



---

---

77.

RELIQUIAS MAYAS Y OLMECAS DE JADEÍTA  
EN EL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

---

---

*Hervé V. Monterrosa Desruelles y Emiliano Melgar Tísoc*

XXX SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES  
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA  
18 AL 22 DE JULIO DE 2016

EDITORES

BÁRBARA ARROYO

LUIS MÉNDEZ SALINAS

GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

---

---

REFERENCIA:

Monterrosa Desruelles, Hervé V. y Emiliano Melgar Tísoc

2017 Reliquias mayas y olmecas de jadeíta en el Templo Mayor de Tenochtitlan. En *XXX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2016* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 905-916. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# RELIQUIAS MAYAS Y OLMECAS DE JADEÍTA EN EL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

*Hervé V. Monterrosa Desruelles  
Emiliano Melgar Tísoc*

## PALABRAS CLAVE

Altiplano Central Mexicano, Templo Mayor, reliquias, Postclásico.

## ABSTRACT

*In the Great Temple of Tenochtitlan the archaeologists found thousands of lapidary objects made on foreign raw materials. Based on the detailed analysis of their chemical composition with archaeometric techniques (XRF, PIXE, and Micro-Raman), we identified imperial green and blue jadeite pieces. In this study, we present the characterization of the manufacturing traces of both colors of jadeite with Scanning Electron Microscopy. The imperial jade pieces share the technology of the Lowland Mayan region of the Late Classic, while the blue jadeite match with the Olmec objects from the Gulf of Mexico. These data confirm the identification of Mayan and Olmec relics deposited in Tenochtitlan, which acquisition and distribution change through time.*

## INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas más antiguas de la arqueología ha sido el determinar la filiación cultural de los objetos arqueológicos a partir de atributos o rasgos diagnósticos. Ello no es ajeno a la clasificación de la lapidaria prehispánica, ya que una gran cantidad de las piezas son geométricas y no presentan elementos morfológicos, estéticos o iconográficos que permitan atribuirles una cultura, lugar o región de origen. Por ello, muchas veces la materia prima ha sido considerada como el indicador más utilizado para rastrear su origen. Sin embargo, no siempre la procedencia geológica de un material necesariamente indica su lugar de manufactura, por lo cual se requieren estudios tecnológicos que permitan comparar las piezas de los sitios consumidores con las supuestas zonas o áreas de donde provienen.

En el caso del Templo Mayor, debido a que la gran mayoría de las materias primas en que están hechos los objetos lapidarios son de origen foráneo a la Cuenca de México o pertenecen a culturas contemporáneas o anteriores a los mexicas, se asume generalmente que son piezas obtenidas por tributo, comercio o saqueo (Olmedo y González 1986; Matos 1988:88; Urueta 1990). Si

bien el origen geológico del material o su morfología/iconografía pueden dar algunos indicios de su filiación cultural, resulta necesario el estudio de las huellas de manufactura para confirmar o descartar su supuesto lugar de elaboración o pertenencia a una cultura. Por ejemplo, hay una máscara antropomorfa de la Ofrenda 20 del Templo Mayor que desde su hallazgo se consideró evidentemente olmeca por sus rasgos (Fig.1) (Matos 1988:114). Sin embargo, las dudas sobre su correcta filiación cultural con la Costa del Golfo empezaron con la materia prima en que estaba hecha, una corneana de hornblenda oriunda de los límites de Guerrero, Puebla y Oaxaca, por lo cual se abrió la posibilidad de que fuera una pieza de los llamados olmecas de Guerrero (Matos 1999:158-161). Lo anterior quedó confirmado con su análisis tecnológico, en el cual se identificó que comparte su manufactura con objetos del Formativo de Guerrero, como Teopantecuanitlán y Oxtotitlán y difiere de la lapidaria de sitios olmecas de Veracruz y Tabasco (Melgar 2011: 227). Esto ha sido posible contrastando las evidencias arqueológicas con ayuda de la arqueología experimental y la arqueometría; específicamente el microscopio electrónico de barrido (MEB).

Un ejemplo claro de esta problemática, tiene que ver con la presencia de objetos elaborados en jadeíta verde imperial y azul, un mineral cuyos yacimientos se pueden rastrear hasta el valle del río Motagua, en las Tierras Altas de Guatemala. Estos materiales están distribuidos en varias de las ofrendas del huey teocalli y a lo largo de sus distintas etapas constructivas; sin embargo, resalta el hecho de que la mayoría de las piezas no presentan rasgos estilísticos que puedan relacionarlas con determinada cultura o región de origen debido a que estas corresponden principalmente a cuentas y pendientes con perfiles geométricos o irregulares. En este sentido, surge la necesidad de determinar si estos objetos fueron elaborados por artesanos tenochcas o bien, por grupos mayas. En el caso de la jadeíta de tonalidad azul, se sabe que este fue un mineral muy apreciado por los olmecas y que dejó de circular súbitamente a finales del Preclásico (Seitz *et al.* 2001), por lo que queda definir si se tratan de reliquias olmecas las piezas halladas en el Templo Mayor.

Con base en lo anterior, en este trabajo se presentan los resultados preliminares del análisis tecnológico en objetos lapidarios elaborados en jadeíta verde imperial y azul procedentes de las ofrendas del Templo Mayor. El objetivo de esta investigación es el de identificar elementos diagnósticos que permitan establecer cuáles piezas podemos determinarlas como reliquias, es decir, que fueron elaboradas por mayas y olmecas. Para ello, la arqueología experimental y la caracterización de sus huellas de manufactura nos permiten identificar la similitud o diferenciación tecnológica de las piezas atribuidas a una cultura o región, así como distinguir las producciones locales de las foráneas.

#### IDENTIFICACIÓN DE LA JADEÍTA VERDE IMPERIAL Y EL AZUL OLMECA

Identificar la jadeíta a simple vista no es una tarea sencilla ya que es un mineral que puede presentarse en diversas tonalidades de colores que pueden abarcar el verde, el gris, el rosado, el azul, el blanco y el negro. Aunque cabe destacar que la tonalidad más apreciada por los pueblos mesoamericanos fue el verde imperial, quizás porque puede ser reconocido fácilmente. Se cuantificaron un total de 307 objetos con presencia de verde imperial en las diferentes ofrendas del Templo Mayor (Fig.2). Para confirmar si estos objetos son de jadeíta se tomó en cuenta el acabado vítreo como parámetro de control. Asimismo, inspirados en el trabajo de Andrieu *et al.* (2012) sobre los distintos valores del jade

según sus tonalidades y calidades, se contrastaron los colores con la tabla Munsell de rocas y se definieron rangos específicos de color para el verde imperial. En este sentido, se estableció que los valores 5G 6/6 Brilliant Green y 5G 5/6 Moderate Green corresponden a las tonalidades verdes más intensas.

Por su parte, los objetos de jadeíta azul detectados hasta el momento son 14 (Fig.3). Con la tabla Munsell de rocas fue posible delimitar el rango colorimétrico de este tipo de mineral, el cual abarca los valores 10G 4/2 Grayish Green, 10G 6/2 Pale Green y, en algunos casos un azul más intenso como el 5BG 4/6 Moderate Blue Green.

Otra técnica empleada para identificar jadeítas es el de la fluorescencia por luz ultravioleta con longitudes de onda corta (250 nm) y onda larga (365 nm), empleando una lámpara mineralógica portátil. En un cuarto oscuro, al exponer las piezas bajo el haz, se busca observar si el objeto emite luz o no y si existe variabilidad cromática. Las características y las intensidades varían según la longitud de onda (Verbeek 1995) ya que responde a determinadas impurezas, elementos y compuestos químicos presente en el mineral. Los resultados obtenidos permitieron observar la emisión de colores verdes brillantes, opacos y con lustre vítreo. En contraste, las serpentinas se ven de tonalidades negras sin brillo.

Para corroborar la identificación mineralógica de jadeítas verdes y azules en los objetos analizados, se deben realizar estudios como PIXE, XRF, FTIR Micro-Raman, entre otros. A un grupo de 20 piezas del Templo Mayor ya se le habían aplicado análisis de PIXE y XRF, confirmando la presencia de jadeíta en su composición (Ruvalcaba *et al.* 2013). Nosotros complementamos los datos anteriores aplicándolo a todas las piezas bajo estudio con la técnica de Micro-Raman en colaboración con la Dra. Cristina Zorrilla del Instituto de Física de la UNAM (Fig.4). Esta técnica permite determinar la presencia de un mineral o compuesto en general a partir de un haz de láser rojo (de 785 nm) que interactúa con las muestras, cuya dispersión inelástica de fotones, llamada efecto Raman en honor a su descubridor, produce espectros vibracionales a partir de una emisión luminosa característica de los que materiales que integran la región analizada (Melgar *et al.* 2012:332).

Para el análisis químico de los objetos bajo estudio empleamos el equipo de Micro-Raman, modelo Thermo Scientific DXR, del Laboratorio de Materiales Avanzados del Instituto de Física de la UNAM. Todas las piezas fueron observadas a 10x, con un intervalo es-

pectral de 0 a 3500  $\text{cm}^{-1}$  y un tiempo de adquisición menor a dos minutos. Los espectros obtenidos fueron procesados con el programa OMNIC®.

En estos análisis es recomendable contar con muestras pétreas de referencia, como jadeítas del Motagua en este caso. Gracias a ello se pudo identificar en todos los espectros tres grandes picos ubicados en los rangos de 367-375, 684-696 y 1029-1036  $\text{cm}^{-1}$  (Fig.5), donde los primeros corresponden a los enlaces de Al-O, los segundos a vibraciones de flexión Si-O y los últimos a enlaces Si-O de estiramiento (Delgado 2015:80 y 97).

#### EL ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE LOS OBJETOS ELABORADOS JADEÍTA VERDE IMPERIAL Y AZUL

Con la finalidad de subsanar la escasa información existente acerca de las técnicas de manufactura empleadas en la lapidaria mesoamericana, se fundó en 2004 el taller de arqueología experimental, el cual forma parte de los proyectos de investigación *La lapidaria de Templo Mayor: estilos y tradiciones tecnológicas* y *Estilo y tecnología de los objetos lapidarios en el México Antiguo*, ambos con sede en el Museo de Templo Mayor (Melgar 2004, 2011, 2014). El propósito de este taller ha sido el de reproducir las modificaciones visibles en los objetos arqueológicos, tales como percusiones, desgastes, cortes, perforaciones, incisiones, calados y acabados (Fig.6), con base en las herramientas y los procesos productivos mencionados en documentos históricos (Sahagún 1956:334-339), aquellos reportados en contextos arqueológicos (Domínguez y Folan 1999:643; Kovacevich 2006;2007:74-86; Rochette, 2009:209-216) así como en propuestas de investigadores (Smith y Kidder 1943:33-36; Digby 1964:16-20; Mirambell 1968).

Lo experimentos realizados con diferentes herramientas y materias primas permitieron obtener distintas huellas de manufactura, las cuales se compararon posteriormente con las de los objetos arqueológicos. Para ello se establecieron de tres niveles de observación (Velázquez 2007) (Cuadro 1):

- a) El análisis macroscópico, con el que se visualiza el objeto arqueológico *in situ* y la pieza experimental a simple vista o con ayuda de una lupa de hasta 20 aumentos con el fin de identificar las modificaciones y compararlas.
- b) La microscopía estereoscópica que, con aumentos de 10x y 30x, permite observar con más detalle la dirección de las huellas, su relieve, la textura de la superficie y el borde. Acoplado una cámara digital

al microscopio es obtener fotografías de las huellas. Este segundo nivel de observación es preliminar ya que, en algunas ocasiones, permite evidenciar o descartar el empleo de posibles herramientas y procesos de manufactura (Cuadro 2).

- c) La Microscopía Electrónica de barrido (MEB). Este nivel de observación ha sido el más efectivo para caracterizar y diferenciar las huellas producidas por cada tipo de herramienta. Las modificaciones de las muestras experimentales como de las piezas arqueológicas se observan a 100x, 300x, 600x y 1000x, mismas que se guardan en una imagen digital para su posterior interpretación. Cabe señalar que se emplean siempre los mismos valores de calibración del microscopio en cada imagen (distancia, haz, voltaje y señal). El empleo de este instrumento tiene la ventaja de que no requiere, necesariamente, la presencia en físico del objeto arqueológico, lo cual implicaría demoras en la investigación debido a la obtención de los permisos para el traslado de piezas desde el lugar dónde son resguardadas hasta el laboratorio. Para ello, se recurre a la impresión de polímeros, una técnica no destructiva con la que se obtienen las huellas de manufactura a través de un polímero replicante que se reblandece al aplicarle una gota de acetona industrial; éste último, se coloca sobre la modificación que se busca analizar, ya sea de la pieza arqueológica como de la experimental. Al secarse el polímero, después de pocos segundos, este se retira obteniéndose así un molde de la superficie. Finalmente, los moldes de polímero se recubren con iones de oro para hacerlos conductores y se puedan observar dentro del MEB en el modo de alto vacío.

Las huellas de manufactura se caracterizan con base en tres variables:

- a) La estructura cristalina del objeto.
- b) Las características superficiales, como rugosidad, alisamiento, irregularidad, porosidad y presencia de partículas.
- c) Los rasgos de las huellas (líneas, bandas o texturas) y sus medidas aproximadas en micras. (Cuadro 2).

#### La jadeíta verde imperial

A nivel macroscópico todos los objetos presentan una superficie vítrea muy lustrosa. Con el MEB se distinguieron bandas de 20  $\mu\text{m}$  con líneas de 4  $\mu\text{m}$  de grosor

(Fig.7a) y una textura de partículas cruzada por finas líneas de 1 a 2  $\mu\text{m}$  de anchura, los cuales se parecen a los desgastes hechos con laja de caliza y pulidos con nódulo de jadeíta y bruñido con piel (Fig.7b).

Las perforaciones de los pendientes tienen paredes de aspecto lustroso con líneas muy tenues de entre 1 y 1.5  $\mu\text{m}$  de ancho (Fig.8a); rasgos que coinciden con las huellas experimentales obtenidas con polvo de pedernal y carrizo (Fig.8b). En contraste, las perforaciones de las cuentas presentan sucesiones de bandas rectas paralelas de 2 a 4  $\mu\text{m}$  de ancho (Fig.8c), las cuales son similares a las horadaciones experimentales con buril de pedernal (Fig.8d).

Las incisiones exhiben líneas rectas que miden de 0.6 a 1.3  $\mu\text{m}$  de ancho sobre una superficie relativamente lisa. Dichas características coinciden las incisiones experimentales hechas con lascas de obsidiana.

### La jadeíta azul

A simple vista y con microscopía estereoscópica se pueden distinguir superficies con un aspecto lustroso, aunque no alcanzan la apariencia vítrea nítida que caracteriza las jadeítas verdes, esto se debe principalmente a la opacidad del color. La visualización con MEB muestra bandas muy marcadas de 10  $\mu\text{m}$  de ancho, dispuestas de forma paralela y con textura de partículas que le brinda un aspecto relativamente rugoso. También están presentes líneas más finas de 3.5  $\mu\text{m}$  de grosor dispuestas también de forma paralela (Fig.7c). Estas huellas presentan una fuerte similitud con los desgastes realizados experimentalmente con laja de arenisca (Fig.7d).

Las perforaciones se caracterizan por tener líneas difusas de 1 a 1.5  $\mu\text{m}$  de ancho (Fig.8a), las cuales guardan parecido con las perforaciones experimentales hechas con polvo de pedernal (Fig.8b).

Por su parte, los acabados aplanan y difuminan los rasgos de los desgastes iniciales al mismo tiempo que le dan una apariencia de brillo y tersura a las piezas.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Identificar el acabado vítreo o lustroso del mineral, así como el empleo de la tabla Munsell de rocas, permitieron corroborar de una forma satisfactoria la jadeíta verde imperial y azul y delimitar, al mismo tiempo, sus rangos colorimétricos. Asimismo, el empleo de la técnica de fluorescencia por luz ultravioleta sustentó la identificación de jadeítas diferenciándolas de serpentinas u otras piedras verdes. Cabe aclarar, no obstante, que es

necesaria la complementación de los resultados anteriores con uno o varios análisis químicos (PIXE, XRF, EDS, Micro Raman) pues éstos siguen siendo, indiscutiblemente, el mejor método para determinar jades.

Respecto a los objetos de jadeíta verde imperial, los análisis apuntan hacia una estandarización tecnológica de las técnicas de manufactura ya que todas, salvo una, presentan las mismas huellas en las diferentes modificaciones. En este sentido, se desprende que los desgastes fueron realizados con laja o metate de caliza, las perforaciones se lograron empleando polvo de pedernal como abrasivo y un carrizo como vehículo, las incisiones fueron hechas con instrumentos de obsidiana, el pulido se obtuvo con el uso de un nódulo de jadeíta y el bruñido con trozos de piel. Dos de los instrumentos de trabajo de este patrón tecnológico, los desgastadores de caliza y los pulidores de jadeíta, no se han recuperado en contextos del Altiplano Central, pero son comunes en los talleres lapidarios de las Tierras Bajas Mayas (Kovacevich 2007; Domínguez y Folan 1999), por lo cual es muy probable que sean manufacturas de aquella región. Incluso su empleo se ha corroborado con estudios tecnológicos de las piezas de jadeíta de varios sitios de Guatemala y Chiapas (Melgar y Andrieu 2015). Todo ello apunta a que las piezas de jadeíta verde imperial, algunas con iconografía maya, son objetos elaborados por lapidarios mayas que llegaron por algún mecanismo (comercio, tributo, saqueo o regalo) al Templo Mayor.

Por su parte, las piezas elaboradas con jadeíta azul indican que los desgastes se realizaron con una laja o metate de arenisca, las perforaciones con polvo de pedernal como abrasivo y un carrizo como vehículo y los acabados se obtuvieron empleando un trozo de piel. Al igual que en las piezas mayas, el desgastador de arenisca no es oriundo del Altiplano Central, pero sí se han encontrado en la Costa del Golfo y se ha confirmado su empleo en las huellas de manufactura de objetos lapidarios de diversos sitios olmecas resguardados en el Museo de Antropología de Xalapa (Bernard y Melgar 2016). Nuevamente, esta característica tecnológica permite inferir que estas piezas hechas en jade azul, conocido popularmente como “azul olmeca”, sean reliquias exhumadas de aquella región y depositadas en el Templo Mayor.

Para finalizar, esperamos que en el futuro se hagan más estudios como éste, encaminados a caracterizar los estilos tecnológicos de los distintos grupos mesoamericanos, los cuales permitirán identificar con mayor precisión la circulación de objetos locales y foráneos entre sitios y regiones.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Gerardo Villa y a Mari Carmen Villa, del Laboratorio de Microscopía Electrónica del INAH, a José Luis Ruvalcaba del Instituto de Física de la UNAM, a Cristina Zorrilla del Instituto de Física de la UNAM al proyecto *La lapidaria del Templo Mayor: estilos y tradiciones tecnológicas* y a los colaboradores del taller de lapidaria del Museo del Templo Mayor.

## REFERENCIAS

- ANDRIEU, Chloé; Mélanie Forné y Arthur Demarest  
2012 El valor del jade. Producción y distribución del jade en el área maya con base en el taller de Cancuén. En *El jade y otras piedras verdes. Perspectivas interdisciplinarias e interculturales* (Coordinado por W. Wiesheu y G. Guzzy), pp.145-180. Colección Arqueología, Serie Logos, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- BERNARD, Henry y Emiliano Melgar  
2016 *Manufacturing Techniques of Olmec Art Sculptures from Arroyo Pesquero in the MAX* (Museo de antropología de Xalapa. Ponencia presentada en el SAA 81st Annual Meeting, Orlando, Florida, 6-10 Abril.
- DELGADO ROBLES, Alma Angelina  
2015 *Aplicación de Técnicas Espectroscópicas para la Caracterización No Destructiva in situ de Piezas Arqueológicas de Lítica Mesoamericana*. Tesis de Maestría, Área de Ciencias, Posgrado de Ciencias Químicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DIGBY, Adrian  
1964 *Maya jades*. The Trustees of the British Museum, London.
- DOMÍNGUEZ CARRASCO, María del Rosario y William J. Folan  
1999 Hilado, confección y lapidación: los quehaceres cotidianos de los artesanos de Calakmul, Campeche, México. En *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1998* (Editado por J. P. Laporte y H. Escobedo), pp.628-646. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- KOVACEVICH, Brigitte  
2006 *Reconstructing Classic Maya Economic Systems: Production and Exchange at Cancuén, Guatemala*. Tesis Doctoral, Área de Filosofía en Antropología, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee.
- 2007 Ritual, Crafting, and Agency at the Classic Maya Kingdom of Cancuén. *Mesoamerican Ritual Economy. Archaeological and Ethnological Perspectives* (editado por E. Christian Wells y Karla L. Davis), pp.67-114. Boulder, University Press of Colorado.
- MATOS MOCTEZUMA, Eduardo  
1988 *The Great Temple of the Aztecs. Treasures of Tenochtitlan*. Thames and Hudson Ltd., (New Aspects of Antiquity), London.
- 1999 Una máscara olmeca en el Templo Mayor de Tenochtitlan. En Eduardo Matos Moctezuma, *Obras. Estudios Mexicanos* 1(1):155-163. El Colegio Nacional, México.
- MELGAR TÍSOC, Emiliano Ricardo  
2004 *Proyecto. La lapidaria del Templo Mayor: estilo y tradiciones tecnológicas*. Propuesta de investigación. Archivo del Museo del Templo Mayor, inédito, México.
- 2011 *La lapidaria del Templo Mayor: estilos y tradiciones tecnológicas. Informe final*. Archivo del Museo del Templo Mayor, inédito, México.
- 2014 *Comercio, tributo y producción de las turquesas del Templo Mayor de Tenochtitlan*. Tesis de Doctorado, Área de Antropología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MELGAR TÍSOC, Emiliano Ricardo y Chloé Andrieu  
2015 *El intercambio del jade en las Tierras Bajas mayas desde una perspectiva tecnológica*, ponencia presentada en el XXIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas de Guatemala.
- MELGAR TÍSOC, Emiliano Ricardo; Reyna Beatriz Solís Ciriaco y José Luis Ruvalcaba Sil  
2012 Lapidaria de Tamtoc. En *Tamtoc, esbozo de una antigua sociedad urbana* (coordinado por G. Cordova, E. Martínez y P. Hernández), pp.331-354. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- MIRAMBELL, Lorena  
1968 *Técnicas lapidarias prehispánicas*. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

OLMEDO VERA, Bertina y Carlos Javier González González

1986 *Presencia del Estilo Mezcala en el Templo Mayor: Una Clasificación de Piezas Antropomorfas*. Tesis de licenciatura, Área de Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

ROCHETTE, Erick T.

2009 *Jade in Full: Prehispanic Domestic Production of Wealth Goods in the Middle Motagua Valley, Guatemala*. En *Housework: Craft Production and Domestic Economy in Ancient Mesoamérica* (editado por K. G. Hirth), pp.205-224, Archeological Papers of the American Anthropological Association (19).

RUVALCABA SIL, José Luis; Emiliano Melgar Tísoc, Jessica Curado, Killian Laclavetine y Thomas Calligaro

2013 *Caracterización y procedencia de piedras verdes de las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan*. En *Técnicas analíticas aplicadas a la caracterización y producción de materiales arqueológicos en el Área Maya* (editado por A. Velázquez Castro y L. S. Lowe), pp.163-177. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

SAHACÚN, fray Bernadino de

1956 *Historia general de las cosas de la Nueva España*. Porrúa, México.

SEITZ, R., G. E. Harlow, V. B. Sisson y K. A. Taube

2001 *Olmec Blue and Formative jade sources: new discoveries in Guatemala*. *Antiquity* 75: 687-688.

SMITH, Augustus Ledyard y Alfred Vincent Kidder

1943 *Explorations in the Motagua Valley, Guatemala*. Contributions to American Anthropology and History (41), Carnegie Institution of Washington.

URUETA FLORES, Cecilia

1990 *Presencia del material mixteco dentro del Templo Mayor*. Tesis de licenciatura, Área de Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

VELÁZQUEZ CASTRO, Adrián

2007 *La producción especializada de los objetos de concha del Templo Mayor de Tenochtitlan*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

VERBEEK, Earl R.

1995 *Activators in Fluorescent Minerals*. En *Ultraviolet Light and Fluorescent Minerals* pp.135-198. Williams Minerals, Rio, West Virginia.

CUADRO 1. TIPOS DE MODIFICACIONES Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS	
MODIFICACIÓN	HERRAMIENTAS
Desgastes de superficies	Basalto, andesita, riolita, arenisca, caliza y granito, adicionando agua y ocasionalmente arena.
Cortes	Arena, agua y tiras de piel o cuerdas vegetales. Herramientas líticas de pedernal y obsidiana.
Perforaciones	Abrasivos (arena, ceniza volcánica, polvo de obsidiana y polvo de pedernal), animados con ramas de carrizo, adicionando agua. Herramientas líticas de pedernal y obsidiana.
Calados	Abrasivos (arena, ceniza volcánica, polvo de obsidiana, polvo de pedernal y polvo de cuarzo), animados con ramas de carrizo de gran diámetro, adicionando agua.
Incisiones	Herramientas líticas de pedernal y obsidiana.
Acabados	Pulido con abrasivos, agua y trozos de piel. Bruñidos con trozos de piel en seco. La aplicación de ambos acabados.

Cuadro 1: Tipos de modificaciones y herramientas empleadas.

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS DE LAS HUELLAS OBSERVADAS CON EL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO (10X Y 30X)...		
Modificación que se quiere ver	➔ Si lo que se observa tiene...	➔ Entonces es...
Modificación	Características de las trazas	Herramienta empleada
Desgaste	Superficie con rayones rectos bien marcados	Instrumento lítico
Desgaste	Superficie con textura rugosa	Instrumento lítico + abrasivo
Corte e incisión	Incisión y bordes con líneas paralelas bien marcadas.	Instrumento lítico
Perforación	Perforación con círculos concéntricos bien marcados.	Perforador lítico
Perforación	Perforación con bordes lisos y sin evidencia de líneas	Abrasivo + carrizo
Perforación	Perforación con presencia de bulbo	Abrasivo + carrizo
Pulido/Bruñido	Superficie lustrosa y con evidencias de desgaste atenuados	Piel
...Y CON MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (100X, 300X, 600X y 1000X)		
Tipo de huella	Características	
Bandas	Franjas rectas evidentes que pueden tener de 2 a 100 $\mu\text{m}$ de grosor.	
Líneas	Rayas o estrías rectas evidentes menores a 2 $\mu\text{m}$ de grosor.	
Líneas difusas	Rayas rectas atenuadas y poco perceptibles.	
Partículas	Aglomerados con bordes irregulares que presentan tamaños que pueden oscilar entre 0.5 y 100 $\mu\text{m}$ . Están agrupados de manera indefinida.	
Superficie aplanada	Superficie regular, aplanada en el que se pueden observar las huellas difusas de modificaciones anteriores, es decir, de pasos previos en la cadena operativa. Ejemplo de ello pueden las huellas de desgaste que pueden aparecer atenuadas por efecto del proceso de pulido y bruñido.	

Cuadro2: Características de las huellas observadas con el Microscopio estereoscópico (10x y 30x) y con microscopio electrónico de barrido (100x, 300x, 600x y 1000x).



Fig.1: La máscara de supuesto estilo olmeca de la Ofrenda 20 del Templo Mayor.  
Fotografía de Emiliano Melgar.



Fig.2: Ejemplos de piezas de jadeíta del Templo Mayor de Tenochtitlan, algunas con iconografía maya, de coloración verde esmeralda y acabado lustroso. Fotografías de Emiliano Melgar y Hervé Monterrosa.

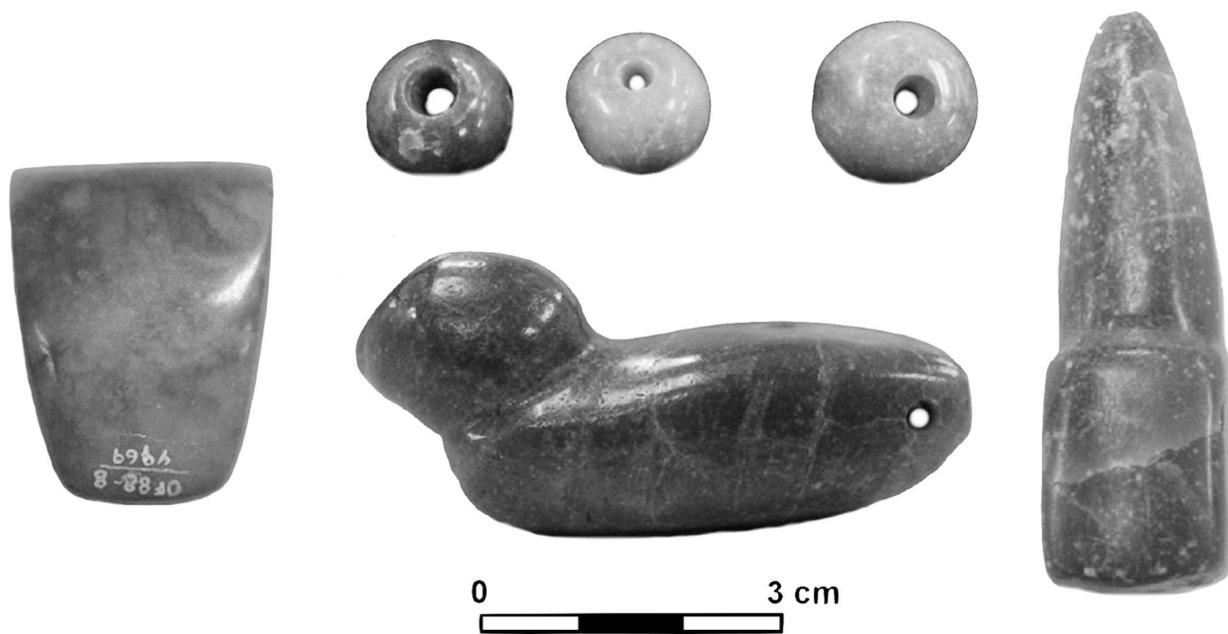


Fig.3: Ejemplos de piezas de jadeíta del Templo Mayor de coloración azul. Fotografías de Hervé Monterrosa y Emiliano Melgar.



Fig.4: Análisis con Micro-Raman y detalle de la pieza bajo estudio. Fotografías de Hervé Monterrosa.

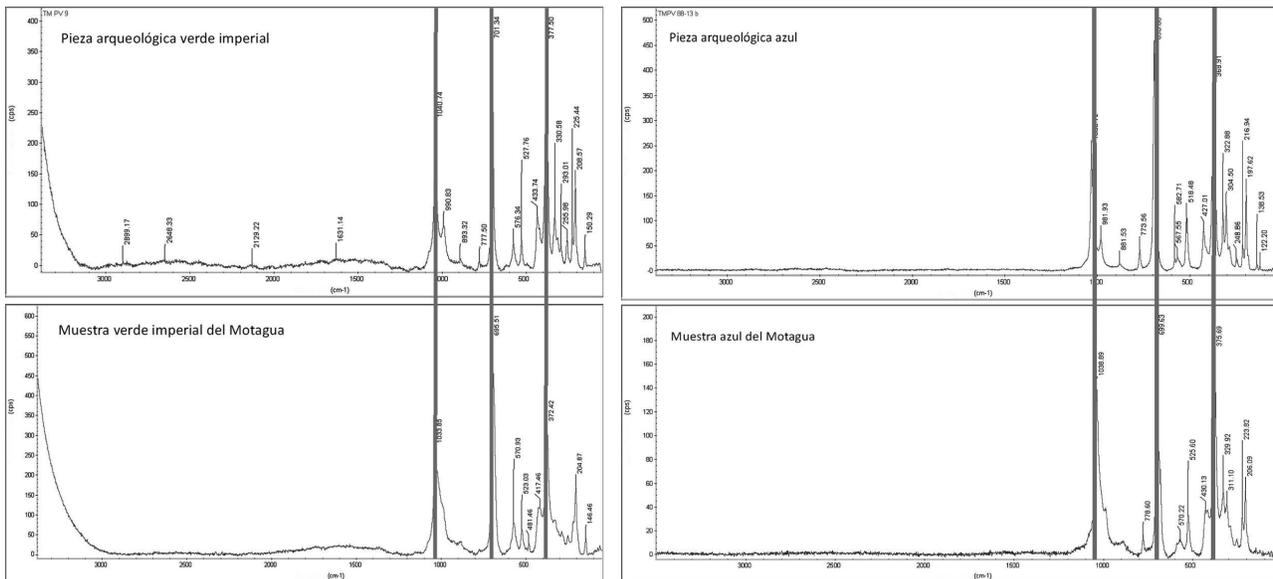


Fig.5: Espectros de pieza de jadeíta verde imperial y azul del Templo Mayor y su comparación con muestras de referencia del Motagua. Espectros cortesía de Cristina Zorrilla.

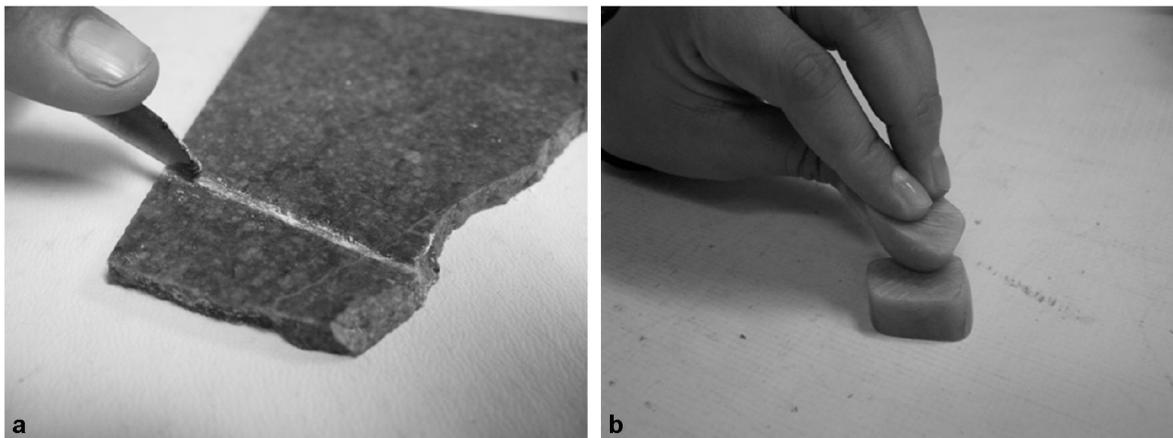


Fig.6: Arqueología experimental en lapidaria: corte con lascas de obsidiana (a) y pulido con nódulo de jadeíta (b). Fotografías de Emiliano Melgar.

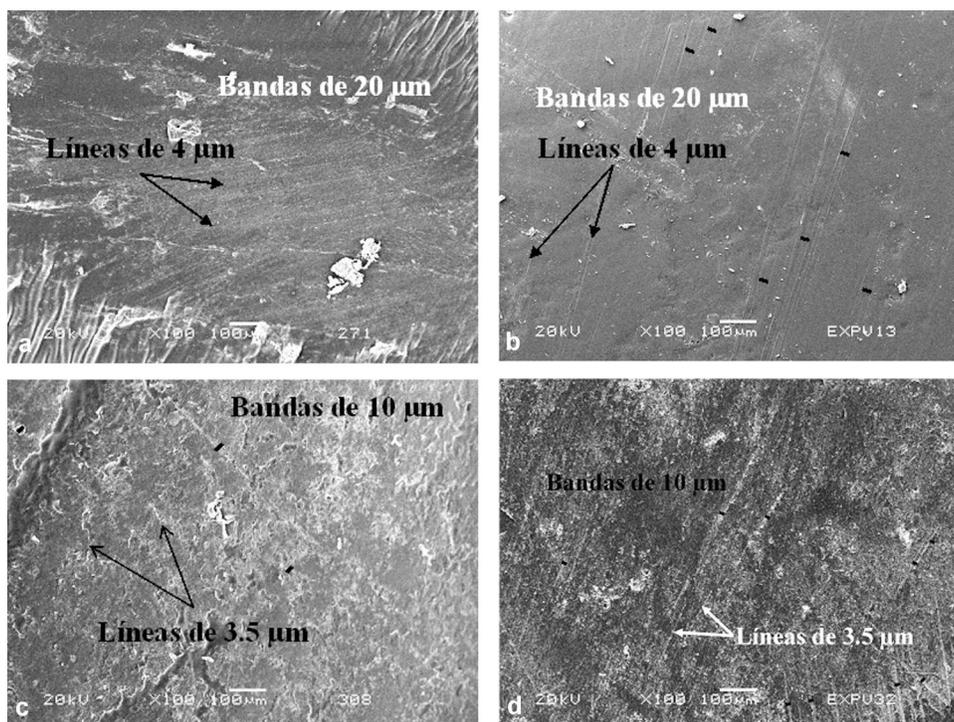


Fig.7: Análisis tecnológico de superficies de piezas arqueológicas verde imperial (a) y azul (c) y su comparación con desgastes experimentales con caliza y pulido con jadeíta (b) y con arenisca y bruñido con piel (d). Micrografías de Gerardo Villa, Emiliano Melgar y Hervé Monterrosa.

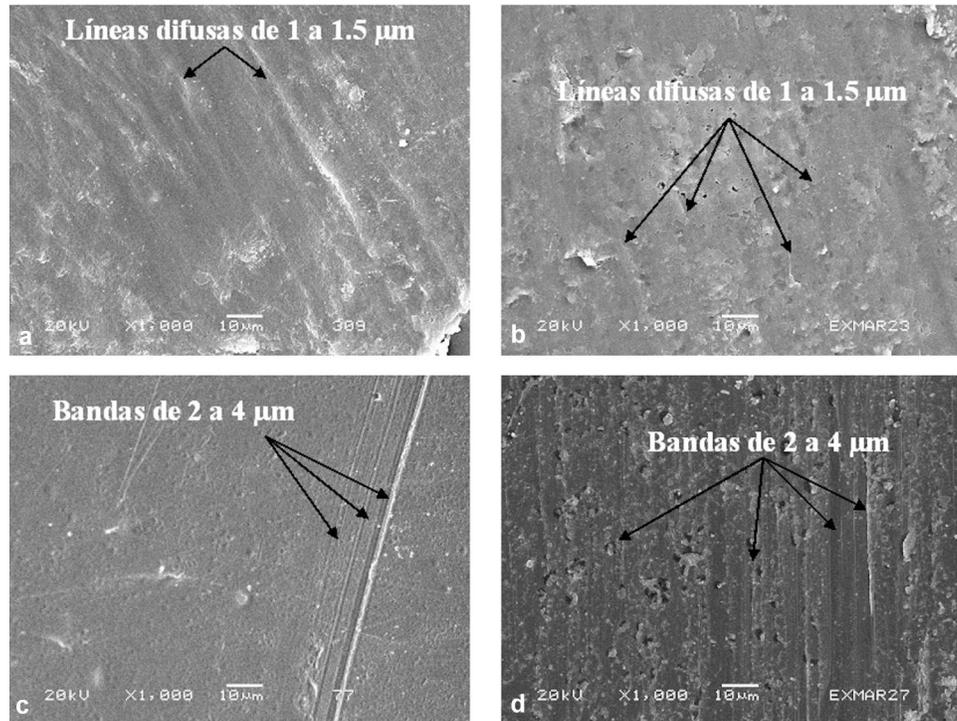


Fig.8: Análisis tecnológico de perforaciones arqueológicas de pieza de jadeíta azul (a) y verde imperial (c) y su comparación experimental con polvo de pedernal y carrizo (b) y buril de pedernal (d).  
Micrografías de Gerardo Villa, Hervé Monterrosa y Emiliano Melgar.