



ANALES DE ANTROPOLOGÍA



Anales de Antropología 59-2 (julio-diciembre 2025): xxxx

www.revistas.unam.mx/index.php/antropologia

Artículo

Caracterización mediante microscopía electrónica de barrido y significado de los engobes blancos en cerámicas del periodo Formativo: Ojo de Agua, México, y Zazacatla, Morelos, México

Characterization by Scanning Electron Microscopy and Meaning of White Slip in Formative Period Ceramics: Ojo de Agua, Mexico and Zazacatla, Morelos, Mexico

Francisco Javier Sánchez Tornero*

Universidad de Guadalajara, Departamento de Historia, los Belenes, Av. José Parres Arias #150, San José del Bajío, C.P. 45132, Zapopan, Jalisco, México.

Yoko Sugiura Yamamoto**

El Colegio Mexiquense, A.C. Santa Cruz de los Patos Zinacantepec, C. P. 51350, Estado de México, México.

Recibido el 10 de septiembre de 2024; aceptado 10 de abril de 2025; puesto en línea el 28 de agosto 2025.

Resumen

Es de amplio conocimiento que una de las características de la cerámica del periodo Formativo (ca. 1500-200 aC) en Mesoamérica es la decoración pintada en tonos del color blanco. Por medio de microscopía electrónica de barrido y microanálisis por dispersión de energías de rayos X, este estudio analiza muestras cerámicas con engobe blanco de Ojo de Agua, México, y Zazacatla, Morelos, para obtener información sobre la composición química del engobe blanco y determinar si las materias primas usadas en ambos sitios tienen el mismo origen. Los resultados muestran que, en Ojo de Agua, el silicio es el componente principal debido a la alta concentración de diatomeas fósiles. En Zazacatla, el calcio es el mineral principal, con silicio y aluminio en menor proporción, lo que sugiere el uso de calcio y arcilla como materia prima. Así, los resultados revelan que las materias primas utilizadas para el engobe blanco en Ojo de Agua y Zazacatla son de distintos orígenes, a pesar de que estas regiones comparten vínculos culturales. Las diferencias composicionales que indican una

Abstract

It is widely known that one of the characteristics of ceramics from the Formative period (ca. 1500-200 BC) in Mesoamerica is the decoration painted in white slip. Using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray microanalysis, this study analyzes ceramic samples with white slip from Ojo de Agua, Mexico, and Zazacatla, Morelos, to obtain information on the chemical composition of the white slip and to approach the origin of the raw materials used in both sites. The results show that in Ojo de Agua, silicon is the principal component due to the high concentration of fossil diatoms, while in Zazacatla, calcium is the main mineral, with silicon and aluminum in a lower proportion, suggesting the use of calcium and clay as raw materials. The results reveal that the raw materials used as the white slip in Ojo de Agua and Zazacatla are of different origins depending on the environmental characteristics, although these regions share cultural links. The compositional differences, which indicate a diversity of materials used in ceramic decoration, suggest certain spe

* Correo electrónico: francisco.sanchez3664@academicos.udg.mx / <https://orcid.org/0000-0001-8276-137X>

** Correo electrónico: yokos@unam.mx / <https://orcid.org/0009-0001-4112-6764>

DOI: 10.22201/iiia.24486221e.2025.59.2.89183

ISSN: 0185-1225/ Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. Éste es un artículo Open Access bajo la licencia CC-BY-NC 4.0 deed (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

diversidad de material empleado en la decoración cerámica reflejan particularidades del medio y saberes técnicos transmitidos, lo que sugiere una posible especialización artesanal.

Palabras clave: cerámica formativa con engobe blanco; caracterización por meb; diatomita; materialidad e identidad en la arqueología; arqueometría.
Keywords: Formative ceramics with white slip; characterization by meb; diatomite; materiality and identity in archeology; Archaeometry.

Introducción

Una de las características de la cerámica del periodo Formativo (*ca.* 1500-200 aC) en Mesoamérica es la decoración pintada en tonos del color blanco.¹ En el presente estudio se analizan muestras cerámicas arqueológicas con engobe blanco, en concreto, material procedente del manantial Ojo de Agua, cabecera municipal de San Antonio la Isla, estado de México, y del sitio arqueológico de Zazacatla, Morelos, con la finalidad de conocer si el colorante usado durante esa época procede de un mismo origen (figura 1).

Durante el periodo Formativo medio (*ca.* 800-400 aC) en Mesoamérica, aparecieron cambios significativos respecto al periodo anterior, entre los cuales se destacan el crecimiento demográfico (Niederberger 1976; Sugiura 2009), el avance en tecnología hidráulica (Rojas *et al.*, 2009), el proceso hacia la complejización social, la aparición de arquitectura monumental (Serra 1986, 1988; Serra y Sugiura 1988) y la intensificación del intercambio de bienes y productos, tanto a nivel intra como interregional (Flannery 1968). Estos cambios se observan también en la elaboración alfarera (Niederberger 1976; Sugiura 1980; Nieto 1998) y en la gran dispersión de la esfera cerámica olmeca en el territorio mesoamericano (Covarrubias 1950; Porter 1953; Coe 1970; Parsons y Price 1971; Niederberger 1976).

La región toluqueña y la morelense no fueron la excepción, ya que en el Formativo se manifestaron cambios notables en las sociedades, no sólo en el desarrollo sociopolítico, sino también en diversos aspectos culturales. Entre ellos, vale la pena destacar el uso ampliamente popularizado del pigmento blanco como materia prima para la decoración de las vasijas cerámicas, así como sus variaciones regionales de acuerdo con las especificidades de su entorno.

El presente estudio aborda cómo las antiguas poblaciones tanto de Ojo de Agua como de Zazacatla –sitios que no comparten las mismas condiciones geológicas– manejaban sus saberes para lograr el color blanco en las decoraciones de sus piezas cerámicas. Naturalmente, des-

cribirlas según su accesibilidad de material blanco para obtener el engobe blanco.

cribir los pormenores de las técnicas decorativas rebasa el objetivo del presente estudio; no obstante, como primer paso hacia una mejor comprensión de esta problemática, resulta pertinente aproximarse a ella mediante la aplicación de microscopía electrónica de barrido (MEB) y microanálisis por dispersión de energías de rayos X (EDX) en modo de bajo vacío (BV). La información proveniente de las muestras de los dos sitios mencionados proporciona una visión tanto cuantitativa como cualitativa de la composición químico-elemental del engobe blanco. Además, se generan imágenes detalladas de zonas específicas del material en estudio, lo que permite reconocer y comparar las similitudes y diferencias respecto a los materiales empleados por los antiguos alfareros formativos en los sitios de Ojo de Agua y Zazacatla, para así profundizar en el uso del pigmento blanco como elemento decorativo.

Cabe también precisar que, en el caso del sitio de Zazacatla, el tamaño de la muestra analizada es muy reducido frente a la de Ojo de Agua; no obstante, se consideró adecuado para la finalidad de comparar la cerámica con engobe blanco de ambas regiones.

Ojo de Agua y Zazacatla: procedencia de las muestras de la cerámica con engobe blanco

Ojo de Agua, Estado de México

El manantial Ojo de Agua se encuentra en la planicie suroccidental del Valle de Toluca, en la cabecera municipal de San Antonio la Isla,² cuya historia se remonta, por lo menos, al Formativo inferior, hace unos 3,000 años, tiempo durante el cual se coloniza con pequeñas aldeas dispersas. Para el Formativo medio, se observa el crecimiento en el número de aldeas y el camino hacia una mayor complejidad social, aunque todavía se mantiene, en lo fundamental, su carácter rural, sin el desarrollo de centros locales. Después de un lapso durante el Formativo tardío-terminal y el Clásico temprano (*ca.* 100 aC-250 dC), que registró un proceso de decrecimiento poblacional, continúa su desarrollo hasta la Conquista española.

Cabe mencionar que la estrecha relación con la vecina cuenca de México se observa en múltiples manifestaciones culturales. Prueba de ello es el hecho de que la

¹ Durante el periodo Formativo en el valle de Toluca, se distinguen cinco fases cerámicas: la fase Ocotitlán (*ca.* 1250-1000 aC), equiparada a la fase Ayotla en la cuenca de México; la fase Mexitepec (*ca.* 1000-800 aC), relacionada con la fase Manantial; la fase Tetelpan (*ca.* 800-700 aC); la fase Cuauhtenco (700-400 aC), vinculada a la fase Zacatenco; y la fase Otzolotepec (400-200 aC), equivalente a la fase Ticomán (Sugiura 1980; Nieto 1998). En Zazacatla, se identifican tres fases: la fase Caliza (*ca.* 1200-1000 aC), equivalente a la fase Ayotla en la cuenca de México; la fase Salado (*ca.* 1000-800 aC), comparada con la fase Manantial; y la fase Apatlaco (*ca.* 800-400 aC), equivalente a las fases Tetelpan y Zacatenco de la cuenca de México (Canto *et al.* 2011).

² El sitio en estudio se encuentra en la cabecera municipal de San Antonio la Isla al suroeste de la región del Valle de Toluca, estado de México. Se ubica geográficamente en las coordenadas utm latitud norte 19° 10' 35" y oeste del meridiano 99° 34' 25", a 2,600 msnm, y tiene las características geomorfológicas de un manantial de agua dulce.

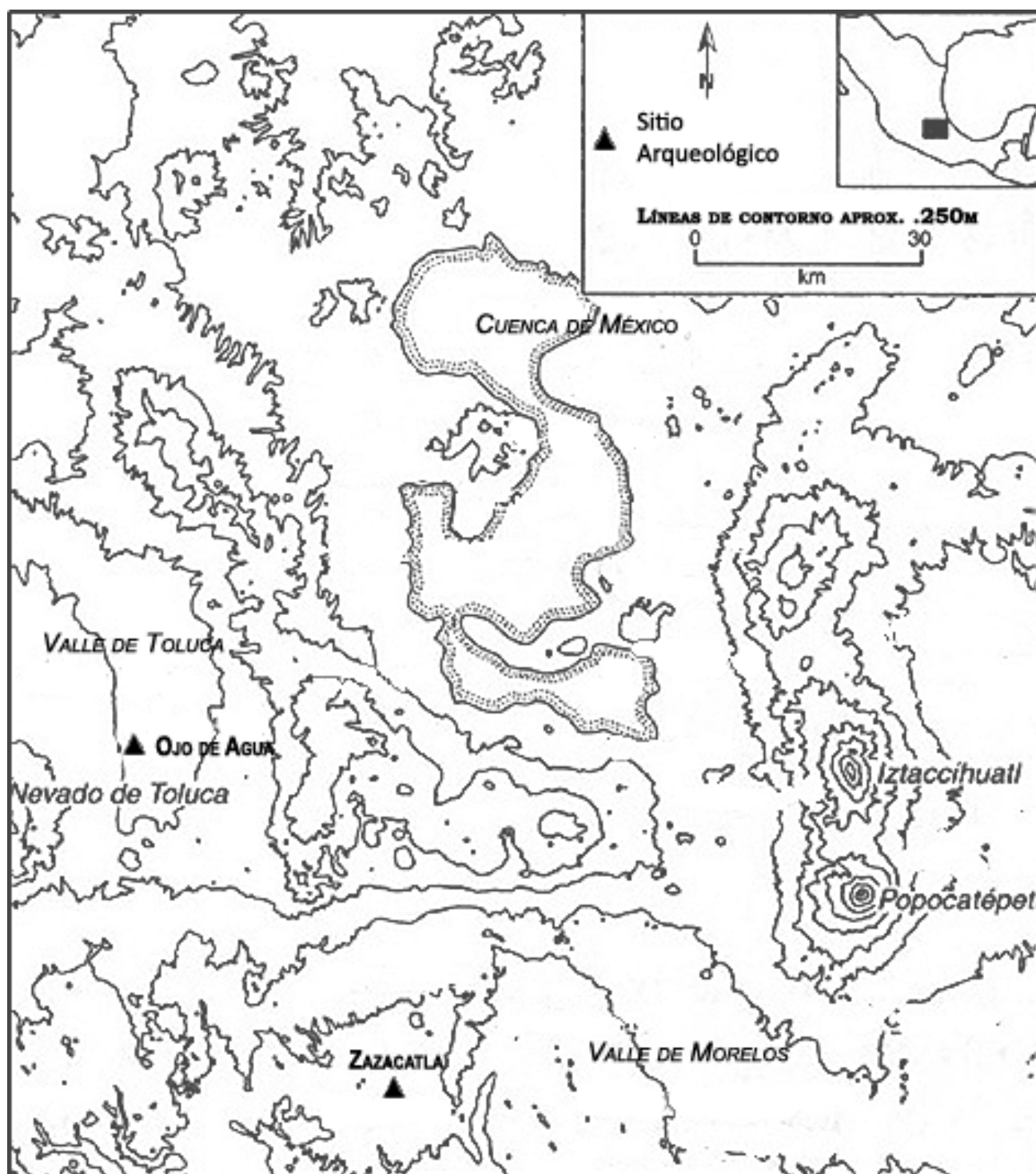


Figura 1. Ubicación geográfica del altiplano Central mesoamericano y distribución de los sitios arqueológicos del Formativo medio con cerámica analizada en esta investigación. Modificado por Francisco Sánchez con base en Plunket y Uruñuela (2012, 2).

región toluqueña conformaba parte de la esfera cultural —en particular, de la cerámica— de aquella, hasta el Posclásico cuando, con la aparición de la cerámica llamada Matlatzinca, toma un camino propio, diferente al de la Cuenca de México. Este desarrollo, que se inicia hace alrededor de 3,000 años, puede atribuirse a la gran riqueza ambiental, rodeada por las fértiles planicies aluviales, bosques y, sobre todo, por las tres ciénegas, numerosos

manantiales y el río Lerma. Cabe destacar que la presencia de gruesas capas de diatomita, distribuida en la región del Alto Lerma, se atribuye a la amplia extensión de la zona de humedales.

La gran cantidad de material cerámico recuperado de Ojo de Agua presenta características que podrían catalogarlas como de uso ritual. Además, la ausencia de arquitectura en el manantial sugiere que la importancia

del sitio no radica en la monumentalidad arquitectónica, sino en sus rasgos particulares como lugar sagrado donde brota el agua, elemento indispensable para la conducción de la vida diaria y de la sobrevivencia humana. La larga historia de actividades rituales que se realizaban en este lugar continuó no sólo a lo largo de los tiempos prehispánicos, sino también después de la Conquista española (Sugiura y Jaimes 2019).

Zazacatla, Estado de Morelos

A diferencia del Valle de Toluca, que muestra un desarrollo social más pausado, la antigua historia del estado de Morelos evidencia un proceso más acelerado y una complejidad social notable, con la presencia de centros regionales con arquitectura monumental y escultura que alude a la tradición olmeca (Canto *et al.* 2011). Con base en los fechamientos relativos de la cerámica recuperada en el sitio de Zazacatla,³ se sugiere que el lugar fue ocupado desde el Formativo medio (*ca.* 800-400 aC) hasta el Posclásico temprano (*ca.* 900-1150 dC) (Canto y Castro 2010) y que alcanzó su mayor apogeo durante el Formativo medio, al igual que otros centros que participan en la tradición olmeca, como Chalcatzingo, Morelos; Teopantecuanitlán, Guerrero; y Zohapilco, Estado de México (Canto y Medina 2005; Canto *et al.* 2011).

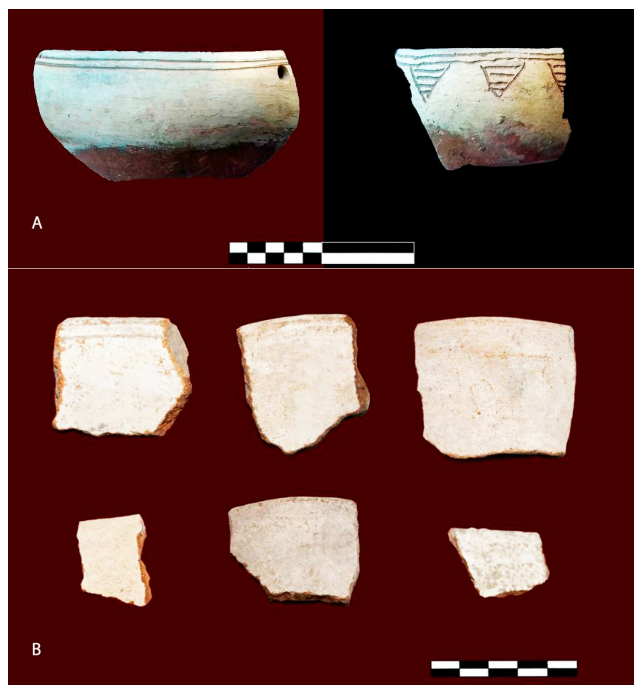


Figura 2. Material cerámico con decoración de engobe blanco. A. Fragmentos cerámicos del periodo Formativo recuperados en el manantial Ojo de Agua, Alto Lerma. B. Fragmentos cerámicos del periodo Formativo recuperados en el sitio de Zazacatla, Morelos.

Elaborado por Francisco Sánchez, 2024.

Estos sitios comparten el uso temprano de engobe rojo y blanco, con los cuales se plasman motivos, frecuentemente complejos, como los geométricos (ángulos, redes, estrellas, etcétera), y con características distintivas que los identifican, a simple vista, con su filiación cultural y temporal (Niederberger 1976; Serra 1988; Serra *et al.* 2004; Sugiura 1980). Con respecto a las decoraciones, destacan las realizadas con las técnicas de incisión, esgrafiado, punzonado y aplicaciones al pastillaje. Los motivos decorativos mencionados anteriormente se encuentran en formas cerámicas, como los cajetes de silueta compuesta, los de paredes altas, cuerpos divergentes y convergentes, así como los cajetes de fondo plano o ligeramente cóncavos, vasos con fondos ligeramente cóncavos y ollas, entre otras formas (figura 2).

Acerca de los engobes de diversos colores y sus caracterizaciones en los estudios macroscópicos

Con respecto a la identificación de los compuestos mineralógicos para conocer el origen de los colorantes, en concreto, el color blanco de la cerámica del Formativo, es casi nula (Niederberger 1976, 1987; Sánchez-Tornero 2017), a diferencia de la cerámica de otras temporalidades (Foncerrada 1993; Magaloni 1996; Ortiz de Montellano 1996; Rodríguez *et al.* 1999; Ruvalcaba *et al.* 1999; Ontalba *et al.* 2000; Martínez *et al.* 2002; Ruvalcaba 2005; López-Luján *et al.* 2005; Siracusano 2009; Sánchez-Tornero 2013).

Del blanco del Formativo, las menciones suelen limitarse a señalar las tonalidades cromáticas, sin profundizar en su estudio arqueométrico (Schmidt 1990). Se describen, solamente de manera general, los distintos colores, como el negro y el rojo. Del negro, se identifica el hollín⁴ como el material que compone el color del tipo Chalco Alisado (Niederberger 1976) y Ocote Negro (Niederberger 1976) del Formativo. Asimismo, la hematita especular sería el mineral que da la tonalidad roja del tipo Lago Rojo Fino de la Cuenca de México (Niederberger 1976) y el tipo Ajalpa Rojo Fino de Tehuacán (Piña Chan 1982). Por su parte, se sugiere la utilización de pigmentos orgánicos para la elaboración de estucos del Formativo en la zona maya (Hansen *et al.* 1994) y de cinabrio en la zona olmeca (Miller y Taube 1993). Desafortunadamente, en ninguno de los casos citados se especifica la técnica analítica utilizada para determinar sus caracterizaciones químicas.

Acerca de la identificación composicional del engobe blanco utilizado en varios tipos cerámicos del Formativo en el altiplano Central, Niederberger (1976) sugiere dos con distintas características: uno corresponde a un engobe duro, grueso y de excelente adhesión, diagnóstico de los tipos del Formativo medio, como Pilli Blanco, Pilli Rojo sobre Blanco, Cesto Blanco, Cesto Blanco Tardío,

³ Se localiza en el municipio de Xochitepec, Morelos, a 16 km al sur de la ciudad capital, Cuernavaca. Se ubica geográficamente en las coordenadas utm latitud norte 18° 46' 38" y oeste del meridiano 99° 13' 33", a 1 105 msnm.

⁴ Alfred Tozzer (1907) señaló el uso del copal quemado en la elaboración del hollín, el cual se raspaba de las paredes de vasijas y braseros.

Tlapizahua Blanco, Anáhuac Blanco y Zacatenco Rojo sobre Blanco; el segundo, perteneciente al Formativo tardío, a un engobe blanco pulverulento, yesoso y de débil adherencia, que tiende a desprenderse, como son los casos del tipo Pilli Rojo sobre Blanco, Ixta Blanco, Pahuacan Tricromo y Ticomán Rojo sobre Blanco.

Con respecto al material de Zazacatla, se mencionan dos engobes blancos de distinta naturaleza: uno corresponde a una arcilla caolínica, característico de los tipos Blanco Manchado, Blanco Salado y Blanco Zazacatla; los últimos dos se asemejan al Pilli Blanco de la cuenca de México (Canto *et al.* 2011); el segundo, a un engobe blanco elaborado con carbonato de calcio, como el del Blanco Tlazala y Blanco Apatlaco. Este último, según Canto, Bravo, Lázaro y Peña (2011), es similar al Cesto Blanco Tardío y Anáhuac Blanco de la Cuenca de México.

En relación con el material formativo del Valle de Toluca, con base en una sugerencia de Niederberger (comunicación personal), Sugiura propone que se trata de un engobe blanco pulverulento, de características distintivas y diagnósticas, posiblemente hecho de materia vítrea pumítica de origen local, “piedra pómez” (Sugiura 2009, 95). En efecto, Niederberger identificó que el engobe blanco del tipo Ixta Blanco del material de Zohapilco-Tlapacoya se elaboró con la piedra pómez (Niederberger 1976), así como con arcilla caolínica (Niederberger 1987). Desafortunadamente, en ningún caso la autora menciona la técnica analítica que determinó las caracterizaciones químicas de la materia prima con la que se elabora el engobe blanco. Probablemente, muchas de las referencias tienen base en las características macrométricas.

Si bien, desde décadas atrás, ha habido una serie de propuestas acerca de las materias primas en la elaboración del engobe blanco utilizado ampliamente en la decoración de la cerámica formativa, todavía falta una debida caracterización para conocer las posibles fuentes de las mismas. La aplicación de técnicas analíticas, como las arqueométricas, puede aportar información útil para precisar la composición fisicoquímica de dicho engobe y caracterizarlo.

Los resultados de dichos análisis contribuirán también a esclarecer algunos aspectos del pasado histórico acerca del uso de colorante —en este caso, el blanco— en la cerámica del Formativo en dos sitios de contextos disímiles: Ojo de Agua, estado de México, que pertenece al entorno lacustre, y Zazacatla, ubicado en una región característica por sus formaciones calcáreas.⁵

Muestras cerámicas y técnica empleada

Las muestras de Ojo de Agua, estado de México, forman parte del material recuperado en 2012 por el proyecto arqueológico “La cerámica Coyotlatelco en la cuenca de México y el Valle de Toluca: Análisis desde una perspectiva integral”, dirigido por Yoko Sugiura y Rubén Nieto. Para el presente análisis, se seleccionaron catorce fragmentos, identificados con las siglas PC100 a PC117 y PC149 (cuadro 1), que comprenden desde la fase Mex-tepec (*ca.* 1000-800 aC) hasta la fase Cuauhtenco (*ca.* 700-450/400 aC) del Formativo inferior al medio. Estas muestras consisten en cajetes con silueta compuesta, fondos cóncavos y cuerpos divergentes.

En el caso de la región de Morelos, el material identificado con las siglas PC170 a PC177 (cuadro 2) proviene del sitio arqueológico de Zazacatla y corresponde al Formativo inferior (*ca.* 1000-800 aC) y medio (*ca.* 800-400 aC). Este material fue recuperado en el predio Las Cervezas por el proyecto “Rescate arqueológico Zazacatla, Morelos”, dirigido por Giselle Canto del Centro de Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) Morelos durante las temporadas de 2006 a 2008. Las muestras analizadas se conforman por cajetes convexos, platos y vasos (cuadro 2). Canto, Bravo, Lázaro y Peña (2011) sugieren que los vasos con engobe blanco del tipo Blanco Alisado se usaban probablemente en ceremonias rituales para la ingesta de líquidos.

En el presente trabajo, las muestras cerámicas de ambos sitios se analizaron por la técnica de MEB con EDX en modo de BV, con la finalidad de obtener la información fisicoquímica.⁶ Los análisis se llevaron a cabo con la infraestructura disponible en el Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio (LADIPA) de El Colegio de Michoacán (COLMICH) y los Laboratorios de Caracterización y Análisis de Materiales del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Los modelos de microscopio electrónico de barrido empleados fueron el JEOL-JSM-6390LV/LGS y el JEOL-JSM-5900LV, con una sonda para EDX marca Oxford acoplada a los microscopios. Las muestras cerámicas se montaron en un soporte de aluminio y se adhirieron con cinta de carbón de doble cara adhesiva para mejorar la conductividad. Además, se utilizó la señal de electrones retrodispersos para la formación de imágenes con un voltaje de aceleración de 20 a 25 kilovoltios.

Los análisis químicos y los espectros de las muestras se tomaron con amplificaciones de 500x y 1 000x; en ocasiones, para obtener un mejor detalle, se realizaron análisis puntuales de hasta 3 000x. Las imágenes micrométricas se tomaron, según se requiriera, de amplificaciones a 500x, 1 000x, 3 000x y hasta 10 000x. En algunos casos, fue necesario aplicar el mapeo de elementos sobre la super-

⁵ La formación Morelos, correspondiente al Cretácico superior (*ca.* 85-65 Ma), constituyó una fuente estratégica de carbonato de calcio para las sociedades prehispánicas locales. Su accesibilidad en superficie, resultado de procesos de erosión kárstica, facilitó su explotación sistemática (Vázquez y Jaimes 1989, 136-7; Fries 1960, 40-1).

⁶ La MEB se realizó en el modo de BV, dado que las muestras analizadas y la amplificación requerida no generaron carga electrostática y, por lo tanto, no fue necesario hacerlas eléctricamente conductoras mediante la aplicación de un recubrimiento metálico en la superficie.

Cuadro 1.
Relación de cerámica con engobe blanco del periodo Formativo (ca. 1000-450/400 aC)

Muestra	Sitio	Material	Forma	Colores
PC100	SAI	Cerámica con engobe blanco	Silueta compuesta	Rojo / Blanco
PC101	SAI	Cerámica con engobe blanco	Fondo cóncavo	Blanco
PC102	SAI	Cerámica con engobe blanco	Fondo cóncavo	Blanco
PC103	SAI	Cerámica con engobe blanco	Fondo cóncavo	Blanco
PC104	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo divergente	Blanco
PC105	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo divergente	Blanco
PC106	SAI	Cerámica con engobe blanco	Fondo plano	Blanco
PC107	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo divergente	Blanco
PC108	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo divergente	Blanco
PC109	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo divergente	Blanco
PC110	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo divergente	Blanco
PC115	SAI	Cerámica con engobe blanco	Silueta compuesta	Blanco
PC116	SAI	Cerámica con engobe blanco	Fondo cóncavo	Blanco
PC117	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo	Blanco
PC149	SAI	Cerámica con engobe blanco	Cuerpo	Blanco

SAI: San Antonio la Isla, Estado de México. Elaborado por Francisco Sánchez, 2024.

Cuadro 2.
Relación de cerámica con engobe blanco del periodo Formativo (ca. 1000-400 aC)

Muestra	Sitio	Material	Forma	Tipo
PC170	ZAZ	Engobe blanco	Cajete convexo	Blanco salado
PC171	ZAZ	Engobe blanco	Cajete convexo	Blanco salado
PC172	ZAZ	Engobe blanco	Cajete convexo	Blanco apatlaco
PC173	ZAZ	Engobe blanco	Cajete convexo	Blanco apatlaco
PC174	ZAZ	Engobe blanco	Vaso	Blanco alisado
PC175	ZAZ	Engobe blanco	Vaso	Blanco alisado
PC176	ZAZ	Engobe blanco	Plato	Blanco tlazala
PC177	ZAZ	Engobe blanco	Plato	Blanco tlazala

ZAZ: Zazacatla, Morelos. Elaborado por Francisco Sánchez, 2024.

ficie de las muestras analizadas para obtener una mejor evaluación de la distribución de los elementos presentes.

Resultados y discusión

El análisis composicional de las muestras cerámicas procedentes del sitio Ojo de Agua, ubicado en la región del Alto Lerma, revela la presencia invariable de silicio (entre 25.64 % y 37.20 % wt) como uno de los componentes mineralógicos predominantes. También, en el análisis por EDX, resalta la preponderancia de aluminio (3.61 % a 13.03 %) y oxígeno (39.79 % a 59.88 %) como los elementos más representativos (cuadro 3).⁷ En las microgra-

fías de PC100-PC117 del mismo sitio, se ha identificado un gran número de cuerpos fragmentados de diatomeas fósiles de 5-30 µm, algunos seccionados y aglomerados entre material homogéneo y partículas granulares de 1-5 µm (figura 3). Lo anterior apunta a que el engobe blanco se obtuvo principalmente de diatomita, materia prima que abunda en la cuenca lacustre del Alto Lerma.⁸

⁷ Todos los valores porcentuales reportados corresponden a porcentajes en peso (% wt), representados como gramos de elemento por cada 100 gramos de material analizado.

⁸ Una muestra representativa de diatomita fósil, recolectada *in situ* en el manantial de Ojo de Agua, fue analizada mediante MEB-EDX. El análisis reveló una concentración predominante de silicio (34.97 %) y oxígeno (59.46 %), cuya correlación con la morfología observada respalda su identificación como frústulos de diatomeas fosilizadas. Esta asociación proporciona un referente empírico robusto para la comparación con otros contextos arqueológicos que presentan engobes blancos de naturaleza silíceo. Para una descripción metodológica y analítica más detallada, véase Sánchez-Tornero (2017).

Cuadro 3.
Resultados químicos de las muestras cerámicas de Ojo de Agua

Composición elemental (Wt. %)													
Sitios	SAI												
Capa	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.
Muestras	PC100	PC101	PC102	PC103	PC104	PC105	PC106	PC107	PC108	PC110	PC115	PC116	PC117
ELEM.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00	14.57	0.00
N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	58.44	57.04	43.66	58.31	59.24	46.83	39.79	59.88	58.30	56.15	58.77	42.20	59.60
Na	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.71	0.71	0.67	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00
Mg	0.44	0.00	0.27	0.53	0.52	0.34	0.50	0.21	0.00	0.56	0.53	0.60	0.77
Al	6.94	8.39	13.03	8.81	9.84	10.84	9.25	6.35	6.70	6.69	3.61	9.51	8.96
Si	29.74	28.97	37.20	27.79	25.64	35.16	29.25	30.14	26.73	31.54	34.58	27.15	27.72
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	1.05	1.34	1.72	0.83	1.12	1.42	2.81	0.88	1.06	1.94	0.88	2.62	1.30
Ca	1.30	0.00	1.27	0.86	0.88	1.49	1.23	0.98	3.62	1.36	0.57	1.05	0.00
Ti	0.51	0.00	0.76	0.94	0.61	0.44	0.00	0.41	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00
Fe	1.58	4.26	1.60	1.92	2.16	2.77	1.74	0.48	3.59	1.08	1.05	1.73	1.65

SAI. Elaborado por Francisco Sánchez, 2024.

Por su parte, de acuerdo con los resultados de espectroscopía EDX, el engobe blanco consiste en una composición compleja que contiene aluminio y silicio. Estas relaciones químicas –especialmente los valores Si/Al (2-4) y las correlaciones O/(Si+Al) \approx 1.5-2.0– son indicativas de la presencia de aluminosilicatos en el engobe (Moore y Reynolds 1997, 104-5; Deer *et al.* 2013, 224-5). Aunado a lo anterior, en las micrografías se han identificado estructuras laminares, típicas de las arcillas esmécticas e illita (Moore y Reynolds 1997, 149, 151). Todo ello permite suponer que el engobe blanco se conformó por una mezcla de materiales de origen biogénico, como las diatomeas silíceas y arcillas locales. Seguramente, de esta forma fue posible obtener un engobe con propiedades como plasticidad y estabilidad térmica adecuadas (Heras y Martínez 1992). También es posible conjeturar que esta práctica responde a una selección intencional de materias primas, según los requerimientos funcionales del producto final; saberes antiguos que se encuentran documentados en contextos arqueológicos y etnohistóricos.

Distintos estudios arqueométricos han identificado el empleo de la arcilla en engobes prehispánicos (Hodges 1964; Magaloni 1996, 1998; Ita *et al.* 2009; Sánchez-Tornero 2013, 2017), propuestas sugerentes cuando se toman en consideración los datos de las fuentes históricas acerca de la elaboración del colorante *tizatlalli* o *tizatli*, referido a una tierra mineral lacustre. Se menciona que ésta, al mezclarse con arcilla y ser sometida a fuego, adquiere un tono blanco similar al albayalde español (Clavijero 1974, 248). También, Rémi Siméon describe que esta “tierra blanca” (diatomea fósil), mez-

clada con arcilla, resulta en un blanco comparable al de España (2002, 546). Las fuentes destacan que la combinación de diatomita y arcilla da origen al material blanco conocido como *tizatlalli* (Sahagún 1950-1982, libro 11; Garrido *et al.* 1615).

Ciertamente, la técnica de EDX utilizada para este estudio, por sí sola, no distingue claramente entre la diatomea y la arcilla, ya que ambas están constituidas, principalmente, por materiales ricos en silicio. No obstante, la MEB permite la identificación micrométrica de la presencia o, en su caso, ausencia de diatomeas, que no se detecta mediante otras técnicas, como difracción de rayos X (DRX) y fluorescencia de rayos X (XRF). Se considera, por consiguiente, una herramienta de gran utilidad para el presente estudio, cuyo objetivo consiste en la primera aproximación para conocer las materias primas del engobe blanco de las piezas cerámicas formativas de los sitios Ojo de Agua y Zazacatla. No obstante, para caracterizar dicho engobe con mayor amplitud, es recomendable aplicar técnicas complementarias, como la espectrometría Raman o las propias DRX y XRF, entre otras.

Como se mencionó anteriormente, el uso de la tierra diatomita, ampliamente disponible para la población de la zona, era difundido durante el Formativo entre la población para la elaboración del engobe blanco de la cerámica de Ojo de Agua y seguramente se continuó en tiempos posteriores, como lo muestra el estudio de MEB-EDX aplicado en el material del Epiclásico de la misma zona (Sánchez-Tornero 2013).

Respecto a las identificaciones taxonómicas, las imágenes de diatomeas fósiles identificadas por el MEB se encuentran fragmentadas y, en su mayoría, en mal es-

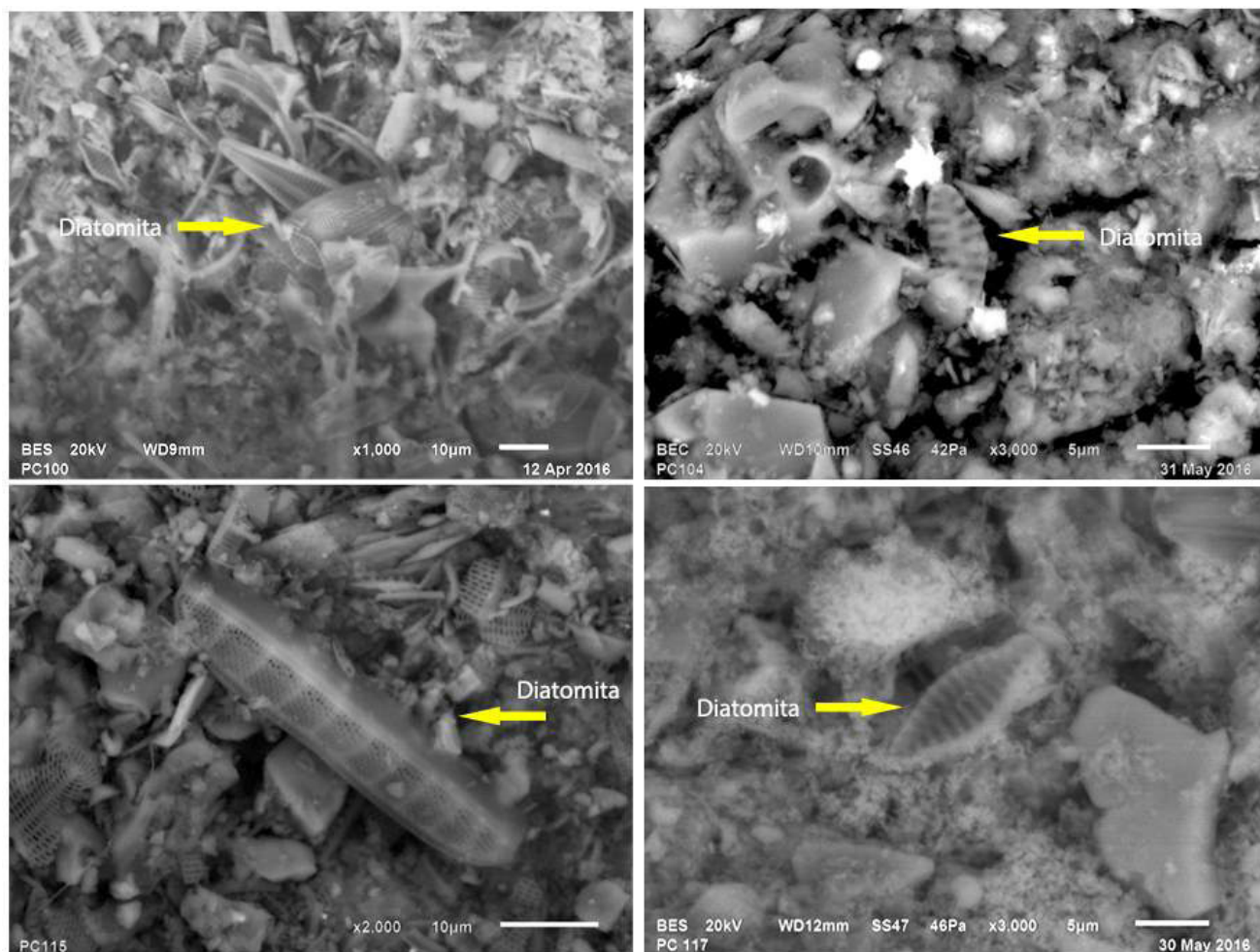


Figura 3. Análisis micrométrico del material cerámico proveniente de Ojo de Agua, Laboratorio de Microscopía, ININ. Elaborado por Francisco Sánchez, 2024.

tado de conservación. No obstante, podrían caracterizarse como pertenecientes a las familias *Cymbellaceae*, *Sellaphoraceae*, *Diploneidaceae* y *Naviculaceae* (Caballero Miranda, comunicación personal 2013).

Acerca de las muestras del sitio Zazacatla, en la región de Morelos, los análisis indican que todas (PC170-PC177) presentan calcio (Ca) como componente principal del engobe blanco (figura 4), aunque con variaciones significativas en su concentración (5 % a 21.65 %). Asimismo, los resultados de los análisis químicos cuantitativos también arrojan el silicio (8.44 % a 21.20 %) y el aluminio (1.92 % a 3.79 %) como elementos representativos de las muestras, junto con trazas de sodio (Na), magnesio (Mg), fósforo (P), azufre (S), potasio (K) y hierro (Fe) (cuadro 4).

El hecho de que en ninguna muestra se identificaran cuerpos de diatomeas permite descartar el uso de diatomita en la elaboración del engobe blanco en el sitio de Zazacatla. Dado que la variabilidad en la composición parece estar asociada con proporciones específicas de Ca, Si y Al, es posible conjeturar que los alfareros de Zazacatla mezclaban arcillas para lograr propiedades deseadas, como color, textura o adherencia del engobe. Este saber

acerca de cómo seleccionar materias primas tiene, a su vez, una estrecha relación con la accesibilidad y disponibilidad de las mismas.

Desde una perspectiva composicional, el 100 % de las muestras procedentes de Zazacatla (PC170-PC177) exhibe una asociación con compuestos cálcicos, por lo que se pueden identificar dos patrones distintivos.⁹ El primero, presente en el 50 % de las muestras (PC170, PC173, PC174 y PC175), corresponde a una matriz compuesta por arcilla rica en Al y Si, combinada con carbonato de calcio (CaCO_3). El segundo, identificado en el otro 50 % de las muestras (PC171, PC172, PC176 y PC177), muestra una coexistencia significativa de Ca con concentraciones de S entre 0.19 % y 0.22 %, lo que sugiere la presencia de sulfato de calcio (CaSO_4).¹⁰ Esta

⁹ Para una caracterización analítica más detallada de la composición mineralógica, los criterios de clasificación empleados y el mapeo de elementos, véase Francisco Sánchez-Tornero (2017).

¹⁰ Los bajos valores de S detectados mediante EDX (0.19%-0.22 %) se sitúan muy por debajo de los niveles esperados para el yeso puro, lo que permite dos posibles interpretaciones: podrían deberse a procesos de contaminación postdeposicional, asociados a la infiltración de sulfatos en contextos enterrados; o de forma más sugerente, podrían reflejar un uso deliberado de yeso en pequeñas cantidades, quizá como aditivo destinado a modificar propiedades

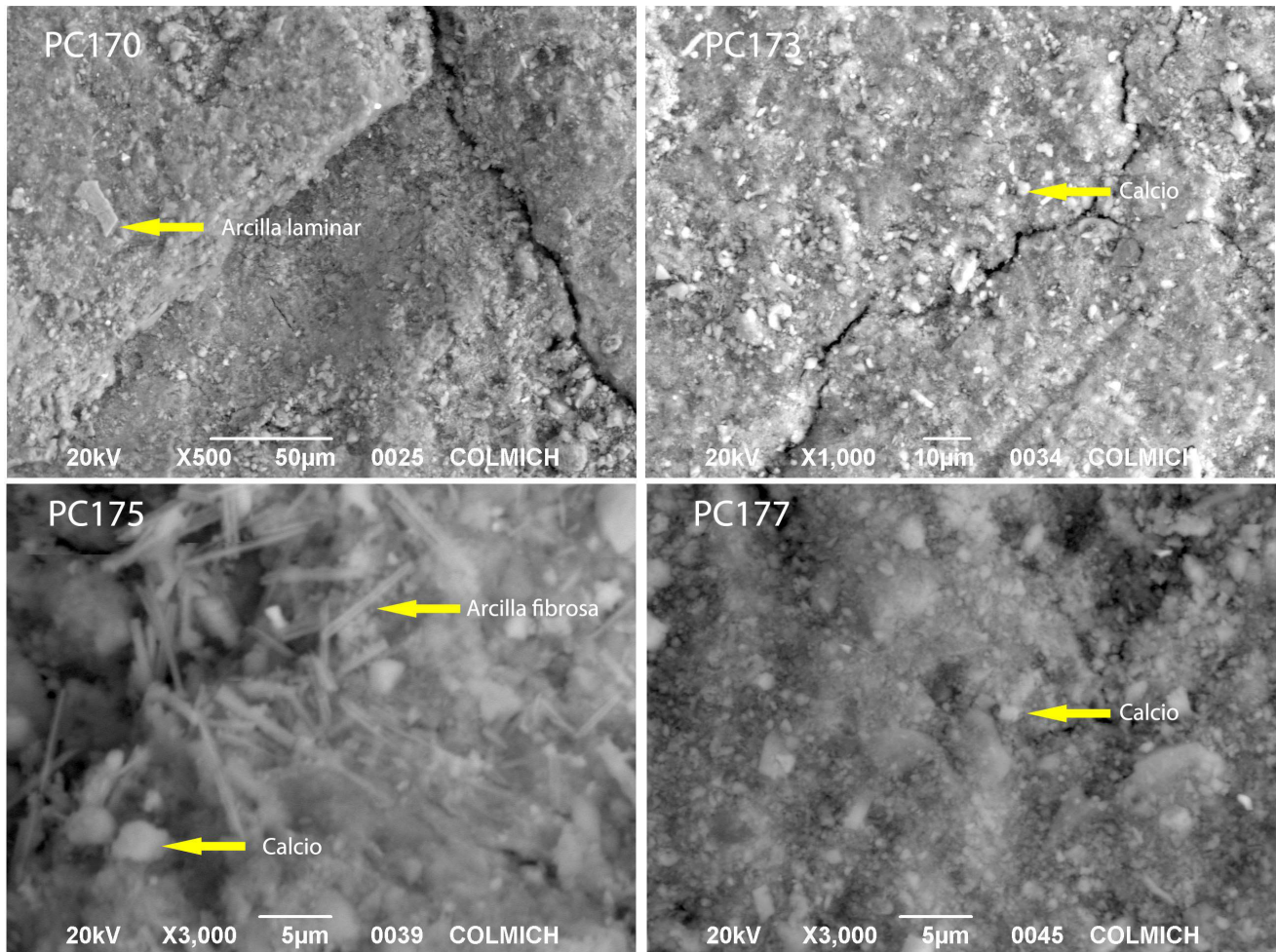


Figura 4. Análisis micrométrico de los materiales cerámicos provenientes de Zazacatla, Ladipa, Colmich.

distribución composicional indica un uso diferencial de material según el tipo cerámico: mientras que los platos Blanco Tlazala (PC176-PC177) y algunos cajetes convexos del tipo Blanco Salado (PC171) y Blanco Apatlaco (PC172) parecen incorporar yeso en su engobe, otros, como PC170, PC173-PC176, emplean predominantemente CaCO_3 mezclado con arcilla.

El hecho de que el análisis revela que la proporción de estos componentes (arcilla, CaCO_3 y CaSO_4) varía sistemáticamente según la forma de vasijas sugiere recetas específicas para preparar el engobe de acuerdo con los objetos planeados en Zazacatla.¹¹ El estudio de las muestras PC170-PC177 de Zazacatla arroja una notable variabilidad tecnológica que sugiere diferentes estrategias de producción. En particular, el análisis por EDX de las muestras PC174 y PC175 evidencia una composición química notablemente equilibrada, lo que sugiere

un posible uso deliberado de mezclas con arcillas fibrosas, como la paligorskita o la sepiolita. Esta hipótesis se sustenta además en las micrografías obtenidas mediante MEB, que muestran estructuras fibrosas de entre 5 y 10 μm (figura 4). Dado que estas muestras están presumiblemente asociadas a contextos rituales, su composición homogénea podría reflejar un control riguroso de las materias primas y una selección consciente para la elaboración del engobe blanco en vasijas con fines ceremoniales. En contraste, las demás muestras exhiben una mayor variabilidad composicional que evidencia distintas estrategias tecnológicas en la preparación de los engobes aplicados a diversas cerámicas (cuadro 4).

Con la aplicación de MEB, se obtuvo la primera aproximación analítica de los engobes blancos en Zazacatla; no obstante, para obtener una caracterización más precisa de las muestras, es necesario someterlas a otros análisis complementarios, como la DRX, la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y el estudio de isótopos estables, entre otros. Métodos que permitirán no sólo identificar con precisión las fases cristalinas presentes en los engobes, sino determinar su origen geológico y evidenciar el uso temprano de arcillas fibrosas, como la paligorskita o la sepiolita, en el altiplano Central

superficiales específicas, como la opacidad o la textura.

¹¹ El uso combinado de calcita y yeso en trazas tiene antecedentes en la tecnología pigmentaria mesoamericana, particularmente para la obtención de colorantes rosas durante el Clásico teotihuacano (Magaloni 1996, 1992), mientras que el CaCO_3 ha sido documentado como base para diversos colores prehispánicos (Magaloni 1998; Magaloni *et al.* 1995; Rodríguez *et al.* 2004).

Cuadro 4.
Resultados químicos de las muestras cerámicas de Zazacatla

Composición elemental (Wt. %)								
Región	SAI							
Sitios	ZAZ	ZAZ	ZAZ	ZAZ	ZAZ	ZAZ	ZAZ	ZAZ
Capa	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.	Eng.
Muestras	PC170	PC171	PC172	PC173	PC174	PC175	PC176	PC177
ELEM.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.	BLC.
C	11.58	9.43	4.06	6.02	13.17	9.24	7.64	10.86
N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	55.44	58.79	59.00	55.89	53.10	55.32	57.77	53.79
Na	0.35	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.69	0.64	1.68	1.10	0.52	0.56	0.51	1.12
Al	3.79	3.06	3.51	4.16	1.86	2.78	3.42	1.92
Si	21.20	11.96	17.23	18.04	8.44	12.07	15.12	9.78
P	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	1.48
S	0.00	0.21	0.20	0.00	0.00	0.00	0.22	0.19
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.64	0.37	0.00	0.37	0.18	0.37	0.36	0.19
Ca	5.00	14.08	13.15	11.81	21.65	17.64	13.61	18.33
Fe	1.31	1.23	1.17	2.16	1.09	2.01	1.35	2.34

ZAZ. Elaborado por Francisco Sánchez, 2024.

de México, utilizadas como materia prima para colorantes durante el periodo Formativo en Zazacatla, Morelos.¹²

Comentarios finales

La información obtenida por el análisis arqueométrico mediante MEB-EDX revela que los engobes blancos de las muestras cerámicas del Formativo, procedentes de Ojo de Agua, estado de México, y Zazacatla, Morelos, presentan diferencia composicional física-química. Si bien las regiones donde se localizan dichos sitios comparten vínculos culturales, varían las características geológicas y ambientales. Es probable que la especificidad de su entorno haya contribuido al desarrollo de las diferentes técnicas decorativas.

Seguramente, las particularidades del medio, como los recursos naturales propios y disponibles en una región –que de alguna forma son condicionantes para los alfareros– y los saberes en el manejo oportuno de ellos, han favorecido, entre muchos factores, que los hacedores de cerámica conozcan las distintas calidades y propiedades específicas de las materias primas usadas en los

engobes blancos, lo que habría llevado al desarrollo y consolidación de tradiciones distintivas.

En el caso del Alto Lerma, los antiguos habitantes del Formativo utilizaban la diatomita como material colorante blanco para decorar las piezas cerámicas desde hace al menos 3,000 años. La aplicación de una herramienta analítica no destructiva, como MEB-EDX, al pigmento blanco ha sido oportuna, ya que permitió identificar dicho material para el engobe blanco. La estrecha relación de la antigua población del Alto Lerma con su medio lacustre explica la razón primordial del aprovechamiento de este recurso, abundante en la región. Por otro lado, la muestra de Zazacatla, Morelos, se caracteriza por estar compuesta por una matriz arcillosa combinada con CaCO₃. Las imágenes microscópicas y los resultados analíticos obtenidos a través de MEB y EDX han permitido conocer la microestructura de las muestras cerámicas, lo que ha servido para esclarecer las prácticas milenarias presentes en ellas y, en algunos casos, ya extintas.

En particular, la identificación de diatomita fósil en los engobes cerámicos del Alto Lerma evidencia su uso recurrente por parte de poblaciones indígenas del altiplano Central hasta el siglo XIX, especialmente en contextos rituales y ceremoniales. Esta materia prima fue conocida históricamente como *tizatl* y documentada por diversos autores, como Ehrenberg (1854, 1869) y Díaz (1917) no sólo en el Alto Lerma, sino también en la región de Texcoco, hecho que sugiere una tradición extendida y culturalmente significativa. No obstante, en la actuali-

¹² Los análisis de MEB realizados en pigmentos azules de esculturas mexicas en el Templo Mayor revelan una combinación de arcilla paligorskita-sepiolita y diatomita (Ortega 2003). Además, se ha identificado el uso de paligorskita y sepiolita en pigmentos azules y verdes de varios sitios arqueológicos, como Palenque, El Tajín y Cacaxtla.

dad, el conocimiento sobre su extracción y utilización ha caído en el olvido y su conservación reside únicamente en registros arqueológicos y fuentes históricas.

Este estudio se centra en los engobes blancos de la cerámica formativa en dos sitios que pertenecen a entornos diferentes. Los resultados del análisis arqueométrico permiten conjeturar que los alfareros aprovecharon las condiciones particulares de su medio y lograron la elaboración del color blanco para aplicar como un elemento decorativo, práctica que se difundió ampliamente durante el Formativo en estos sitios. Naturalmente, y como se ha reiterado a lo largo del texto, para profundizar en el uso de la materia prima para elaborar el engobe blanco en distintas temporalidades y espacios geográficos, será de utilidad realizar más estudios mediante la aplicación de distintas técnicas analíticas, como espectroscopía de masas, cromatografía de líquidos de alta resolución, DRX y FTIR, entre otros tantos análisis.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el respaldo técnico brindado por el Laboratorio de Microscopía del ININ y del Colmich (Ladipa). También expresan su agradecimiento a los Proyectos arqueológicos del Valle de Toluca, con claves 167268-CONACYT, 60260-CONACYT, IN400410-PAPIIT Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), e IN402206-PAPIIT UNAM, bajo la dirección de la doctora Yoko Sugiura. Asimismo, al Proyecto de rescate arqueológico Zazacatla, Xochitepec, Morelos, dirigido por la arqueóloga Giselle Canto del Centro INAH-Morelos.

Referencias

- Canto, Giselle y Medina, J. 2005. *Informe final rescate arqueológico Los Capulines de Atlacholoaya, sección Zazacatla*. Informe técnico entregado al Consejo de Arqueología. Morelos: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Canto, Giselle, Georgia Bravo, Aiko Lázaro y Ana Peña. 2011. "Informe final. Rescate arqueológico Zazacatla: Predio Empresa 'Cerveza Modelo del Centro', Xochitepec, Morelos. Informe técnico al Consejo de Arqueología (mayo 2011)". Cuernavaca: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Clavijero, Francisco. 1974. *Historia de México*. México: Porrúa.
- Coe, Michael. 1970. "Olmec Jaguars and Olmec Kings". En *The Cult of the Feline: A Conference in Pre-Columbian Iconography*, editado por Elizabeth P. Benson, 1-12. Washington: Dumbarton Oaks.
- Covarrubias, Miguel. 1950. "Tlatilco: el arte y la cultura preclásica del valle de México". *Cuadernos Americanos* 51, núm. 3: 149-162.
- Deer, William A., Robert A. Howie y Jack Zussman. 2013. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. 3ª ed. Londres: Mineralogical Society.
- Díaz, Lozano Enrique. 1917. "Diatomeas fósiles mexicanas". *Anales del Instituto Geológico de México* 1, núm. 1, 1-27.
- Ehrenberg, Christian Gottfried. 1854. *Mikrogeologie: Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde*. Leipzig: Verlag von Leopold Voss.
- Ehrenberg, Christian Gottfried. 1869. Über mächtige Gebirgsschichten vorherrschend aus mikroskopischen Bacillarien unter und bei der Stadt Mexiko. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, II, 1-66.
- Foncerrada, Marta. 1993. *Cacaxtla. La iconografía de los olmeca-xicalanca*. México: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garrido, Diego, Francisco Hernández y Francisco Ximénez. 1615. *Cuatro libros sobre la naturaleza y virtudes de las plantas y animales para fines medicinales en la Nueva España*. México: Diego López Dávalos. <https://www.loc.gov/item/2021666767>.
- Grove, David. 1989. "Chalcatzingo and its Olmec connection". En *Regional Perspectives on the Olmec*, editado por Robert Sharer y David Grove, 122-147. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hansen, Eric F., Richard D. Hansen y Michelle Derrick. 1994. "Los análisis de los estucos y pinturas arquitectónicas de Nakbe: Resultados preliminares de los estudios de los métodos y materiales de producción". En *VIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, editado por Juan P. Laporte y Héctor Escobedo, 456-470. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Heras y Martínez, César. 1992. "Glosario terminológico para el estudio de cerámicas arqueológicas". *Revista Española de Antropología Americana* 22: 9-34. <https://revistas.ucm.es/index.php/REAA/article/view/REAA9292110009A>.
- Ita, Antonio de, Francisca Franco y Georgina Flores. 2009. "Proceso de la formación del azul maya". En *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, Vol. IV, editado por Jesús A. Arenas, Demetrio Mendoza A., Valeria Rodríguez L. y José L. Ruvalcaba S., 43-50. México: Innovación Editorial Lagares.
- López-Luján, Leonardo, Giacomo Chiari, Alfredo López-Austin y Fernando Carrizosa. 2005. "Línea y color en Tenochtitlán: escultura policromada y pintura mural en el recinto sagrado de la capital mexicana". *Estudios de Cultura Náhuatl* 36: 15-45. <https://nahuatl.historicas.unam.mx/index.php/ecn/article/view/9292/8670>.
- Magaloni Kerpel, Diana. 1996. "El espacio pictórico teotihuacano: tradición y técnica". En *La pintura mural prehispánica en México*, Vol. 1, Tomo II, coordinado por Beatriz de la Fuente, 187-225. México: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magaloni Kerpel, Diana. 1998. "El arte en el hacer: técnica pictórica y color en las pinturas de Bonampak". En *La pintura mural prehispánica en México*, Vol. 2, Tomo II, Área maya. Bonampak, coordinado por Beatriz de la

- Fuente, 49-80. México: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magaloni Kerpel, Diana y Richard Newman, Víctor Castaño Baños, Renato Pancella e Y. Fruh. 1995. "An analysis of Mayan painting techniques at Bonampak, Chiapas, Mexico". *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 352: 381-388. doi: <https://doi.org/10.1557/PROC-352-381>.
- Martínez, Cristina, José L. Ruvalcaba, M. Ontalba y Linda Manzanilla. 2002. "Caracterización mediante haces de partículas: estudios interdisciplinarios de pintura mural teotihuacana". En *XXIV Coloquio Internacional de Historia del Arte: Arte y Ciencia*, editado por Peter Krieger, 239-263. México: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miller, Mary y Karl Taube. 1993. *The Gods and Symbols of Ancient Mexico and the Maya*. Nueva York: Thames and Hudson.
- Moore, Duane M. y Robert C. Reynolds, Jr. 1997. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. 2ª ed. Nueva York: Oxford University Press.
- Niederberger, Christine. 1976. *Zohapilco. Cinco milenios de ocupación humana en un sitio lacustre de la cuenca de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Niederberger, Christine. 1987. *Paléopaysage et archéologie pré-urbaine du Bassin de Mexico*. México: Centre d'Etudes Mexicaines et Centraméricaines.
- Nieto, Rubén. 1998. "Excavaciones en el valle de Toluca. Propuesta sobre sus secuencias culturales". Tesis. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Ontalba, M., José L. Ruvalcaba, Lauro Bucio, Linda Manzanilla y Javier Miranda. 2000. "Ion beam analysis of pottery from Teotihuacan, Mexico". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B*, 161: 762-768.
- Ortega Avilés, Mayahuel. 2003. "Caracterización de pigmentos prehispánicos por técnicas analíticas modernas". Tesis. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ortiz de Montellano, Bernard. 1996. "Culturally Relevant Science: An approach to Math Science Education for Hispanics". Office of Science and Technical Information. <https://www.osti.gov/servlets/purl/594546>.
- Parsons, Lee A. y Barbara J. Price. 1971. "Mesoamerican Trade and its Role in the Emergence of Civilization". En *Observations on the emergence of civilization in Mesoamerica*, editado por Robert F. Heizer y John A. Graham, 196-211. Berkeley: Archaeological Research Facility, University of California.
- Piña Chan, Román. 1975. *Teotenango: El antiguo lugar de la muralla*. Toluca: Dirección de Turismo, Gobierno del Estado de México.
- Piña Chan, Román. 1982. *Los olmecas antiguos*. México: Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco.
- Porter, Muriel. 1953. *Tlatilco and the Preclassic Cultures of the New World*. Nueva York: Viking Fund (Publications in Anthropology).
- Rodríguez L., Ventura, Cristina Martínez y Linda Manzanilla. 2004. "La ciencia de materiales y sus aplicaciones en la arqueología: caso específico: Teopancazco, Teotihuacán". En *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, editado por Demetrio Mendoza, Eva Brito y Jesús Arenas, 13-26. México: Innovación Editorial Lagares.
- Rojas, Teresa, José L. Martínez y Daniel Murillo. 2009. *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Ruvalcaba, J. L. 2005. "PIXE analysis of pre-Hispanic items from ancient America". En *X-rays in archaeology*, M. Uda, G. Demortier y I. Nakai (Coords.), 23-149. Dordrecht: Springer.
- Ruvalcaba, José L., M. Ontalba, Linda Manzanilla, Javier Miranda, J. Cañetas y C. López. 1999. "Characterization of pre-Hispanic pottery from Teotihuacan, Mexico, by a combined PIXE-RBS and XRD analysis". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 150: 591-596. doi: [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(98\)01072-6](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(98)01072-6).
- Sahagún, Bernardino de. 1950-1982. *Florentine Codex: General History of the Things of New Spain*. Trad., notas e illus. de Charles E. Dibble y Arthur J. O. Anderson. Santa Fe: The School of American Research-The University of Utah.
- Sahagún, Bernardino de. 1979. *Códice Florentino. Manuscrito 218-20 de la Colección Palatina de la Biblioteca Medicea Laurenziana*. Ed. facs., vol. 3. México: Secretaría de Gobernación-Archivo General de la Nación.
- Sánchez Tornero, Francisco. 2013. "¿Chimaltizatl o tizatallí?: el uso de engobe blanco en la cerámica Coyotlatelco del valle de Toluca". Tesis. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Sánchez Tornero, Francisco. 2017. "El uso del engobe blanco en la cerámica del Formativo en San Antonio La Isla, Estado de México: el caso del manantial Ojo de Agua". Tesis. Zamora: El Colegio de Michoacán.
- Schmidt, Paul. 1990. *Arqueología de Xochipala, Guerrero*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Serra Puche, Mari Carmen. 1986. "Unidades habitacionales del Formativo en la Cuenca de México". En *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*, editado por Linda Manzanilla, 161-192. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Serra Puche, Mari Carmen. 1988. *Los recursos lacustres de la Cuenca de México durante el Formativo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Serra Puche, Mari Carmen, Jesús Lazcano A. y Manuel de la Torre M. 2004. *Cerámica de Xochitlcatl*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Serra Puche, Mari Carmen y Yoko Sugiura. 1988. "Las costumbres funerarias en dos momentos históricos en Mesoamérica: Formativo Medio y Formativo Terminal". En *Coloquio V. Gordon Childe. Estudios sobre la revolución neolítica y la revolución urbana*, editado por Linda Manzanilla, 368-347. México: Instituto de In-

- vestigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Siméon, Rémi. 2002. *Diccionario de la lengua náhuatl o mexicano*. México: Siglo Veintiuno.
- Siracusano, Gabriela. 2009. "Entre ciencia y devoción. Reflexiones teóricas e históricas sobre la conservación de imágenes devocionales". En *IV Congreso del GEIIC. La Restauración en el Siglo XXI*, 241-248. Madrid: Grupo Español IIC-Universidad de Extremadura. https://www.ge-iic.com/wp-content/uploads/2009/12/23_gabriela_siracusano.pdf.
- Sugiura, Yoko. 1980. "El material cerámico formativo del sitio 193, Metepec, Edo. de Mex.: Algunas consideraciones". *Anales de Antropología* 17, núm. 1: 129-148. doi: <https://doi.org/10.22201/ia.24486221e.1980.1>.
- Sugiura, Yoko. 2009. "Caminando el valle de Toluca: arqueología regional, el legado de William T. Sanders". *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas* 16, núm. 47: 87-111. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/4020>.
- Sugiura, Yoko, y Jaime, G. 2019. "La presencia del Anaranjado delgado en el valle de Toluca y su significado". En *Cerámica y vida cotidiana en la sociedad lacustre del alto Lerma en el Clásico y Epiclásico (ca. 500-950 d.C.)* Y. Sugiura, G. Jaime, M. Pérez y K. Hernández (Coords.), 191-204. Estado de México: El Colegio Mexiquense, A.C.
- Tozzer, Alfred. 1907. *A Comparative Study of the Mayas and the Lacandones*. Nueva York: Archaeological Institute of America.