

Pablo Torres Soria

## Identificación y estudio anatómico de la madera de los dinteles monumentales de Tlatelolco

La investigación efectuada en diversas exploraciones arqueológicas nos demuestra que los mexica sabían clasificar y seleccionar la madera con base en sus propiedades de dureza, peso, facilidad de trabajar, olor, defectos que presentaba durante el secado y resistencia que tenía a podrirse y al ataque de termitas y carcomas.

Las especies de coníferas blandas y ligeras, por ejemplo *Pinus ayacabuite* Ehr., eran usadas en el tallado ornamental de los templos, ya que el material para propósito decorativo no requería de dureza; sin embargo, al mismo tiempo proporcionaba firmeza y consistencia, dando como resultado un excelente acabado.

Las especies de gimnospermas muy blandas y ligeras eran utilizadas por los artesanos para la fabricación de canoas de poco fondo y hasta 15 metros de largo con capacidad de carga de tres a cuatro toneladas, empleándose especies tales como oyamel (Moncayo, 1981).

Las especies de pináceas duras y pesadas se usaban para las construcción de templos, edificios y casas habitación.

Los vestigios del uso de madera en la construcción de templos en Tenochtitlan son muy escasos; tal es el caso de los tres dinteles de madera rescatados por Salvamento Arqueológico del INAH en 1992.

Estos dinteles prehispánicos fueron rescatados de un basurero ceremonial ubicado en el sitio que ocupaba el tianguis de los tlatelolcas; actualmente este sitio se localiza en la esquina que forman las calles de Ricardo Flores Magón y Eje Central Lázaro Cárdenas en la ciudad de México.

Los tres dinteles se encuentran en el Taller de Materiales Etnográficos de la Coordinación Nacional de Restauración del Patrimonio Cultural del INAH, para su conservación y restauración, pues es importante conocer a la especie de madera utilizada en su elaboración y no existen estudios de anatomía de maderas antiguas anegadas muy deterioradas, al extremo de tener pocas posibilidades de poderlas comparar anatómicamente con maderas de procedencia actual y no dañadas.

Con el presente estudio anatómico macroscópico y microscópico se describirá e identificará la especie, y de

esta manera se tendrá conocimiento del tipo de madera que usaban los mexicas en la elaboración de los dinteles de sus templos.

Los dinteles tienen tres dimensiones, por lo tanto también se pueden observar sus tres planos: transversal, tangencial y longitudinal radial.

La madera de las coníferas, principalmente la de pino y oyamel, se caracteriza por tener su plano transversal en forma sobresaliente a los anillos de crecimiento delimitados por bandas: una de madera temprana de tonalidad más clara y otra tardía más oscura.

No es posible apreciar esta característica en los dinteles 2 y 3 debido a que sus extremos están muy podridos y dañados mecánicamente. En cambio, en el 1, a pesar de que la madera tiene una apariencia pétreo causada por la acción del medio al que estuvo expuesta en el subsuelo, los anillos de crecimiento son visibles, variando en cantidad en función del área considerada. Así tenemos que por ejemplo el área de uno de sus extremos es de 840 cm<sup>2</sup> con 50 anillos de crecimiento, y el otro extremo de 1 288 cm<sup>2</sup> con 80 anillos, llegando a medir en la



Fig. 1. Dintel núm. 1. (R-4; U:41; elemento núm. 1, pieza núm. 1092; clave: DRPC 248 92; largo: 1.87-1.92 m. ancho: 0.40-0.56 m. alto: 0.21-0.23 m.) Sobre el plano transversal del lado derecho de la grieta se observan en forma marcada los anillos de crecimiento; las áreas delimitadas muestran los túneles construidos por las termitas. Sobre el relieve del plano tangencial se aprecian grietas y colonias esféricas representadas por hongos de color blanco, solitarias y agregadas linealmente.

madera temprana 5 mm y 1 mm en la tardía; esto significa que los taladores seleccionaban árboles maduros con edades de entre 50 y 100 años, con un buen fuste maderable de un diámetro a la altura del pecho de aproximadamente 40-70 cm (véase figura 1).

### *Deterioro*

La madera de los dinteles presenta daños de cuatro tipos: biológico, físico, químico y mecánico.

El biológico nos permite observar a simple vista una forma de destrucción

parcial de la madera, causada por dos tipos de agentes: hongos causantes de la pudrición morena o parda, y termitas constructoras de túneles en el interior de la madera.

Hay hongos de las familias Basidiomicetes, Ascomicetos y Deuteromicetos (véanse figuras 1, 2, 3 y 4). Estos organismos con su acción enzimática inducen cambios de color, ablandamiento (la resistencia mecánica es menor), cambio en la densidad (pérdida de peso), cambios de olor, e incremento en la permeabilidad y flamabilidad.

También hay daños causados por termitas: túneles con paredes de textu-

ra pétreo distribuidos en dirección paralela al hilo de la madera dentro de los dinteles, causando debilitamiento en la resistencia de la capacidad de carga. En cada túnel existen agregados de granillos fecales (producto de la digestión de la celulosa), que adquieren una forma alargada con seis lados y sus dos extremos son casi planos. Estas evidencias son síntomas de que los dinteles fueron atacados por termitas de las familias Kalotermitidae y Rhinotermitidae.

Las dos familias construyen el mismo tipo de túneles y sólo es posible apreciar pequeñas diferencias de daño en cada una. En los túneles de Ka-

## CONSERVACIÓN

lotermitidae no hay formación de agregados fecales pues los granillos son expulsados al exterior.

En los de *Rhinotermitidae* sí hay formación de agregados fecales. Los granillos son compactados con una sustancia secretada por las glándulas salivales y arcilla transportada por las termitas de un sitio cercano al nido. Esto lo realizan para conservar húmedo el microclima de los túneles.

El daño físico de la madera en los dinteles se puede detectar por el cambio en la tonalidad y por la formación de grietas. Éstas son separaciones a lo largo de la fibra en la madera y se distribuyen a lo largo y ancho de la pieza.

Las grietas son generadas por lo regular durante el secado a causa de la pérdida de agua y de las diferencias en contracción a lo largo de y transversalmente a la fibra, siendo más severas en los planos transversal y tangencial de los dinteles (véanse figuras 1, 2 y 3).

El daño químico es ocasionado por enzimas secretadas por los hongos ocasionando con su acción catalizadora reacciones de oxidación y reducción en la celulosa y hemicelulosa (véanse figuras 4 y 5).

El daño mecánico se registró posiblemente de manera accidental, por la acción de la pala de la maquinaria durante la excavación del sitio. Este de-

fecto se puede detectar en el dintel 1, compuesto por ocho fragmentos de diferentes tamaños, y en el 2, fragmentado en dos partes.

### *Antecedentes*

Las noticias del padre Clavijero hablan de que las montañas y valles que rodeaban a Tenochtitlan se encontraban abundantemente pobladas de árboles maderables de pino, oyamel, ciprés y cedro blanco. Los dos primeros pertenecientes a la familia de las pináceas y las otras dos a las Cupressaceae. Las especies maderables comprendidas en



Fig. 2. Dintel núm. 2. (Elemento núm. 2, pieza núm. 1093; clave: DRPC 249/92; largo: 2.35 m; ancho: 0.50-0.70 m; alto: 0.50-0.58 m.) El relieve está elaborado sobre el plano longitudinal radial de la madera del pino. En el plano transversal existen hendiduras oscuras producto de la pudrición cusada por hongos, y en el plano tangencial se observan áreas igualmente dañadas delimitadas por una textura lanosa con separación de las fibras.



Fig. 3. Dintel núm. 3. (Elemento núm. 3, pieza núm. 1094; clave: DRPC 250/92; largo: 2.35 m; ancho: 0.38-0.40 m; alto: 0.23-0.25 m.) En el relieve elaborado sobre el plano longitudinal radial se observa lo siguiente: una grieta que corre al centro y a lo largo del objeto, colonias de hongos blancos y en los dos planos tangenciales; en el superior la madera está muy podrida, y en el inferior, además del mismo daño, se observan los túneles construidos por las termitas.

estas familias son de amplia distribución en la República mexicana y conocidas con una diversidad de nombres regionales.

En la primera familia están representadas las maderas del género *Pinus*, identificadas por su olor resinoso, su falta de sabor, sus anillos de crecimiento sobresalientes y sus abundantes canales de resina. El género *Abies*, a diferencia del pino, no posee olor, tiene sabor amargo y salado, anillos de crecimiento sobresalientes y conserva siempre su patrón de 3/4 partes de madera temprana por una de tardía en los anillos de crecimiento; no tiene canales de resina.

A la segunda familia corresponde el género *Capressus*, caracterizado por tener un olor ligeramente aromático, sin sabor, anillos de crecimiento no sobresalientes (incluso no pueden delimitarse bien en la cara transversal por la poca cantidad de madera tardía) y no presenta canales de resina. El género *Juniperus*, en comparación a los ya citados, presenta un olor muy característico semejante al de la madera con la cual se fabricaba un tipo de lápices muy económicos de forma cilíndrica sin pintar y sin goma en sus extremos; tiene anillos de crecimiento poco sobresalientes y no presenta canales de resina.

En la actualidad, de las 72 especies, 22 variedades y 21 formas representadas por las coníferas (Martínez, 1963), sólo se han realizado estudios de anatomía de 37 especies y 10 variedades, incluyendo las 12 especies estudiadas por Huerta (1978), las 16 de De la Paz y Olvera (1981). Pero no hay estudios anatómicos que contribuyan al conocimiento de la madera anegada de procedencia prehispánica o colonial.

### *Metodología*

Para efectuar las descripciones se consideraron los tres dinteles, de los que se

recolectaron tres muestras de aproximadamente un centímetro cúbico, para realizar las descripciones macroscópicas tomando en cuenta color, olor, textura, brillo, grano, veteado, dureza, presencia o carencia de poros, anillos de crecimiento y los tipos de deterioro que presenta. Nos auxiliamos de un microscopio estereoscópico (microflex AFX-DX de Nikon) para obtener fotomicrografías de una lupa sencilla de 10 aumentos y de un bisturí para obtener cortes finos.

Para realizar las descripciones microscópicas se obtuvieron tres cortes de cada plano de la muestra de madera con un grosor aproximado de 30  $\mu\text{m}$

cada laminilla, coloreadas con safranina al 1%, deshidratadas en baños sucesivos de alcoholes del 60, 70, 80, 90 % y absoluto por periodos de 10 minutos en cada uno, pasándose por último a xilol para aclarar y montarse entre porta y cubreobjetos con bálsamo de Canadá. Ya secas las preparaciones se observaron en los microscopios Dialux 20 de Leitz para su descripción y en el zetopan de Reichert para tomar fotomicrografías.

Las descripciones anatómicas de los dinteles fueron apoyadas con la clave de identificación de maderas (Barajas, Echenique y Carmona, 1979). Y posteriormente, con los datos obteni-

dos, se hizo un análisis comparativo considerando como base los estudios anatómicos de coníferas mexicanas investigadas (Huerta, 1978; De la Paz y Olvera, 1981).

### Resultados

La madera utilizada en la elaboración de los dinteles corresponde al pino de nombre científico *Pinus ayacahuite* var. *Veitchii* Shaw.; se le conoce con los nombres comunes de ocote blanco, acolote y ayacahuite, y pertenece a la familia de las pináceas.

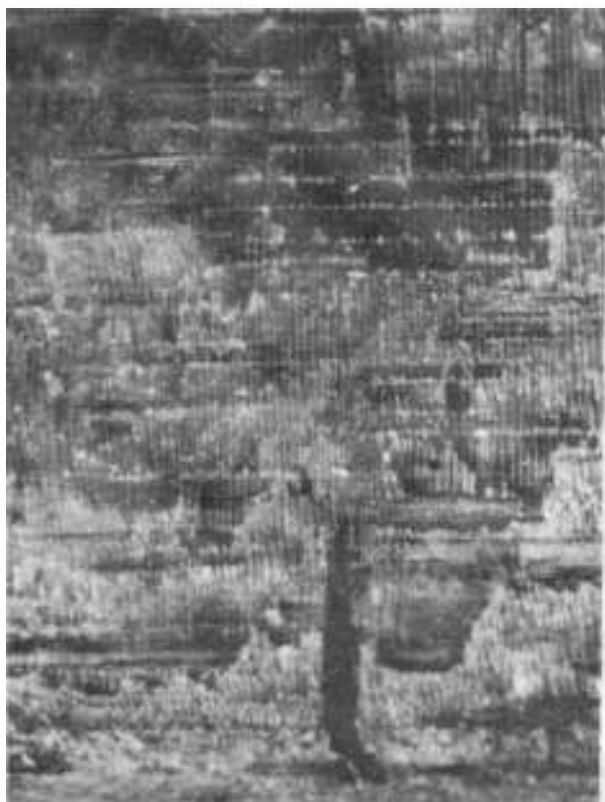


Fig. 4. Dintel núm. 2. Corte radial. Se observa que la mayor parte de las paredes de las traqueidas y de las traqueidas de rayo se encuentran destruidas por la acción enzimática de los hongos. (Fotomicrografía tomada 6.3 x con el microscopio microflex AFX/DX de Nikon.)

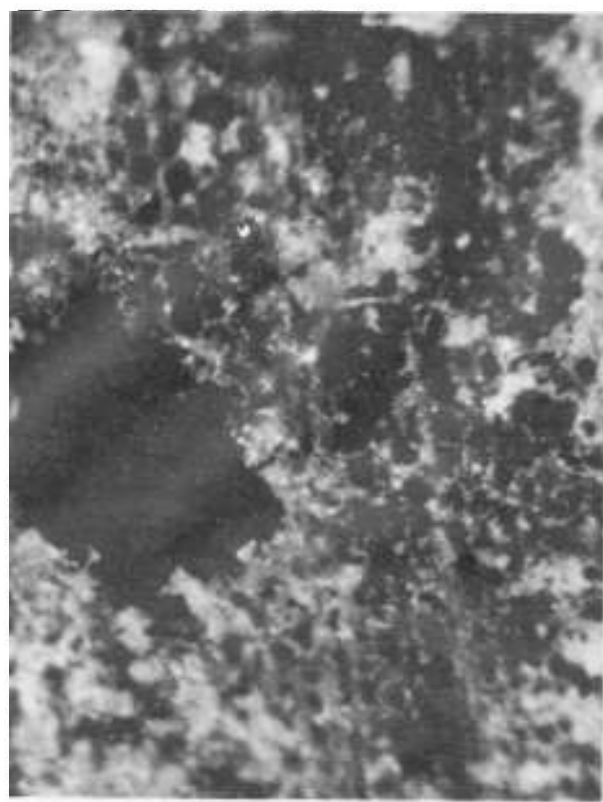


Fig. 5. Dintel núm. 1. En el corte transversal, los puntos blancos de las paredes de las traqueidas corresponden a las hifas de los Ascomicetos. La oquedad negra corresponde a un túnel construido por las termitas de la madera. (Fotomicrografía tomada 6.3 x con el microscopio microflex AFX/DX de Nikon.)

**Distribución.** Se encuentra en los estados de Morelos, Puebla, Veracruz, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México y Guerrero (Martínez, 1979).

**Datos generales del árbol.** La altura es de 20-30 m, con un fuste comercial muy apreciado de 36 cm de diámetro a la altura del pecho; hojas aciculadas en grupos de 5 de 11-13 y hasta 20 cm de largo; cono subcilíndrico atenuado, de 22-28 cm, alcanzando a veces hasta 37; con escamas anchas y gruesas de 5-6 cm de largo, por 2.8-3 cm de ancho (Martínez, 1979).

**Características macroscópicas.** De la madera de los dinteles podemos decir que en general presenta un color pardo amarillento oscuro (Munsell, 1971: HUE 10 YR 4/4), y al secarse adquiere un color pardo amarillento claro (Munsell, 1971: HUE YR 6/4), similar al de la madera nueva de una tonalidad blanco rosáceo (Munsell, 1971: HUE 5YR 8/2), con tonos castaño claro (Munsell, 1971: HUE 7.5 YR 6/4); olor y sabor resinosos, veteado suave, brillo bajo, textura muy baja (lanosa); anillos de crecimiento distinguibles; rayos y canales resiníferos presentes poco distinguibles; hilo recto.

**Características microscópicas.** Las traqueidas miden longitudinalmente 2 750-5 500  $\mu\text{m}$ . En el plano transversal, la madera de primavera comprende una banda de 2 520 a 3 600  $\mu\text{m}$  de ancho; el diámetro del lumen de las traqueidas es de 25-54  $\mu\text{m}$  y sus paredes 4.5  $\mu\text{m}$  de grosor. La banda de madera de invierno tiene 225-240  $\mu\text{m}$  de ancho; el lumen de sus traqueidas 4.5-18  $\mu\text{m}$  de diámetro y sus paredes 9  $\mu\text{m}$  de grosor. Los canales resiníferos miden de 180-270  $\mu\text{m}$  de diámetro y tienen células epiteliales.

Las caras radiales de las traqueidas

presentan una hilera de puntuaciones areoladas; algunas muestran septos; los rayos leñosos son de tipo homogéneo, los que no presentan canales resiníferos son uniseriados muy abundantes de 9-18  $\mu\text{m}$  de ancho, por 115-450  $\mu\text{m}$  de altura y los que lo presentan son fusiformes con 2-3 series de células de rayo en la parte cercana al canal; 35-90  $\mu\text{m}$  de ancho y de 195-450  $\mu\text{m}$  de altura; en los campos de cruzamiento existen de 1-2 puntuaciones de tipo fenestroide. Las traqueidas de rayo presentan bordes lisos; no hay parénquima axial. En el corte tangencial se observan cordones de traqueidas y en el radial algunas trabéculas.

### Conclusiones

Martínez (1963 y 1979) cita una sola especie de *Pinus ayacabuite* Ehr., con dos variedades que son *Brachyptera* y *Veitchii*. De la especie y de la primera variedad ya existen estudios anatómicos, pero no de *Veitchii*.

Huerta (1978) reporta en sus estudios que *Pinus ayacabuite* Ehr. tiene en cada campo de cruzamiento 1-2 puntuaciones de tipo pinoide; las paredes de las traqueidas son ligeramente dentadas; los rayos leñosos fusiformes tienen 2-3 series de células cercanas al canal resinífero y en el corte transversal existe una transición gradual de madera temprana a tardía. Se encuentra en los estados de Puebla, Hidalgo, Oaxaca y Veracruz.

De la Paz y Olvera (1981) en sus estudios anatómicos de *Pinus ayacabuite* var. *Brachyptera* Shaw., informan que en cada campo de cruzamiento existen 1-2 puntuaciones de tipo fenestroide; las paredes de las traqueidas son lisas; los rayos leñosos fusiformes tienen dos series de células

cercanas al canal resinífero, cordones de traqueidas y trabéculas, y en el corte transversal existe una transición gradual de madera de primavera a invierno. La variedad *Veitchii* se encuentra en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, Sinaloa y Jalisco.

Con los estudios anatómicos realizados a los dinteles se vio que algunas de las características son diferentes a las dos anteriores, resultando ser *Pinus ayacabuite* var. *Veitchii* Shaw., ya que tiene en cada campo de cruzamiento 1-2 puntuaciones de tipo fenestroide; las paredes de las traqueidas son lisas; los rayos leñosos fusiformes con 2-3 series de células cercanas al canal resinífero; presencia de células epiteliales; cordones de traqueidas; trabéculas, y en el corte transversal no existe una transición gradual, ya que en la madera de primavera los diámetros de los lúmenes de las traqueidas son de 25-54  $\mu\text{m}$ , más grandes que los de la madera de invierno, que sólo miden de 4.4 a 18  $\mu\text{m}$ . Macroscópicamente la madera superficial de los dinteles en sus tres planos está más dañada que la del centro, debido a que tiene un comportamiento similar al de una esponja, sólo que su consistencia se desmorona fácilmente al comprimirla con las yemas de los dedos y al secarla cuidadosamente para repetir el mismo mecanismo es pulverulenta.

A pesar de la antigüedad que tienen y de los deterioros de tipo biológico, físico, químico y mecánico de los dinteles, presentan en forma sobresaliente los anillos de crecimiento, los canales de resina, los rayos leñosos y el hilo recto. Las únicas características que han variado son el color, de un blanco rosáceo con tonalidades castaño claro a un pardo amarillento oscuro; el brillo de mediano a muy bajo; el

veteado de pronunciado a suave; la textura de mediana a muy baja, y la dureza de blanda ligera a muy blanda y ligera.

En términos generales, microscópicamente la madera de primavera está mucho más dañada que la tardía debido a sus altos contenidos de carbohidratos y a que las paredes de las traqueidas son más delgadas.

El daño más pronunciado fue causado por los hongos, causantes de la pudrición parda de la madera y distribuidos en forma heterogénea en los tres planos que en orden de importancia son el transversal, el tangencial y el radial. El deterioro se detecta por la deformación en la forma poligonal de las paredes de éstas. Los rayos leñosos, principalmente los fusiformes, carecen de células de rayo; algunas traqueidas carecen de puntuaciones areoladas observándose esto mismo en campos de cruzamiento pero sin puntuaciones fenestroides.

En este caso no toda la madera presenta el mismo grado de pudrición, siendo extrema sobre la superficie y a una profundidad aproximada de 10-15 cm en los cuatro lados y en los extremos de los objetos. Generalmente el núcleo está poco deteriorado, lo cual favoreció obtener una descripción anatómica confiable para identificarla comparándolos con las 28 especies de coníferas estudiadas por Huerta, De La Paz y Olvera. Es importante mencionar que para otros objetos donde la madera anegada está casi toda podrida las opciones para realizar estudios anatómicos son escasas, por lo que habría que investigar nuevas técnicas de corte y de montaje del material para conservar en la mejor condición posible los pocos restos de elementos celulares encontrados.

### Bibliografía

- Barajas, J., R. Echenique y T. Carmona, *Estructura e identificación*, Serie Madera y su uso en la construcción 3, INIREB, Jalapa, Veracruz, 70 pp.
- De la Paz, C. y P. Olvera, *Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas*, Bol. Téc., Inst. Nal. de Invest. For., núm. 69, México, 111 pp.
- Huerta, J., *Anatomía de la madera de 12 especies de coníferas mexicanas*, Bol. Téc., Inst. Nal. de Invest. For., núm. 51, México, 1978, 56 pp.
- Matúnez, M., *Las pináceas mexicanas*, UNAM, tercera edición, México, 1963, 400 pp.
- , *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979, 1220 pp.
- Moncayo, F., *Relación de algunas cosas de los montes de México: Un ensayo histórico del asunto forestal*, SFF, SAM: SARH, Serie Premio Nacional Forestal, núm. 2, México, 1981, 220 pp.
- Munsell Color Company, *Munsell Soil Color Charts*, Baltimore, Maryland, 1971, 18 pp.