los cuales 241 son artefactos y 13 muestras geológicas. Los artefactos corresponden a los siguientes proyectos:

- Proyecto Templo de Quetzalcóatl, Teotihuacán (Cabrera Castro 2009; Cabrera Castro y Sugiyama 1982);
- Proyecto Pirámide de la Luna Teotihuacán (Cabrera Castro y Sugiyama 1999, 2009; Sugiyama y Cabrera Castro 2006);
- Proyecto Estudio de Túneles y Cuevas en Teotihuacán (Manzanilla Naím 1994a, 1994b; Manzanilla Naím et al. 1996);
- Proyecto Antigua Ciudad de Teotihuacán, primeras fases de desarrollo urbano: Oztoyahualco 15B:N6W3 (Manzanilla Naím 1993);
- Proyecto Teotihuacán Élite y Gobierno: Xalla y Teopanazgo, Teotihuacán (Manzanilla Naím 2009a, 2009b, 2019).

Las muestras geológicas corresponden a las localidades de Tlalpujahua, Michoacán; Valle de Bravo, estado de México; Tejupilco, estado de México, Iguala, Guerrero; Pachivia, Guerrero, carretera Morelos; Maltrata Veracruz y San Miguel las Minas, Puebla.

Metodología

Artefactos y muestras geológicas fueron sometidas a los mismos análisis de caracterización: Difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de Barrido (SEM-EDS), espectroscopia de emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE). Las muestras geológicas de una misma formación se recolectaron a diferentes distancias y alturas para evaluar la variabilidad mineralógica entre ellas.

Los análisis de caracterización por PIXE fueron realizados en el Laboratorio Pelletron. Los análisis de XRD se realizaron en el Laboratorio de Refinamiento de Estructuras Cristalinas; ambos equipos se encuentran en el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Las fotomicrografías y los análisis elementales fueron realizados en el Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Difracción de rayos X (XRD)

Con el fin de conocer las fases cristalinas que componen las pizarras, se aplicó la técnica de XRD a los artefactos (montados sobre un soporte e irradiados sin tomar muestra y sin sufrir daño) y a muestras geológicas (trituras en mortero hasta la obtención de un polvo fino).

Se utilizaron las siguientes condiciones de medición de rayos X sobre las muestras geológicas y arqueológicas: difractor Bruker D8 Advance de geometría Bragg Brentano, configuración θ - θ , radiación Cu $K\alpha$ ($\lambda = 1.5416 \text{ \AA}$); se usó un filtro de $K\beta$ de Ni en el haz secundario y un detector Lynxeye Bruker (de bandas de silicio). El

voltaje del tubo de rayos X fue de 40kV y la corriente de 35mA. Para el análisis cualitativo de fases se utilizó el archivo de datos ICDD (International Centre for Diffraction Data).

Resultados

Las fases minerales principales identificadas por XRD en artefactos y en muestras geológicas son: cuarzo (SiO_2), moscovita $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F,OH})_2$, calcita (CaCO_3) e illita ($\text{K,H}_3\text{O}$) $\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$. Como fases secundarias se identifican montmorillonita ($\text{Al}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) y clinocloro (Mg_5Al) $(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_8$. De acuerdo con los resultados mineralógicos, fue posible establecer las diferencias entre las fuentes debido a la presencia o ausencia de fases minerales como calcita, montmorillonita o clinocloro.

La fase de calcita se identifica en las muestras geológicas de Maltrata, Veracruz; Pachivia e Iguala, Guerrero; en la fuente de Morelos y en la muestra de superficie recolectada dentro del río, en Tlalpujahua, Michoacán. De acuerdo con los resultados y tomando en cuenta el lugar de donde se tomó la muestra, probablemente la calcita sea producto de intemperismo físico y químico. En cambio, la muestra procedente de Tejupilco, estado de México presenta las fases de muscovita y cuarzo, y como fase secundaria, clinocloro. El clinocloro sólo se identificó en este yacimiento. La muestra procedente de Valle de Bravo, estado de México presenta fases minerales de cuarzo y muscovita, y montmorillonita como fase secundaria. Este yacimiento es el único que presenta fases secundarias de montmorillonita. Podemos apreciar las fases minerales de la pizarra de acuerdo con su lugar de origen en la Figura 8. Algunas de estas fases minerales se identificaron en los artefactos analizados, lo que permite sugerir la procedencia probable de las materias primas.

Microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS)

El microscopio electrónico de barrido nos permitió visualizar la microestructura de las muestras, así como realizar el análisis elemental puntual de la matriz de pizarra y de algunas partículas embebidas en ella.

Las fotomicrografías se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido TM-1000 de Hitachi operado a 15 kV, con un detector de electrones retrodispersados. Los análisis elementales se hicieron con un dispositivo de espectroscopia de energía dispersiva (EDS) Oxford acoplado al microscopio, utilizando un tiempo de conteo de 60 segundos.

Resultados

Fue posible confirmar un patrón escalonado de foliación en la microestructura de la pizarra que corresponde a la naturaleza de la materia prima. El análisis elemental puntual, que se realizó sobre cinco puntos de la superficie de las muestras geológicas, indicó la presencia de los elementos característicos de la pizarra: silicio (Si), aluminio (Al), potasio (K), hierro (Fe) y, en algunos casos, calcio (Ca). Asimismo, el análisis puntual sobre partículas de mayor contraste reveló la presencia de alto contenido de hierro en forma de óxidos en algunas muestras geológicas (Figura 9) y también en artefactos. Adicionalmente, fue posible reconocer la presencia de

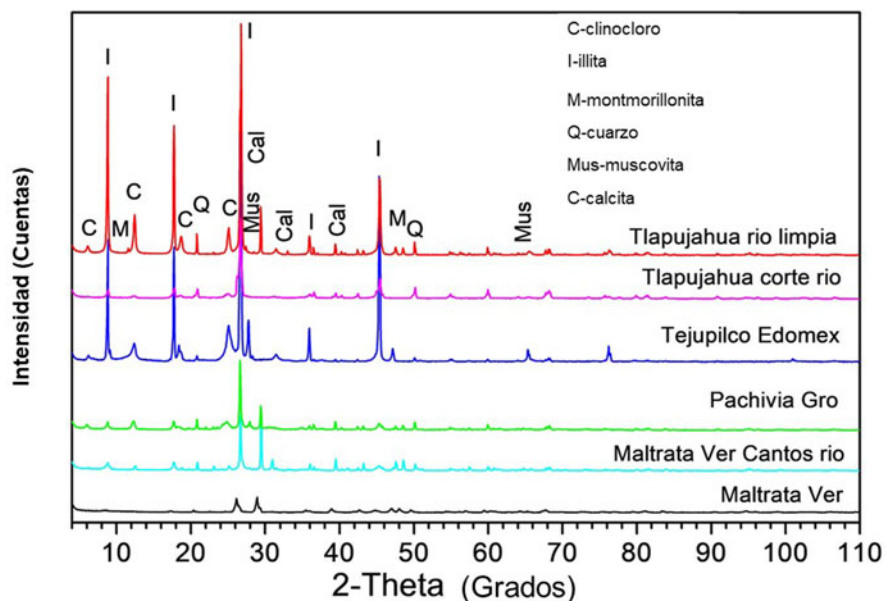


Figura 8. Patrón de difracción de rayos X de algunas fuentes analizadas. Se indican las fases cristalinas identificadas. Gráfica de M. Aguilar.

partículas de tierras raras en la fuente de Tlapujahua, Michoacán (Figura 9b). En el resto de las fuentes no se identifican estas partículas. Las partículas de tierras raras no se han identificado hasta el momento en los artefactos de Teotihuacán, aunque sí se identifican en los artefactos de Calixtlahuaca, estado de México (López Juárez et al. 2015). Las partículas son de lantano (La), cerio (Ce), neodimio (Nd) y fósforo (P). En contraste, en los artefactos analizados de Teotihuacán, aunque se identifica la presencia de los elementos característicos de la pizarra, en la microestructura fue posible visualizar espículas de esponja ricas en sílice (Si; Figura 10). Estos hallazgos corresponden a una pieza del Proyecto Estudio de Túneles y Cuevas en Teotihuacán (Cueva de las Varillas; véase Figura 10a). Sin embargo, al analizar otros artefactos de pizarra que proceden de sociedades asentadas en el centro de México, también fue posible observar espículas, aunque la morfología y composición varían (Figuras 10b y 10c). Por lo tanto, el estudio microestructural y de caracterización puntual de las pizarras resulta ser efectivo para hacer grupos de muestras con composición o morfología similares, aunque es necesario un estudio más sensible a nivel elemental para establecer la caracterización de los artefactos y las fuentes geológicas. Por lo tanto, se aplicó la técnica PIXE.

Espectroscopia de emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE)

La aplicación de esta técnica sobre los artefactos y muestras geológicas fue para obtener su composición elemental y los elementos traza. Con estos resultados, fue posible hacer grupos de muestras y proponer su procedencia.

Las partículas empleadas en este análisis fueron 3 MeV de protones con un diámetro de haz de 1,5 mm y mediciones de 180 segundos por región. Los rayos X de elementos ligeros se detectaron por detector Si-PIN AmpTek con un Colimador de Ta de 1,5 mm de diámetro y flujo de Helio

para mejorar la detección de los rayos X de baja energía. Los elementos de alta energía se detectaron simultáneamente con un detector Canberra LEGe con filtro de aluminio de 100 micrómetros de grosor. Las áreas de los picos de rayos X en los espectros fueron procesados con el código AXIL. Se utilizaron los materiales de referencia NIST SRM 2704, Montana SRM 2710 y Montana SRM 2711. Artefactos y muestras geológicas fueron montados sobre un soporte y después irradiados durante tres minutos en cada región analizada. A cada pieza se le han tomado dos puntos de análisis en diferentes secciones para obtener la composición porcentual.

Resultados

Con esta técnica se identificaron 24 elementos característicos de la pizarra, como: magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), azufre (S), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), cloro (Cl), titanio (Ti), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), galio (Ga), bario (Ba), plomo (Pb), rubidio (Rb), estroncio (Sr), zirconio (Zr), níquel (Ni), arsénico (As), itrio (Y), niobio (Nb) y molibdeno (Mo). Las diferencias de concentraciones entre elementos mayores y menores son tan claras que no fue necesario emplear los elementos traza. De acuerdo con las concentraciones de silicio (Si), calcio (Ca), hierro (Fe) y titanio (Ti), es posible establecer diferencias entre las fuentes (Figura 11). Los mismos elementos nos permitieron hacer grupos de artefactos y proponer la procedencia más probable de las materias primas.

Inferencias de la caracterización de materiales

De acuerdo con los resultados obtenidos, consideramos que la combinación de las técnicas XRD, SEM-EDS y PIXE constituyen una metodología adecuada para la caracterización no destructiva de los artefactos de pizarra. La aplicación de esta

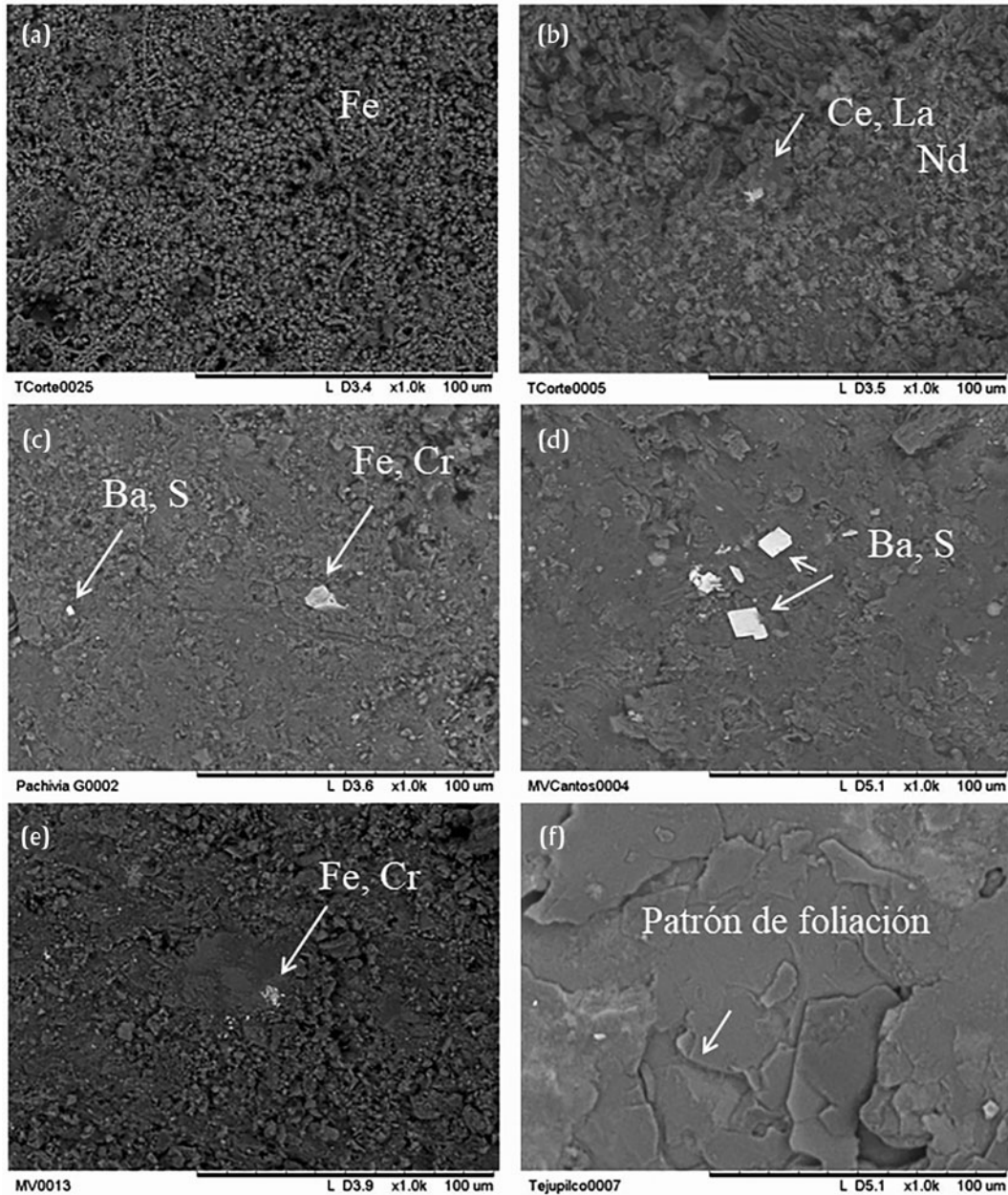


Figura 9. Microestructura y caracterización puntual por SEM-EDS de las fuentes. Amplificación 1000×. (a) Tlalpujahua, Michoacán, corte del río; (b) Tlalpujahua, Michoacán, dentro del río; (c) Pachivia, Guerrero; (d) Maltrata, Veracruz, Cantos; (e) Maltrata, Veracruz; (f) Tejupilco, Estado de México. Adquisición e identificación: M. Vega.

metodología nos ayudó a entender una parte de los procesos sociales que estuvieron detrás de la utilización de la pizarra por los teotihuacanos.

Con los resultados de las muestras geológicas fue posible confirmar que dentro de un mismo yacimiento se identifican ligeras variantes minerales. Estas variantes minerales (vinculadas con la ausencia o presencia de calcio) se deben al lugar de recolección de la muestra, ya sea de la superficie o, por el contrario, a varios centímetros bajo ésta. Por otro lado, es posible diferenciar entre las fuentes de acuerdo con la presencia o ausencia de fases minerales de calcita, montmorillonita o clinocloro. Adicionalmente,

la identificación de partículas de tierras raras nos muestra la importancia de éstas para la caracterización. Las tierras raras se identifican en la formación geológica de Tlalpujahua, Michoacán, dentro del Río Cachivi. Como señalamos anteriormente, las mismas partículas de tierras raras han sido identificadas en algunos artefactos procedentes del sitio de Calixtlahuaca, estado de México, fechados para el posclásico (López Juárez et al. 2015), lo que indica en este caso que la materia prima fue obtenida en la fuente de Tlalpujahua, Michoacán.

El caso de Teotihuacán fue diferente, ya que, de acuerdo con los resultados de la caracterización, las materias primas

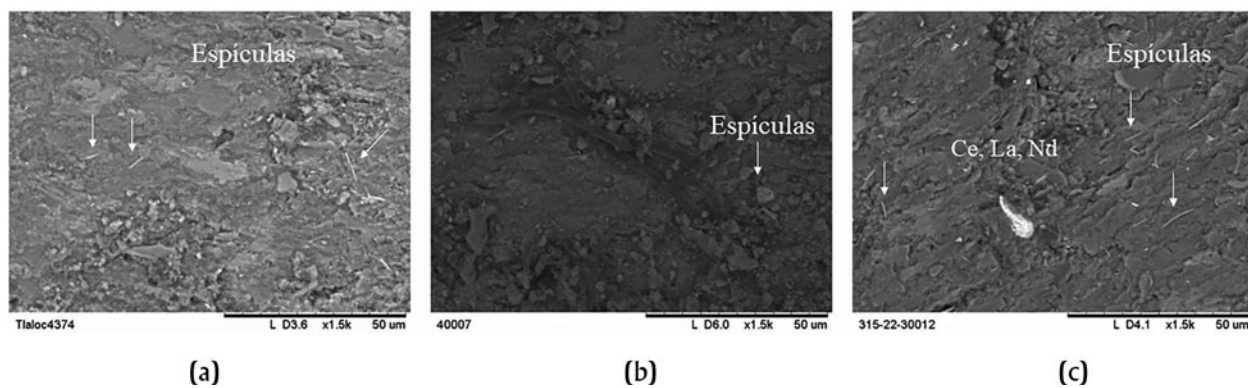


Figura 10. Imágenes SEM de algunos artefactos de pizarra analizados y sus hallazgos. Amplificación 1500×. (a) © Proyecto Estudio de Túneles y Cuevas en Teotihuacán; (b) © Proyecto Estudio de Yacimientos de Obsidiana, Sierra de las Navajas, Hidalgo; (c) © Proyecto Calixtlahuaca, organización de un centro urbano posclásico. Adquisición e identificación: M. Vega.

muestran una gran afinidad en composición con los yacimientos ubicados en los actuales estados de México, Guerrero, Morelos y Michoacán (Figura 12).

Aplicando la cronología de cada proyecto se propone que, entre 150 y 550 d.C. el área ubicada en el oeste del estado de México fue la principal abastecedora de materia prima, ya que 50% del material analizado procede de dicha región. Enseguida, se encuentra el área del Río Balsas en el tramo

Mezcala, ubicada en el estado de Guerrero, que cuenta con el 45% del material; le sigue el área comprendida en el suroeste del estado de Morelos, con un 3%; y el área comprendida en el estado de Michoacán, al sureste, con un 2%. Para el epiclásico, hay todavía fuentes no identificadas, pero la materia prima identificada corresponde a las áreas ubicadas entre los estados de México y de Guerrero. En estas mismas áreas se reportan zonas ricas en cinabrio, mercurio, pirita,

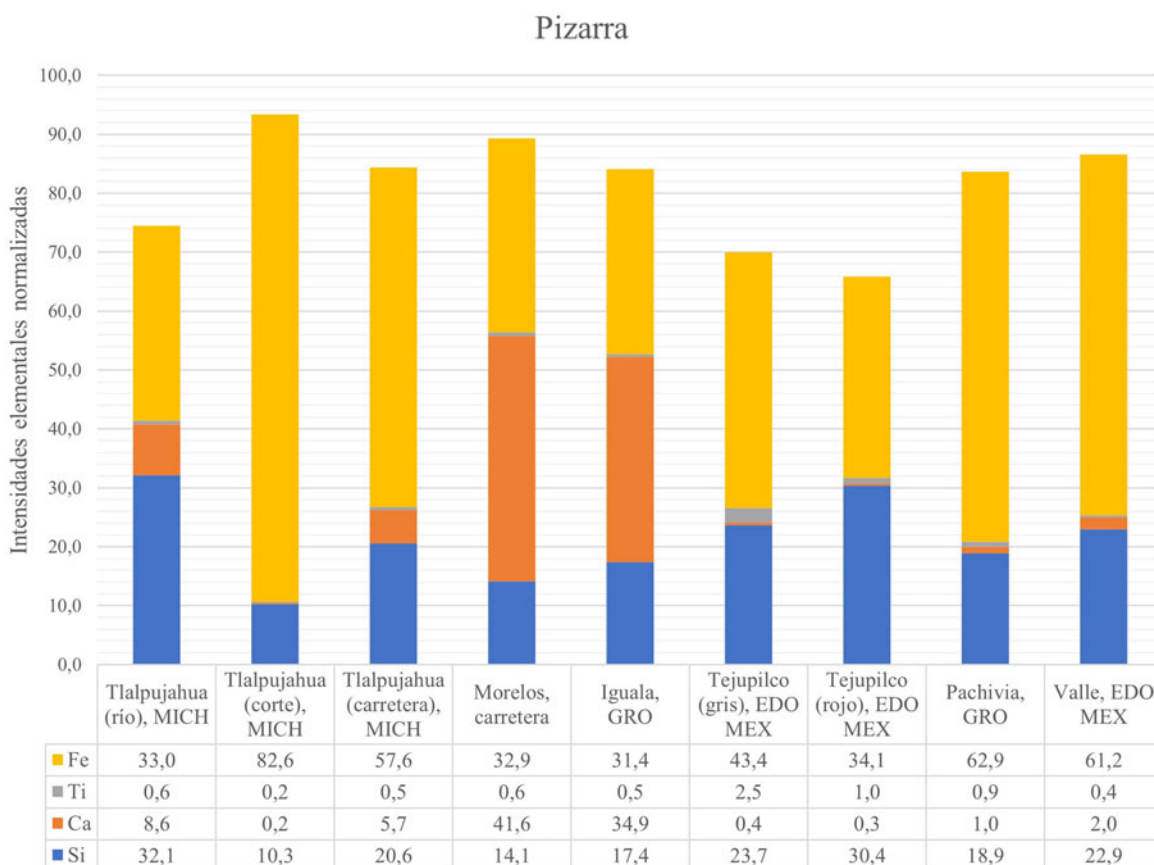


Figura 11. Gráfico donde se observan las diferencias por fuente de acuerdo con las intensidades elementales normalizadas de: silicio (Si), calcio (Ca), hierro (Fe) y titanio (Ti). Gráfica y procesamiento de datos: J.L. Ruvalcaba y J. López.

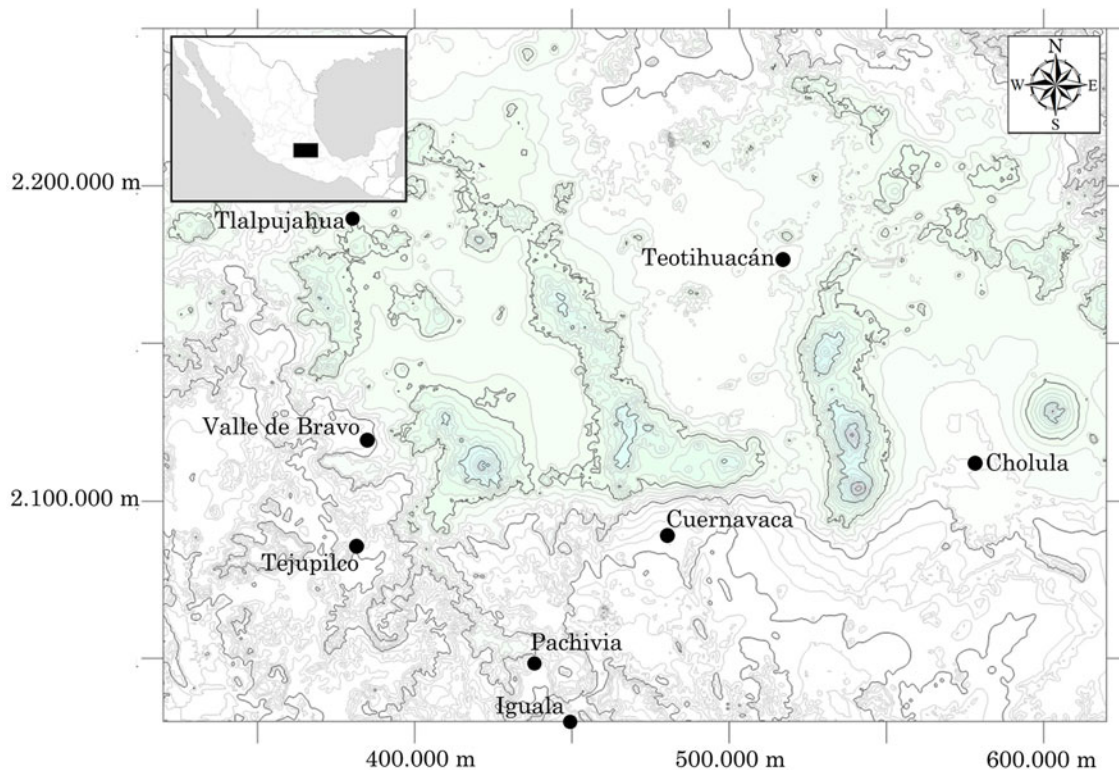


Figura 12. Ubicación de algunos de los yacimientos de pizarra caracterizados relacionados con Teotihuacán. Mapa: S. Kabata con información de fuentes de López Juárez (2011).

hematita, y otros minerales ferrosos susceptibles de extracción (López Juárez 2011).

Y aunque no está bien discutido el tema sobre la relación social entre Teotihuacán y las áreas de abastecimiento de la materia prima, podemos indicar tres hipótesis: (1) que la explotación, transporte y manufactura de artefactos de pizarra, además de cubrir el ámbito religioso, fuera parte de los sistemas organizados por el estado teotihuacano; (2) que la importación de esta materia prima se llevaba a cabo en el marco del sistema tributario; y (3) que el material circuló sin respaldo de una entidad política—por ejemplo, por los comerciantes. Pensamos que las tres hipótesis no son mutuamente excluyentes, sino que pueden ser complementarias.

Es importante recalcar que no se ha realizado un muestreo exhaustivo de material geológico para establecer la caracterización por estado o por fuente geológica, ni tampoco se han aplicado las técnicas a la totalidad de los artefactos existentes en el registro arqueológico. Por lo anterior, es claro que conforme se incluyan más fuentes geológicas y un corpus más amplio de artefactos, las interpretaciones pueden cambiar y ser más precisas.

Conclusión

Como se ha mencionado a lo largo del texto, la pizarra es una valiosa materia prima a nivel arqueológico y es susceptible de una adecuada caracterización. En Teotihuacán fue una materia prima importada durante largo tiempo. Los

medios de obtención y las rutas de abastecimiento resultan aún una interrogante.

En esta investigación, nos enfocamos en el uso de la pizarra en su forma más reconocible: los discos, espejos y *tezcacuitlapilli*. No mencionamos los espejos o soportes de espejos labrados, porque en los análisis de materiales que realizamos no se identificaron. Por otro lado, ya existen publicaciones que los han abordado con el detalle que no podríamos hacerlo en este texto (Heyden 1975; Taube 2018 [1992]; Villa 2010, entre otros autores).

En Teotihuacán, los artefactos producidos con pizarra y minerales ferrosos fueron un componente habitual en los rituales y parte de la vestimenta de la élite. Los espejos fueron los objetos para mirarse, la puerta que se abre para ir al inframundo o que se cierra por protección, el medio de comunicación con los seres sobrenaturales y los ancestros, el reflejo para atrapar el sol, sin descartar que la superficie reflejante hubiese servido como insignia de rango y como medio de comunicación o de ubicación a larga distancia (Lunazzi 2016; Sahagún 1999 [1956]).

De acuerdo con sus características geológicas, la pizarra fue una materia prima adecuada para ser el soporte de los espejos, a veces manufacturados en una sola pieza. El conocimiento de los antiguos artesanos sobre la materia prima permitió que ésta y sus minerales accesorios fueran aprovechados desde el momento de su extracción en el yacimiento. En contraste, la identificación de minerales como pirita, hematita y magnetita en la manufactura de espejos

teotihuacanos no es definitiva. Suponemos que la hematita y magnetita presentes en menor proporción en Teotihuacán, comparado con otros sitios olmecas, mayas y zapotecos, se debe principalmente a la procedencia de la materia prima, pero también fue una elección. Aunque es posible que algunos de los artefactos de Teotihuacán no hayan sido identificados y se hayan registrado en campo de forma errónea, ya que, por su naturaleza, los artefactos tienden a fragmentarse, exfoliarse o degradarse hasta quedar reducidos a polvo. Sumado a lo anterior, es un hecho que sólo un reducido número de muestras han sido identificadas con medios geoquímicos y que sólo algunas bases de datos se encuentran abiertas para consulta o comparación.

Por el momento, los trabajos de investigación arqueológica, geológica y de caracterización de materiales continúan. Por lo tanto, es seguro que se confirmará el uso de otros minerales reflejantes en la manufactura de los espejos teotihuacanos y generará nuevas propuestas.

Acknowledgments. A los directores de los proyectos citados: Mtro R. Cabrera, Dr S. Sugiyama, Dra L. R. Manzanilla, Dr A. Pastrana, Dr M. Smith. Para desarrollar esta investigación: Mtro E. Jiménez, Dr G. Jaimes, Dr E. Melgar, Dra R. Solís, Dr Ménager, Dr S. Kabata, Dr T. Murakami, L. Caballero, M. Morales. Así mismo, agradecemos a los investigadores y el personal de la Ceramoteca de la Zona Arqueológica de Teotihuacán y al Instituto Nacional de Antropología e Historia. Por todo el apoyo técnico e institucional, agradecemos al personal del Laboratorio Pelletron (F. Jaimes, J. G. Morales) y del Laboratorio de Refinamiento de Estructuras Cristalinas del Instituto de Física y al Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Por sus valiosos comentarios, agradecemos a los revisores del texto.

Fondos. Esta investigación ha sido financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CB239609, LN315853 y PAPIIT UNAM IN108521.

References

- Blainey, Marc G.
2016 Techniques of Luminosity: Iron-Ore Mirrors and Entheogenic Shamanism among the Ancient Maya. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 179–206. University Press of Colorado, Boulder.
- Cabrera Castro, Rubén
2009 Excavaciones en La Ciudadela y el Templo de la Serpiente Emplumada. En *Teotihuacán: Ciudad de los dioses*, editado por Felipe R. Solís Olguín, Martirene Alcántara y Gilda Castillo, pp. 91–96. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- Cabrera Castro, Rubén y Saburo Sugiyama
1982 La reexploración y restauración del Templo Viejo de Quetzalcóatl. En *Memoria del Proyecto Arqueológico Teotihuacán 1980–1982*, editado por Rubén Cabrera, Ignacio Rodríguez y Noel Morelos, pp. 163–183. Colección Científica 132. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- 1999 El proyecto arqueológico de la Pirámide de la Luna. *Arqueología* 21:19–28.
- Cabrera Castro, Rubén y Saburo Sugiyama
2009 Excavaciones en la Pirámide de la Luna. En *Teotihuacán: Ciudad de los dioses*, editado por Felipe R. Solís Olguín, Martirene Alcántara y Gilda Castillo, pp. 85–90. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- Cabrera Cortés, Oralía
1995 La lapidaria del Proyecto Templo de Quetzalcóatl 1988–1989. Tesis inédita de licenciatura, Departamento de Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia - Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- 2002 Ideología y política en Teotihuacán: Ofrendas de rocas semi-preciosas de la pirámide de la Serpiente Emplumada. En *Ideología y política a través de materiales, imágenes y símbolos*, editado por María Elena Ruiz Gallut, pp. 75–99. Memoria de la Primera Mesa Redonda de Teotihuacán. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- 2009 Lapidaria. En *Teotihuacán: Ciudad de los dioses*, editado por Felipe R. Solís Olguín, Martirene Alcántara y Gilda Castillo, pp. 193–232. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- Calvo, María L. y Jay M. Enoch
2007 Ancient Peruvian Optics with Emphasis on Chavin and Moche Cultures. *Atti della "Fondazione Giorgio Ronchi"* Anno LXII, 4:545–555.
- Cardenes, Víctor, Marco López Sánchez, Fabrice Barou, Javier Olona y Sergio Llana Fúnez
2021 Crystallographic Preferred Orientation, Seismic Velocity and Anisotropy in Roofing Slates. *Tectonophysics* 808:1–14.
- Carot, Patricia y Marie-Areti Hers
2011 De Teotihuacán al Cañón de Chaco: Nueva perspectiva sobre las relaciones entre Mesoamérica y el suroeste de los Estados Unidos. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas* 33 (98):5–53.
- Castillo Bernal, Stephen y Bertina Olmedo Vera
2016 *El cosmos y sus espejos: El Tezcacuitlapilli entre los toltecas y los mexicas*. Ediciones del Museo Nacional de Antropología/Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- Dennett, Carrie L. y Marc G. Blainey
2016 Reflecting on Exchange: Ancient Maya Mirrors beyond the Southeast Periphery. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 229–253. University Press of Colorado, Boulder.
- Duuring, Paul, Steffen G. Hagemann, Carsten Laukamp y Laura Chiarelli
2019 Supergene Modification of Magnetite and Hematite Shear Zones in Banded Iron-Formation at Mt Richardson, Yilgarn Craton, Western Australia. *Ore Geology Reviews* 111:102995.
- Filini, Agapi
2007 Agencia y relaciones intraélites en la cuenca de Cuitzeo durante el período clásico. *Relaciones: Estudios de Historia y Sociedad* 28(109):19–49.
- Gazzola, Julie, Sergio Gómez Chávez y Thomas Calligaro
2016 Identification and Use of Pyrite and Hematite at Teotihuacan. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 140–160. University Press of Colorado, Boulder.
- Gran Diccionario Náhuatl
2012 *Gran Diccionario Náhuatl* [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en la Web, <http://www.gdn.unam.mx>, accedido el 3 de marzo de 2021.
- Hers, Marie-Areti
2013 La Sierra Madre occidental o el sendero del Tolteca-Chichimeca y del Uacúsecha. En *Miradas renovadas al occidente indígena de México*, editado por Marie-Areti Hers, pp. 253–272. Instituto de Investigaciones Estéticas - Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Ciudad de México.
- Heyden, Doris
1975 An Interpretation of the Cave Underneath the Pyramid of the Sun in Teotihuacan, Mexico. *American Antiquity* 40:131–147.
- Hocquenghem, Anne Marie
2010 El *Spondylus princeps* y la Edad de Bronce en los Andes centrales: Las rutas de intercambios. En *Producción de bienes de prestigio ornamentales y votivos de la América antigua*, compilado por Emiliano Melgar Tísoc, Reyna Solís Ciriaco y Ernesto González Licón, pp. 34–49. Serie Arqueología Mesoamericana. Syllaba Press, Doral.
- Ichikawa, Akira
2011 Las investigaciones arqueológicas en Tazumal, Chalchuapa, El Salvador: Informe técnico, temporada 2011. Universidad de Nagoya y CONULTURA, El Salvador.
- Ito, Noboyuki
2008 Las investigaciones arqueológicas en Tazumal, Chalchuapa, El Salvador: Informe técnico, temporadas 2004–2008. Universidad de Nagoya y CONULTURA, El Salvador.

- Kindl, Olivia
2016 The Ritual Uses of Mirrors by the Waxaritari (Huichol Indians): Instruments of Reflexivity in Creative Processes. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 321–357. University Press of Colorado, Boulder.
- Kopf, Alfred
1979 *Field Guide to North American Rocks and Minerals*. National Audubon Society, Nueva York.
- Kovacevich, Brigitte
2016 Domestic Production of Pyrite Mirrors at Cancuen, Guatemala. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 97–139. University Press of Colorado, Boulder.
- Lelgemann, Achim
2016 Pre-Hispanic Iron-Ore Mirrors and Mosaics from Zacatecas. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 206–228. University Press of Colorado, Boulder.
- López Juárez, Julieta M.
2006 La pizarra de la antigua ciudad de Teotihuacán: Tipología e interpretación. Tesis inédita de licenciatura, Departamento de Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia - Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
2009 Identificación tecnológica de los objetos de pizarra de Teotihuacán: Especialización y estandarización de la producción. Ponencia presentada en el 53° Congreso Internacional de Americanistas, Universidad Iberoamericana, Ciudad de México, 19–24 de julio.
2011 Estudio de los artefactos de pizarra recuperados en contextos rituales de Teotihuacán: Procedencia, producción lapidaria y distribución. Tesis inédita de maestría, Facultad de Filosofía y Letras - Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- López Juárez, Julieta M. y Tatsuya Murakami
2018 Las relaciones de poder vistas a través de los materiales lapidarios de piedra verde y pizarra de Teotihuacán. En *Teopanczaco como centro de barrio multiétnico de Teotihuacán: Los sectores funcionales y el intercambio a larga distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, pp. 469–496. Instituto de Investigaciones Antropológicas - Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- López Juárez, Julieta M., José Luis Ruvalcaba Sil y Manuel Aguilar Franco
2012 Aplicación de difracción de rayos X (XRD), rayos X y luminiscencia inducida por protones (PIXE e IOL) para la caracterización de la pizarra de Teotihuacán. En *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopanczaco en Teotihuacán*, editado por Linda R. Manzanilla, pp. 233–256. Instituto de Investigaciones Antropológicas - Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
2013 Stone that Speaks: The Slate of Calixtlahuaca. Ponencia presentada en el 78th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Honolulu.
- López Juárez, Julieta M., Marina Vega González, Manuel Aguilar Franco y José Luis Ruvalcaba Sil
2015 *Calixtlahuaca Project: Technical Report of Slate Artifacts. A Diachronic Study for Central Mexico*. Arizona State University, Tempe.
- Lunazzi, J. J.
1996 Olmec Mirrors: An Example of Archaeological American Mirrors. En *Trends in Optics: Research, Developments, and Applications*, Vol. 3, editado por Anna Consortini, pp. 411–421. Academic Press, San Diego.
2007 Óptica precolombina del Perú. *Revista Cubana de Física* 24 (2):170–174.
2016 On How Mirrors Would Have Been Employed in the Ancient Mesoamericas. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 162–183. University Press of Colorado, Boulder.
- Manzanilla Naím, Linda R. (editor)
1993 *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyalcalco*, Vol. 1 y 2. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
2019 *El Proyecto de Xalla en Teotihuacán: Primer acercamiento*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Manzanilla Naím, Linda R.
1994a Geografía sagrada e inframundo en Teotihuacán. *Antropológicas: Instituto de Investigaciones Antropológicas* 11:53–65.
1994b Las cuevas en el mundo mesoamericano. *Ciencias* 36:59–66. Documento electrónico, <https://www.revistacienciasunam.com/es/189-revistas/revista-ciencias-36/1777-las-cuevas-en-el-mundo-mesoamericano.html>, accedido mayo 13, 2023.
2009a Los palacios de Teotihuacán. En *Memoria 2009*, editado por Rosa María Campos, pp. 281–296. El Colegio Nacional, Ciudad de México.
2009b Los túneles bajo Teotihuacán. Construcción de un inframundo, justificación de un cosmograma. En *Memoria 2009*, editado por Rosa María Campos, pp. 297–321. El Colegio Nacional, Ciudad de México.
2009c Corporate Life in Apartment and Barrio Compounds at Teotihuacan, Central Mexico: Craft Specialization, Hierarchy, and Ethnicity. En *Domestic Life in Prehispanic Capitals: A Study of Specialization, Hierarchy, and Ethnicity*, editado por Linda R. Manzanilla y Claude Chapdelaine, pp. 21–42. Ann Arbor, Michigan.
2018 Los sectores artesanales de Teopanczaco. En *Teopanczaco como centro de barrio multiétnico de Teotihuacán. Los sectores funcionales y el intercambio a larga distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, pp. 373–386. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Manzanilla Naím, Linda R., Claudia López y Ann Corinne Freter
1996 Dating Results from Excavations in Quarry Tunnels behind the Pyramid of the Sun at Teotihuacan. *Ancient Mesoamerica* 7:245–266.
- Mata Amado, Guillermo
2003 Espejo de piritita y pizarra de Amatitlán. En *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002*, editado por Juan Pedro Laporte, Bárbara Arroyo y Héctor L. Escobedo, pp. 831–839. Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia, Asociación Tikal, Guatemala.
- Medina González, José Humberto y Verónica Ortega Cabrera
2020 Exploraciones y reconstrucciones en Teotihuacán 1960–1962: Intervenciones previas al “Proyecto Teotihuacán.” *Figuras: Revista académica de investigación* 2(1):24–64.
- Melgar Tísoc, Emiliano y Reyna Solís Ciriaco
2018 Caracterización mineralógica y tecnológica de la lapidaria de Teopanczaco. En *Teopanczaco como centro de barrio multiétnico de Teotihuacán: Los sectores funcionales y el intercambio a larga distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, pp. 673–696. Instituto de Investigaciones Antropológicas - Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Ménager, Matthieu, Emiliano Melgar Tísoc, Carolina Cavallini, Paula Sibaja, Nataly Barboza y Silvia Salgado
2021 Combining Analytical Chemistry and Traceology: An Innovative Approach Applied to Mesoamerican Mirrors Found at the Sojo Site (Costa Rica). *Journal of Archaeological Science* 125:105302.
- Millon, Rene
1973 *Urbanization at Teotihuacan, México. Vol. 1: The Teotihuacan Map. Part 1: Text*. University of Texas Press, Austin.
- Mountjoy, Joseph
2016 Iron Pyrite Ornaments from Middle Formative Contexts in the Mascota Valley of Jalisco, Mexico: Description, Mesoamerican Relationships, and Probable Symbolic Significance. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm*, editado por Emiliano Gallaga M. y Marc G. Blainey, pp. 183–205. University Press of Colorado, Boulder.
- Murano Masakage, Nobuyuki Ito, Shione Shibata y Tomoki Ishida
2013 Análisis químico y físico sobre ofrendas encontradas en Tazumal, Chalchuapa, El Salvador. Ponencia presentada en el XXVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 22–26 de julio.
- Nayak, Nirlipta P.
2021 Design of Beneficiation Scheme of Banded Hematite Jasper Using Mineralogical Characterization Study. *Materials Today: Proceedings* 47(15):5364–5368.

- Nelson, Zachary, Barry Scheetz, Guillermo Mata y Antonio Prado
2005 Composite Mirrors of the Ancient Maya: Ostentatious Production and Precolumbian Fraud. *PARI Journal* 9(4):1-7.
- Ortega Cabrera, Verónica
2001 Tlamimilolpan 5N:S1E1: Un conjunto arquitectónico al sureste de la Ciudadela en Teotihuacán. *Expresión Antropológica* 13:52-63.
- Pastrana, Alejandro y Silvia Domínguez
2010 Proyecto "Estudio de yacimientos de obsidiana": Informe de la temporada 2010 y propuesta de trabajo para la temporada de campo 2011. Consejo de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- Pereira, Grégory
2008 La materia de las visiones: Consideraciones acerca de los espejos de pirita prehispánicos. *Diario de Campo: Revista del INAH* 48:123-135.
- Rivera Dorado, Miguel
1999 Espejos mágicos en la cerámica maya. *Revista Española de Antropología Americana* 29:65-100.
- Sahagún, Bernardino de
1999 [1956] *Historia general de las cosas de Nueva España*. Editorial Porrúa, Ciudad de México.
- Stone, Doris
1964 Rasgos de la cultura maya en Costa Rica. *Estudios de Cultura Maya* 4:51-62.
- Sugiyama, Saburo
2005 *Human Sacrifice, Militarism, and Rulership: Materialization of State Ideology at the Feathered Serpent Pyramid, Teotihuacan*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sugiyama, Saburo y Rubén Cabrera Castro
2006 El Proyecto Pirámide de la Luna 1998-2004: Conclusiones preliminares. En *Sacrificios de consagración en la Pirámide de la Luna*, editado por Saburo Sugiyama y Leonardo López Luján, pp. 11-24. Museo del Templo Mayor - Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México y Arizona State University, Tempe.
- Sugiyama, Saburo y Leonardo López Luján
2006 Sacrificios de consagración en la Pirámide de la Luna, Teotihuacán. En *Sacrificios de consagración en la Pirámide de la Luna*, editado por Saburo Sugiyama y Leonardo López Luján, pp. 25-52. Museo del Templo Mayor - Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México, y Arizona State University, Tempe.
- 2007a Dedicatory Burial/Offering Complexes at the Moon Pyramid, Teotihuacan: A Preliminary Report of 1998-2004 Explorations. *Ancient Mesoamerica* 18:127-146.
- 2007b Simbolismo y función de los entierros dedicatorios de la Pirámide de la Luna en Teotihuacán. En *Arqueología e historia del centro de México: Homenaje a Eduardo Matos Moctezuma*, coordinado por Leonardo López Luján, David Carrasco y Lourdes Cué, pp. 131-151. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.
- Taube, Karl
2018 [1992] The Iconography of Mirrors at Teotihuacan. En *Studies in Ancient Mesoamerican Art and Architecture: Selected Works by Karl Andreas Taube*, pp. 204-225. Precolumbia Mesoweb Press, San Francisco.
- Turner, Margaret H.
1987 *Lapidary Industry of Teotihuacan, Mexico*. Ph.D. dissertation, Department of Anthropology, University of Rochester, Rochester.
- 1992 Style in Lapidary Technology: Identifying the Teotihuacan Lapidary Industry. En *Art, Ideology, and the City of Teotihuacan*, editado por Janet C. Berlo, pp. 89-112. *Dumbarton Oaks Research Library and Collection*, Washington, DC.
- Velázquez Castro, Adrián, Emiliano Melgar Tísoc y Anne Marie Hocqenghem
2006 Análisis de las huellas de manufactura del material malacológico de Tumbes, Perú. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 35:21-35.
- Villa Córdova, Tomas
2010 La cueva y sus reflejos: Los tezcacuitlapilli de la Pirámide del Sol. *Arqueología* 44:110-135.
- Walsh, Joan A.
2007 The Use of the Scanning Electron Microscope in the Determination of the Mineral Composition of Ballachulish Slate. *Materials Characterization* 58:1095-1103.
- Wenk, H.-R., R. Yu V. Cárdenes, M. A. Lopez-Sanchez y M. Sintubin
2020 Fabric and Anisotropy of Slates: From Classical Studies to New Results. *Journal of Structural Geology* 138:1-21.
- Widmer, Randolph J.
1987 The Evolution of Form and Function in a Teotihuacan Apartment Compound: The Case of Tlajinga 33. En *Teotihuacan: Nuevos datos, nuevas síntesis, nuevos problemas*, editado por Emily McClung de Tapia y Evelyn Childs Rattray, pp. 465-471. Serie Antropológica 72. Instituto de Investigaciones Antropológicas - Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- 1991 Lapidary Craft Specialization at Teotihuacan: Implications for Community Structure at 33:S3W1 and Economic Organization in the City. *Ancient Mesoamerica* 2:131-147.