

Identificación taxonómica de los objetos de madera recuperados en el Proyecto Templo Mayor, México

[Go to English version](#)

DOI: 10.30763/intervencion.258.v2n24.37.2021 · AÑO 12, NÚMERO 24: 353-388

Postulado: 12.06.2021 · Aceptado: 05.12.2021 · Publicado: 28.12.2021

María Barajas Rocha

Proyecto Templo Mayor-Museo del Templo Mayor (PTM-MTM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México
mariabarajas35@yahoo.com.mx
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3555-6167>

Lilia Patricia Olvera Coronel

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México
lpaty_oc@hotmail.com
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7340-5178>

Gabriela Cruz Chagoyán

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México
gabrielacruzchagoyan@gmail.com
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2166-5656>

Irais Velasco Figueroa

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México
irais.vf@gmail.com
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6128-1748>

Adriana Sanromán Peyron

Proyecto Templo Mayor-Museo del Templo Mayor (PTM-MTM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México
asanromanp@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8573-4075>

Corrección de estilo por Alejandro Olmedo

RESUMEN

Este estudio ofrece una mirada multidisciplinaria sobre la identificación de las especies de madera que se utilizaron en la manufactura de los objetos recuperados en el Proyecto Templo Mayor (PTM), México. Con el fin de comprender tanto el estado de conservación como el proceso de estabilización realizado a una colección que hasta el momento se conforma por más de 2 500 elementos, la información obtenida de las identificaciones taxonómicas aborda aspectos que permiten profundizar integralmente en el conocimiento de esos objetos.

La presente investigación forma parte de una primera etapa de trabajo que continúa en curso, y expone los resultados obtenidos en 62 muestras que se seleccionaron y analizaron de acuerdo con la procedencia de los objetos, su estado de conservación y las tipologías que se han establecido como resultado de su análisis arqueológico.

PALABRAS CLAVE

Templo Mayor; identificación taxonómica; gimnosperma; angiosperma; azúcares sintéticos

INTRODUCCIÓN

La gran importancia que tuvo el hallazgo de la monumental escultura de la diosa Tlaltecuhltli, ubicada justamente al pie del Templo Mayor de Tenochtitlan, ocasionó que en el mes de mayo de 2007 iniciara un programa de investigación científica de largo plazo. Desde entonces, el equipo de especialistas del Proyecto Templo Mayor (PTM, México), que dirige el arqueólogo Leonardo López Luján, ha enfocado sus esfuerzos en la exploración de ese espacio, en el que hasta la fecha se han encontrado más de 60 depósitos rituales.

Como resultado del estudio y el análisis de dichos depósitos, los investigadores han logrado recuperar y conservar decenas de miles de objetos de diversa naturaleza, conformados por restos minerales, botánicos, faunísticos y humanos así como numerosos objetos culturales, manufacturados con diferentes materias primas. Con esos resultados se demuestra no sólo la gran importancia religiosa del área en donde se halló el monolito sino también el indiscutible poder político y económico del Imperio mexicano (López, 2014, p. 77).

Al interior de algunas de las ofrendas se han encontrado diversos artefactos manufacturados en madera, cuya conservación y permanencia se considera excepcional debido a que, por su naturaleza orgánica, están en situación de gran vulnerabilidad a los diversos factores de su entorno (Unger *et al.*, 2001, pp. 23-25). A lo

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

largo de poco más de diez años de trabajo en esa área, la unión de esfuerzos de restauradores y arqueólogos del PTM ha dado importantes resultados. Las condiciones contextuales específicas en el Centro Histórico de la Ciudad de México, en combinación con las labores encaminadas a la recuperación, la estabilización y el estudio de los objetos, actualmente permiten profundizar en diferentes aspectos relacionados con esa importante colección.

Para la presente investigación, que aún se encuentra en curso, se han planteado objetivos específicos, entre los que destaca el de determinar las especies maderables utilizadas en la manufactura de los objetos y su posible relación con los efectos de deterioro y con las conclusiones derivadas de su estabilización. Ello ha dado pie al trabajo colaborativo con el Laboratorio de Biología de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM, México), con el que se estableció un protocolo de investigación dirigido a la identificación taxonómica de la madera. En este trabajo se presentan y discuten los resultados obtenidos hasta el momento, los cuales consisten en el estudio y el análisis de 62 muestras que se han seleccionado de acuerdo con la ofrenda de la cual provienen los objetos, su estado de conservación y las tipologías establecidas a partir del análisis arqueológico.

EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA COLECCIÓN

Cada vez que en el PTM se da el hallazgo de restos de madera, los restauradores participan paralela y constantemente con los arqueólogos con el fin de monitorear y de controlar *in situ* las condiciones contextuales. Como resultado de ello, y de la posterior ejecución de las labores orientadas a la estabilización y el análisis de los objetos de madera, actualmente se cuenta con un diagnóstico general sobre el estado de conservación que guarda esa colección, la cual hasta el momento se conforma por poco más de 2 500 elementos. Debido a que es bastante numerosa, y a que continúa en crecimiento, la presente investigación ha planteado como uno de sus principales objetos complementar, sustentar y cotejar el diagnóstico general con los resultados derivados de las identificaciones taxonómicas.

Para hablar sobre los mecanismos y los efectos de deterioro, resulta necesario mencionar que los procesos de alteración en las estructuras vegetales de la madera pueden ser causados por tres diferentes factores: químicos, físicos o biológicos (Alonso, 1996, pp. 55-98). El deterioro químico se debe principalmente a la constante presencia de humedad durante el tiempo de enterramiento. Si bien

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
 JULY-DECEMBER 2021

esa característica contribuye con la conservación de los objetos, al mismo tiempo genera un debilitamiento en las estructuras vegetales, ocasionado por la disolución de sus principales componentes: estructuralmente, las paredes celulares se encuentran hinchadas, produciéndose un decremento en sus propiedades mecánicas y a simple vista, los objetos presentan modificaciones en sus características físicas, esto es, peso, color y permeabilidad. Además, esos elementos se encuentran sumamente frágiles y blandos al tacto, haciendo que su manipulación sea extremadamente delicada.

Se puede decir que el deterioro físico se relaciona con el deterioro químico, ya que en muchos casos las estructuras hidrolizadas presentan deformaciones, grietas o fracturas así como pérdidas parciales o totales. También se han observado cambios dimensionales y morfológicos en algunos de los objetos, lo que probablemente generó que en varios de éstos se perdieran las capas de decoración sobre sus superficies. Por su parte, el deterioro biológico se ha observado de manera puntual, no obstante que es el menos común respecto de la totalidad de la colección, lo que muy probablemente se debe a las condiciones anaerobias de los contextos. Sin embargo, en algunas ocasiones se han registrado evidencias por ataque biológico, presencia de micelio (hifas en el tejido celular) así como manchas y galerías causadas por insectos xilófagos (Figura 1).



FIGURA 1. Ejemplos de los efectos de deterioro en los objetos: 1. deterioro químico, 2. físico y 3. biológico (Fotografías: Alejandra Alonso y Néstor Santiago, 2009-2010; cortesía: Proyecto Templo Mayor-Instituto Nacional de Antropología e Historia [PTM-INAH], México).

Finalmente, y de acuerdo con el análisis sobre el estado de conservación que presentan los miles de objetos de madera, se ha podido observar que aquellos que se encontraron contenidos dentro de cajas o de cistas fabricadas en sillería de tezontle estuvieron inmersos en una serie de condiciones específicas que coadyuvaron a inhibir los procesos de transformación en sus materiales constitutivos. Las condiciones ambientales en esos casos

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

se mantuvieron más estables durante el tiempo en que los objetos se encontraron bajo tierra. En el interior de esos depósitos se pudo recuperar una mayor cantidad de objetos de madera. Éstos, además, se hallaron completos o casi completos, y muchos incluso conservaron restos de policromía en sus superficies.

A ese respecto, cabe mencionar que el tipo de receptáculo o continente dentro del cual se depositaron los objetos ha determinado en gran medida su conservación. En el Templo Mayor pueden ser de tres tipos: ofrendas en relleno en las que los objetos se dispusieron de modo directo, generalmente sobre un lecho de arena; ofrendas en cajas de sillares de piedra con lajas a manera de tapas, y ofrendas en urnas de piedra tallada (López, 1993, pp. 124-130).

El análisis del conjunto de todas esas características se complementa con los datos obtenidos de las identificaciones taxonómicas, ya que se busca determinar posibles relaciones entre las especies y su susceptibilidad al deterioro. Hasta el momento la valoración conjunta e integral de esa colección permite considerar que los objetos de madera contenidos en cajas de sillares ubicadas a mayor profundidad han contado con las condiciones más estables durante su enterramiento, por lo que se han inhibido algunos de los procesos de su transformación. Se puede decir que los casos en los que esos objetos se han preservado de mejor manera son: la Ofrenda 141, la Ofrenda 126, la Ofrenda 125, la Ofrenda 136 y, finalmente, la Ofrenda 120.

Cabe mencionar que, aunque cada ofrenda se considera única y relevante, en su interior se encontró un gran número y una gran variedad de materiales que están asociados entre sí. Ese hecho: que las ofrendas en el Templo Mayor estén conformadas por muchos materiales asociados entre sí —los cuales en cada caso cumplieron una función específica dentro del acto ritual del que formaron parte (López, 1993, p. 109)—, obliga a considerar que la interacción directa entre los ahí contenidos pudo haber sido en algunos casos un factor que promovió o afectó la preservación de los objetos de madera. Además, esos cinco depósitos presentaron tapas con lajas de piedra y argamasa de cal, lo cual generó una especie de sello que posiblemente contribuyó con un mayor control en las condiciones contextuales al interior (Figura 2).

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

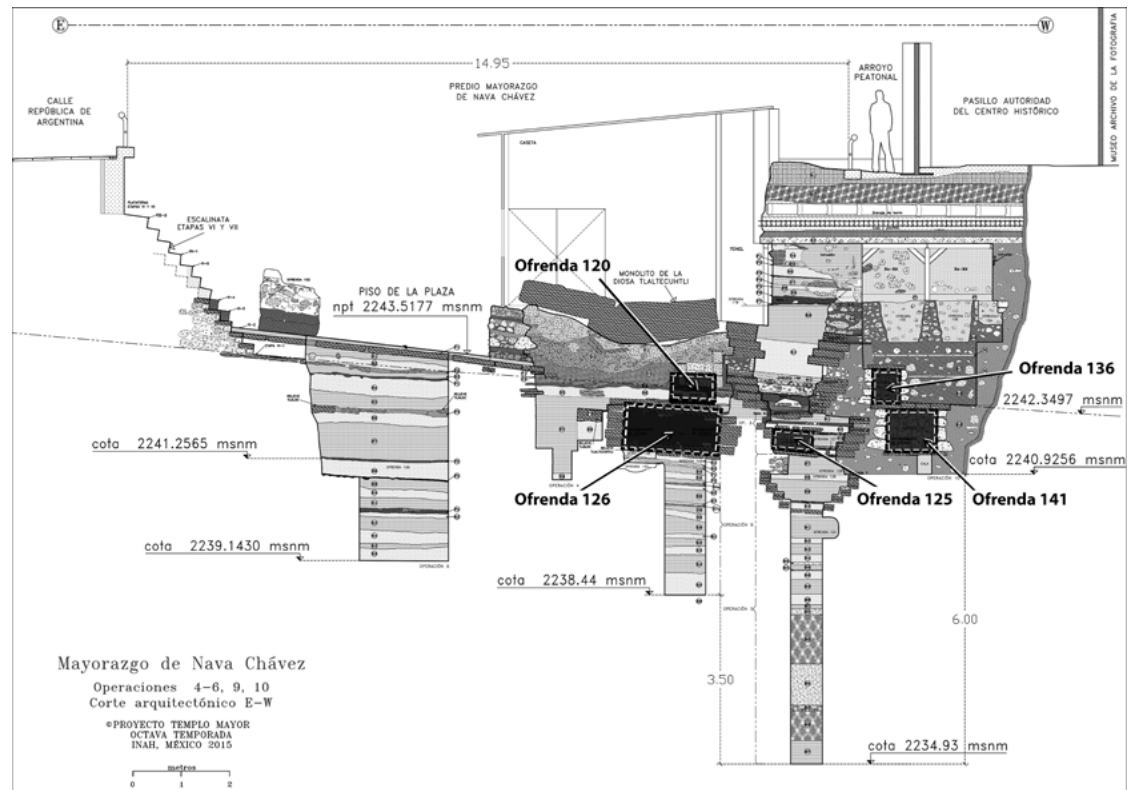


FIGURA 2. Corte arquitectónico en donde se ubican las cinco ofrendas con mayor cantidad de elementos de madera conservados (Dibujo: Michelle de Anda Rogel, 2016; cortesía: PTM-INAH, México).

LOS PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN PARA LOS OBJETOS DE MADERA

A lo largo de casi 50 años, en el campo de la conservación se han implementado distintos métodos y utilizado diversas sustancias con el fin de brindar estabilidad a la madera arqueológica proveniente de contextos húmedos. Actualmente los especialistas buscan emplear compuestos que sean estables y, en lo posible, compatibles con las estructuras vegetales (Alonso, 2011, p. 60). A ese respecto se pueden mencionar las distintas experiencias derivadas del uso del polietilenglicol y también de los azúcares sintéticos.

El polietilenglicol es un material de origen sintético, comúnmente conocido como PEG. Presenta una estructura molecular que se caracteriza por su gran número de enlaces de éter y dos grupos de hidroxil terminales que pueden formar rápidamente puentes de hidrógeno con la celulosa (Sánchez *et al.*, 2017, p. 10). Su uso para la conservación de madera deriva de su aplicación, desde mediados del siglo pasado, en tratamientos anticontracción de maderas frescas. Los procedimientos se basan en reemplazar el agua por PEG al interior de la madera (Sierra, 2003, p. 249).

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

Por su parte, los azúcares se han utilizado durante poco más de 30 años como una alternativa al PEG. Al igual que la celulosa, son polímeros naturales formados por cadenas de hidratos de carbono, por lo que su composición los hace afines química y físicamente con la madera. Una de sus grandes ventajas es la de ser mínimamente higroscópicos, además de no ser tóxicos ni corrosivos, otra es que actualmente su aplicación implica un bajo costo (Morgos *et al.*, 2015, p. 15).

Entre los azúcares más utilizados para la estabilización de madera húmeda, se puede mencionar la sucrosa (galactosa + fructosa), que comenzó a usarse en Italia a principios de los años setenta del siglo pasado. Posteriormente, en los noventa, iniciaron los trabajos con lactitol monohidratado, un edulcorante de bajo peso molecular y de alta solubilidad en agua. El método de estabilización con lactitol ha sido estudiado y perfeccionado desde entonces por los investigadores Andras Morgos y Setsuo Imazu (Morgos *et al.*, 2008, pp. 1074-1081; Morgos *et al.*, 2015, pp. 15-21; Barajas *et al.*, 2019, pp. 339-362; Sánchez *et al.*, 2017, pp. 5-21). Ese método fue utilizado por primera vez en nuestro país en 2002 por la restauradora Alejandra Alonso, quien llevó a cabo la estabilización de los artefactos de madera procedentes de la Ofrenda 102 en el Templo Mayor (Alonso *et al.*, 2002). Más recientemente se han realizado diversos estudios y tratamientos utilizando ese edulcorante en combinación con la trehalosa dihidratada. Ésta tiene un mayor grado de solubilidad en comparación con el lactitol y contribuye con una adecuada cristalización (Morgos *et al.*, 2008, p. 1079; Morgos *et al.*, 2015, p. 17).

Para el proceso de estabilización de los objetos de madera, en el PTM se ha utilizado el lactitol solo y, posteriormente, en combinación con la trehalosa. El proceso de sustitución o de impregnación en la madera se lleva a cabo de manera paulatina, y la concentración de la disolución se va incrementando progresivamente hasta alcanzar el máximo deseado. En el caso de la colección que nos ocupa, la impregnación ha iniciado con una concentración de 5%, aumentando poco a poco el porcentaje hasta llegar a 82%. El incremento gradual del porcentaje en la solución se realiza a través de 13 etapas que han sido delimitadas por el monitoreo sobre el aumento del peso durante la impregnación de los artefactos más representativos. Lo anterior ha hecho que la duración total del procedimiento abarque entre nueve y doce meses.

Basados en esas referencias, y como resultado del trabajo de estabilización para la colección, en el PTM se han ido modificando las metodologías recomendadas, pues a veces ha sido nece-

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
 JULY-DECEMBER 2021

sario adaptarlas a los casos específicos, según los tiempos y la disponibilidad de los materiales para la intervención, así como a los avances en los estudios sobre el tema. Durante los primeros años de trabajo (2008-2011) se utilizó únicamente el lactitol monohidratado. De acuerdo con el progreso en las investigaciones, desde mediados de 2011 en el PTM se ha trabajado con la adición de 10% de trehalosa a la solución original de aquel edulcorante.

Una vez estabilizados los objetos de madera, y como resultado de su análisis preliminar, se han catalogado según su función, su forma y su simbolismo. La colección se compone de: dardos, lanzadardos, pectorales, pendientes, máscaras, ornamentos, orejeras, cetros, jarras Tláloc, tocados, una representación de flor y otra de hueso (V. E. Cortés Meléndez, comunicación personal, febrero de 2021). El análisis particular y la asociación entre los diferentes objetos de madera en estudio con el resto de los dones al interior de cada una de las ofrendas permitirán, además, establecer de manera más acertada su simbolismo (Figura 3).

FIGURA 3. Objetos de madera: *Anáhuatl* (Ofrenda 141), máscara antropomorfa (Ofrenda 137), cetro *chichahuaztli* (Ofrenda 136), cetro serpentiforme y cetro en forma de hueso (Ofrenda 141) (Fotografías: Mirsa Islas Orozco, 2015-2017; cortesía: PTM-INAH, México).



JUSTIFICACIÓN TEÓRICA: IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA COLECCIÓN Y PRIMERAS APROXIMACIONES

De acuerdo con el análisis arqueológico de los objetos, y tomando en cuenta su estado de conservación general, los investigadores del PTM y los especialistas del Laboratorio de Biología de la ENCRYM trabajan actualmente en la identificación taxonómica de los elementos más representativos. Cabe decir que, en el campo de la arqueología y de la conservación, se han realizado importantes trabajos referentes a los estudios anatómicos de la madera (Montúfar, 1999; López *et al.*, 2003; Alonso, *et al.*, 2002; Alonso y Tran, 2010; Cruz, 2015), cuyos resultados brindan aproximaciones de carácter

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

multidisciplinario que contribuyen con el conocimiento integral del patrimonio cultural manufacturado con esa materia prima.

Dado que la madera se compone por un conjunto de tejidos de xilema, conformado por diversas células especializadas que realizan funciones como la conducción de savia y la transformación y almacenaje de productos vitales, su estructura presenta gran heterogeneidad. Por ello los estudios científicos analizan tanto macroscópica como microscópicamente los tres planos, o secciones, de esas estructuras, denominados: plano transversal (Tr), plano longitudinal tangencial (Tg) y plano longitudinal radial (Rd) (García *et al.*, 2003, pp. 15-16).

A partir de las identificaciones, y como parte de la primera fase de esta investigación, la información se ha complementado con precisiones sobre el tipo de vegetación (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio], 2020; Rzedowski, 2006) y acerca del valor de densidad para cada especie, ya que ambos tienen un impacto en las características físico-mecánicas (Boding y Jane, en Sotomayor, 2005, p. 6). Ello posiblemente dará la posibilidad de responder, a partir del análisis arqueológico, algunas interrogantes referentes a qué tanto pueden relacionarse las especies identificadas con la facilidad para la manufactura de los objetos así como con las tipologías establecidas.

Se considera, asimismo, que los datos obtenidos en ese estudio podrán contribuir con la obtención de un diagnóstico preciso en el que se establezcan más claramente las posibles correspondencias entre las especies seleccionadas y los mecanismos de deterioro. Esas aproximaciones permitirán también evaluar los resultados sobre el proceso de estabilización con los azúcares sintéticos. Todos esos aspectos continúan siendo analizados como parte de esta y las siguientes fases de la presente investigación.

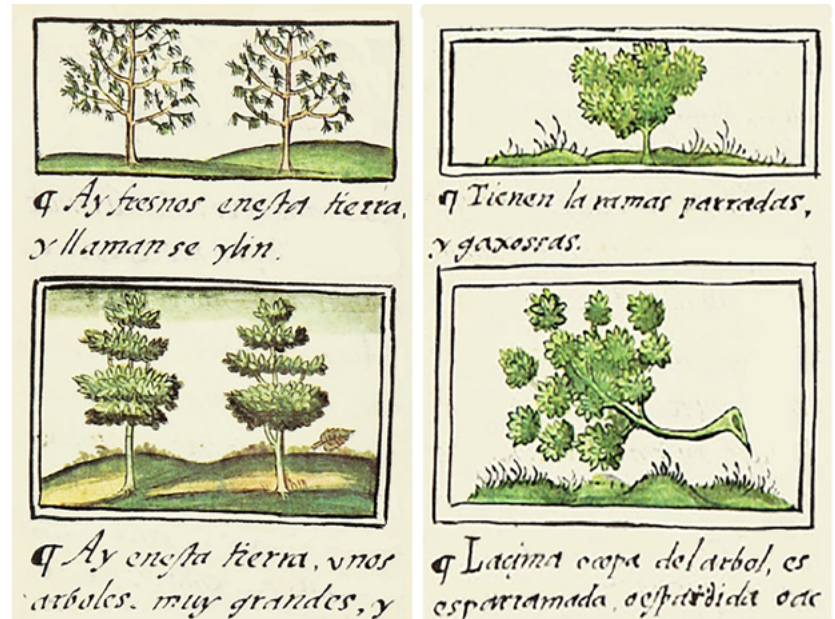
Se cree, además, que con los resultados de las identificaciones taxonómicas se podrá cotejar y complementar la información que brindan las fuentes históricas. Es así como esa investigación multidisciplinaria adquiere gran relevancia: ofrece la posibilidad de realizar, como parte del análisis arqueológico de la colección, revisiones críticas sobre los principales documentos que tratan ese tema. Al respecto, cabe decir que los relatos de fray Bernardino de Sahagún mencionan que en la época mexica los carpinteros y talladores eran artesanos especializados que hicieron uso de los árboles y las plantas existentes en la Cuenca de México (Sahagún, 1979, lib. XI, ff. 119-120). Los primeros resultados de la investigación permiten confirmar, tal y como se menciona en las fuentes, que, por sus características, ese recurso material fue ampliamente utilizado para

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
 JULY-DECEMBER 2021

una gran cantidad de actividades productivas. En la época mexicana la madera se extraía predominantemente de los bosques fríos y templados cercanos a la cuenca, y esas especies debieron haberse seleccionado de acuerdo con el uso que se requeriría (López *et al.*, 2003, p. 153) (Figura 4).

FIGURA 4. *Códice Florentino*. Especies de árboles en la Cuenca de México (Fuente: Sahagún, 1979, lib. XI, ff. 112-117).



DISEÑO METODOLÓGICO

Para el estudio del primer bloque de muestras se tomó en cuenta que éstas tendrían que procesarse previamente, considerando además que, en su mayoría, se tomaron de los objetos ya estabilizados con azúcares sintéticos. Ese hecho resultó importante, pues a lo largo de la investigación se ha confirmado que la estabilización mediante el proceso de sustitución da la posibilidad, a partir de la toma y el procesamiento de las muestras en el laboratorio, de analizar los objetos de madera ya impregnados con los azúcares sintéticos.

Siguiendo los criterios sobre el número de elementos de madera recuperados en cada una de las ofrendas, su estado de conservación y la representatividad de las diferentes tipologías establecidas a partir del análisis arqueológico, en esta primera fase de la investigación se han estudiado y analizado 62 muestras que se han seleccionado de acuerdo con la ofrenda de la cual provienen los objetos y, valga la redundancia, con su estado de conservación y las tipologías establecidas.

Las ofrendas u operaciones de las que proceden son: Operación 6 (1 elemento), Ofrenda 120 (1 elemento), Ofrenda 125 (4 elementos), Ofrenda 126 (10 elementos), Ofrenda 130 (1 elemento), Ofren-

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

da 136 (2 elementos), Ofrenda 137 (7 elementos), Ofrenda 141 (24 elementos), Ofrenda 163 (1 elemento), Ofrenda 174 (8 elementos) y Ofrenda 176 (3 elementos). Cabe mencionar que, aunque cada uno de esos depósitos se considera único y relevante, en algunos casos la interacción directa entre los distintos elementos contenidos en su interior pudo haber sido un factor que promovió o afectó la preservación de los objetos de madera. De ahí la importancia de conocer las diferentes especies utilizadas en la manufactura de los objetos. Los resultados obtenidos en esta y las siguientes etapas de trabajo permitirán complementar y cotejar las relaciones existentes entre los materiales constitutivos, la frecuencia de su presencia en las diferentes ofrendas, el estado de conservación y las tipologías establecidas (Figura 5).

En cada caso se obtuvo una muestra mínima de material (aproximadamente 3 mm), a la cual se le realizaron cortes histológicos manuales (láminas delgadas) del plano o sección transversal (Tr), longitudinal tangencial (Tg) y/o longitudinal radial (Rd) (García *et*

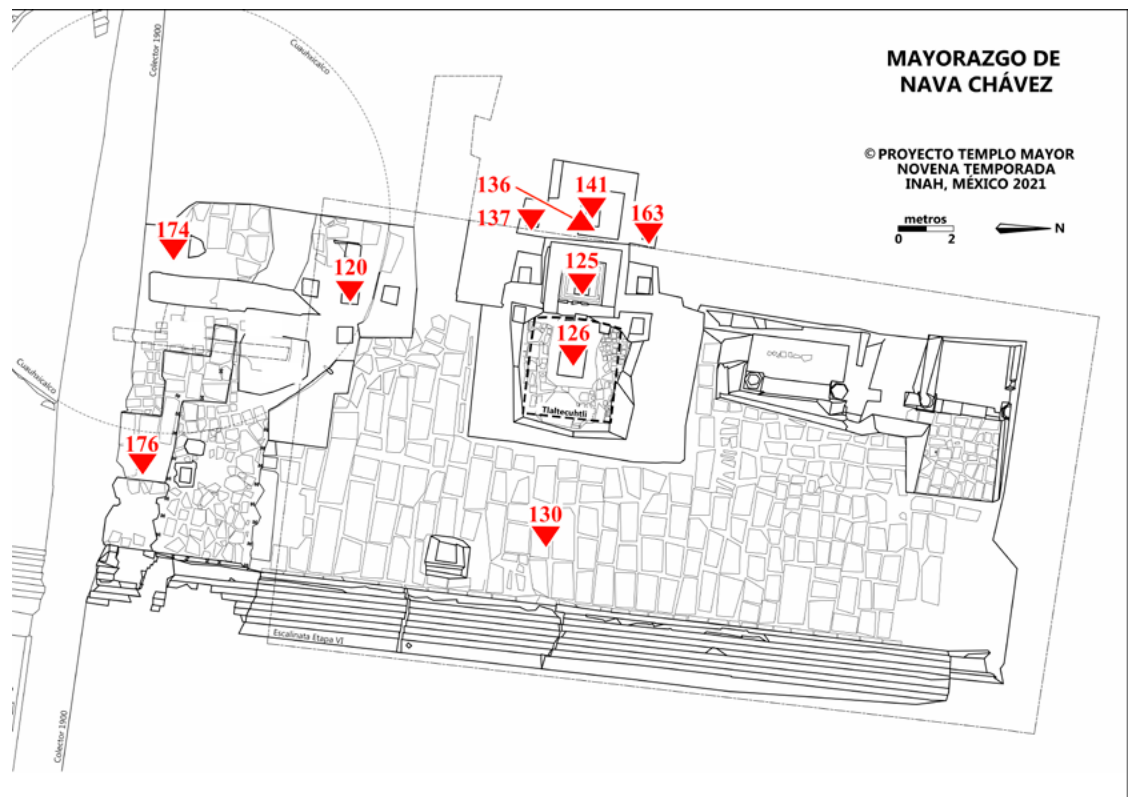


FIGURA 5. Ubicación de las ofrendas de donde proceden las muestras analizadas (Dibujo: Michelle de Anda Rogel, 2021; cortesía: PTM-INAH, México).

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
 JULY-DECEMBER 2021

al., 2003, pp. 15-16), con el fin de observar sus estructuras tanto macroscópica como microscópicamente. Más tarde las muestras se tiñeron con verde-yodo y se fijaron con bálsamo de Canadá (resina natural) para obtener preparaciones microscópicas fijas (Sandoval, 2005, p. 48). El número de cortes o láminas dependió de las condiciones de cada muestra y de la concentración de azúcares sintéticos. Es importante puntualizar que, en algunas muestras, sólo se obtuvieron láminas de uno o dos planos.

La observación de cada preparación fija se realizó por microscopía óptica con un microscopio estereoscópico Leica GZ6 y un microscopio óptico Zeiss ICS Standard 25. También se realizó un registro microfotográfico con una cámara digital Nikon Coolpix S1800. En todos los casos se describieron los elementos anatómicos vegetales observados a cada plano para su determinación.

La identificación taxonómica de las muestras se llevó a cabo mediante la observación de elementos anatómicos y con la revisión de claves taxonómicas y bibliografía especializada (IAWA Committee, 1989; De la Paz *et al.*, 1982; Sánchez-González, 2008). Asimismo, se consultó la xiloteca (colección de tabillas de maderas nacionales) de la ENCRYM como material de referencia para la descripción anatómica.

Los resultados obtenidos en esta primera fase se han complementado también con los valores de densidad para cada caso. Ello con el fin de comprender si dicha característica puede tener relación con las propiedades físico-mecánicas y, por ende, con la facilidad o la complejidad para la manufactura de los objetos.

En complemento a esos análisis, se realizaron también observaciones de las muestras por microscopía electrónica de barrido (MEB) de alto y bajo vacío, con un equipo JEOL JSM-6460LV, *scanning electron microscope*, en la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Ello ha permitido integrar y, en algunos casos, corroborar las observaciones de los elementos anatómicos en el proceso de la determinación taxonómica. Además, con los estudios con MEB se han obtenido las primeras aproximaciones referentes a la evaluación sobre el método de sustitución con azúcares sintéticos.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PRIMER GRUPO DE MUESTRAS

Las especies maderables se dividen en gimnospermas (coníferas), denominadas “plantas sin flores con semillas” (del griego *gymnos*, “desnudo”, y *sperma*, “semilla”), y angiospermas, que tienen flores

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
 JULY-DECEMBER 2021

y semillas (del griego *angion*, “recipiente”, y *sperma*, “semilla”), las cuales, al madurar, se convierten en un fruto (Nabors, 2006, p. 17). De las 62 muestras identificadas taxonómicamente, se han podido determinar cuatro géneros y una especie pertenecientes a gimnospermas con las familias Pinaceae con los géneros *Pinus* sp. (pino) y *Abies* sp. (oyamel) así como Cupressaceae con los géneros *Taxodium* sp. (ahuehuete) y *Cupressus* sp. (ciprés o cedro blanco).

Por su parte, la madera identificada como angiosperma tuvo un porcentaje menor en los resultados, registrándose la familia Betuleaceae con el género *Alnus* sp. (aile) y la familia Scrophulariaceae con el género *Buddleja* sp. (tepozán).

Descripción anatómica y valores de densidad de los géneros identificados

***Pinus* L.**

***Pinus ayacahuite* Ehr.**

Pino, ayacahuite

Los elementos anatómicos observados en las muestras del género *Pinus* sp. correspondieron: en vista transversal, a la presencia de traqueidas que forman anillos de crecimiento y canales resiníferos y en vista tangencial, a traqueidas, radios uniseriados y radios fusiformes, mientras que en vista radial se observaron los campos de cruce con puntuaciones tipo pinoide así como traqueida de radio de bordes lisos. Particularmente, en la única especie determinada como *Pinus ayacahuite* se observaron en el campo de cruce de una a dos puntuaciones por ventana tipo fenestroide, traqueidas de radio de bordes lisos y puntuaciones areoladas uniseriadas.

***Abies* Kunth. Schltl. et Chan**

Abeto u oyamel

Los elementos anatómicos observados en vista tangencial correspondieron a radios uniseriados, traqueidas longitudinales con puntuaciones areoladas dispuestas en filas uniseriadas y biseriadas así como a la presencia de barras de Sanio; en vista radial, los campos de cruce presentaron puntuaciones de tipo *taxodioide* de una a dos ventanas y una hilera de puntuaciones areoladas.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

***Cupressus* L.**

Ciprés o cedro blanco

La muestra analizada no presentó canales resiníferos de ningún tipo. En corte transversal se observó un anillo de crecimiento apenas marcado por cuatro o cinco hileras de traqueidas de madera tardía; en corte tangencial, una hilera de puntuaciones areoladas, y en corte radial, puntuaciones de tipo *cupressoide* en los campos de cruce.

***Taxodium* Ten.**

Ahuehuate

En estas muestras se observó la presencia, en los cortes longitudinales, de engrosamientos en espiral y una hilera de puntuaciones areoladas y radios de tipo homogéneo y uniseriados; en vista radial, los campos de cruzamiento presentaron puntuaciones de tipo *taxodioide* de una a cuatro por ventana.

***Alnus* H.B.K**

Alisos o ailes

Los elementos observados en cortes longitudinales son vasos con placas perforadas escaleriformes; muestran presencia de puntuaciones de vaso-rayo similares a las de los vasos así como fibras de tipo libriforme y rayos uniseriados.

***Buddleja* L.**

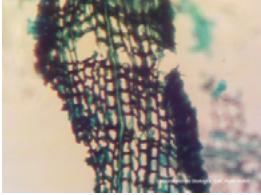
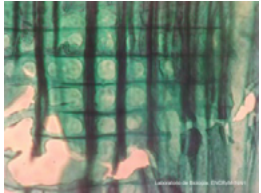
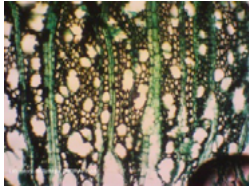


Tepozán, Tepozán blanco

Los elementos anatómicos de *Buddleja* sp., en vista transversal, son poros solitarios; en corte tangencial, radios poliseriados y muestran presencia de fibras; en vista radial se observaron engrosamientos helicoidales abarcando el vaso, con placa perforada simple (Figuras 6 y 7).

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021


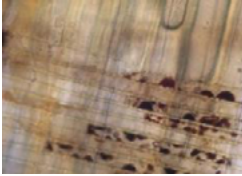
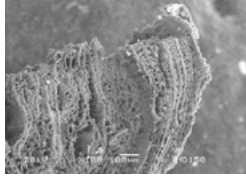

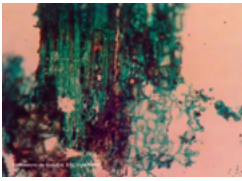
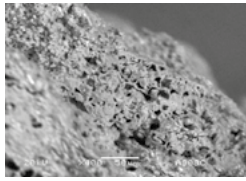

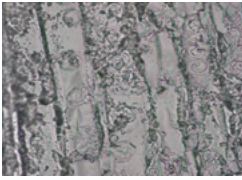

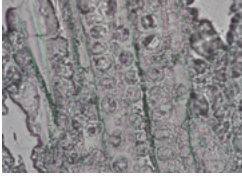

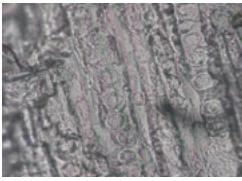
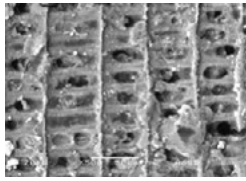

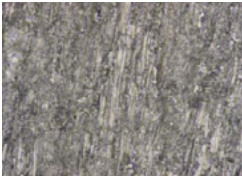
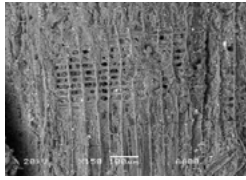
FIGURA 6. Elementos anatómicos observados en las muestras (Tabla: Equipo de conservación del Proyecto Templo Mayor, Laboratorio de Biología [ENCRYM], y Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico [INAH], 2021; cortesía: PTM-INAH).

Tipos de células	Planos o cortes
<p style="text-align: center;">Gimnosperma (Conífera)</p> <p style="text-align: center;">Traqueidas En corte transversal, conforman la madera temprana y madera tardía. En vista longitudinal se conectan entre sí, en la pared celular por puntuaciones areoladas.</p> <p style="text-align: center;">Células parenquimatosas Se observan en corte transversal como células epiteliales de los canales resiníferos. En corte tangencial están interconectadas entre sí por puntuaciones simples. Según la posición del árbol, se observan como parénquima longitudinal (vertical o axial) y parénquima radial (radios o rayos). En corte radial, el campo de cruce o cruzamiento se genera por la unión de traqueidas con radios.</p>	 <p style="text-align: center;">Corte transversal (10x)</p>  <p style="text-align: center;">Corte tangencial (10x)</p>  <p style="text-align: center;">Corte radial (40x)</p>
<p style="text-align: center;">Angiosperma</p> <p style="text-align: center;">Vasos En corte transversal se denominan poros. En corte longitudinal, se observan elementos de vaso (puntuaciones).</p> <p style="text-align: center;">Fibras libriformes Vistas longitudinales con forma alargada y presencia de un lumen.</p> <p style="text-align: center;">Traqueidas Posición intermedia entre vasos y fibras libriformes.</p> <p style="text-align: center;">Células parenquimáticas Células prismáticas, conforman los rayos o radios. Parénquima longitudinal y horizontal.</p>	 <p style="text-align: center;">Corte transversal (10x)</p>  <p style="text-align: center;">Corte tangencial (10x)</p>  <p style="text-align: center;">Corte radial (40x)</p>

Intervención


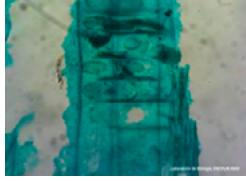
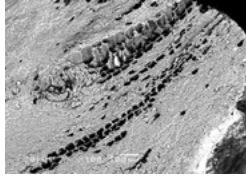

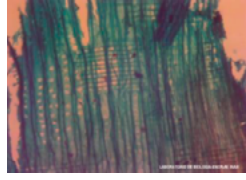
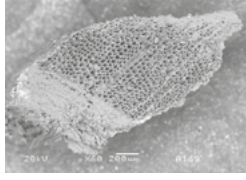


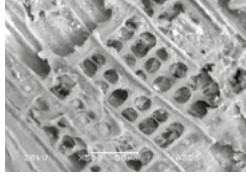


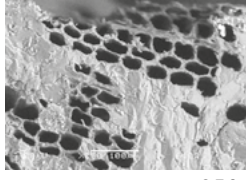


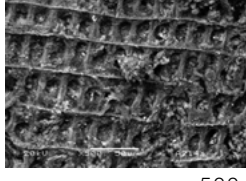

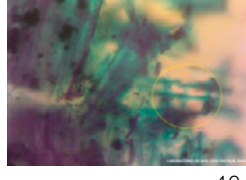
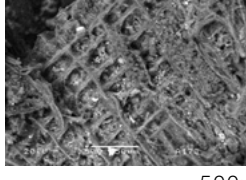



JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

FIGURA 7. Tabla de resultados para el primer grupo de muestras (Tabla: Equipo de conservación del Proyecto Templo Mayor, Laboratorio de Biología [ENCRYM], y Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico [INAH], 2021; cortesía: PTM-INAH).

Operación Ofrenda	Descripción	Microscopía Óptica (MO)	Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)	Identificación taxonómica
OP 6	Indeterminada MO 158 	 40x	 100x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: posible <i>Abies</i> Kunth. Schltl. et Chan
OF 120	Corteza A 908 	 10x	 400x	Gimnosperma
OF 125	Orejera-tapa A 668 	 40x	Sin registro MEB	Gimnosperma Familia: Cuessaceae Género: posible <i>Taxodium</i> Ten.
OF 125	Orejera-poste A 674 	 40x	Sin registro MEB	Gimnosperma Familia: Cuessaceae Género: posible <i>Taxodium</i> Ten.
OF 125	Orejera-cilindro A 685 	 40x	 500x	Gimnosperma Familia: Cuessaceae Género: posible <i>Taxodium</i> Ten.
OF 125	Orejera-cilindro A 600 	 10x	 150x	Gimnosperma Familia: Cuessaceae Género: posible <i>Taxodium</i> Ten.


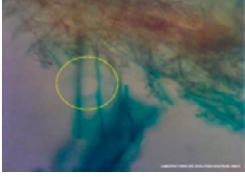
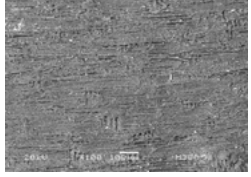

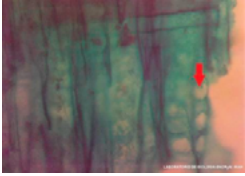
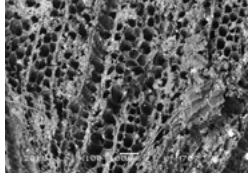

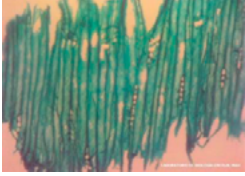
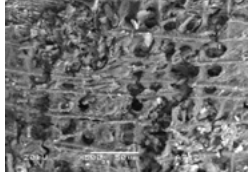


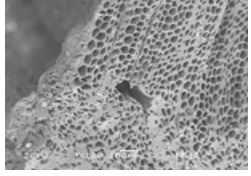

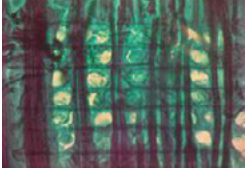
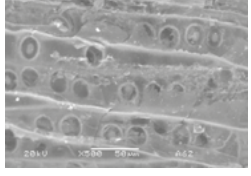


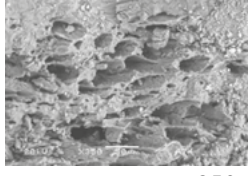

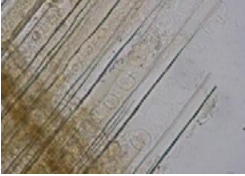
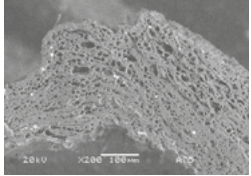
Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

<p>OF 126</p>	<p>Cetro <i>Xiuhcóatl</i> A 169</p> 	 <p>40x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 126</p>	<p>Átlatl A 383</p> 	 <p>10x</p>	 <p>60x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 126</p>	<p>Moño A 336</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 126</p>	<p>Máscara Tláloc A 192</p> 	 <p>40x</p>	 <p>250x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 126</p>	<p>Jarra Tláloc A 214</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 126</p>	<p>Cetro <i>Xiuhcóatl</i> A 173</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 126</p>	<p><i>Xiuhcótatl</i> A 228</p> 	 <p>40x</p>	 <p>50x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>


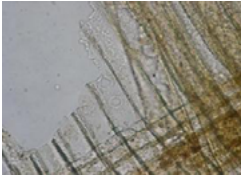
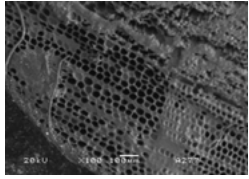


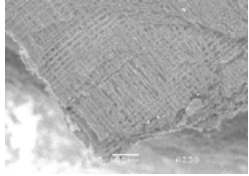


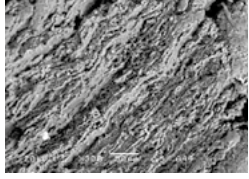


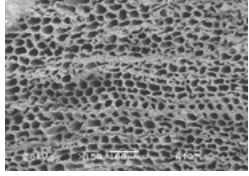

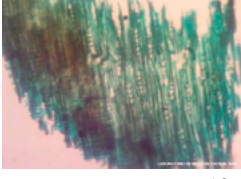
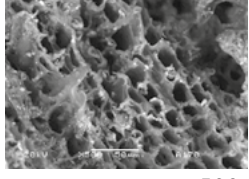

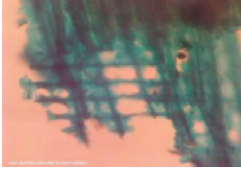
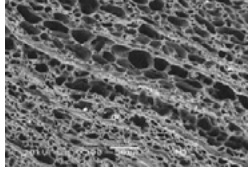

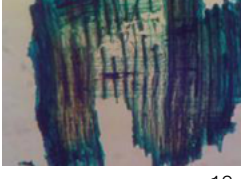
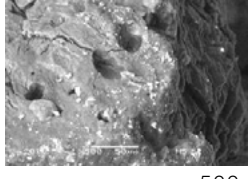
Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

<p>OF 126</p>	<p>Átlatl A 380</p> 	 <p>40x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma</p>
<p>OF 126</p>	<p>Dardo A 707</p> 	 <p>40x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>Of 126</p>	<p>Dardo A 712</p> 	 <p>10x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus ayacahuite</i> L.</p>
<p>OF 130</p>	<p>Indeterminada MO 12</p> 	 <p>40x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: posible <i>Abies</i> Kunth, Schltl. etChan</p>
<p>OF 136</p>	<p>Cetro <i>Chicahuaztli</i> A 62</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 136</p>	<p>Cetro <i>Chicahuaztli</i> A 47</p> 	 <p>40x</p>	 <p>350x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 137</p>	<p>Máscara antropomorfa A 75</p> 	 <p>40x</p>	 <p>200x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>


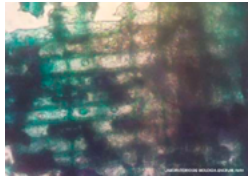
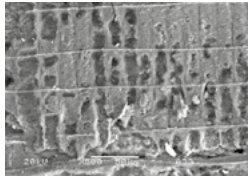

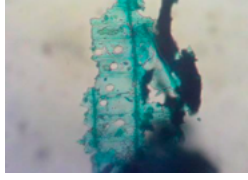
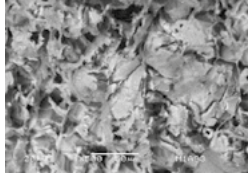

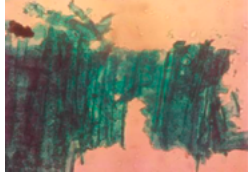
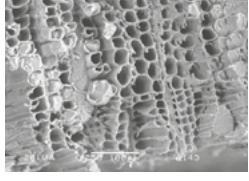

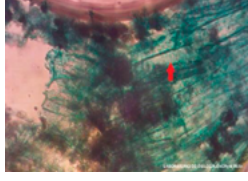
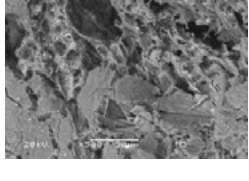

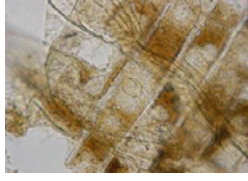
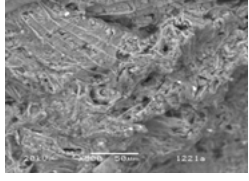

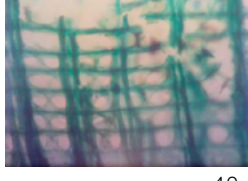
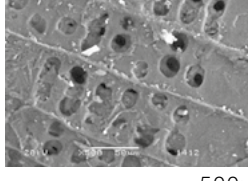



Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

<p>OF 137</p>	<p>Techálotl A 277</p> 	 <p>40x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma</p>
<p>OF 137</p>	<p>Dardo A 238</p> 	 <p>10x</p>	 <p>140x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus ayacahuite</i> Ehr.</p>
<p>OF 137</p>	<p>Máscara antropomorfa A 44</p> 	 <p>40x</p>	 <p>300x</p>	<p>Angiosperma Familia: Betulaceae Género: <i>Alnus</i> H.B.K</p>
<p>OF 137</p>	<p>Techálotl A 137</p> 	 <p>40x</p>	 <p>150x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 137</p>	<p>Máscara antropomorfa A 170</p> 	 <p>10x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma</p>
<p>OF 137</p>	<p>Vara A 194</p> 	 <p>40x</p>	 <p>300x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 141</p>	<p>Cetro <i>Tlahuitimeti</i> A 32-A 31</p> 	 <p>10x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>


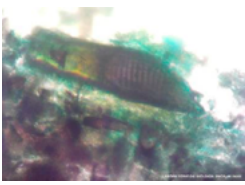
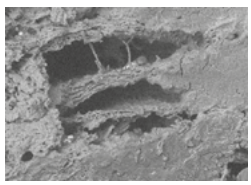

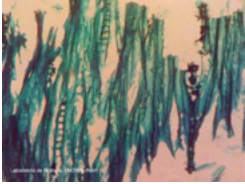
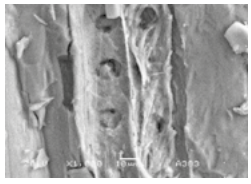


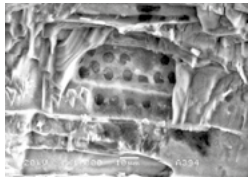

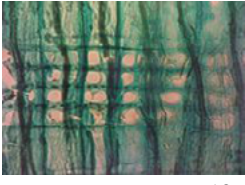
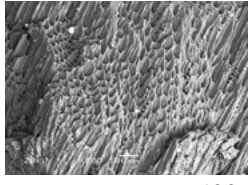


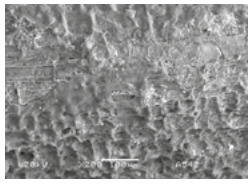


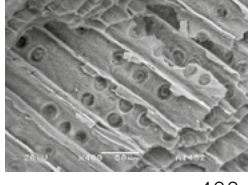

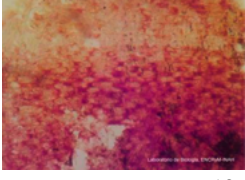
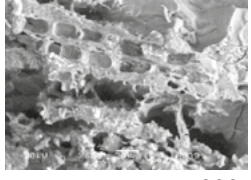
Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

OF 141	<p>Cetro cabeza de venado A33</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Abies</i> Kunth. Schltl. et Chan</p>
OF 141	<p>Lanzardardos A 93</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Abies</i> Kunth. Schltl. et Chan</p>
OF 141	<p>Cilindro A 143</p> 	 <p>40x</p>	 <p>250x</p>	<p>Gimnosperma</p>
OF 141	<p>Máscara antropomorfa A 169</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Angiosperma Familia: Betulaceae Género: Posiblemente <i>Alnus</i> H.B.K</p>
OF 141	<p>Máscara Tláloc A 1221</p> 	 <p>60x</p>	 <p>500x</p>	<p>Angiosperma Familia: Betulaceae Género: <i>Alnus</i> H.B.K</p>
OF 141	<p>Nariz máscara. A 1221</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus ayacahuite</i> Ehr.</p>
OF 141	<p>Máscara antropomorfa A 177</p> 	 <p>10x</p>	 <p>500x</p>	<p>Angiosperma</p>


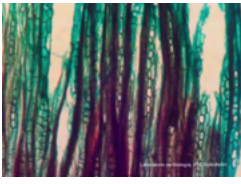
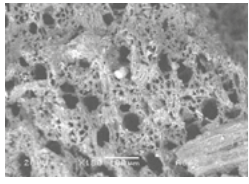

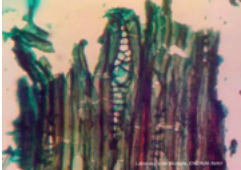
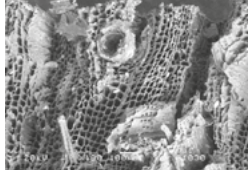


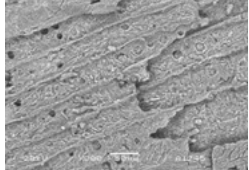

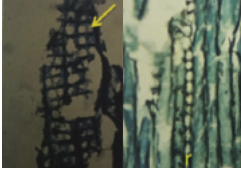
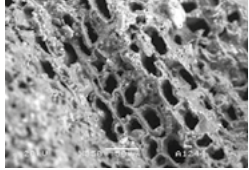


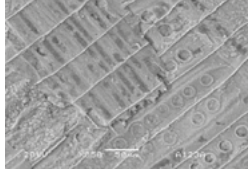

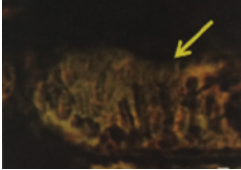
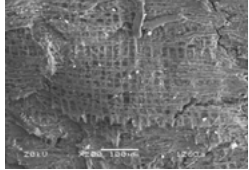


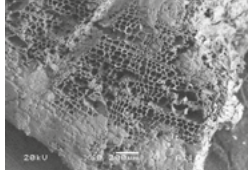
Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

OF 141	Máscara antropomorfa A 272 	 40x	 150x	Angiosperma Familia: Betulaceae Género: <i>Alnus</i> H.B.K
OF 141	Cetro serpentiforme A 383 	 10x	 1000x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.
OF 141	Cilindro A 394 	 10x	 1000x	Angiosperma Familia: Scrophulariaceae Género: <i>Buddleja</i> L.
OF 141	Dardo A 539 	 40x	 100x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> <i>ayacahuite</i>
OF 141	Cilindro (orejera) A 542 	 10x	 200x	Angiosperma Familia: Scrophulariaceae Género: <i>Buddleja</i> L.
OF 141	Dardo A 1482 	 40x	 400x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Abies</i> Kunth, Schldl. et Chan
OF 141	Máscara antropomorfa A 339 	 40x	 600x	Angiosperma Familia: Betulaceae Género: <i>Alnus</i> H.B.K


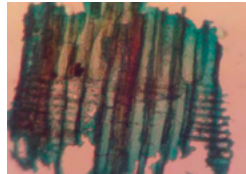
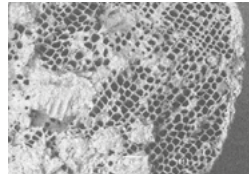


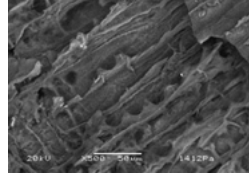

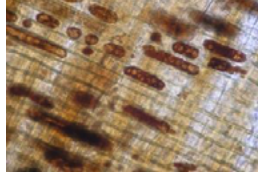
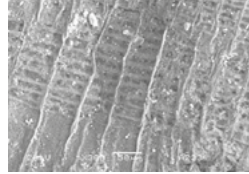


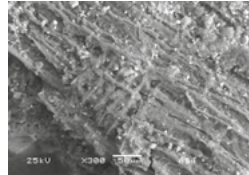

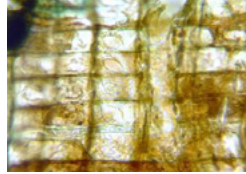
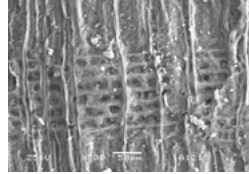

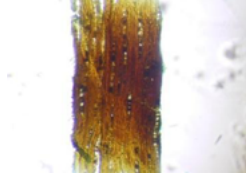
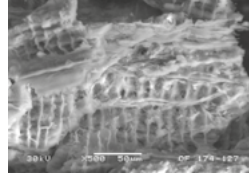

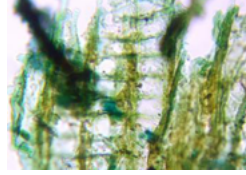
Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
 JULY-DECEMBER 2021

<p>OF 141</p>	<p>Cilindro-orejera A 662</p> 	 <p>10x</p>	 <p>180x</p>	<p>Angiosperma Familia: Scrophulariaceae Género: <i>Buddleja</i> L.</p>
<p>OF 141</p>	<p>Cetro serpentiforme A 1030</p> 	 <p>10x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> <i>ayacahuite</i> Ehr.</p>
<p>OF 141</p>	<p>Cetro serpentiforme A 1245</p> 	 <p>40x</p>	 <p>300x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 141</p>	<p>Cetro serpentiforme A 1244</p> 	 <p>20x</p>	 <p>350x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
<p>OF 141</p>	<p>Cetro en forma de hueso A 123</p> 	 <p>40x</p>	 <p>350x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Cupressaceae Género: <i>Cupressus</i> L.</p>
<p>OF 141</p>	<p>Máscara Tláloc A 1263</p> 	 <p>60x</p>	 <p>200x</p>	<p>Angiosperma Familia: Betulaceae Género: <i>Alnus</i></p>
<p>OF 141</p>	<p>Pectoral <i>Anáhuatl</i> A 111</p> 	 <p>40x</p>	 <p>60x</p>	<p>Gimnosperma</p>


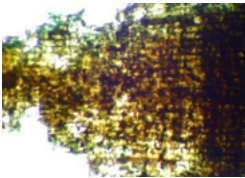

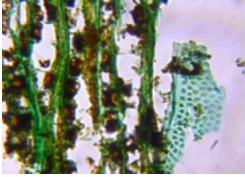
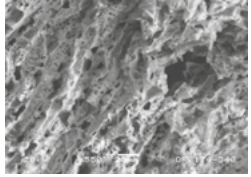

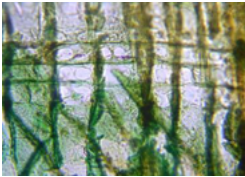
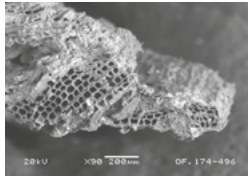

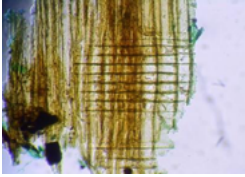
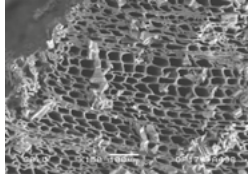

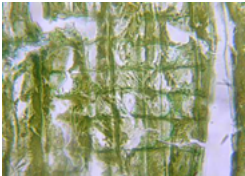
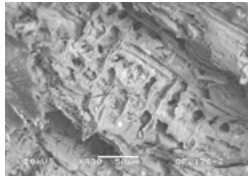

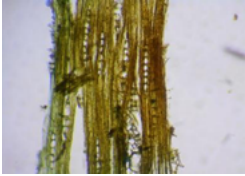
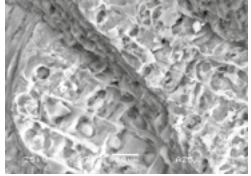


Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

OF 141	<p>Atado de varas A 1346</p> 	 <p>10x</p>	 <p>100x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
OF 141	<p>Jarra Tláloc A 1412</p> 	 <p>40x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
OF 163	<p><i>Techálotl</i> A 233</p> 	 <p>40x</p>	 <p>300x</p>	<p>Gimnosperma</p>
OF 174	<p>Orejera A 84</p> 	 <p>10x</p>	 <p>300x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
OF 174	<p>Orejera A 121</p> 	 <p>40x</p>	 <p>300x</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>
OF 174	<p><i>Tzotzopaztli</i> A 127</p> 	 <p>10x</p>	 <p>500x</p>	<p>Gimnosperma</p>
OF 174	<p>Cilindro A 129</p> 	 <p>40x</p>	<p>Sin registro MEB</p>	<p>Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.</p>

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

OF 174	Jarra Tláloc A 265 	 10x	Sin registro MEB	Angiosperma
OF 174	Máscara Tláloc A 340 	 10x	 550x	Angiosperma
OF 174	Cetro serpentiforme A 496 	 40x	 90x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.
OF 174	Cetro serpentiforme A 498 	 10x	 150x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.
OF 176	Pectoral Anáhuatl A2 	 40x	 430x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.
OF 176	Orejera A 25 	 10x	 700x	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.
OF 176	Orejera A 26 	 40x	Sin registro MEB	Gimnosperma Familia: Pinaceae Género: <i>Pinus</i> L.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

La información obtenida con las identificaciones taxonómicas se ha complementado, mediante la consulta de referencias especializadas en clasificación, con precisiones sobre el tipo de vegetación (Conabio, 2020; Rzedowski, 2006). Dentro del grupo de las gimnospermas (coníferas), el *Pinus* sp. (pino) crece en los denominados “bosques de coníferas”, que cubre aproximadamente 15% del territorio mexicano y presenta un endemismo muy alto. Las especies de *Pinus ayacahuite* (pino ayacahuite), *Abies* sp. (abeto u oyamel) y *Cupressus* sp. (ciprés o cedro blanco) crecen en los bosques de coníferas, también denominados “bosques de pinos mexicanos”. Por su parte, el *Taxodium* sp. (ahuehuete) se localiza en los bosques de galería, los cuales pueden describirse como agrupaciones arbóreas que se desarrollan a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes, y que han podido adaptarse a los climas templados (Rzedowski, 2006, p. 295).

Los géneros de angiosperma *Alnus* sp. (alisos o ailes) crecen en los bosques de coníferas y en los de galería, en las riberas de los ríos y en las laderas húmedas de los bosques templados. Finalmente, la *Buddleja* sp. (tepozán, tepozán blanco) se encuentra dentro de la vegetación de pastizales y de bosques de coníferas (Conabio, 2020; Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2020; Rzedowski, 2006, p. 367).

Con el fin de complementar los resultados obtenidos hasta el momento así como de evaluar de manera multidisciplinaria algunos aspectos referentes al estado de conservación que guarda la colección, sus materiales constitutivos y sus características formales, se realizó también una revisión sobre los valores de densidad de las especies identificadas. Ello con el objeto de comprender de forma integral la colección en estudio y de valorar si dicha característica pudiera tener relación con las propiedades físico-mecánicas de las maderas identificadas. Al respecto cabe decir que ese tipo de aproximaciones hacia los bienes arqueológicos, si bien busca complementar la información relacionada con su estado de conservación, los mecanismos y los efectos de su deterioro, también contribuye al conocimiento y al análisis de los bienes culturales desde distintas miradas. Ello permitirá, entonces, cotejar y conjuntar entre sí los diferentes resultados obtenidos, con lo que, además, se dará respaldo a futuros planteamientos sobre los objetos en estudio. La revisión sobre los valores de densidad se basó en la clasificación de Sotomayor (2005), quien agrupa las densidades mexicanas en: muy baja, baja, media y alta, de acuerdo con parámetros que van de 0 a mayor de 800 kg/m³ (Figura 8).

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

FIGURA 8.
Clasificación de la
densidad (kg/m^3) de
la madera (Fuente:
Sotomayor, 2005).

Sotomayor (2005) clasificación	Densidad (kg/m^3) Peso-seco/volumen verde
Muy baja	Menor de 200
Baja	201-400
Media	401-600
Alta	601-800
Muy alta	Mayor de 800

Del grupo de las gimnospermas (coníferas), la madera de *Pinus* sp. (pino) tiene numerosas especies, cuyas densidades oscilan entre bajas y medias (395 a $540 \text{ kg}/\text{m}^3$). Particularmente, la madera de *Pinus ayacahuite* (ayacahuite) tiene una densidad media ($400 \text{ kg}/\text{m}^3$) (Ordóñez y Col., 1990, en Sotomayor, 2005, p. 15). La madera de *Abies religiosa* (abeto u oyamel) tiene una densidad baja ($380 \text{ kg}/\text{m}^3$) (Echenique y Becerra, 1972, en Sotomayor, 2005, p. 15), mientras que tanto el *Cupressus* sp. (ciprés o cedro blanco) ($430 \text{ kg}/\text{m}^3$) (Erdoiza y Castillo, 1992, en Sotomayor, 2005, p. 15) como el *Taxodium* sp. (ahuehuete) ($430 \text{ kg}/\text{m}^3$) presentan densidades medias (Global Wood Density, 1998, tomado de Ordóñez et al., 2015, p. 18).

Dentro del grupo de las angiospermas, el *Alnus* sp. (aliso o aile) presenta una densidad media ($430 \text{ kg}/\text{m}^3$) (Tortorelli, Ordóñez y Col., en Sotomayor, 2005, p. 18), mientras que para la *Buddleja* sp. (tepozán o tepozán blanco) no fue posible localizar el valor en especies mexicanas. En ese caso particular se obtuvo un dato general, cuyo valor oscila entre los 780 y los $790 \text{ kg}/\text{m}^3$ (MAE y FAO, 2014, p. 133), con lo que el tepozán clasifica como la única madera de densidad alta dentro de ese primer grupo de estudio.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aunque los bienes manufacturados en madera no se localizan con frecuencia en las excavaciones arqueológicas, principalmente debido a la vulnerabilidad de sus componentes, gracias a los relatos de cronistas como fray Bernardino de Sahagún sabemos que en la época mexicana los carpinteros y los talladores eran artesanos especializados a quienes se le encomendaban todo tipo de estructuras, objetos y ornamentos (López et al., 2003, p. 152-154). Asimismo, en el *Códice florentino* de Sahagún se hace referencia a los árboles y las plantas existentes en la Cuenca de México (Sahagún, 1979, lib. XI, ff. 110r-112v). La gran oportunidad de conservar y de estudiar los objetos recuperados en el Proyecto Templo Mayor per-

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

mite corroborar esa información. Los resultados obtenidos en esta primera fase confirman el uso de las plantas y de los árboles cercanos a la Cuenca de México. A ese respecto se debe mencionar que los bosques de coníferas, o bosques de pinos mexicanos, seguidos de los bosques de galería, se ubican en el eje volcánico transversal (aproximadamente en los paralelos 19° y 20° N), y que la superficie de la Ciudad de México se encuentra justo dentro de ese eje, con un relieve definido por sierras y un valle (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2021; Rzedowski, 2006, p. 23). Esa información corrobora, como se menciona en las fuentes históricas, la cercanía de la cuenca con la vegetación de los alrededores.

Para el total de las muestras analizadas se identificó un mayor porcentaje de maderas de gimnosperma (conífera), principalmente de la familia Pinaceae, género *Pinus* (pino). Es pertinente mencionar que, justamente en esos casos, los elementos anatómicos presentaron bordes lisos en las traqueidas de radio, lo cual llevó a definir esas especies como *pinos blandos*, es decir, que tienen menor cantidad de resina en comparación con los pinos duros. Ello pudiera tener relación con la intencionalidad en la selección de las especies, es decir, que quizá los carpinteros y los talladores de la época conocían las características de las especies maderables que podían seleccionar y utilizar para un mejor aprovechamiento, ya que los pinos blandos, con menor cantidad de resina, muy posiblemente habrán sido más fáciles de tallar y de trabajar (Figura 9).

También resultó interesante revisar la información que arrojaron los valores de densidad para las muestras analizadas. Ese valor para la madera (seca) como materia prima impacta directamente junto con el resto de sus propiedades físico-mecánicas, y es un indicador confiable de resistencia mecánica (Bodiq y Jane, en Sotomayor, 2005, p. 6). Los datos obtenidos indicaron la selección de maderas de densidades medias en la mayoría de las muestras, es decir, de aquellas que habrán sido, además de resistentes, óptimas para el trabajo de talla.

En cuanto a la medición de la efectividad del proceso de estabilización con azúcares sintéticos, con las observaciones bajo microscopio electrónico de barrido se constató que la cristalización de los azúcares al interior de las estructuras vegetales contribuye con un engrosamiento de sus paredes celulares. Ello se ha observado con las dos variables del método por sustitución, mientras que en las muestras sometidas a un secado controlado —sin impregnación de azúcares—, se han podido identificar debilitamientos y fracturas en las estructuras vegetales. Las observaciones a las muestras se co- tejan, además, con inspecciones y monitoreos realizados periódicamente.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

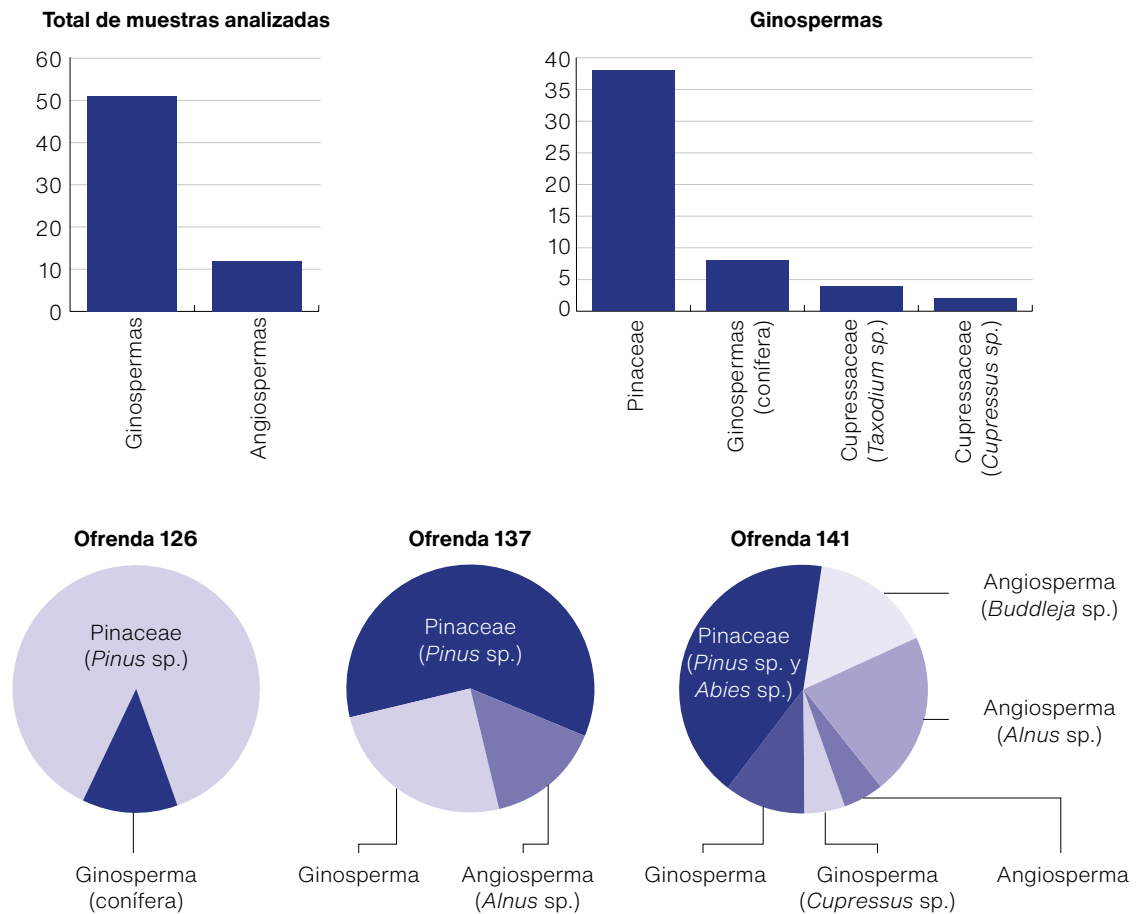


FIGURA 9. Resultados obtenidos en el primer grupo de muestras. Se observa la predominancia de coníferas, principalmente de la familia Pinaceae (Análisis: Equipo de Conservación Proyecto Templo Mayor y Laboratorio de Biología ENCRYM-INAH, 2021; cortesía PTM-INAH).

camente a los objetos ya estabilizados. Con ello se ha confirmado la estabilidad de la colección tanto a corto como a mediano plazo (Figura 10).

Las identificaciones taxonómicas han llevado finalmente a realizar algunas observaciones referentes a las especies identificadas y a su relación con las tipologías establecidas. La totalidad de las muestras obtenidas de los distintos centros (en forma de hueso, *Techálotl*, *tlahuitímetl*, serpentiformes, cabeza de venado y *chicahuaztli*) han sido identificadas como gimnospermas (coníferas), principalmente de la familia Pinaceae. Ello pudiera deberse a la facilidad para trabajar esa madera, que además proviene de pinos blandos y presenta una densidad media. No hay que olvidar, sin embargo, que un alto porcentaje de las 62 muestras identificadas son gimnospermas, principalmente de esa misma

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021


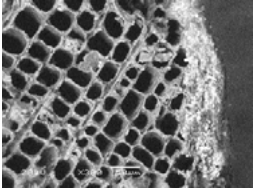

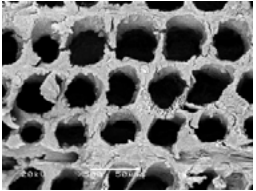

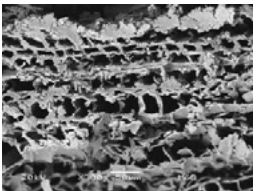
Atado de varas. Ofrenda 141 (A 1346)		
Método / variable	Resultados a simple vista	
Sustitución con Lactitol monohidratado		 300x
Sustitución con Lactitol + 10% de Trehalosa		 500x
Secado controlado. Pérdida de humedad sin impregnación		 300x

FIGURA 10. Proceso de impregnación con azúcares sintéticos. Evaluación de resultados bajo microscopio electrónico de barrido (Tabla: Equipo de conservación del Proyecto Templo Mayor y Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico [INAH] 2016; cortesía PTM-INAH).

familia: Pinaceae. Por ello habrá que continuar avanzando con la identificación de más elementos para, así, lograr una mejor aproximación a ese respecto.

Los resultados y su relación con las tipologías establecidas han llevado también a plantear algunas otras interrogantes. Cabe destacar el caso de las dos máscaras Tláloc, provenientes de la Ofrenda 141, que se determinaron como *Alnus* sp. Los análisis mostraron que la nariz de una de esas dos máscaras (A 1221) fue tallada en una madera distinta de la usada en la propia máscara, para posteriormente ensamblar ambas piezas. A partir de la identificación de la madera en la nariz como *Pinus ayacahuite*, inevitablemente surgieron algunas preguntas. Sería interesante entender las causas por las cuales se utilizaron maderas distintas para piezas ensamblables en un mismo elemento. Quizá ello se deba a la disponibilidad de los materiales en el momento de la manufactura, a la destreza del artesano o a la diferencia en las densidades y la facilidad de la talla para cada uno de los casos.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

FIGURA 11. Máscaras
Tláloc de la Ofrenda
141 (A 1263 y A 1221)
(Fotografías: Mirsa
Islas Orozco, 2015;
cortesía: PTM-INAH,
México).



CONCLUSIONES

Desde los inicios del PTM, los especialistas siempre han trabajado de manera multidisciplinaria. Se puede decir que, durante más de 40 años de trabajo, la arqueología ha caminado de la mano de la conservación, y la presente investigación confirma una vez más este hecho. A lo largo de este trabajo, las diferentes disciplinas se integran y se complementan con el fin de obtener un mayor conocimiento sobre los objetos de madera recientemente recuperados en el Templo Mayor.

Es así como esta investigación multidisciplinaria demuestra que ese tipo de aproximaciones a un conjunto de bienes culturales da la posibilidad de obtener información que se va integrando hacia un mayor conocimiento y comprensión del caso de estudio. Aunque la colaboración entre el PTM y el Laboratorio de Biología de la ENCRYM estableció como objeto principal el conocimiento de las especies maderables para, con ello, medir y evaluar el estado de conservación y la relación con los resultados de la estabilización, las identificaciones taxonómicas de esta primera fase han permitido también complementar diferentes aproximaciones al análisis de esa inigualable colección.

Como parte de esta investigación, los estudios continuarán avanzando y complementándose con los resultados que se obtengan en las fases subsecuentes, buscando con ello establecer

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

coincidencias referentes a las especies, las tipologías, el estado de conservación, los procesos de estabilización y las características específicas del contexto.

AGRADECIMIENTOS

Durante la primera fase de trabajo se contó con el apoyo de la doctora Alejandra Quintanar Isaías, investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I, México) (Quintanar, 2013), así como de la maestra Cristina Adriano Morán, investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIA-UNAM). Las identificaciones taxonómicas realizadas en el Laboratorio de Biología de la ENCRYM fueron llevadas a cabo por la maestra L. Patricia Olvera Coronel. Las observaciones bajo MBE fueron realizadas con el apoyo del ingeniero Mario Monroy, de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del INAH.

REFERENCIAS

Alonso, A. (1996). *Madera arqueológica anegada: una guía para su estudio y conservación* [Tesis de licenciatura en Restauración de Bienes Muebles]. Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Alonso, A. (2011). La conservación de bienes arqueológicos de madera. *Arqueología Mexicana*, 108, 56-60.

Alonso, A., Imazu, S., Mendoza-Anaya, D., Morgos, A. y Tzompantzi-Reyes, M. T. (22 al 27 de septiembre de 2002). *The lactitol conservation of wet polychrome wooden objects found in a 15th-century Aztec archaeological site in México* [Presentación en conferencia]. ICOM Committee for Conservation 13th Triennial Meeting, Río de Janeiro.

Alonso, A. y Tran, K. (2010). *Nueva tecnología aplicada a la restauración y estudio de una escultura arqueológica de madera*. Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica).

Barajas, M., Sanromán, A., Hernández, K. V. y Mancilla, M. (2019). La conservación y el análisis de la madera arqueológica en el Proyecto Templo Mayor. En L. López Luján y X. Chávez Balderas (Coords.), *Al pie del Templo Mayor. Estudios en honor de Eduardo Matos Moctezuma* (pp. 339-362). El Colegio Nacional.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

Conabio. (2020). Biodiversidad mexicana. Vecinos verdes. Aile, Aliso, Hilit. *Alnus acuminata* subsp. *arguta*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctoss/9-betul1m.pdf

Conafor. (2020). SIRE-Paquete tecnológico. Serie Maderas de México. *Pinus ayacahuite*. Comisión Nacional Forestal. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/953Pinus%20ayacahuite.pdf>

Cruz, G. (2015). *Identificación de materiales inorgánicos arqueológicos provenientes del Templo Mayor*. Informe técnico del Laboratorio de Biología de la ENCRYM entregado al Proyecto Templo Mayor del INAH.

De la Paz, C., Olvera, L. P. y Corral, G. (1982). Estudio anatómico de la madera de 26 especies de angiospermas de clima templado. *Boletín Técnico de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos* (91).

García, L., Guindeo, A., Peraza, C. y De Palacios, P. (2003). *La madera y su anatomía. Anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular*. Fundación Conde del Valle de Salazar/Ediciones Mundiprensa/AiTim.

IAWA Committee. (1989). IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, 10(3), 219-332.

Inegi. (2021). *Continuo Nacional Topográfico*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=09>

López, L. (1993). *Las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

López, L. (2014). El Proyecto Templo Mayor (2007-2014). *Arqueología Mexicana, El Templo Mayor. A un siglo de su descubrimiento*, ed. esp. (56), 76-78, 86-69.

López, L., Torres, J. y Montúfar, A. (2003). Los materiales constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlan. *Estudios de Cultura Náhuatl*, 34, 137-166.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

MAE y FAO. (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales*. Ministerio del Ambiente del Ecuador/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Montúfar, A. (1999). Estudio arqueobotánico del subsuelo. En E. Matos (Coord.), *Excavaciones en la Catedral y el Sagrario Metropolitanos* (pp. 111-115). Programa de Arqueología Urbana-Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Obra Diversa).

Morgos, A., Imazu, S. e Ito, K. (2008). A summary and evaluation of 15 years research, practice and experience with Lactitol Methods developed for the conservation of waterlogged, degraded archaeological wood. En *ICOM, 15th Triennial Conference* [Actas de conferencia] (pp. 1074-1081). Allied Publishers.

Morgos, A., Imazu, S. e Ito, K. (2015). Sugar conservation of waterlogged archaeological finds in the last 30 years. En *Condition.2015.Conservation and Digitalization* (pp. 15-21). National Maritime Museum.

Nabors, M. (2006). *Introducción a la botánica*. Pearson Educación.

Ordóñez, J. A. B., Galicia, N., Venegas, N. J., Hernández, T., Ordóñez, M. de J. y Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y Bosques*, 21, 77-126.

Quintanar, A. (2013). *Identificación de la madera de piezas provenientes de la Ofrenda 141 del Proyecto Templo Mayor*. Informe técnico del Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la UAM-I entregado al Proyecto Templo Mayor del INAH.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sahagún, B. de. (1979). *Códice Florentino. Manuscrito 218-20 de la Colección Palatina de la Biblioteca Medicea Laurenziana* (ed. facs. 3). Archivo General de la Nación/Secretaría de Gobernación.

Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Estado del Arte. Madera y Bosques*, 14(1), 107-120.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

Sánchez, G. M., Alonso, A. y Escalante, M. F. (2017). Estudio comparativo de sistemas de consolidación y flexibilización (almidón-PEG, quitina-PEG y lactitol-PEG) para la conservación de objetos de fibras duras provenientes de contextos arqueológicos secos y húmedos en México. *Intervención*, 8(15), 5-22.

Sandoval, E. (2005). *Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal*. Universidad Nacional Autónoma de México (Cuadernos del Instituto de Biología, 38).

Sierra, J. L. (2003). La conservación de la madera arqueológica subacuática. Museo y Centro Nacional de Investigaciones Arqueológicas Submarinas. *Monte Buciero* (9), 225-266.

Sotomayor, J. R. (junio, 2005). Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 1(1), 1-24.

Unger, A., Schniewind, A. y Unger, W. (2001). *Conservation of Wood Artifacts. A Handbook*. Library of Congress.

SOBRE LAS AUTORAS

María Barajas Rocha

Proyecto Templo Mayor (PTM)-Museo del Templo Mayor (MTM),
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México
mariabarajas35@yahoo.com.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3555-6167>

Licenciada en Restauración de Bienes Muebles por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, del Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRYM-INAH, México), con estudios de maestría en Museología en la misma institución. Se ha desempeñado como especialista en museos y conservación arqueológica en el Museo Nacional de Antropología, el Museo Nacional de Historia y el Museo del Templo Mayor. Ha coordinado diversos proyectos de conservación y restauración, entre los que destaca el Proyecto de restauración del relieve monumental de la diosa Tlaltecuhltli, galardonado en 2011 con el Premio INAH Paul Coremans como mejor trabajo de investigación. Coordina los trabajos de restauración en el Proyecto Templo Mayor, INAH.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

Lilia Patricia Olvera Coronel

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM),
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

lpaty_oc@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7340-5178>

Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con estudios de maestría. Investigadora titular "C" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, México) y colaboradora del Laboratorio de Biología (ENCRYM). La línea de investigación que desarrolla es la anatomía de la madera y la identificación de hongos micromicetos, con más de 30 publicaciones. Ha impartido un importante número de cursos; también es asesora de tesis y colaboradora en proyectos de estudio de materiales orgánicos de bienes culturales.

Gabriela Cruz Chagoyán

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museología (ENCRYM),
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

gabrielacruzchagoyan@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2166-5656>

Bióloga por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (FC-UNAM). Maestra en Museología por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM). Candidata a doctora en Antropología Cultural en el Centro de Investigación en Docencia y Humanidades del Estado de Morelos, México. Fundadora y coordinadora de proyectos del Laboratorio de Biología de la ENCRYM (1989 a 2017). Líneas de investigación: biodeterioro e identificación de plagas (microorganismos e insectos) que deterioran los bienes culturales así como su control; identificación y registro de materiales orgánicos constitutivos de los bienes culturales. Retirada desde 2017, ejecutora y colaboradora en proyectos específicos de patrimonio cultural.

Intervención

JULIO-DICIEMBRE 2021
JULY-DECEMBER 2021

Irais Velasco Figueroa

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museología (ENCRYM),
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

irais_velasco_f@encrym.edu.mx | irais.vf@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6128-1748>

Bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, México), con estudios de maestría en Docencia. Actualmente es titular del Laboratorio de Biología de la ENCRYM, donde imparte asignaturas de la Licenciatura en Restauración y colabora en los proyectos de los distintos seminarios-taller de restauración de bienes culturales. La línea de investigación que lleva a cabo es el estudio de la xiloteca de la ENCRYM, la identificación anatómica y taxonómica de materiales orgánicos, principalmente maderas y fibras así como la caracterización del biodeterioro para su manejo y control en patrimonio cultural.

Adriana Sanromán Peyron

Proyecto Templo Mayor (PTM)-Museo del Templo Mayor (MTM),
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

asanromanp@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8573-4075>

Licenciada en Restauración por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, del Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRYM-INAH, México). Se ha especializado en conservación arqueológica y etnográfica así como en la docencia de la conservación arqueológica. En 2007 recibió el Premio inah Francisco de la Maza al mejor trabajo de conservación del patrimonio arquitectónico y urbanístico, por su participación en el proyecto “Restauración de la Fachada del Templo de Santo Domingo de Guzmán en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas”.