

00345



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO DEL CARBON ARQUEOLOGICO COMO  
INDICADOR DE LOS CAMBIOS EN LA  
VEGETACION, EN EL VALLE DE TEOTIHUACAN,  
ESTADO DE MEXICO.

2768

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS  
(BIOLOGIA VEGETAL)  
P R E S E N T A :  
CARMEN CRISTINA ADRIANO MORAN

DIRECTORA DE TESIS: DRA. EMILY S. McCLUNG HEUMANN

MEXICO, D. F.

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleambiente del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, bajo la dirección de la Dra. Emily McClung y con el apoyo de una beca otorgada por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM.

## **Las gracias**

Procurando que la memoria no cometa un desliz, deseo agradecer a las siguientes personas:

A la Dra. Emily, por la confianza, por todo el tiempo dedicado, por las discusiones de ideas que a veces parecían reiterativas e interminables, por el apoyo constante e incondicional que me brindó a lo largo y ancho de esta aventura académica, que apenas comienza y que me gustaría que siguiéramos compartiendo.

A mis tutores, M. en C. Josefina Barajas y Dr. Robert Bye, por su tiempo, por sus críticas y comentarios hechos en el momento preciso y sobretodo por compartir conmigo su conocimiento.

A mis sinodales Dra. Linda Manzanilla, Dra. Cristina Mapes, Dr. Javier Caballero y M. en C. Guillermina Murguía, por los comentarios y sugerencias hechos al manuscrito, los cuales enriquecieron no sólo el escrito, sino también las ideas.

A la Biol. Sara Fuentes, por echarme la mano en todo el trabajo de microscopía electrónica, sin el cual esta tesis no hubiera sido lo mismo; por su amabilidad y entusiasmo durante todo ese tiempo.

A Rafael Reyes y Héctor Hernández, por apoyarme en el trabajo fotográfico.

A la gente del Instituto de Investigaciones Antropológicas y en especial a mis compañeros y amigos del Laboratorio Diana Martínez, Rebeca Rodríguez, Monica Moguel, Emilio Ibarra, Concepción Herrera, Josefina Tavera, Jose Luis Villalpando y Margarito Casales, por que cada uno -en su momento- despejó alguna duda o me brindó su ayuda y sobretodo por la amistad. A Patricia Peláez, por auxiliarme en los momentos de crisis computacional.

A todas aquellas personas que desinteresadamente siempre me tendieron la mano.

**Mil gracias.**

## La dedicatoria

A mi familia, mis papas y hermanos, por aguantar lo que a veces es inaguantable y sobretodo por su amor incondicional.

A mis amigas y amigos, por el apoyo, la amistad y el cariño.

A ti, por compartir la vida conmigo.

## ÍNDICE

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. ANTECEDENTES	
3.1. Estudios paleoetnobotánicos .....	8
3.2. Estudios de carbón como indicador de cambios ambientales .....	11
3.3. La madera carbonizada y su identificación .....	16
IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
4.1. Ubicación geográfica .....	20
4.2. Geología .....	20
4.3. Tipos de suelo .....	20
4.4. Hidrografía .....	22
4.5. Clima .....	22
4.6. Vegetación .....	23
a) Bosque de encino .....	23
b) Matorral de encino .....	23
c) Matorral xerófilo .....	24
d) Pastizal .....	25
e) Vegetación hidrófila .....	26
f) Vegetación antropógena .....	26
V.OBJETIVOS.....	28
General	
Particulares	
VI. MATERIAL Y MÉTODO	
6.1. Procedencia de las muestras .....	29
6.2. Selección de las muestras .....	30
6.2.1. Número de fragmentos por muestra .....	30

6.3. Preparación de muestras .....	31
6.4. Método de identificación .....	32
6.5. Experimentos de carbonización .....	32
6.6. Cuantificación.....	33
VII. RESULTADOS .....	35
7.1. Lista de taxa identificados .....	36
7.2. Tablas comparativas .....	38
7.3. Descripciones de los tipos con su identificación propuesta	
<i>Astronium graveolens</i> Jacq. ....	51
<i>Baccharis</i> sp. ....	51
<i>Berberis</i> sp. ....	55
Betulaceae .....	57
<i>Alnus</i> cf. <i>firmifolia</i> Fern. ....	57
<i>Alnus</i> cf. <i>zorullensis</i> HBK. ....	59
<i>Carpinus caroliniana</i> Walt. ....	59
<i>Cornus</i> cf. <i>disciflora</i> DC. ....	59
<i>Juniperus</i> cf. <i>deppeana</i> Steud. ....	61
<i>Quercus</i> spp. ....	61
<i>Buddleia</i> cf. <i>parviflora</i> HBK. ....	63
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzing) Lingelsheim. ....	67
<i>Abies religiosa</i> (HBK.) Cham.& Schl. ....	67
<i>Pinus</i> spp. ....	67
<i>Crataegus</i> cf. <i>pubescens</i> (HBK.) Steud. ....	70
<i>Prunus</i> cf. <i>serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh. ....	72
<i>Salix</i> spp. ....	74
<i>Symplocos</i> cf. <i>prionophylla</i> Hemsl. ....	76
N.I. 1 (¿Fabaceae?).....	76
N.I. 6.....	78
N.I 7.....	78

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
8.1. Muestras .....	82
8.2. Técnicas .....	84
3. Identificación de madera carbonizada .....	85
8.4. Distribución temporal de los taxa identificados .....	95
8.5. La vegetación en el periodo teotihuacano: una propuesta .....	105
8.6. Variaciones en las frecuencias relativas: ¿cambios en la vegetación? .....	112
IX. CONCLUSIONES .....	115
X. APÉNDICE .....	119
XI. LÁMINAS DE LAS ESPECIES ACTUALES CARBONIZADAS: COLECCIÓN DE REFERENCIA.....	123
XII. LITERATURA CITADA.....	130

## I. RESUMEN

La madera carbonizada, es el material botánico más común y abundante que se encuentra asociado a contextos arqueológicos. A pesar de la carbonización, la madera conserva la mayor parte de las características anatómicas que permiten su identificación. La determinación de la identidad de las maderas, proporciona información importante acerca de la vegetación presente en un sitio en una época determinada; así como también de los cambios en la composición florística de dicha zona través del tiempo. El objetivo principal de este estudio, es contribuir al conocimiento de la flora y la vegetación del Valle de Teotihuacan, Edo. de México; durante las ocupaciones prehispánicas del periodo Clásico (comprendido aprox. entre 1-650d.C.); a través de la aplicación de un método para reconstruir comunidades vegetales, basado en las identificaciones hechas en la madera carbonizada.

Se analizaron 100 muestras de carbón, procedentes de cuatro fases cronológicas distintas, utilizando la técnica de fraccionamiento y la observación en el microscopio electrónico de barrido (MEB).

Se identificaron 16 géneros pertenecientes a 13 familias taxonómicas. Entre ellos se encuentran *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Salix*. y *Juniperus*. Se presentan las descripciones de cada género, hechas con base en las características anatómicas observadas, acompañadas de las imágenes correspondientes obtenidas en MEB. También se incluyen los resultados de los experimentos de carbonización practicados a 13 especies de maderas actuales; dichos resultados, confirman la existencia de ciertos patrones en la retención y modificación de las características anatómicas de la madera como consecuencia del proceso de carbonización.

El análisis de los resultados muestra que existe evidencia para sugerir la presencia de un bosque mixto de pino-encino en la zona y que las diferencias que se observan a través del tiempo, en las frecuencias relativas de los géneros identificados, pueden estar relacionadas con cambios en el uso de los recursos.

## II. INTRODUCCIÓN

El valle de Teotihuacan está ubicado al norte de la Cuenca de México. Alberga uno de los sitios arqueológicos más importantes de Mesoamérica, por lo que ha sido objeto de numerosas investigaciones, no sólo desde el punto de vista arqueológico, sino también desde otras disciplinas como la geología, la geografía, la climatología y la botánica. A pesar de esto, aún quedan muchas dudas que resolver en torno a la cultura teotihuacana.

Una de ellas es acerca de las condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo y la decadencia de este centro urbano. La antigua ciudad de Teotihuacan, llegó a abarcar una superficie de aproximadamente 20 km<sup>2</sup> y a sostener una población entre 75, 000 y 200, 000 habitantes, durante el periodo comprendido entre 1 y 650 d. C. Se ha llegado a pensar que el clima de la región era sustancialmente diferente al que prevalece en la actualidad. Si esto fuera cierto, probablemente la vegetación presente en la región también sería distinta.

Autores como Sanders (1965) plantean que, las necesidades de material para la construcción y como combustible junto con la apertura de amplias extensiones de terrenos para el cultivo, fueron los factores responsables de la deforestación de los cerros circundantes cubiertos por un denso bosque de pino-encino, antes o durante el auge de la ciudad antigua (citado en McClung, 1996). Como consecuencia de esto, este autor, junto con Lorenzo (1968) han sugerido la posibilidad de que hayan ocurrido cambios climáticos graduales, que llevaron a un decremento de la precipitación pluvial lo que, a su vez, afectó la producción de los recursos para la subsistencia (McClung, 1978). Si se considera esta posibilidad como verdadera, los cambios en el clima pudieron haber conducido al cambio en la vegetación.

Con respecto a esto, García (1974), en su estudio sobre las condiciones climáticas dominantes durante el auge de la cultura teotihuacana concluye que éste era tan húmedo como puede ser durante los años más lluviosos en el presente y que aproximadamente entre los años 700 y 750 d. C. se inició una intensa sequía. Esta fecha coincide con la del periodo en el que, hasta hace algunos años, se proponía el comienzo de la decadencia de Teotihuacan; por lo

cual la autora afirma: " ... que el decaimiento y desaparición de la cultura Teotihuacana se debió en parte a la intensa sequía...". En la parte final de las conclusiones hace referencia a condiciones más húmedas, "... en un tiempo en que la naturaleza era pródiga..."; aunque, no menciona nada acerca del tipo de vegetación que pudo estar presente en el lugar. Sin embargo, Castilla y Tejero (1983), en el estudio florístico que realizaron en el Cerro Gordo y zonas aledañas a San Juan Teotihuacan, retoman a estos autores para sugerir que si el clima era como lo plantea García (1974), la vegetación sería prácticamente similar a la actual. Es decir, una vegetación representada por los siguientes tipos: bosque de encinos, matorral de encino, matorral xerófilo, pastizal, y la que llamaron antropógena (ruderal, agrícola, arvense y la presente en los bancos de brecha volcánica); dichas comunidades, seguramente cubrían áreas y extensiones diferentes a las actuales, pero donde las comunidades consideradas como clímax deberían ser las mismas, i.e., el bosque y los matorrales. Incluso en el caso de que el bosque y los matorrales hubieran sido completamente deforestados, el proceso de sucesión reestablecería, a largo plazo (ya sea con un clima templado subseco o subhúmedo) las mismas comunidades clímax.

El gran inconveniente que presentan las inferencias hechas por investigadores como Sanders (1965) -acerca de las condiciones ambientales prevalecientes en el pasado y su interrelación con las poblaciones humanas-, es que sólo se basan en características (e.g. clima, vegetación, suelos, prácticas agrícolas) actuales de la región, sin tomar en cuenta la evidencia que, para la época en cuestión, pudiera encontrarse disponible. Debido a esto, a principios de la década de los noventa, surgió la inquietud de desarrollar una metodología interdisciplinaria, la cual pretendía evaluar la evidencia, que para los cambios ambientales, se ha acumulado en el transcurso de los últimos tres milenios, como consecuencia tanto de fenómenos naturales como de actividades humanas (McClung, 1992).

Como resultado de esta inquietud, en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente (LPP) del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM desde 1991 se viene desarrollando el proyecto "El Paleoambiente del Valle de Teotihuacan", el que a su vez forma parte del macroproyecto: " El

cambio global en perspectiva histórica. El centro urbano preindustrial de Teotihuacan". Dicho proyecto tiene como objetivo general "... la reconstrucción de las condiciones ambientales vigentes durante la larga ocupación de Teotihuacan y sus alrededores, incluyendo aspectos edafológicos, de clima y vegetación, para poder evaluar el grado de deterioro ecológico provocado desde el inicio de los asentamientos permanentes en el área durante la época prehispánica, aproximadamente 1500 años a.C." (McClung, 1992). Dentro de los objetivos específicos se contempla 1) hacer el registro digital de la cartografía de la región, para estudiar las relaciones entre la distribución temporal y espacial de los asentamientos, y la ubicación y disponibilidad de recursos naturales (e.g. vegetación, suelos agrícolas, piedra y otros materiales de origen volcánico, arcillas, fuentes estacionales y permanentes de agua, etc.); 2) detectar las diversas evidencias que permitan postular los procesos de cambio en las características del medio natural de Teotihuacan; 3) detectar evidencias de condiciones edafológicas pasadas, así como los efectos de los procesos de erosión y sedimentación en la agricultura prehispánica de la región; 4) estudiar la transformación de la flora y la vegetación del área desde su poblamiento inicial a través del análisis de polen y fitolitos obtenidos de perfiles edafológicos y excavaciones arqueológicas e 5) identificar los macrorrestos botánicos obtenidos de sedimentos arqueológicos para contribuir a la reconstrucción de la flora además de proporcionar información sobre el uso de plantas por las poblaciones prehispánicas.

Actualmente la investigación sigue en proceso; no obstante, ya se cuenta con algunas conclusiones preliminares que han arrojado los datos obtenidos en estos seis años de trabajo. Cabe señalar que éstas aún son parciales, ya que muchos de los materiales todavía están en proceso de análisis. Entre los puntos interesantes, contenidos en el informe técnico de 1996, que se pueden señalar y que están directamente relacionados con la flora y la vegetación, están los siguientes: a) "... el modelo de la extensión de la zona boscosa, generado por medio de la intersección de características de elevación, suelos y vegetación actual, indica que el bosque cubría un máximo de 12% del área de estudio tal como la hemos definido para fines de esta investigación"; b) "... el análisis

preliminar de polen y fitolitos resalta la presencia constante de *Pinus* y, en menor medida, *Quercus* a través de la secuencia cronológica de sedimentos"; c) "las características de los suelos de la región sugieren su evolución bajo condiciones frías y secas, propicias para el desarrollo principalmente de pastizales y matorral (xerófilo y posiblemente de encino e. g. *Quercus microphylla*"); y d) "... la evidencia edafológica y botánica es útil para modelar rasgos mesoclimáticos, con base en los tipos de vegetación representados. Sin embargo, no señalan cambios climáticos drásticos que pudieran haber resultado como consecuencia de fenómenos atmosféricos globales" (McClung, 1996). En un trabajo publicado posteriormente, la mayor parte de estas conclusiones se reafirman; y con la obtención de fechas de  $C^{14}$  se sugiere: "... la presencia del bosque de pino-encino en los cerros circundantes, desde varios siglos antes de la fundación de Teotihuacan y posiblemente hasta su caída (por lo menos durante su apogeo)" (McClung *et al*; 1998).

Es importante señalar, que existe otro tipo de evidencia que no está considerada dentro de este estudio y que debido a las características que presenta, puede ser de gran ayuda para la reconstrucción del paleoambiente, sobre todo en lo referente a la flora y vegetación, de la región en cuestión. Esta es la madera carbonizada.

La madera carbonizada o carbón es, sin duda, el material más común y abundante en los contextos arqueológicos. Como resultado del proceso de combustión que sufre la madera al convertirse en carbón, presenta una muy buena preservación en los sedimentos. No contiene compuestos orgánicos que puedan ser degradados por los microorganismos presentes en los mismos; por lo cual la anatomía interna de la madera se conserva tal y como era en el momento de la carbonización. Si bien es cierto que durante el proceso de carbonización, ciertas características estructurales de la madera se deforman u obliteran, otras permanecen casi intactas (Koeppen, 1972; Rossen y Olson, 1985); y son estas últimas las que permiten la identificación de los taxa a los que pertenecen los fragmentos de carbón. En algunos casos, dependiendo de la complejidad de la flora del lugar, esto se puede lograr hasta el nivel de especie (Smith y Gannon, 1973; Leney y Casteel, 1975; Dimpleby, 1978; Levy, 1982;

Western, 1982; Minnis, 1987; Smart y Hoffman, 1988; Schweingruber, 1990).

El conocimiento de la identidad taxonómica de las especies presentes en las muestras de carbón, proporciona datos acerca de los cambios en la composición florística del área bajo estudio. Lo que, aunado al análisis de características anatómicas específicas (e.g. diámetro de vasos), a la información sobre la distribución geográfica y de los requerimientos ecológicos de estas especies, hace posible la elucidación de algunas de las condiciones climáticas prevalecientes en distintas épocas (Willcox, 1974; Shackleton y Prins, 1992; February, 1994).

Sin embargo, es necesario considerar que las especies presentes en estas concentraciones de carbón no siempre guardan una relación directa con su disponibilidad y abundancia en el ambiente; sino que en ocasiones responden a necesidades culturales bien establecidas. Es decir, que los taxa identificados, no necesariamente reflejan la vegetación que rodeaba al sitio, sino que pueden estar representando los patrones de selección y uso seguidos por las comunidades humanas antiguas (Dimbleby, 1978; Ford, 1982; Smart y Hoffman, 1988; Shackleton y Prins, 1992). Por lo tanto, es de suma importancia tratar de definir y separar los procesos naturales y/o los humanos, que llevaron a la formación de estas concentraciones de carbón, con el objeto de disminuir la posibilidad de generar conclusiones erróneas a partir de los datos obtenidos (Pearsall, 1989). A pesar de estos inconvenientes, los fragmentos de madera carbonizada constituyen una fuente potencial de datos paleoambientales, que bien vale la pena explorar (Dimbleby, 1978).

Debido a que el análisis de esta evidencia puede proporcionar información importante (tanto desde el punto de vista biológico como cultural) y a que en México hay una fuerte carencia de estudios que aborden el tema, existe la necesidad de realizar investigaciones que permitan examinar y evaluar dicha información; para así poder conocer un poco más acerca de las relaciones que el hombre, desde la antigüedad, ha establecido con la naturaleza.

Por lo antes mencionado, la meta principal de este trabajo es aportar datos adicionales sobre la flora y la vegetación presente en el valle de Teotihuacan, durante la ocupación prehispánica del Período Clásico

(comprendido aprox. entre 1 y 650 d.C.), a través del análisis de los fragmentos de madera carbonizada recuperados de diversas excavaciones arqueológicas.

### III. ANTECEDENTES

#### 3.1. Estudios Paleoetnobotánicos

La paleoetnobotánica se encarga del estudio de los restos botánicos recuperados en excavaciones arqueológicas. En algunos casos, hay quienes utilizan el término arqueobotánica como sinónimo. Sin embargo, Ford (1982) establece que hay diferencia entre estos términos: la arqueobotánica se refiere a las técnicas que se utilizan para recuperar e identificar el material botánico, mientras que la paleoetnobotánica se encarga de la interpretación de los datos obtenidos.

Los restos botánicos presentes en los contextos arqueológicos se clasifican en dos tipos: microrrestos y macrorrestos. Los microrrestos comprenden el polen, las esporas y los fitolitos; mientras que los macrorrestos incluyen semillas, frutos, hojas, madera y artefactos hechos con plantas. Estos macrorrestos pueden conservarse permineralizados, carbonizados o sin carbonizar. La probabilidad de que éstos se conserven en el registro arqueológico depende, entre otros factores, de la naturaleza del material, las características del medio físico y de los patrones culturales de depósito. El análisis cuidadoso y detallado de estos datos permite hacer inferencias sobre: 1) el uso que en las comunidades antiguas se daba a las plantas, como por ejemplo si eran ornamentales, medicinales, rituales o alimenticias; 2) el origen de la agricultura; 3) las migraciones, las adaptaciones humanas (tanto biológicas como culturales) y 4) algunos aspectos relacionados con la ideología y las creencias de un grupo humano en particular. Así también pueden aportar información que nos ayude a reconstruir el ambiente de una región (clima, vegetación, suelo entre otros) en un tiempo determinado (Ford, 1982).

En México, la paleoetnobotánica es una disciplina prácticamente desconocida para la gran mayoría de los biólogos, e incluso para algunos arqueólogos. Como consecuencia de esto, existen pocos investigadores trabajando en este campo. En esta situación, y a pesar de que la información que se puede obtener de estos estudios es muy valiosa para resolver problemas tanto de naturaleza biológica como antropológica, los estudios

paleoetnobotánicos rara vez son incluidos como parte integral de la investigación arqueológica mexicana, incluso hasta hace algunos años eran totalmente ignorados. Como en muchos otros casos, los primeros estudios de este tipo que se hicieron en el país, los llevaron a cabo investigadores extranjeros. Un ejemplo de esto son las investigaciones hechas, por Whitaker, Cutler y MacNeish (1957) en Tamaulipas sobre las cucúrbitas; y las de Mangelsdorf, MacNeish y Galinat (1967b) en el Valle de Tehuacán acerca del origen y la domesticación del maíz.

Las investigaciones paleoetnobotánicas en Teotihuacan se iniciaron en la década de los setenta. La primera referencia que se tiene es el análisis de restos botánicos procedentes de Tetitla hecho por Ford y Elías (1972), en la cual se reporta la presencia de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* sp.), amaranto (*Amaranthus* sp.), chile (*Capsicum* sp.), quelite (*Chenopodium* sp.), tuna (*Opuntia* sp.), calabaza (*Cucurbita pepo*), capulín (*Prunus serotina* ssp. *capuli*) y tejocote (*Crataegus pubescens*) (McClung, 1977). Años más tarde se llevó a cabo un estudio en el cual se analizaron los restos botánicos carbonizados recuperados de las excavaciones del "Proyecto Mapa de Teotihuacan". En éste se reporta un total de 24 familias y 21 géneros de plantas; en las que se incluyen maíz, frijol, calabaza, chile, amaranto, verdolaga (*Portulaca oleracea*), algodón (*Gossypium* sp.) y varios tipos de cactáceas (*Opuntia* sp.). A partir de estos datos se formularon hipótesis relacionadas con cambios aparentes en los patrones de explotación de plantas a través del tiempo, y en los patrones que reflejan diferentes sectores socioeconómicos dentro de la población urbana (McClung, 1985).

En 1983, González Quintero analizó los restos recuperados en zonas cívico-ceremoniales. Lo más relevante de este trabajo es que se identificaron numerosas semillas de *Nicotiana*, género que no se había reportado en trabajos anteriores; los demás materiales son consistentes con lo reportado en las excavaciones del "Proyecto Mapa de Teotihuacan".

La revisión de los materiales botánicos recuperados en Tlajinga 33 -una unidad habitacional-, muestra que el patrón de uso de las plantas es semejante a lo observado en el resto de la zona urbana. De esta misma excavación, en un

estudio hecho para determinar las limitaciones del uso de la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), se llevó a cabo la identificación de semillas carbonizadas de cactáceas hasta el nivel de especie (Scheinvar y González, 1983 citados en McClung, 1985). Utilizando éste material como referencia, González (1986) determinó las semillas carbonizadas de cactáceas procedentes del conjunto habitacional Tetitla.

El análisis, hecho por Álvarez del Castillo (1984), del material recuperado en Cuanalán, una aldea del Preclásico al suroeste de Teotihuacan, sugiere una continuidad en el uso de plantas en el valle de Teotihuacan desde el período Formativo (aprox. 400 a.C. a 100 d.C.) hasta el fin del Clásico (McClung, 1985).

Uno de los estudios más completo que se hizo, desde el punto de vista botánico, fue el de los materiales recuperados de la excavación del conjunto residencial de Oztoyahualco. Se tomaron muestras tanto para el análisis de macrorrestos (semillas, madera) como de microrrestos (polen y fitolitos). En los macrorrestos se identificaron, a nivel de familia o género, cerca de 30 taxa distintos, entre los cuales se encontraron tanto plantas cultivadas (*Zea mays*, *Phaseolus*, *Cucurbita*) como silvestres (*Chenopodium*, *Portulaca*) relacionadas con la alimentación; así como también elementos que pudieron formar parte de la vegetación circundante (*Quercus*, *Pinus*, *Euphorbia*, *Mollugo*). Los géneros identificados en el polen y los fitolitos (e.g. *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Zea*, *Cucurbita*) apoyan lo encontrado en los macrorrestos: algunos de estos elementos pertenecían a la vegetación circundante durante la ocupación y otros a la que invadió el área después del abandono. Las altas frecuencias de fitolitos indicadores de regímenes secos, permitieron suponer que la vegetación dominante en esa época fue un matorral xerófilo. El bosque de pino-encino se encontraba en otros pisos ecológicos y se explotaba para obtener combustibles y materiales para construcción (González, *et al*; 1993).

En la década de los noventa, se ha llevado a cabo el análisis de numerosos materiales procedentes de distintas excavaciones como son: las unidades habitacionales, las cuevas y los túneles que se encuentran por debajo de la ciudad. En todos ellos se ha detectado la presencia de los géneros reportados por McClung (1979).

La revisión anterior de los estudios paleoetnobotánicos hechos en Teotihuacan, no pretende ser exhaustiva sino más bien quiere mostrar el rumbo que han tomado la mayor parte de las investigaciones realizadas hasta ahora. Es importante señalar que existen otros datos que no han sido publicados y por lo tanto no se tiene acceso a ellos. De los estudios aquí mencionados se pueden concluir dos cosas: 1) el análisis de los datos se ha orientado hacia el conocimiento del uso de los recursos vegetales para la subsistencia y 2) la mayor parte de estos trabajos se hicieron utilizando básicamente semillas carbonizadas como fuente de información.

Hasta la fecha no existe ningún trabajo reportado para la región de Teotihuacan, en el que se haya utilizado la madera carbonizada como evidencia del uso de plantas o como indicador de cambios ambientales. Cabe señalar que, si bien es cierto que en algunos informes de excavación se menciona que se ha determinado la identidad de algunos fragmentos de madera carbonizada (e.g. Oztoyalualco), en ningún caso se ha planteado un estudio completo de estos materiales. A pesar de que desde 1979 McClung señaló la información potencial que está presente en este macrorresto y cuál es su utilidad: "... un estudio futuro de secciones delgadas de madera... puede que provea de más evidencia para conocer los cambios en la vegetación y los recursos vegetales disponibles... El cambio en la frecuencia de diferentes especies de madera a través del tiempo, podría indicar el momento en el cual los árboles comenzaron a ser cortados progresivamente desde las áreas bajas hacia las altas, resultando como consecuencia la eventual deforestación de la región".

### **3.2. Estudios de Carbón como Indicador de Cambios Paleoambientales**

Mientras que en México no existen estudios paleoetnobotánicos en los que se utilice a la madera carbonizada como evidencia para resolver algún problema en particular, prácticamente en el resto del mundo y desde hace más de medio siglo, los investigadores han tratado de interpretar el significado que puede tener la acumulación de carbón dentro y fuera de los contextos arqueológicos.

La identificación de fragmentos de madera carbonizada, con diferentes

fines, se empezó a hacer a principios de siglo (Paulssen, 1964), pero es sin duda el trabajo de Salisbury y Jane (1940) el que abre la posibilidad de utilizar estos fragmentos recuperados de contextos arqueológicos, para hacer inferencias acerca del paleoambiente. Años más tarde, esta técnica de análisis recibiría el nombre de antracología. A partir de entonces, se ha generado una gran cantidad de estudios en Estados Unidos de Norteamérica, África y Europa; siendo en este último donde se ha practicado más intensamente.

Los temas de interés general, en torno a los cuales se ha desarrollado la investigación antracológica, abarcan los siguientes rubros:

1) Reconstrucción de las características de la vegetación.- Esto incluye la definición de los tipos de vegetación presentes (en un lugar y en una época determinada) y los cambios que ésta ha sufrido a través del tiempo.

2) Reconstrucción de las condiciones ambientales de un sitio o región.- En este caso se trata de recabar información, que pueda ser útil para poder inferir el clima y otras características ecológicas -como serían la evolución del suelo o la humedad-, además de los cambios en el mismo y si éste es el causante directo de los cambios de la vegetación.

3) Uso y manejo de recursos.- En este tema se incluyen las especies utilizadas por el hombre (como combustible, material de construcción, fabricación de herramientas, plantas medicinales o rituales); así como también se trata de evaluar el impacto que tuvo el hombre sobre la vegetación y el ambiente en general; i.e. si los cambios en el ambiente (vegetación) son consecuencia de las actividades humanas (prácticas agrícolas, incendios, deforestación) (Salisbury y Jane, 1940; Dimbleby, 1961; Willcox, 1974; Minnis, 1978; Vernet, 1976, 1980; Western, 1982; Miksicek, 1984; Prior y Price-Williams, 1985; Smart y Hoffman, 1988; Pearsall, 1989; Marziani *et al*; 1991; February, 1992; Vernet y Figueiral, 1993; Figueiral, 1993; February, 1994; Miller, 1996).

Un tema de interés que al parecer ha sido poco desarrollado (por la escasez de trabajos que a la fecha existen) es el que se refiere a la reconstrucción de la historia natural de una especie en particular. Esto es, con la obtención de datos que permitan elucidar el área de distribución original y la

expansión posterior de una especie, se puede llegar a dilucidar si dicha especie era un elemento del paisaje natural o su presencia en el medio es resultado de la intervención humana (Figueiral, 1995).

Los temas mencionados se encuentran estrechamente relacionados entre sí, de tal forma que en la mayoría de los trabajos, se abarcan dos o tres temas a la vez. La diferencia radica en el énfasis que el autor le da a un tema sobre los otros. Por ejemplo, los estudios de Vernet (1976, 1980), Marziani y col. (1991), Vernet y Figueiral (1993) y Figueiral (1993) están enfocados a la reconstrucción de la vegetación, la evolución de la misma, la historia de las especies que la constituyen y los factores que permitieron su sobrevivencia durante los periodos en que el clima era adverso (e.g. la postglaciación), más que a esclarecer si los cambios obedecen a fenómenos naturales o a actividades humanas.

Aunque la mayoría de estos autores concuerda en que la madera carbonizada presente en los sitios arqueológicos es un buen indicador de las condiciones ambientales del pasado (la suposición que se asume es que los restos encontrados son parte de la madera que se utilizó como leña, la cual fue colectada por los pobladores en los alrededores del sitio y, por lo tanto, pueden reflejar la flora circundante), hay quienes discrepan con este planteamiento (Godwin y Tansley, 1941; Boyd, 1988; Dimpleby, 1975; Shackleton y Prins, 1992).

Las discrepancias giran en torno a la validez que tiene la suposición que se hace, ya que para que ésta se cumpla, las especies presentes en las concentraciones debieron colectarse: a) al azar, b) en relación directa a su disponibilidad y abundancia en el medio y c) que todas ellas tengan la misma probabilidad de conservarse en los sedimentos. Miksicek (1984) señala que la selección que el hombre hace de la madera que va utilizar como material de construcción, para producir sus herramientas o como combustible, está condicionada por tres factores: 1) la disponibilidad en el ambiente local; 2) las propiedades físicas que posee la madera (valor calórico, dureza, manejabilidad) y 3) las ideas determinadas culturalmente acerca de las propiedades de la madera para una función específica. Esto significa que en algunos casos, las

especies no serían colectadas al azar, sino en función de su valor como material o del papel cultural que juega en la comunidad. Más aún, si no se encuentran disponibles en los alrededores, tendrían que ser traídas de lugares lejanos. En este último caso tendríamos especies que no representan la flora local. Sin embargo, Minnis (1987) considera que el costo logístico del transporte de la madera es el determinante principal en la recolección de las maderas que se utilizan como combustible. Esto es, una cierta cantidad de madera -que posee un peso y tamaño determinado- tiene que ser transportada desde el lugar de recolección hasta el de utilización, lo cual, conlleva un costo. Por lo que las fuentes de recursos más cercanas al sitio tenderán a ser explotadas en primer término, aun cuando las especies presentes sean menos deseables como combustible que las que se encuentran en localidades más remotas.

Pero incluso suponiendo que las especies se colectaron al azar y en los alrededores, se ha visto que con mucha frecuencia no es posible demostrar si la presencia/ausencia de las especies se debe a su disponibilidad en el ambiente o a la selección preferencial que el hombre hace de ellas (Willcox, 1974; Dimpleby, 1978; Pearsall, 1989).

Por otro lado, se ha encontrado que la conservación de los fragmentos depende, entre otras cosas, de las características que presentan las maderas a las cuales pertenecen; i.e. es más probable que se conserve una madera que tenga alta gravedad específica y alto contenido de tálides, que la que no presenta estas características (Rossen y Olson, 1985). Además, existe una serie de factores que influyen sobre las condiciones de deposición; así como también en los procesos postdeposicionales que se dieron en el sitio. Por ejemplo, los fragmentos de carbón no son susceptibles al ataque de hongos o bacterias del suelo, pero son extremadamente sensibles al estrés mecánico o a situaciones de alta humedad (Levy, 1982; Schweingruber, 1990). Estos factores, en conjunto, conducen a una conservación diferencial de las especies en los contextos arqueológicos. Aunado a lo anterior, se tiene la forma en que se realiza la recuperación de los materiales durante la excavación, todo lo cual produce una muestra extremadamente pequeña que presenta un sesgo muy grande (Johannessen, 1988; Shackleton y Prins, 1992).

A pesar de esto, Smart y Hoffman (1988) -incluso reconociendo que las muestras son sesgadas- reiteran la idea de que el carbón es un buen indicador de condiciones ambientales ya que consideran que muchos de los factores mencionados en los párrafos anteriores, están más allá del control de los arqueólogos y de los paleoetnobotánicos. No obstante, es importante tratar de reconocerlos y entender cómo afectan a los datos. Es necesario señalar que algunos de estos factores se pueden controlar (e.g. el muestreo y las técnicas de recuperación en el sitio, las técnicas de muestreo usadas en el laboratorio y los métodos usados para la identificación), realizando una cuidadosa elección de las técnicas a seguir.

Con respecto a los métodos de estudio que se han empleado, se puede decir que no existe una estandarización de los mismos (de tal forma que cada autor plantea la investigación de acuerdo a sus necesidades y posibilidades); sin embargo, hay algunos puntos que bien vale la pena resaltar.

Un punto sin duda importante es el muestreo. Debido a que en muchas excavaciones se recuperan grandes cantidades de carbón, es prácticamente imposible trabajar todo el material, por lo que es necesario elegir submuestras que sean representativas de la muestra original. El muestreo se hará de acuerdo con las características que presenta dicha muestra; e.g. en el caso de que ésta sea muy pequeña, el submuestreo no es necesario. Otro punto, relacionado con el anterior, es el número de fragmentos que se van a analizar por muestra individual; éste depende del tipo de muestra y del número de muestras que se van a examinar. Sin embargo, el número que generalmente se maneja es de 20 fragmentos por muestra (Johannessen, 1988).

Las técnicas que se utilizan para preparar los fragmentos de madera carbonizada para su identificación, son tres: la de fraccionamiento (Koeppen, 1972; Lency y Casteel, 1975; Schoch, 1996); la de inclusión del material en resinas epóxicas (Smith y Gannon, 1973; Longo e Iannone, 1986; Ingersheim y Cichocki, 1996) y la utilizada para hacer observaciones en el microscopio electrónico de barrido (MEB) (Prior y Price-Williams, 1985; February, 1994). De éstas, la que generalmente se usa, por su sencillez, eficacia y bajo costo, es la de fraccionamiento. Sin embargo, en los últimos años, el empleo del MEB ha

ido en aumento, sobre todo por el alto poder de resolución que éste tiene y por la poca preparación que requiere este tipo de muestras para ser observadas en el mismo.

Los métodos de cuantificación son variables y responden (nuevamente) a las necesidades del investigador, al tipo de datos que se tienen y a la información que se quiere obtener de ellos. Los más empleados son los conteos absolutos, la ubicuidad y los índices de diversidad de los distintos taxa encontrados en el análisis.

En lo que la mayoría de los trabajos concuerdan es en la importancia de contar con una colección de referencia de maderas modernas carbonizadas, ya que ésta puede auxiliar en la identificación de los fragmentos, así como también, el tener acceso a estudios sobre la distribución geográfica actual de las especies, de sus requerimientos ecológicos y de los usos que éstas tienen entre la población; ya que serán de gran ayuda en la interpretación de los resultados.

### **3.3. La Madera Carbonizada y su Identificación**

La determinación de la identidad taxonómica de los fragmentos carbonizados, puede ser más difícil de hacer, que en el caso de la madera fresca. Esto se debe a que a pesar de que la combustión no destruye la estructura básica de la madera, sí provoca una serie de modificaciones que complican la observación de las características que son importantes para la determinación de su identidad. Por lo tanto, es necesario conocer cuáles son estas modificaciones y cómo afectan la tarea de la identificación.

1) Características macroscópicas.- En la madera fresca, las características que se pueden observar a simple vista o con una lupa de 10 x, como son: color, olor, sabor, lustre, textura, grano y dureza, se utilizan normalmente para la identificación. Sin embargo, en la madera carbonizada estos caracteres se pierden completamente (Rossen y Olson, 1985), por lo que no tienen ningún valor diagnóstico.

2) Volumen, peso y gravedad específica.- Aunque estas tres propiedades de la madera, en sí mismas no tienen valor taxonómico, la alteración

(disminución y pérdida) de las tres en conjunto, conducen a la deformación parcial de la microestructura y a cambios en las propiedades físico-mecánicas del carbón. La disminución en el volumen y la pérdida de peso pueden ser buenos indicadores de los tipos de maderas que tienen mayor probabilidad de sobrevivir intactas a la carbonización, así como también de conservarse en los contextos arqueológicos. En general, se ha observado que las maderas que presentan una alta reducción volumétrica y una pérdida de peso considerable, son más frágiles y quebradizas. Una alta gravedad específica y un alto contenido de inclusiones parecen ser los factores más importantes para una buena preservación (Rossen y Olson, 1985). Los experimentos realizados por Rossen y Olson (1985) muestran que la disminución del volumen está ubicada en un rango que va desde un 23 hasta un 60% y la pérdida de peso, entre 56 y 80%, esto dependiendo del tipo de madera. Schweingruber (1990) precisa que la pérdida entre el 70 y 80% de las sustancias de la madera, provoca una reducción en el plano longitudinal de entre el 13 y 17%; y en el plano radial-tangencial entre el 12 y 25%. Así también la pared celular se reduce entre 1/5-1/4 de su grosor original. La reducción, a pesar de que es uniforme en toda la madera, afecta particularmente el diámetro de las células y el número de poros por unidad de área. Se calcula que el incremento en la frecuencia de los vasos en un área conocida, es más del doble del número de poros presentes en una sección transversal de la madera sin carbonizar (February, 1994).

3) Características microscópicas: Porosidad.- De acuerdo con el patrón de arreglo que presentan los poros, las maderas se agrupan en: especies con porosidad anular, cuando hay una o más hileras de poros mucho más grandes en la madera temprana que los que se encuentran en la tardía; con porosidad semianular, cuando existe un decremento gradual en el tamaño de los poros de la madera temprana hacia la tardía, y con porosidad difusa cuando los poros tienen un tamaño y una distribución uniforme a lo largo del anillo de crecimiento. En la madera carbonizada, la porosidad permanece intacta, sin importar si es anular, difusa o semianular. Existen algunas especies que presentan patrones de porosidad característicos, e.g. el patrón ulmiforme, que las hace fácilmente distinguibles. Pero en la mayoría de los casos, ésta no se

puede considerar como una característica diagnóstica por sí sola (Rossen y Olson, 1985), aunque sí es de gran ayuda.

4) Características microscópicas: Parénquima axial.- El parénquima es un tejido compuesto de células de pared delgada, de forma isodiamétrica y con función de almacenamiento. Presenta distintos patrones de arreglo, los cuales son una característica muy importante para la identificación de la madera no carbonizada. En el caso de la madera carbonizada, sólo el parénquima marginal sobrevive el proceso de carbonización, lo cual hace muy complicada la identificación de las especies que no lo presentan (Rossen y Olson 1985).

5) Características microscópicas: Radios.- Los radios son líneas de células de parénquima, que se encargan de la conducción de sustancias, y que se extienden desde la médula hasta la corteza del árbol. El número, la distribución y el tamaño de los radios se mantienen después de la carbonización. El único problema que presentan es que en ciertos casos, éstos tienden a expandirse y dividirse durante la carbonización. Así, las especies que presentan radios de ancho medio, como *Platanus*, pueden ser confundidas, a primera vista, con los radios de *Quercus*, los cuales son muy anchos. Los radios, en la identificación de la madera carbonizada, adquieren una gran importancia, ya que son de mucha ayuda en las especies donde el parénquima se ha perdido por completo (Rossen y Olson, 1985)

6) Características microscópicas: Tilides y depósitos de gomas.- Los experimentos de carbonización muestran que las tilides no sólo sobreviven, sino que además adquieren un lustre brillante, que las hace ser más conspicuas y las distingue de los depósitos de goma, que no lo presentan (Rossen y Olson, 1985).

7) Características microscópicas: Maderas suaves.- En la madera de las gimnospermas, las características que se observan después de la carbonización son: los anillos de crecimiento, la transición de madera temprana a tardía (tanto la gradual como la abrupta), los canales de resina -aunque en algunos casos pueden desaparecer las células epiteliales que los rodean (Minnis, 1987)- y el ancho de los radios. Con estas características se pueden distinguir familias e incluso géneros, pero es extremadamente difícil distinguir las especies

(Rossen y Olson, 1985; Minnis, 1987).

8) Otras características.- En este apartado se mencionan otras modificaciones que pueden o no estar relacionadas con la carbonización, pero que es necesario considerarlas en la identificación del carbón. Una rápida combustión a altas temperaturas o una madera con gran contenido de humedad, puede producir fisuras que no corresponden con la estructura de la madera (Minnis, 1987; Schweingruber, 1990). Las raíces de las plantas frecuentemente penetran en los fragmentos de madera produciendo pequeños orificios que pueden confundirse con vasos o canales de resina. Sin embargo, un examen cuidadoso del patrón de los vasos y/o de los canales elimina la confusión.

Además, es importante recordar que existe variación en la anatomía de la madera. Esta puede presentarse, dentro de un árbol, entre la madera de las diferentes partes que lo constituyen (ramas, tronco, raíz) o entre árboles en distintos estados de desarrollo (juveniles, adultos), entre plantas procedentes de dos subpoblaciones geográficas diferentes, entre las que crecen en hábitats distintos y en las que están sometidas a estrés físico. Un ejemplo de esto es la presencia de canales traumáticos que se producen como respuesta a un daño, en un taxon que normalmente no los produce, como sería el caso de *Pseudotsuga* (Minnis, 1987).

Un último aspecto, es el tamaño del fragmento de carbón. Entre más pequeño sea este, más difícil será la identificación, ya que es posible que ciertas características, e.g. canales de resina, no estén presentes (Minnis, 1987; Smart y Hoffman, 1988).

Por todo esto, es evidente que los procedimientos que se siguen para hacer la identificación de la madera fresca, no pueden emplearse directamente en la que se encuentra carbonizada (Rossen y Olson, 1985), sino que deben de ser adecuados a las características que presentan las maderas carbonizadas. Incluso, ante esta situación, hay quienes opinan que la terminología propuesta por la IAWA, no puede ser utilizada para caracterizar maderas arqueológicas (Prior y Price-Williams, 1985).

## IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1. Ubicación Geográfica

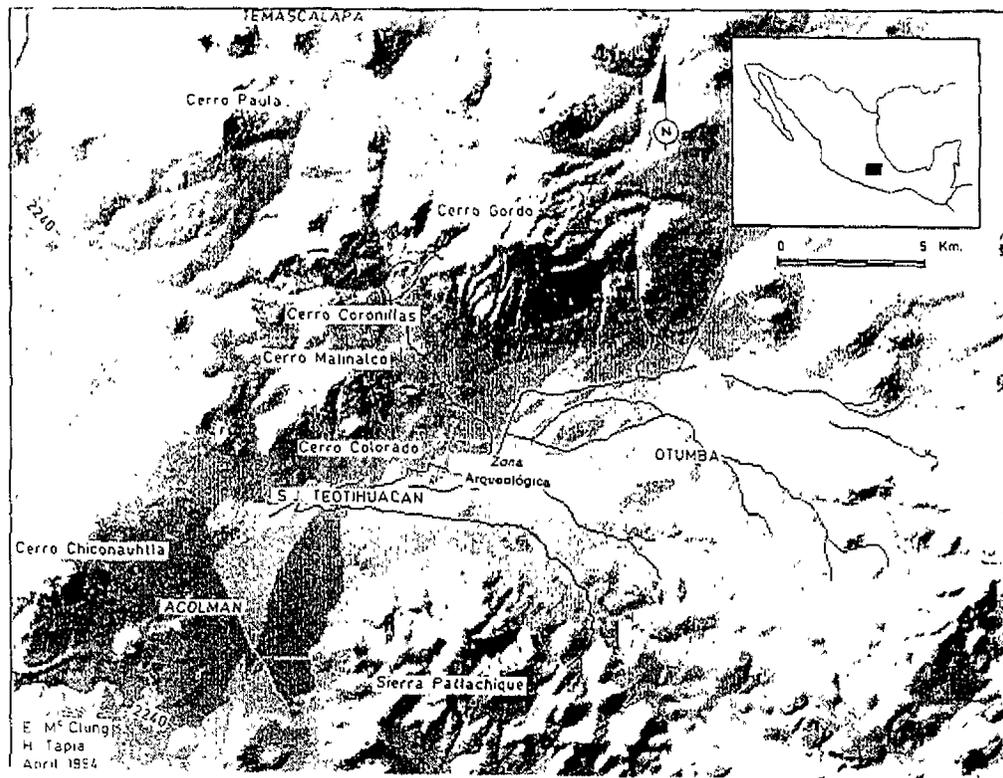
La región de Teotihuacan se localiza en la porción septentrional de la Cuenca de México a 19°34' N y 99°40' O; a una altitud comprendida entre 2240 y 3100 msnm, sobre el llamado Eje Neovolcánico Transversal. Al sur-sureste se encuentra delimitado por la Sierra Patlachique, al noreste por la llanura de Teapulco-Apan y al suroeste por la planicie de Texcoco. Para fines de esta investigación, la delimitación y el área total de la zona de estudio, será la que definieron McClung y Tapia Recillas (1997); la cual incluye una franja al norte de Cerro Gordo, fuera de la cuenca hidrológica del río San Juan. El límite norte abarca una parte de la región de Temascalapa, cubriendo así una extensión aproximada de 900 km<sup>2</sup> (MAPA # 1).

### 4.2. Geología

Los cerros que se encuentran en la región son de origen volcánico; se formaron durante el Terciario medio (Mioceno, Plioceno) y el Cuaternario (Plio-Pleistoceno y Pleistoceno). Su composición es variable incluyendo desde obsidiasnas hasta basaltos. Las formaciones miocénicas, como el cerro Malinalco y las elevaciones al este de Xometla, son elementos que se encuentran muy erosionados. El cerro Gordo es de edad intermedia; se originó durante el Plio-Pleistoceno. Constituye un estrato volcán andesítico-basáltico, formado por lavas y escorias *interestratificadas* el cual presenta, en sus laderas, abanicos aluviales bien desarrollados, mientras que el cerro Patlachique, un domo de lavas ácidas latíticas, y el Cerro Sotoltepec, un estrato-volcán, son de origen Pliocénico; los cerros pequeños (conos escoriáceos), las lavas sobre las que se encuentran las pirámides y el malpaís al oriente de Otumba son del Cuaternario (Mooser, 1968).

### 4.3. Tipos de Suelo

Los principales tipos de suelos que se presentan en la región de Teotihuacan son cuatro: los feozems (40%) formados a partir de depósitos no



Mapa # 1. Ubicación de la región de Teotihuacan

consolidados, incluyendo los de aluvión; los vertisoles (16%) desarrollados a partir de depósitos superficiales como el aluvión y los sedimentos lacustres o por la intemperización progresiva de roca subyacente como basalto o ceniza volcánica; los cambisoles (13%) también formados por depósitos no consolidados y los leptosoles (13.5%), suelos de muy poca profundidad que se encuentran sobre roca (McClung y Tapia-Recillas, 1997).

#### **4.4. Hidrografía**

En esta región, la hidrografía es muy pobre; la mayor parte de las corrientes son estacionales; la lluvia que cae en las partes más altas, fluye a través de tres ríos principales: el San Juan, el Huixulco y el San Lorenzo. A su paso -y como consecuencia de la alta permeabilidad que presentan los basaltos cuaternarios- una gran cantidad de esta agua se infiltra en el suelo, dando origen a una serie de manantiales que afloran en distintas partes de la zona (Mooser, 1968).

#### **4.5. Clima**

El clima de la región es templado semiseco (BS) en la planicie y subhúmedo templado (CW) en las elevaciones de los alrededores, por lo que se le considera como una zona de transición entre climas secos y subhúmedos, lo cual la hace susceptible a ser afectada muy fuertemente por los cambios climáticos. Presenta una temperatura media anual de 12° a 18°C por debajo de los 2800 msnm y de 5° a 15°C entre 2800-3100 msnm, con verano fresco y una precipitación anual entre 500 y 600 mm. Entre el 80% y 90% de la precipitación anual se presenta entre los meses de mayo a octubre, y se encuentra condicionada por la barrera que forma la Sierra Madre Oriental y el efecto de sombra orográfica de la Sierra de Pachuca, la cual afecta la zona norte de la cuenca de México. Según el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García, el clima es BS<sub>1</sub> k' w (w) (i) g y C (W<sub>0</sub>) b (e) g (García, 1968; 1974).

#### 4.6. Vegetación

De acuerdo con el trabajo de Castilla y Tejero (1983), los tipos de vegetación presentes en la región son los siguientes:

**a) Bosque de encinos** (*Quercus* spp.).- Es una comunidad muy pequeña y restringida a la ladera norte del Cerro Gordo; va desde la cota altitudinal de 2800 hasta 3050 msnm, extendiéndose hasta el pico vecino llamado Cerro Palo Huérfano. Los árboles presentan una altura de 3 a 5 m, forman un bosque denso y se desarrollan sobre cambisoles de tipo húmico. Está dominado en su estrato arbóreo por ***Quercus crassipes***<sup>1</sup>, ***Quercus greggii*** y ***Quercus mexicana***. El sotobosque está dominado por los arbustos ***Ribes affine***, ***Rhamnus serrata***, ***Salvia elegans***, ***Senecio angulifolius***, ***S. Barba-johannis***, ***Symphoricarpos microphyllus*** y en lugares perturbados ***Archibaccharis sescenticeps***. En el estrato herbáceo se encuentran *Alchemilla procumbens*, *Asplenium monanthes*, *Cheilanthes lendigera*, *Didymaea alsinoides*, *Eupatorium pazcuarense*, *Geranium* spp., *Solanum* spp. Además de las especies mencionadas también son características las siguientes: ***Arbutus glandulosa***, ***Brachypodium mexicanum***, ***Buddleia parviflora***, ***Corallorhiza maculata***, ***Dahlia*** spp., ***Eupatorium rubricaulis***, ***Euphorbia furcillata***, ***Manfreda brachystachys***, ***Senecio sinuatus***, ***Thalictrum strigillosum*** y ***Arctostaphylos pungens***. Los autores sugieren que ésta comunidad en el pasado pudo ocupar un área mayor, al menos hasta la cota de distribución actual del matorral de encinos; esto debido a que en la ladera sur se encuentran algunos árboles de encino muy dispersos; además de que existe un manchón en la cúspide del Cerro Tompiate a 2700 msnm y en la ladera norte del Cerro Gordo, los encinos llegan a bajar por las cañadas hasta, aproximadamente, los 2500 msnm.

**b) Matorral de encino** (*Quercus microphylla*).- Esta asociación se desarrolla, entre el bosque de encinos y el matorral xerófilo, en una franja altitudinal que va de los 2850 a los 3000 msnm en la ladera sur y de 2700 a 2800 msnm en la ladera norte del Cerro Gordo. Hacia el poniente se extiende hasta el Cerro Tompiate, principalmente del lado norte bajando hasta los 2650 msnm. Crece sobre suelos someros líticos con feozem háplico; se encuentra

<sup>1</sup> Las negritas indican las especies leñosas presentes en la zona.

dominado por *Quercus microphylla*, un arbusto de hoja caduca, que mide entre 40 y 80 cm y que se reproduce vegetativamente por medio de rizomas, lo cual permite que se forme un conjunto cerrado. En su parte más densa convive con *Dalea minutifolia* y con otras especies herbáceas como *Acourtia hebeclada*, *Euphorbia macropus*, *Galium* spp., y *Lamourouxia multifida*, entre otras. En los claros se presentan otros arbustos como *Baccharis conferta*, *Eupatorium glabratum* y en pastizal *Senecio salignus*. Debido a que, en general, su distribución geográfica sigue la de los bosques de *Quercus* y *Pinus*, se ha sugerido que este matorral sustituye a estos bosques por efecto de incendios repetidos (Rzedowski *et al*; 1964); aunque Castilla y Tejero (1983) mencionan que su presencia en la región también podría deberse a la tala del bosque de encino. Entre las herbáceas más conspicuas se observa a *Ceanothus coeruleus*, *Cirsium subuliforme*, *Gentiana spathacea*, *Lithospermum strictum*, *Lupinus verniceus*, *Senecio peltiferus*, *Stipa ichu* y *Verbesina virgata*.

**c) Matorral xerófilo** (*Opuntia*, *Zaluzania* y *Mimosa*).- Es el tipo de vegetación más característico de la región y, por lo tanto, el que más extensión ocupa, presentándose en los terrenos accidentados, lomeríos y cerros hasta -aproximadamente- la cota altitudinal de 2750 m. Aunque fisonómicamente se encuentra dominado por formas arbustivas (arbustos más o menos espaciados, de 1-3 m de alto), desde el punto de vista florístico, el número de especies herbáceas es mayor. Las especies características de esta vegetación, y que presentan mayor distribución, son *Opuntia streptacantha*, *Zaluzania augusta* y *Mimosa biuncifera*. Sin embargo, dependiendo del suelo, la orientación y el grado de perturbación (o recuperación), se distinguen ocho diferentes asociaciones. En las cuales se pueden observar, entre otras especies, *Senecio praecox*, *Acacia schaffneri*, *Loeselia mexicana*, *Eupatorium espinosarum*, *E. petiolare*, *Eysenhardtia polystachya*, *Gymnosperma glutinosum*, *Agave* sp., *Yucca filifera*, *Schinus molle*, *Brickellia veronicifolia*, *Notholaena aurea*, *Adolphia infesta*, *Buchloe dactyloides*, *Baccharis salicifolia*, *Agrostis semiverticillata*, *Bouvardia longiflora*, *Commelina difusa*, *Cylindropuntia x pallida*, *Drymaria glandulosa*, *Gnaphalium rosaceum*, *Ipomoea stans*, *Oxalis alpina*, *Salvia polystachya*, *Solanum cervantesii*, *Stevia serrata*, *S.*

*purpusii*, *Verbena menthaefolia*, *Plumbago pulchella*, *Agrostis semiverticillata*, *Ipomoea stans*, *Tillandsia recurvata* y *Oxalis alpina*. También se presentan, aunque escasamente, *Prosopis laevigata* y *Tecoma stans*.

**d) Pastizal.**- En la zona es una comunidad poco extendida y muy mezclada con el matorral xerófilo, el matorral de encino o el matorral de *Senecio salignus* y *Baccharis conferta*; lo cual hace que en la práctica sea difícil de delimitar cada uno de los tipos como comunidades separadas. Se ubica en sitios de menor pendiente como los abanicos aluviales, lomeríos y valles situados entre 2400 y 3050 msnm. Se pueden diferenciar dos tipos de pastizal: 1) el de *Buchloe dactyloides* con *Hilaria cenchroides* y/o *Buteloua gracilis*, fuertemente influenciado por los matorrales y 2) el zacatonal de *Stipa ichu*. Este último ocupa la menor área, situándose en la ladera sureste de algunas cañadas de la vertiente norte de Cerro Gordo, alrededor de los 3000 msnm. Si el zacatonal limita con el bosque de encino, no hay especies acompañantes, ya que prácticamente no existen espacios libres; en cambio, cuando el bosque ha sido perturbado, el zacatonal se mezcla con el matorral de encino, con sus especies acompañantes e incluso con manchones de *Nolina parviflora*.

El pastizal de *Buchloe dactyloides* es más extenso, y al parecer se desarrolla una vez que las parcelas de cultivo han sido abandonadas y las malezas han declinado; se supone que es una fase intermedia entre el cultivo y el restablecimiento de la vegetación climax.

La fisonomía de este pastizal está marcada por la presencia de gramíneas y formas gramínoideas, mezcladas con árboles y arbustos dispersos. Florísticamente está dominado por especies propias de ambientes secos. Se pueden diferenciar dos formas de este pastizal (de acuerdo con el tipo de especies acompañantes y/o la abundancia de las mismas): uno que crece en las partes bajas hasta el límite del matorral y el bosque de encino y el otro localizado en las partes altas. Algunas de las especies presentes son: *Acacia schaffneri*, *Opuntia streptacantha*, *Schinus molle*, *Quercus spp.*, *Adolphia infesta*, *Bouvardia ternifolia*, *Baccharis conferta*, *Eupatorium espinosarum*, *E. glabratum*, *Gymnosperma glutinosum*, *Haplopappus*

*venetus*, *Quercus microphylla*, *Senecio salignus*, *Agave sp.*, *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Coryphanta connivens*, *Arenaria lycopodioides*, *Asclepias pringlei*, *Cirsium subuliforme*, *Commelina alpestris*, *Melampodium spp.*, *Drymaria arenarioides*, *Piqueria trinervia*, *Polygala compacta*, *Sanvitalia procumbens*, *Oenothera spp.*, *Oxalis corniculata*, *Ranunculus dichotomus*, *Salvia postrata*, *Verbena ciliata*, *Stevia serrata* y *Taraxacum officinale*.

**e) Vegetación hidrófila.**- Es una comunidad que se hace evidente sólo durante la época de lluvias, o en sistemas artificiales como son las represas, zanjas para riego, aljibes y jagüeyes; naturalmente se ubica en los remansos de las avenidas y en los sitios inundables. Esto ocurre entre los 2290 y 2500 msnm. Entre las especies presentes se encuentran: *Zannichellia palustris*, *Limosella aquatica*, *Eleocharis spp.*, *Lilaea subulata*, *Veronica peregrina*, *Juncus mexicana*, *Bidens spp.*, *Desmodium spp.*, *Polygonum mexicanum*, *P. aviculare*, *Datura ceratocaula*, *Marsilea mexicana*, *Lemna minima*, *L. gibba*, *Chloris submutica* y *Eleocharis dombeyana*.

**f) Vegetación antropógena.**- Son asociaciones de plantas arvenses y ruderales que se desarrollan como consecuencia de las actividades humanas (e.g. la agricultura) y por lo tanto es vegetación secundaria. Se divide en tres tipos:

1) Agrícola y arvense. Comprende plantas cultivadas como la tuna blanca (*Opuntia amyclaea*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays*), la alfalfa (*Medicago sativa*), el maguey (*Agave spp.*), las especies presentes en los huertos familiares y las arvenses asociadas como son ***Montanoa tomentosa***, *Salvia polystachya*, *Solanum rostratum*, *Tithonia tubaeformis*, *Simsia amplexicaulis*, *Bouvardia ternifolia*, *Amaranthus hybridus*, *Bidens odorata*, *Brassica campestris*, *Dyssodia papposa*, *Eruca sativa*, *Lopezia racemosa*, *Parthenium bipinnatifidum*, *Anoda cristata*, *Cyperus esculentus*, *Euphorbia dentata*, *Oxalis lunulata*, *Paspalum distichum*, *Marrubium vulgare*, *Paspalum distichum*, *Chloris submutica*, *Opuntia heliabravoana*, *Physalis sordida* y *Acalypha phleoides*, entre otras.

2) Ruderal. En ésta se consideran las plantas que crecen a la orilla de las carreteras pavimentadas y a los lados de las terracerías y brechas. Las especies

más frecuentes son *Parthenium bipinnatifidum*, *Salvia hirsuta*, *Bidens odorata*, *Medicago polymorpha* var. *vulgaris*, *Erodium cicutarium*, *Lopezia racemosa*, *Astragalus micranthus*, *Cosmos bipinnatus*, *Dalea obovatifolia*, *Eleusine tristachya*, *Eruca sativa*, *Lycurus phleoides*, *Melilotus indicus*, *Mirabilis jalapa*, *Nama undulatum*, *Oxalis corniculata* y *Verbena ciliata*.

3) Bancos de material de brecha volcánica. De estos lugares se extrae el tezontle y se abandonan más tarde. Entre las plantas que crecen ahí están *Argemone platyceras*, ***Buddleia cordata***, *B. sessiliflora*, *Datura stramonium*, ***Jatropha dioica***, *Mirabilis jalapa*, ***Nicotiana glauca***, *Opuntia streptacantha*, *Physalis chenopodiifolia*, *Phytolaca icosandra*, *Solanum cervantesii*, *Tridax coronopifolia* y *Verbena menthaefolia*.

## V. OBJETIVOS

### **Objetivo General:**

Contribuir al conocimiento de la paleoflora del valle de Teotihuacan.

### **Objetivos Particulares:**

Identificar los taxa presentes en la madera carbonizada de las muestras procedentes de contextos arqueológicos y elaborar un catálogo de las especies identificadas en la madera carbonizada.

Describir los cambios en la composición florística actual del valle de Teotihuacan, con respecto a la que se encontraba presente durante las ocupaciones prehispánicas.

Determinar las posibles relaciones entre los cambios en la vegetación y las actividades humanas desarrolladas en el pasado.

## VI. MATERIAL Y MÉTODO

### 6.1. Procedencia de las muestras

En este estudio, no se realizó trabajo de campo para la toma de muestras, se utilizaron materiales que se encontraban catalogados en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM. Como el interés central de esta investigación era reconstruir la vegetación y ver los cambios que ésta ha tenido a través del tiempo, se planteó la necesidad de utilizar evidencias que pertenecieran a distintas épocas. Tal como se señaló, el periodo de ocupación teotihuacana de interés es el Clásico, el cual fue dividido, por Millon (McClung, 1979), en cinco fases cronológicas: Tzacualli (1-150 d.C.), Miccaotli (150-200 d.C.), Tlamimilolpa (200-400 d.C.), Xolalpan (400-650 d.C.) y Metepec (650-750 d.C.). Recientemente, la cronología ha sufrido algunas modificaciones en lo referente a la duración de las fases. Cowgill (1996) sugiere ajustar las fases a las siguientes fechas: Tzacualli 0-200 d.C., Miccaotli 200-250 d.C., Tlamimilolpa 250-350 d.C., Xolalpan 350-550 d.C. y Metepec 550-650 d.C.

Las excavaciones de las cuales provienen las muestras fueron hechas, en la década de los sesenta, como parte del "Proyecto Mapa de Teotihuacan", que estuvo a cargo del Dr. René Millon de la Universidad de Rochester. El objetivo principal de este proyecto era preparar un mapa detallado de la ciudad; para lo cual se realizó un recorrido de superficie intensivo por todo el centro urbano y una serie de excavaciones en pequeña escala. Cada excavación consistió de un pozo estratigráfico y, en casi todas, se recuperó tierra para flotación y/o material carbonizado encontrado *in situ*. En total se hicieron 26 pozos estratigráficos en distintos lugares de la ciudad y se obtuvieron más de 1000 muestras.

Las razones por las cuales se eligió trabajar con estas excavaciones, son las siguientes:

- 1) Debido a que las muestras tomadas son de dos tipos: tierra para flotación y fragmentos de carbón recolectados *in situ*, lo cual provee de material botánico suficiente y adecuado para la identificación.

2) Porque para la mayor parte de estas excavaciones existe el registro de los contextos y de la secuencia cronológica de las capas reconocidas en cada pozo; por lo que, en las muestras, están representadas las fases de la ocupación urbana durante el Clásico.

3) Para continuar con el análisis, que se ha venido realizando a lo largo de estos años, de los macrorrestos recuperados en estas excavaciones.

## **6.2. Selección de Muestras**

De un total de casi 1000 muestras se eligieron, en dos submuestreos subsecuentes, 100 muestras para el análisis. La primera selección se hizo con base en los siguientes criterios:

- a) Que contaran con datos completos (excavación, contexto, fase);
- b) Que fueran muestras que presentaran fragmentos de carbón con un tamaño mayor a 5 mm. Esto se estableció así, porque los fragmentos menores a este tamaño son poco manejables, además de que algunas de las características que son importantes para la identificación, podrían no estar presentes.

Para la segunda selección, las muestras se agruparon de acuerdo al contexto del cual provenían (fogones, rellenos y pisos) y por fase (Tzacualli, Tlamimilolpa, etc.). Originalmente se pensó en elegir, al azar, un número determinado de muestras de cada fase por contexto. Sin embargo, surgieron dos inconvenientes. Por un lado, la fase Miccaotli no estaba representada y por otro, el único contexto en el que se presentaban todas las fases, eran los rellenos. Se decidió no tomar en cuenta la fase Miccaotli en el análisis y trabajar sólo con muestras de relleno, lo cual, limitaría la información acerca del uso específico de ciertas maderas, pero permitiría observar la secuencia completa de cambio en las especies. Finalmente, de cada fase se eligieron 25 muestras para hacer un total de 100.

### **6.2.1 Número de fragmentos por muestra**

Se analizaron 20 fragmentos de carbón por muestra, los cuales se eligieron al azar, utilizando una cuadrícula y una tabla de números aleatorios.

En los casos en que el número de fragmentos fuera menor al establecido, se examinaron todos los que contenía la muestra.

### **6.3. Preparación de Muestras**

Para observar las características anatómicas que presentaban los fragmentos, se utilizó la técnica de fraccionamiento (Leney y Casteel, 1975). La técnica consiste en quebrar o fraccionar, ya sea manualmente o con ayuda de una navaja de rasurar, el fragmento en sentido transversal y/o longitudinal. De esta forma, el carbón se quebrará limpiamente, produciendo una superficie lisa y clara, que permite la observación de las características anatómicas. A cada fragmento se le hicieron los tres cortes convencionales (transversal, longitudinal tangencial y longitudinal radial), se montó en un portaobjetos sobre un trozo de plastilina y se observó bajo el microscopio estereoscópico con luz incidente. De cada muestra se registró el número de fragmentos revisados, los diferentes tipos de maderas presentes y las características que se distinguieron en el microscopio estereoscópico. A cada tipo diferente de madera, se le asignó un número progresivo de identificación y se tomó una fotografía de la superficie transversal. Los fragmentos se agruparon de acuerdo con las características de similitud que presentaban.

Con base en esta información, se prepararon las muestras que se examinaron en el microscopio electrónico de barrido (MEB). Un ejemplar de cada tipo diferente, se montó en un portamuestras, utilizando cinta con doble adhesivo de carbón y se cubrió con una capa fina de oro. De cada muestra observada, se obtuvieron fotografías de los tres planos, empleando película ILFORD PAN F plus ASA 50.

Las características registradas en las fotografías, junto con las obtenidas del microscopio estereoscópico, se pasaron a una cédula de identificación, y con estos datos se elaboraron las descripciones de los tipos. La cuantificación de las características se hizo en las fotografías impresas. En el corte transversal se midió el diámetro tangencial de los vasos, el número de poros por  $\text{mm}^2$  y el número de radios por mm. En el corte tangencial, se midió la longitud de los elementos de vaso y de los radios; y en el radial, se midió el diámetro de las

punteaduras intervasculares y el de las fibras.

Es importante señalar que las medidas de la longitud de los elementos de vaso se consideraron muy cuidadosamente y con reserva, ya que se pueden subestimar, debido al solapamiento de las lúgulas.

#### **6.4. Método de Identificación**

La determinación de los taxa se hizo por comparación de las características descritas en las cédulas de identificación de cada tipo, con las reportadas en la literatura especializada (Panshin y De Zeeuw, 1970; Barajas y Echenique, 1976; 1979; Barajas, 1980; Minnis, 1987; Schweingruber, 1990; Aguilar, 1996; Barajas, Angeles y Solís, 1997). Se cotejaron las medidas de los elementos, se revisó la descripción y las figuras; se tomó nota de las características que no concordaban, se elaboraron tablas de comparación para cada tipo y, con base en esta información, se decidió si la identificación era o no correcta. Para confirmar o descartar la identificación, se comparó con laminillas de la colección de referencia de la Xiloteca del Instituto de Biología de la UNAM y con los ejemplares obtenidos de los experimentos de carbonización.

#### **6.5. Experimentos de Carbonización**

Como complemento de la investigación, se llevaron a cabo dos experimentos de carbonización. El objetivo era, por un lado, observar las alteraciones que sufre la estructura de la madera como consecuencia de la carbonización y por el otro, empezar a formar una colección de referencia como apoyo para la identificación de las muestras de carbón.

Las especies -11 de angiospermas y dos de gimnospermas- utilizadas en los experimentos fueron proporcionadas (identificadas y en forma de tablillas de xiloteca), por el laboratorio de anatomía de maderas del Instituto de Biología de la UNAM. Las tablillas se obtuvieron del tronco principal de cada una de las especies. La técnica que se utilizó para carbonizar la madera, es la reportada por Pearsall (1989), la cual consiste en lo siguiente:

1. - Precalentar la mufla a 400°C.

2. - Envolver el material en hojas de papel aluminio.
3. - Colocar el material envuelto en la mufla de acuerdo a su tamaño.
4. - Carbonizar los bloques por espacio de 30 a 60 min, dependiendo de la madera o hasta que la emisión de humo haya cesado. Apagar.
5. - Sacar las muestras y dejarlas enfriar completamente.

Las muestras se dejaron enfriar en el interior de la mufla, con el fin de evitar que los bloques se quebraran. Todas las muestras se pesaron y se midieron antes y después de la carbonización.

Un fragmento de cada especie se observó en MEB, siguiendo el procedimiento antes descrito (ver preparación de muestras).

## 6.6 CUANTIFICACIÓN

Para hacer la cuantificación de los fragmentos de carbón se utilizaron dos métodos: los conteos absolutos y la ubicuidad.

Los conteos absolutos se hicieron registrando el número total de fragmentos de cada taxon identificado, por excavación y por fase cronológica.

La ubicuidad, o análisis de presencia de los taxa, se puede definir como el número (o proporción) de muestras en las que aparece un taxon determinado. Se considera que el taxon está presente, si la muestra contiene 1 ó 100 fragmentos de ese taxon; en ambos casos se le da el mismo peso a 1 que a 100. El valor de la frecuencia de un taxon, es el número de muestras en las que dicho taxon está presente, y se expresa como un porcentaje del número total de muestras en las que el taxon aparece. Una característica importante de la ubicuidad es que el valor de un taxon, no afecta (o influye) el valor de otro; y por consiguiente los valores de los distintos taxa pueden ser evaluados independientemente. Es necesario subrayar que los valores de ubicuidad no pueden ser utilizados para comparar directamente la importancia absoluta de los diferentes taxa. Sin embargo, estos valores pueden proporcionar información sobre la importancia relativa de los taxa. El análisis de presencia es útil, dentro de sus limitaciones, para mostrar tendencias generales y dado que evalúa la frecuencia de ocurrencia, más que la abundancia, reduce -

aunque no elimina- los efectos producidos por las diferencias en la conservación y en el muestro (Popper, 1988).

Los valores de ubicuidad se calcularon para cada taxon de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$U = n/N \times 100$$

donde:

n= número de muestras en que aparece un determinado taxon

N= número total de muestras por fase

## VII. RESULTADOS

Se analizaron 100 muestras de madera carbonizada proveniente de rellenos y pisos de la secuencia cronológica correspondiente al periodo Clásico en Teotihuacan. El material estudiado representa 14 de las 26 excavaciones originales del proyecto Mapa de Teotihuacan. Una breve descripción de cada una de estas excavaciones, se presenta en el Apéndice I.

En total se examinaron 1479 fragmentos de carbón. Se obtuvieron 26 tipos diferentes de maderas, de acuerdo con las características de semejanza que presentaban bajo el microscopio estereoscópico y el MEB. Las características que se diferenciaron en cada uno de los microscopios se muestran en el Cuadro 1. Con base en estos atributos, se hicieron las descripciones de cada uno de los tipos definidos (Ver descripciones).

**CUADRO 1.** Características estructurales de la madera distinguidas en el microscopio estereoscópico y en MEB.

MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)
Porosidad y arreglo de poros	Porosidad y arreglo de poros
Elementos de vaso	Forma del poro, n° de poros por mm <sup>2</sup> , diámetro tangencial
Punteaduras intervasculares, engrosamientos en espiral	Elementos de vaso (longitud promedio)*
Tipo placa de perforación	Punteaduras intervasculares, engrosamientos en espiral
Inclusiones (Tilides)	Tipo placa de perforación
Parénquima axial marginal*	Inclusiones (Tilides)
Radios (uniseriados, multiseriados))	Parénquima axial*
Tipo de radios*	Radios (uniseriados, biseriados), n° de radios por mm, longitud promedio
Anillos de crecimiento	Tipo de radios (homogéneos, heterogéneos), tipo de células
Canales de resina y/o traumáticos	Tipo de fibras
	Anillos de crecimiento
	Canales de resina, traumáticos y de gomas
	Puntuaciones en campo de cruce

\* Estas características sólo se observaron en algunos casos.

Siguiendo la metodología propuesta, se identificaron 16 géneros pertenecientes a 13 familias; también se registró la presencia de una monocotiledónea (de la cual no se logró identificar la familia a la que pertenece) y de siete tipos no identificados. En las Tablas I-XIII se muestran las comparaciones hechas entre las características de los tipos diferenciados y las de las especies de la colección de referencia con las que se identificaron. A continuación se enlistan los géneros identificados, por orden alfabético de la familia a la que pertenecen:

### 7.1 LISTA DE TAXA IDENTIFICADOS

#### ANACARDIACEAE

*Astronium graveolens* Jacq.

#### POACEAE

*Zea mays* L.

#### ASTERACEAE

*Baccharis* spp.

#### LOGANIACEAE

*Buddleia* cf. *parviflora* HBK.

#### BERBERIDACEAE

*Berberis* sp.

#### OLEACEAE

*Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsheim

#### BETULACEAE

*Alnus* sp.

*Alnus* cf. *lorullensis* HBK.

*Carpinus caroliniana* Walt.

#### PINACEAE

*Abies religiosa* (HBK.) Cham. & Schl.

*Pinus* spp.

#### CORNACEAE

*Cornus* cf. *disciflora* DC.

#### ROSACEAE

*Crataegus* cf. *pubescens* (HBK.) Steud.

*Prunus* cf. *serotina* ssp. *capuli* (Cav.)

McVaugh

#### CUPRESSACEAE

*Juniperus* cf. *deppeana* Steud.

#### SALICACEAE

*Salix* spp.

#### FAGACEAE

*Quercus* spp

#### SYMPLOCACEAE

*Symplocos* cf. *pronophylla* Hemsl.

Los resultados de los experimentos de carbonización practicado a la madera de once especies de angiospermas y dos de gimnospermas, están contenidos en la Tabla XIV, que se refiere a la pérdida de peso y tamaño de los bloques, y en la Tabla XV, en la cual se reportan algunas de las características observadas en MEB.

La distribución de los taxa identificados en cada una de las fases cronológicas se indica en la Tabla XVI.

En la Tabla XVII se presentan los conteos absolutos de los fragmentos de cada taxon identificado, por fase cronológica y excavación.

La Tabla XVIII muestra los valores de ubicuidad calculados para cada uno de los géneros en cada fase; en las gráficas 1-4 se representan dichos valores.

De cada uno de los tipos identificados, se presentan cuatro microfotografías: dos de corte transversal (x), una de corte tangencial (t) y una de corte radial (r) -ver descripciones-.

## 7.2. Tablas comparativas

**TABLA I. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Tapirira mexicana* Marchand. *Astronium graveolens* Jacq. vs. Tipo 20**

CARACTERÍSTICAS	<i>Tapirira</i> *	Tipo 20	<i>Astronium</i> **
POROSIDAD	Difusa a semianular	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Principalmente solitarios y grupos 2; algunos 3	Principalmente solitarios; algunos grupos 2-3	Solitarios; algunos grupos en cadenas 2-4
FORMA DEL PORO	Ovalados o redondos	Redondos	No se reporta
ABUNDANCIA	8/mm <sup>2</sup>	18/mm <sup>2</sup>	9/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	118 µm	132 µm	78-180 µm (140 µm)
PLATINA DE PERFORACION	Simple	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	496 µm	260 µm	424 µm (286-491 µm)
PUNTEADURAS	Alternas (8 µm)	Alternas (4 µm)	Alternas (7 µm)
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal escaso y vasicéntrico (5-7 células)	Paratraqueal escaso y marginal (2 células)	Paratraqueal escaso (algunas veces marginal)
RADIOS	Principalmente triseriados; biseriados, multiseriados. Canales intercelulares (21-24 µm)	Uniseriados y biseriados. Canales intercelulares (36 µm)	Abundantes uniseriados, escasos multiseriados. Canales intercelulares (65 µm)
ABUNDANCIA	7/mm	11/mm	7/mm
TIPO	Heterogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en cuerpo, erectas o cuadradas en márgenes. Presencia de cristales y taninos	Procumbentes en cuerpo; cuadradas en márgenes	Procumbentes en cuerpo; 1-2 hileras de erectas en márgenes. Gomas rojizas y cristales
ALTURA	Muy cortos (329 µm)	275µm	455 µm
FIBRAS	Libriiformes septadas	Libriiformes	No se reporta
PUNTEADURAS	Simple	Simple (5 µm)	No se reporta
TAMAÑO	Medianas (1287 µm)	No se observó	No se reporta
GROSOR DE PARED	Gruesas (2.3 µm)	No se observó	No se reporta
DIÁMETRO TANG.	21 µm	19 µm	No se reporta

\* (Barajas *et al*; 1997)

\*\* (Kribs, 1968)

**TABLA II. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Baccharis conferta* HBK. Vs. Tipo 5-17 y 22**

CARACTERÍSTICAS	<i>Baccharis conferta</i> *	Tipo 5-17	Tipo 22
POROSIDAD	Difusa a semianular	Difusa a semianular	Difusa
ARREGLO VASOS	En cadenas diagonales (dendritico)	En cadenas diagonales, algunos solitarios y en racimos 2-3	En cadenas radiales, con tendencia diagonal
FORMA DEL PORO	Ovalados	Ovalados a ligeramente angulosos	Ovalados a ligeramente angulosos
ABUNDANCIA	110/mm <sup>2</sup>	135/mm <sup>2</sup>	85/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	41 µm	37 µm	37 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	146 µm	210 µm	212 µm
PUNTEADURAS	Alternas; engrosamientos en espiral	Alternas (4 µm); engrosamientos en espiral	Alternas(4 µm); engrosamientos en espiral
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal	Paratraqueal escaso	Paratraqueal escaso
RADIOS	Principalmente biseriados, además uniseriados y triseriados	Principalmente biseriados y algunos uniseriados	Principalmente Biseriados, uniseriados; algunos triseriados
ABUNDANCIA	8/mm	14/mm	12/mm
TIPO	Heterogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en el cuerpo; 1 hilera de cuadradas a erectas en márgenes	Procumbentes algunas más cuadradas en el cuerpo; 1-2 hileras de erectas en márgenes	Procumbentes algunas más cuadradas en el cuerpo; 1-2 hileras de erectas en extremos
ALTURA	304 µm	219 µm	322 µm
FIBRAS	Libriformes	Libriformes	Libriformes
PUNTEADURAS	Simples	Simples (1 µm)	Simples (1 µm)
TAMAÑO	No se obtuvo	No se observó	No se observó
GROSOR DE PARED	No se obtuvo	No se observó	No se observó
DIÁMETRO TANG.	No se obtuvo	4 µm	6 µm

\*Colección de referencia

**TABLA III. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Berberis quinquefolia* vs. Tipo 23**

CARACTERÍSTICAS	<i>Berberis quinquefolia</i> *	Tipo 23
POROSIDAD	Difusa	Anular
ARREGLO VASOS	Grupos de 5 y solitarios; arreglo dendrítico a diagonal	Agrupados. en hileras tangenciales
FORMA DEL PORO	Contorno anguloso	Ovalado a ligeramente anguloso
ABUNDANCIA	74/mm <sup>2</sup>	104/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	42 µm	40µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	245 µm (145-289 µm)	150 µm
PUNTEADURAS	Alternas (4 µm) y engrosamientos en espiral	Alternas coalescentes; engrosamientos en espiral
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal escaso 2 células por segmento	Paratraqueal vasicéntrico; marginal
RADIOS	Multiseriados (5-8) con células envolventes	Multiseriados (3-8) con células envolventes
ABUNDANCIA	4/mm	6/mm
TIPO	Heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en cuerpo y erectas en márgenes	Procumbentes y erectas en el cuerpo
ALTURA	Ligeramente Altos (7058 µm)	2650-600 µm
FIBRAS	Fibrotraqueidas	No se observó
PUNTEADURAS	Arcoladas	No se observó
TAMAÑO	No se reporta	No se observó
GROSOR DE PARED	4 µm	No se observó
DIÁMETRO TANG.	12 µm	No se observó

\* (Abundiz, 1999)

**TABLA IV. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Alnus acuminata* HBK.vs. Tipo 2 y 13**

CARACTERÍSTICAS	<i>Alnus acuminata</i> *	Tipo 2	Tipo 13
POROSIDAD	Difusa	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Solitarios y grupos radiales 2-5 en madera temprana y hasta 15 en tardía	Solitarios y en cadenas radiales 2-8	Principalmente solitarios; algunos en cadenas radiales 2-3
*FORMA DEL PORO	Ovalados a ligeramente angulosos	Ovalados a ligeramente angulosos	Redondos, comprimidos tangencialmente
ABUNDANCIA	Moderadamente numerosos 12/mm <sup>2</sup>	68/mm <sup>2</sup>	60/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	118 µm	62 µm	60 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Escalariforme 10-16 barras	Escalariforme 10-12 barras	Escalariforme
LONGITUD PROM.	792 µm (640-998 µm)	No se observó	No se observó
PUNTEADURAS	Alternas 7-9 µm	Alternas 5 µm	Alternas
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso escaso y ocasional en agregados	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso	Paratraqueal escaso
RADIOS	Uniseriados	Uniseriados	Uniseriados y biseriados
ABUNDANCIA	12/mm	17/mm	16/mm
TIPO	Homogéneos	Heterogéneos	Homogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes	Procumbentes en cuerpo, erectas en márgenes	Procumbentes
ALTURA	Muy bajos 965 µm	194 µm	588 µm
FIBRAS	Fibrotraquiedas y libriformes	Libriformes	Libriformes
PUNTEADURAS	No se reporta	Simples (3 µm)	Simples
TAMAÑO	1247 µm	No se observó	No se observó
GROSOR DE PARED	Delgada 2.2 µm	No se observó	No se observó
DIÁMETRO TANG.	18 µm	7 µm	10 µm

\*(Aguilar, 1996)

**TABLA V. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Alnus jorullensis* HBK. vs. Tipo 21**

CARACTERÍSTICAS	<i>Alnus jorullensis</i> *	Tipo 21
POROSIDAD	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Principalmente solitarios y escasos grupos 2-5	Agrupados en cadenas radiales 3-6
FORMA DEL PORO	Angulosos	Angulosos
ABUNDANCIA	56/mm <sup>2</sup>	111/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	110 µm	38 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Escalariforme 14 barras	Escalariforme más de 11 barras
LONGITUD PROM.	810 µm	No se observó
PUNTEADURAS	Alternas(3 µm)	Alternas
PARÉNQUIMA AXIAL	Apotraqueal difuso y agrupado en bandas	No se observó
RADIOS	Principalmente uniseriados; algunos biseriados	Uniseriados y biseriados
ABUNDANCIA	12/mm	17/mm
TIPO	Homogéneos	Homogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes	No se observó
ALTURA	543 µm	322 µm
FIBRAS	Libriiformes	Libriiformes
PUNTEADURAS	Simples	Simples
TAMAÑO	1232 µm	No se observó
GROSOR DE PARED	Delgada	No se observó
DIÁMETRO TANG.	No se reporta	No se observó

\*(Barajas, 1980)

**TABLA VI. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Carpinus caroliniana*  
Walt. vs. Tipo 7**

CARACTERÍSTICAS	<i>Carpinus caroliniana</i> *	Tipo 7
POROSIDAD	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Solitarios y grupos. radiales 3-5 o más	Agrupados en cadenas radiales 2-6 o más
FORMA DEL PORO	Ovalados	Angulosos
ABUNDANCIA	13/mm <sup>2</sup>	60/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	110 µm	27 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	726 µm	144 µm
PUNTEADURAS	Alternas (7-8 µm); engrosamientos en espiral	Alternas (4 µm); engrosamientos en espiral
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso y marginal 4-8 células.	Paratraqueal escaso
RADIOS	Uniseriados a triseriados	Uniseriados, biseriados y triseriados
ABUNDANCIA	17/mm	13/mm
TIPO	Heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en el cuerpo, 1 o más hileras de cuadradas en márgenes	Procumbentes en el cuerpo y erectas en los márgenes
ALTURA	700 µm	258 µm
FIBRAS	Libriiformes	Libriiformes
PUNTEADURAS	Simple	No se observó
TAMAÑO	1572 µm	No se observó
GROSOR DE PARED	Delgada ((2.3 µm)	No se observó
DIÁMETRO TANG.	15 µm	No se observó

\*(Aguilar, 1996)

**TABLA VII. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Cornus disciflora* DC. vs. Tipo 18**

CARACTERÍSTICAS	<i>Cornus disciflora</i> *	Tipo18
POROSIDAD	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Básicamente solitarios, algunos en grupos. 2 y 3	Principalmente solitarios; alguno en grupos 2-3
FORMA DEL PORO	Ovalados a ligeramente angulosos	Redondos
ABUNDANCIA	27/mm <sup>2</sup>	117/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	70.4 µm	44 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Escalariforme 21-52 barras	Escalariforme más de 25 barras
LONGITUD PROM.	1458 µm	No se observó
PUNTEADURAS	Opuestas y escalariformes (8-20 µm)	Opuestas y escalariformes (7-12 µm)
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal muy escaso, apotraqueal difuso escaso (4-6 células)	Paratraqueal escaso
RADIOS	Uniseriados y multiseriados (4-6) (3-8)	Uniseriados, biseriados y triseriados
ABUNDANCIA	2/mm	4/mm
TIPO	Homogéneos y heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Erectas; procumbentes en cuerpo y cuadradas en márgenes	Procumbentes en el cuerpo y erectas en márgenes
ALTURA	Muy bajos(988 µm)	510 µm
FIBRAS	Fibrotraqueidas	Fibrotraqueidas
PUNTEADURAS	Areoladas pequeñas	No se observó
TAMAÑO	2201 µm	No se observó
GROSOR DE PARED	Muy delgada 5.3 µm	No se observó
DIÁMETRO TANG.	27 µm	7 µm

\*(Aguilar, 1996)

**TABLA VIII. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Buddleia parviflora*  
HBK. vs. Tipo 1, 6 y 10**

CARACTERÍSTICAS	<i>Buddleia parviflora</i> *	Tipo 1	Tipo 6	Tipo 10
POROSIDAD	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Principalmente solitarios y en grupos. 2-3; ocasionalmente 4 o más	Agrupados en racimos; algunas cadenas radiales 2-5	Agrupados en cadenas radiales 2-5 y en racimos	Agrupados en cadenas radiales 2-6, racimos y escasos solitarios
FORMA DEL PORO	Ovalados a ligeramente angulosos	Ovalados ligeramente angulosos	Ovalados ligeramente angulosos	Ovalados ligeramente angulosos
ABUNDANCIA	Moderadamente numerosos 20/mm <sup>2</sup>	29/mm <sup>2</sup>	37/mm <sup>2</sup>	41/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	92 µm	62 µm	43 µm	36 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	435µm	No se observó	No se observó	No se observó
PUNTEADURAS	Alternas (12 µm): engrosamientos en espiral	Alternas (7 µm): engrosamientos en espiral	Alternas (6 µm): engrosamientos en espiral	Alternas (7 µm): engrosamientos en espiral
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, muy escaso (2-4)	Paratraqueal escaso	Paratraqueal escaso	Paratraqueal escaso
RADIOS	Biseriados algunos triseriados	Biseriados y triseriados; algunos con 4	Biseriados y triseriados	Biseriados y triseriados
ABUNDANCIA	7/mm	7/mm	8/mm	9/mm
TIPO	Heterogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en cuerpo; 1 hilera de erectas en márgenes, en ocasiones 2 o más	Procumbentes y cuadradas en cuerpo; erectas en márgenes	Procumbentes y cuadradas en cuerpo; erectas en márgenes	Procumbentes en cuerpo y 1 hilera de cuadradas en márgenes
ALTURA	Muy bajos 574 µm	465 µm	363 µm	531 µm
FIBRAS	Libriformes, algunas septadas	Libriformes algunas septadas	Libriformes algunas septadas	Libriformes algunas septadas
PUNTEADURAS	Con areolas reducidas	No se observó	No se observó	No se observó
TAMAÑO	Mediano 977 µm	No se observó	No se observó	No se observó
GROSOR DE PARED	Muy delgada (3.4 µm)	No se observó	No se observó	No se observó
DIÁMETRO TANG.	24 µm	No se observó	No se observó	No se observó

\* (Aguilar, 1996)

**TABLA IX. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Fraxinus uhdei* (Wenzing) Lingelsheim. vs. Tipo19**

CARACTERÍSTICAS	<i>Fraxinus uhdei</i> *	Tipo 19
POROSIDAD	Anular	Anular
ARREGLO VASOS	Solitarios; agrupados en cadenas radiales 2-5; en ocasiones racimos	Solitarios; agrupados en cadenas radiales 2-3
FORMA DEL PORO	Redondos a ligeramente ovalados	Ovalados y redondos
ABUNDANCIA	4/mm <sup>2</sup>	55/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	230-70 $\mu\text{m}$ [72-37 $\mu\text{m}$ ]	74-30 $\mu\text{m}$
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	402 $\mu\text{m}$ [237 $\mu\text{m}$ ]	220 $\mu\text{m}$
PUNTEADURAS	Alternas (4 $\mu\text{m}$ )	Alternas (3 $\mu\text{m}$ )
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal vasicéntrico; aliforme y marginal (2 -4)	Paratraqueal vasicéntrico y marginal (2)
RADIOS	Uniseriados y biseriados	Uniseriados y biseriados
ABUNDANCIA	7/mm	9/mm
TIPO	Homogéneos	Homogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes, algunas más cortas y anchas	Procumbentes, algunas más cuadradas y anchas
ALTURA	Muy bajos 267 $\mu\text{m}$ [191 $\mu\text{m}$ ]	176 $\mu\text{m}$
FIBRAS	Libriiformes	Libriiformes
PUNTEADURAS	Simples; muy pequeñas; algunas con aberturas muy alargadas	Simples (1 $\mu\text{m}$ ); aberturas alargadas
TAMAÑO	1409 $\mu\text{m}$	No se observó
GROSOR DE PARED	Muy delgada 2.2 $\mu\text{m}$	No se observó
DIÁMETRO TANG.	22 $\mu\text{m}$	9 $\mu\text{m}$

\*(Aguilar, 1996)

**TABLA X. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Crataegus pubescens* (HBK.) Steud. vs. Tipo 24**

CARACTERÍSTICAS	<i>Crataegus pubescens</i> *	Tipo 24
POROSIDAD	Semianular a anular	Difusa a semianular
ARREGLO VASOS	Principalmente solitarios, pocos grupos 2-5	Principalmente solitarios; escasos grupos 2
FORMA DEL PORO	Angulosos	Ligeramente angulosos
ABUNDANCIA	229/mm <sup>2</sup>	232/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	39 µm	35 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	497 µm	No se observó
PUNTEADURAS	Alternas(5 µm)	Alternas(4 µm)
PARÉNQUIMA AXIAL	Apotraqueal difuso o agregados; escaso paratraqueal	Apotraqueal difuso, escaso
RADIOS	Uniseriados y biseriados	Principalmente biseriados y escasos uniseriados
ABUNDANCIA	13/mm	14/mm
TIPO	Homogéneos y heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en cuerpo, una serie marginal o cadenas de 5-6 células cuadradas	Procumbentes en el cuerpo y eréctas en los márgenes
ALTURA	371 µm	369 µm
FIBRAS	Libriiformes y escasas fibrotraqueidas	Libriiformes y fibrotraqueidas
PUNTEADURAS	Simple	Simple
TAMAÑO	No se reporta	No se observó
GROSOR DE PARED	Delgada(3 µm)	No se observó
DIÁMETRO TANG.	14 µm	7 µm

\*Características anatómicas de una rama (Carmona, 1992)

**TABLA XI. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Prunus serotina* Cav. vs. Tipo 4, 11 y 16**

CARACTERÍSTICAS	<i>Prunus serotina</i> *	Tipo 11, 16	Tipo 4
POROSIDAD	Semianular	Difusa a semianular	Semianular
ARREGLO VASOS	Solitarios o en grupos de 2 más abundantes y escasos de 3-5.	Solitarios, en cadenas radiales y/o grupos de 2-5	En cadenas radiales y en racimos de 2-5; algunos solitarios
FORMA DEL PORO	Elípticos o irregulares	Ovalados ligeramente angulosos	Ovalados ligeramente angulosos
ABUNDANCIA	Muy numerosos 62/mm <sup>2</sup>	80/mm <sup>2</sup>	92/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	70 μm	42 μm	51 μm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	440 μm (350-550 μm)	303 μm	283 μm
PUNTEADURAS	Alternas (2-3 μm) y engrosamientos en espiral	Alternas (5 μm) y engrosamientos en espiral	Alternas (5 μm) y engrosamientos en espiral
PARÉNQUIMA AXIAL	Apotraqueal difuso muy escaso	No se observó	No se observó
RADIOS	Multiseriados	Multiseriados; escasos uniseriados	Multiseriados; escasos uniseriados
ABUNDANCIA	3/mm	4/mm	4/mm
TIPO	Homogéneos, algunos heterogéneos	Homogéneos	Homogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes con cuadradas en márgenes	Procumbentes	Procumbentes
ALTURA	Muy bajos 935 μm	748 μm (593-903 μm)	533 μm
FIBRAS	Fibrotraqueidas	Fibrotraqueidas	Fibrotraqueidas
PUNTEADURAS	Areoladas	No se observó	No se observó
TAMAÑO	Mediano (1367 μm)	No se observó	No se observó
GROSOR DE PARED	No se reporta	No se observó	No se observó
DIÁMETRO TANG.	No se reporta	No se observó	No se observó

\*(Barajas, 1980)

**TABLA XII. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Salix oxylepys* Schn.  
vs. Tipo 9, 12 y 14**

CARACTERÍSTICAS	<i>Salix oxylepys</i> *	Tipo 9	Tipo 12	Tipo 14
POROSIDAD	Difusa	Semianular	Semianular	Difusa
ARREGLO VASOS	Solitarios; pocos grupos 2-3 cadenas radiales	Agrupados 2-4	Solitarios y agrupados 2-3	Solitarios y agrupados 2-4
FORMA DEL PORO	Ovalados	Ovalados	Ovalados	Ovalados
ABUNDANCIA	40/mm <sup>2</sup>	132/mm <sup>2</sup>	91/mm <sup>2</sup>	117/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	85 µm	50 µm	54 µm	57 µm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Simple	Simple	Simple	Simple
LONGITUD PROM.	540 µm (323-801 µm)	194 µm	244 µm	248 µm
PUNTEADURAS	Alternas (10 µm)	Alternas 6 µm	Alternas 8 µm	Alternas 8 µm
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal muy escaso 2-3 células	Paratraqueal escaso	Marginal	Paratraqueal escaso
RADIOS	Uniseriados exc. Biseriados	Uniseriados	Uniseriados	Uniseriados
ABUNDANCIA	12/mm	13/mm	11/mm	12/mm
TIPO	Heterogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos
TIPOS CELULARES	Procumbentes en cuerpo y erectas en márgenes	Procumbentes en cuerpo; erectas en márgenes	Procumbentes en cuerpo; erectas en márgenes	Procumbentes en cuerpo; cuadradas y erectas en márgenes
ALTURA	Muy bajos 580 µm	195 µm	207 µm	370 µm
FIBRAS	Libriiformes	Libriiformes	Libriiformes	Libriiformes
PUNTEADURAS	Simples	Simples (2 µm)	Simples	Simples
TAMAÑO	882 µm	No se observó	No se observó	No se observó
GROSOR DE PARED	Muy delgada 2 µm	No se observó	No se observó	No se observó
DIÁMETRO TANG.	21 µm	10 µm	10 µm	11 µm

\*(Aguilar, 1996)

**TABLA XIII. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS: *Symplocos prionophylla* Hemsl. vs. Tipo 8**

CARACTERÍSTICAS	<i>Symplocos prionophylla</i> *	Tipo 8
POROSIDAD	Difusa	Difusa
ARREGLO VASOS	Principalmente solitarios, algunos en grupos de 2	Principalmente solitarios y algunos en grupos 2-3
FORMA DEL PORO	Ligeramente anguloso	Ovalados ligeramente. Angulosos
ABUNDANCIA	20/mm <sup>2</sup>	102/mm <sup>2</sup>
DIÁMETRO TANG.	92 μm	35 μm
PLATINA DE PERFORACIÓN	Escalariforme 22-40 barras	Escalariforme con más de 18 barras
LONGITUD PROM.	1655μm	
PUNTEADURAS	Escalariformes	Opuestas y escalariformes
PARÉNQUIMA AXIAL	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, escaso	No se observó
RADIOS	Principalmente biseriados y triseriados	Aparentemente biseriados y triseriados
ABUNDANCIA TIPO	11/mm	10/mm
TIPOS CELULARES	Heterogéneos	Heterogéneos
	Procumbentes en cuerpo y 2 o más hileras de cuadradas y/o rectas en los márgenes	No se observó
ALTURA	863 μm	No se observó
FIBRAS	Fibrotraqueidas	No se observó
PUNTEADURAS	No se reporta	No se observó
TAMAÑO	2112 μm	No se observó
GROSOR DE PARED	Delgada (6.4 μm)	No se observó
DIÁMETRO TANG.	32 μm	No se observó

\*(Aguilar, 1996)

### 7.3. Descripciones de los tipos con su identificación propuesta

#### Familia Anacardiaceae

##### Tipo 20 (*Astronium graveolens* Jacq.) Fig. # 1

Porosidad difusa, poros redondos, principalmente solitarios y algunos en cadenas radiales 2-3; con 18 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial promedio de 132  $\mu\text{m}$ .

Los elementos de vaso con 260  $\mu\text{m}$  de longitud promedio, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Parénquima axial: paratraqueal escaso y marginal de 2 células de ancho.

Los radios 11/mm, heterogéneos, más abundantes los uniseriados que los biseriados, algunos con un canal intercelular central (36  $\mu\text{m}$ ), formados por células procumbentes en el cuerpo y cuadradas y/o erectas en los márgenes, miden 275  $\mu\text{m}$  de altura en promedio.

Fibras libriformes con diámetro tangencial de 19  $\mu\text{m}$  y con punteaduras de 5  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Microfotografías: (x) 50x, barra 1mm; (x) 200x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (t) 180x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (r) 180x, barra 200 $\mu\text{m}$ .

#### Familia Asteraceae

##### Tipo 5 (*Baccharis* sp.) Fig. # 2

Porosidad semianular; poros ovalados ligeramente angulosos, dispuestos diagonalmente, solitarios, algunos en cadenas radiales o racimos de 2-3; con 135 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 37  $\mu\text{m}$  en promedio.

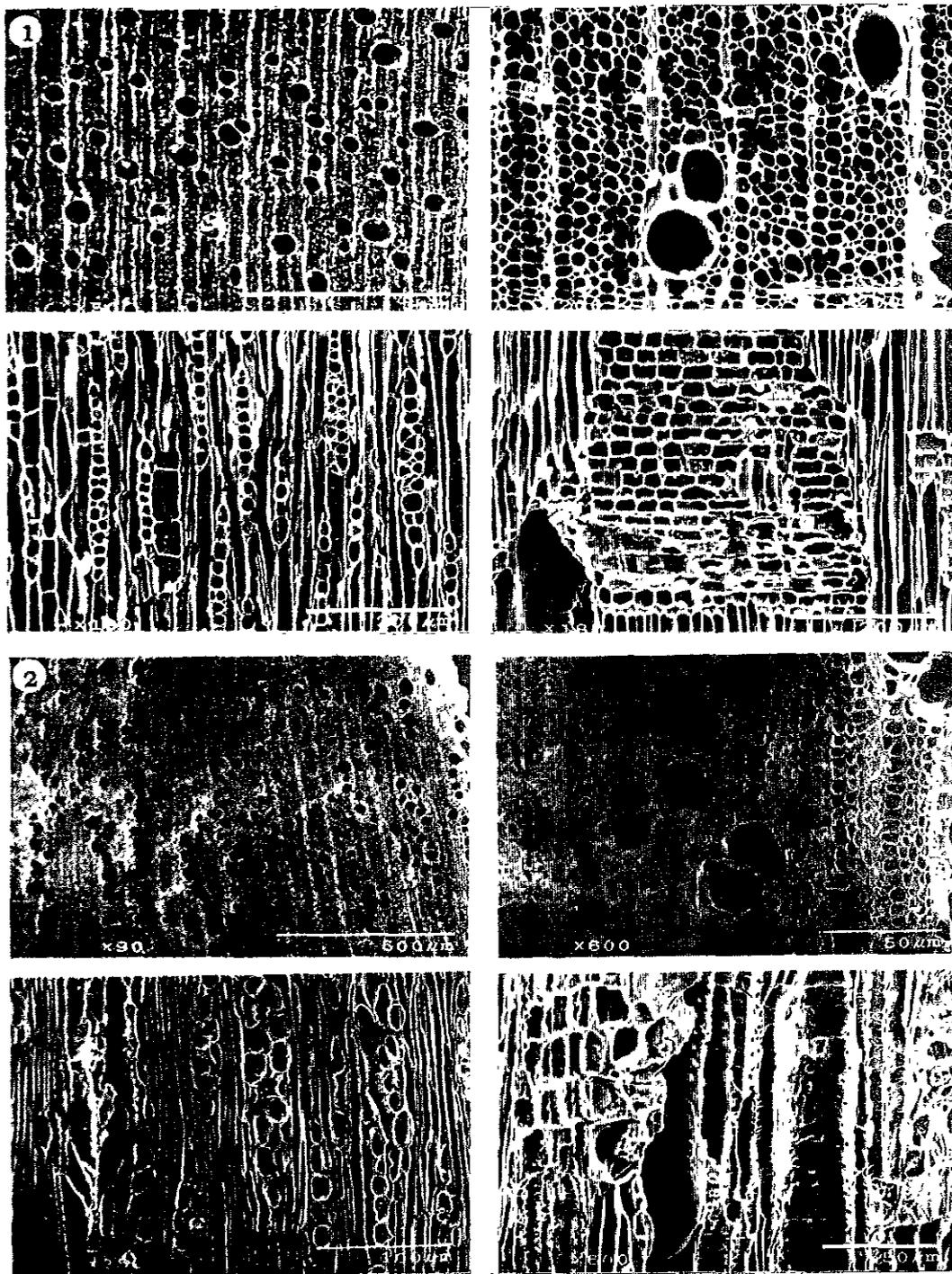
Los elementos de vaso con placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu\text{m}$  de diámetro; con engrosamientos en espiral a todo lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 14/mm; heterogéneos, principalmente biseriados y algunos uniseriados; altura promedio de 219  $\mu\text{m}$ .

Fibras libriformes con diámetro tangencial de 4  $\mu\text{m}$  en promedio y punteaduras de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Microfotografías: (x) 90x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 600x, barra 50 $\mu\text{m}$ ; (t) 350x,



**Fig. 1** *Astronium graveolens* Jacq. (Tipo 20)  
**Fig. 2** *Baccharis* sp. (Tipo 5)

barra 100 $\mu$ m; (r) 600x, barra 50 $\mu$ m.

**Tipo 15 (*Baccharis* sp.) Fig. # 3**

Porosidad difusa; poros ligeramente ovalados, agrupados en cadenas radiales, dispuestas diagonalmente; con 84 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 36  $\mu$ m en promedio.

Los elementos de vaso con 195  $\mu$ m de largo; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu$ m de diámetro promedio y engrosamientos en espiral a todo lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 20/mm; heterogéneos, principalmente biseriados y algunos uniseriados, formados por células cuadradas en el cuerpo y erectas en los extremos; altura promedio 197  $\mu$ m.

Fibras libriformes con 6  $\mu$ m de diámetro tangencial promedio y punteaduras de 2  $\mu$ m de diámetro.

Microfotografías: (x) 90x, barra 50 $\mu$ m; (x) 250x, barra 100 $\mu$ m; (t) 300x, barra 100 $\mu$ m; (r) 400x, barra 100 $\mu$ m.

**Tipo 17 y 3 (*Baccharis* sp.) Fig. # 4**

Porosidad semianular; poros ovalados, arreglados diagonalmente, algunos en cadenas radiales o racimos 2-3; con 98 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 42  $\mu$ m en promedio.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 226  $\mu$ m; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu$ m de diámetro; engrosamientos en espiral a lo largo de todo el vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso y marginal

Los radios 14/mm; heterogéneos, principalmente biseriados y algunos uniseriados, formados por células cuadradas en el cuerpo y 1-2 hileras de células erectas en los márgenes; con altura promedio de 334  $\mu$ m.

Fibras libriformes con diámetro tangencial de 7  $\mu$ m en promedio y punteaduras de 1  $\mu$ m de diámetro.

Microfotografías: (x) 45x, barra 1mm; (x) 300x, barra 100 $\mu$ m; (t) 150x, .

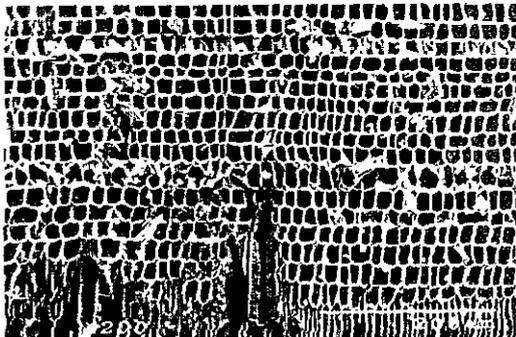
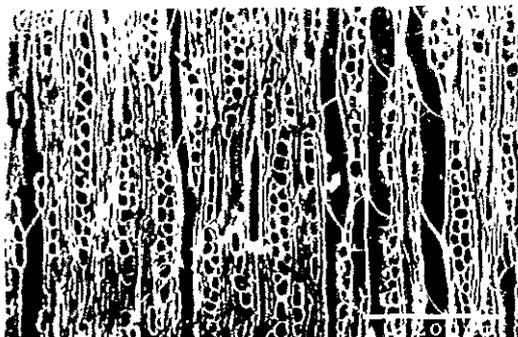
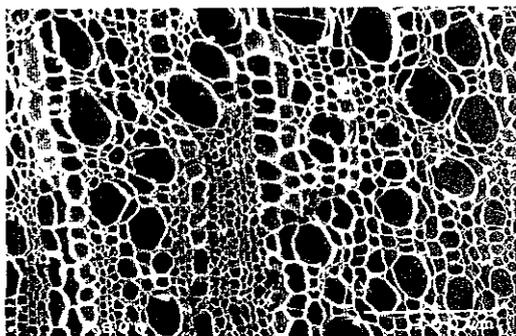
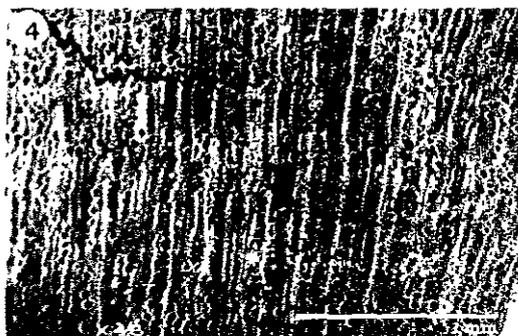
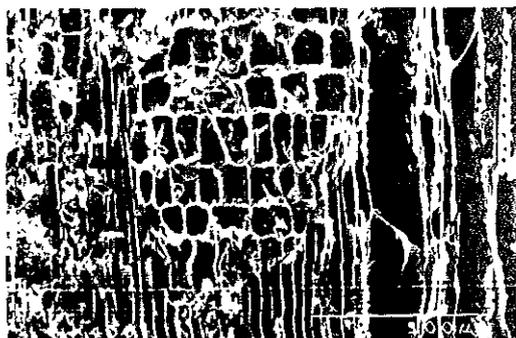
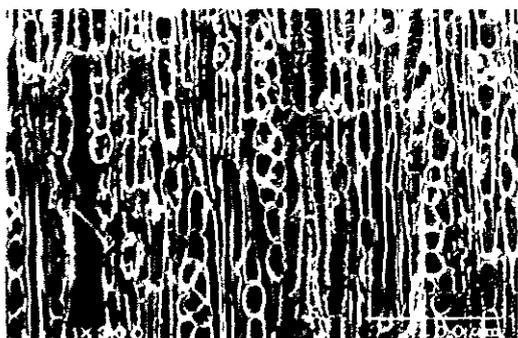
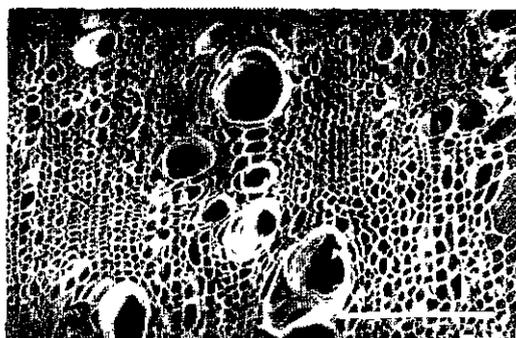
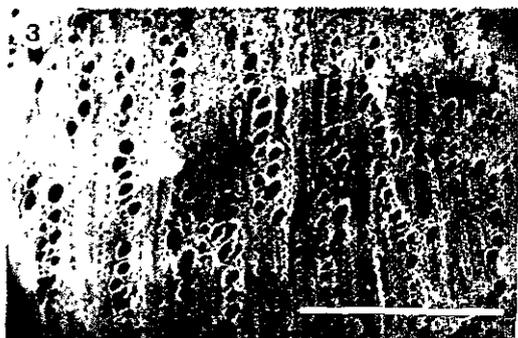


Fig. 3 *Baccharis* sp. (Tipo 15)  
 Fig. 4 *Baccharis* sp. (Tipo 17)

barra 200 $\mu$ m; (r) 200x, barra 200 $\mu$ m.

**Tipo 22 (*Baccharis* sp.) Fig. # 5**

Porosidad difusa; poros ovalados a ligeramente angulosos, agrupados en cadenas radiales; con 85 poros/mm<sup>2</sup>; diámetro tangencial de 37  $\mu$ m en promedio

Los elementos de vaso con longitud promedio de 212  $\mu$ m; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu$ m de diámetro y con engrosamientos en espiral a lo largo de todo el vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 12/mm; heterogéneos, principalmente biseriados, formados de células cuadradas en el cuerpo y 1-2 hileras de células erectas en los extremos, los uniseriados son homogéneos de células erectas; altura promedio de 322  $\mu$ m; algunos triseriados.

Fibras libriformes con 6  $\mu$ m de diámetro tangencial promedio y punteaduras de 1  $\mu$ m de diámetro.

Microfotografías: (x) 50x, barra 1mm; (x) 400x, barra 100 $\mu$ m; (t) 150x, barra 200 $\mu$ m; (r) 200x, barra 200 $\mu$ m.

**Familia Berberidaceae**

**Tipo 23 (*Berberis* sp.) Fig. # 6**

Porosidad semianular a anular; poros ovalados ligeramente angulosos, dispuestos en bandas tangenciales; con 104 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 40  $\mu$ m en promedio.

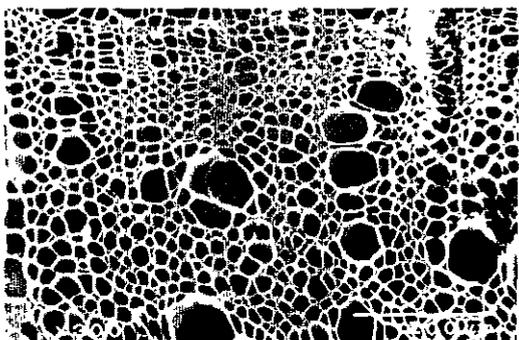
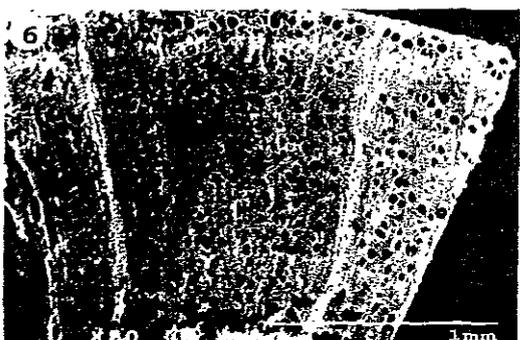
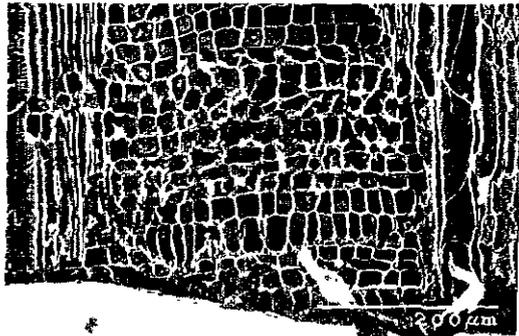
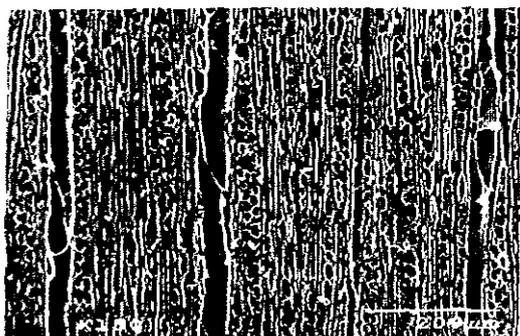
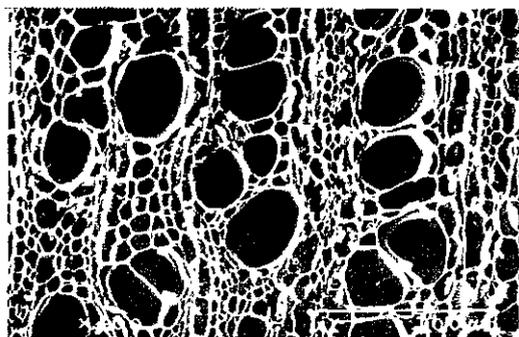
Los elementos de vaso con longitud promedio de 150  $\mu$ m, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas (coalescentes) y con engrosamientos en espiral a lo largo del cuerpo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal vasicéntrico y marginal.

Los radios 6/mm; heterogéneos, multiseriados de 3 y 4 series, formados por células erectas y cuadradas (células envolventes); radios de dos diferentes longitudes >de 2 mm y de 685  $\mu$ m en promedio.

Fibras libriformes.

Microfotografías: (x) 50x, barra 1mm; (x) 300x, barra 100 $\mu$ m; (t) 60x,



**Fig. 5** *Baccharis* sp. (Tipo 22)  
**Fig. 6** *Berberis* sp. (Tipo 23)

barra 500µm; (r) 180x, barra 200µm.

### Familia Betulaceae

#### **Tipo 13 (*Betulaceae no determinada*) Fig. # 7**

Porosidad difusa, con poros principalmente solitarios, algunos en cadenas radiales 2-3, poros redondos (comprimidos tangencialmente); con 60 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 60 µm en promedio.

Los elementos de vaso con placa de perforación escalariforme y punteaduras alternas. Parénquima axial: paratraqueal escaso y apotraqueal difuso.

Los radios 16/mm, homogéneos, uniseriados y biseriados, formados por células procumbentes, con longitud promedio de 588 µm.

Fibras libriformes de 10 µm de diámetro tangencial.

Microfotografías: (x) 90x, barra 500µm; (x) 400x, barra 100µm; (t) 125x, barra 400µm; (r) 250x, barra 200µm.

#### **Tipo 2 (*Alnus cf. firmifolia Fern.*) Fig. # 8**

Porosidad difusa, con poros ovalados a ligeramente angulosos, solitarios y en cadenas radiales 2-8; con 68 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 62 µm en promedio.

Los elementos de vaso con placa de perforación escalariforme de 10-12 barras, punteaduras alternas de 5 µm de diámetro promedio.

Parénquima axial: paratraqueal escaso y apotraqueal difuso.

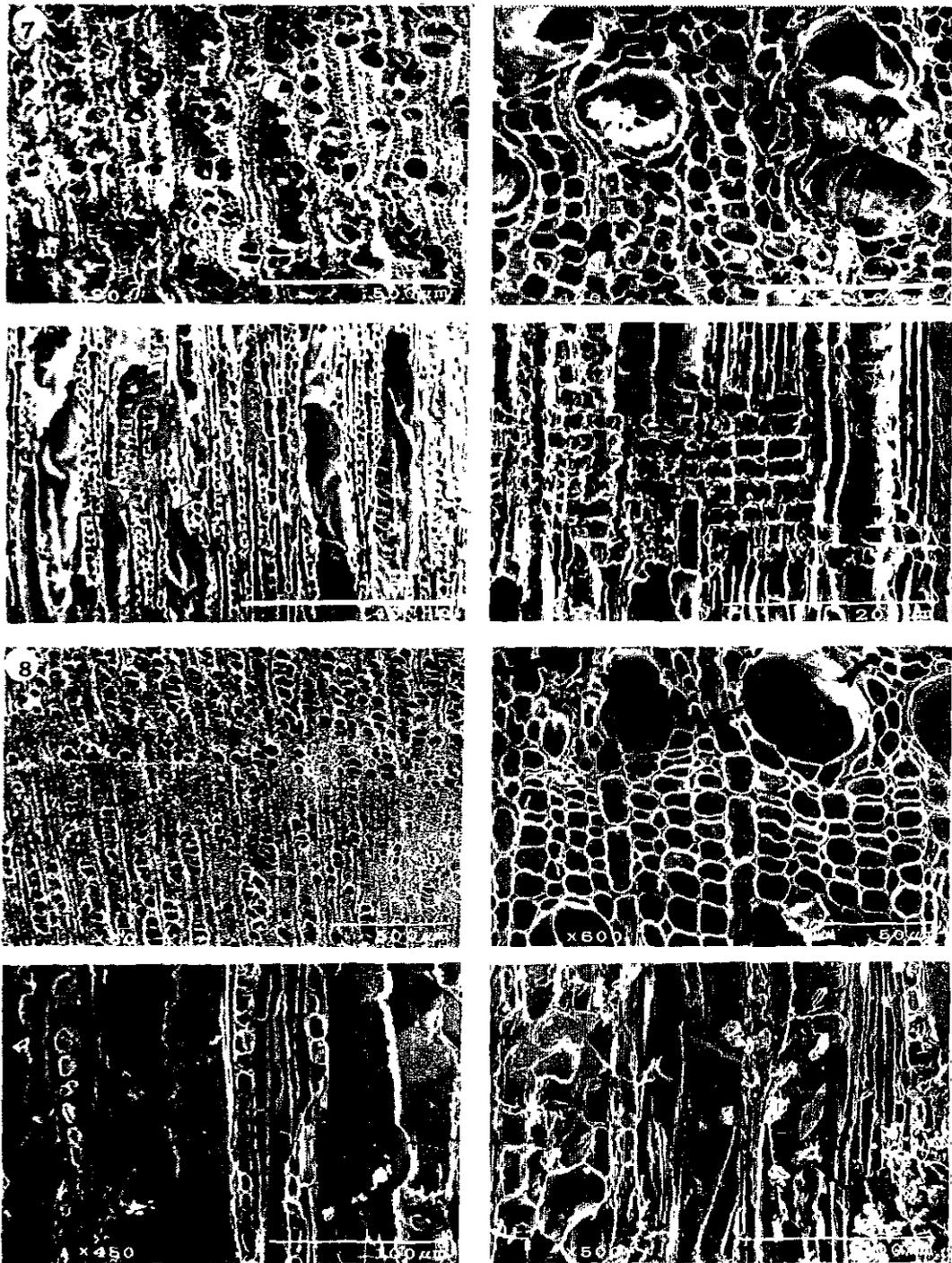
Los radios 17/mm, uniseriados, heterogéneos, con altura promedio de 194 µm\*.

Fibras libriformes con punteaduras simples (3 µm) y diámetro tangencial de 7 µm.

Otras características: anillos de crecimiento conspicuos.

\* probablemente no están completos.

Microfotografías: (x) 60x, barra 500µm; (x) 600x, barra 50µm; (t) 450x, barra 100µm; (r) 500x, 100µm.



**Fig. 7** Betulaceae (Tipo 13)

**Fig. 8** *Alnus cf. firmifolia* Fernald. (Tipo 2)

**Tipo 21 (*Alnus cf. jorullensis* HBK.) Fig. # 9**

Porosidad difusa, poros angulosos, agrupados en cadenas radiales 3-6; con 111 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial promedio de 38  $\mu$ m.

Los elementos de vaso con placa de perforación escalariforme con más de 11 barras, punteaduras intervasculares alternas.

Parénquima axial: No se observó.

Los radios 17/mm, homogéneos, uniseriados y biseriados, con altura promedio de 322  $\mu$ m.

Fibras libriformes.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500 $\mu$ m; (x) 250x, barra 200 $\mu$ m; (t) 125x, barra 400 $\mu$ m; (r) 900x, barra 50 $\mu$ m.

**Tipo 7 (*Carpinus caroliniana* Walt.) Fig. # 10**

Porosidad difusa; poros angulosos, agrupados en cadenas radiales 2-6 o más; con 60 poros/mm<sup>2</sup>; diámetro tangencial promedio de 27  $\mu$ m. Los elementos de vaso con longitud promedio de 144  $\mu$ m y placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu$ m de diámetro; con engrosamientos en espiral a lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 13/mm; heterogéneos, uniseriados, biseriados y triseriados, formados por células procumbentes en el cuerpo y células erectas en los márgenes, con longitud promedio de 258  $\mu$ m.

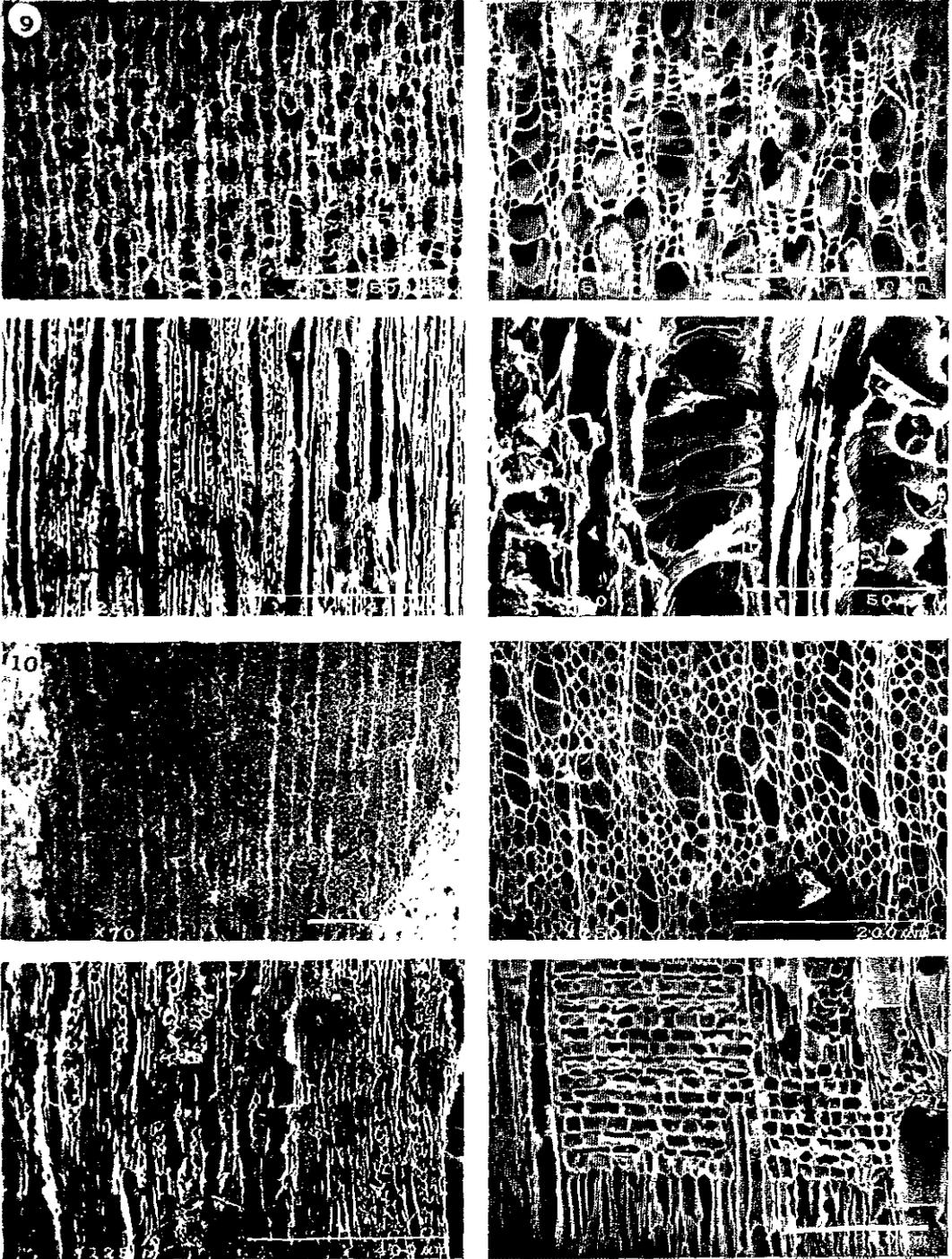
Fibras libriformes.

Microfotografías: (x) 70x, barra 500 $\mu$ m; (x) 250x, barra 200 $\mu$ m; (t) 125x, barra 400 $\mu$ m; (r) 180x, barra 200 $\mu$ m.

**Familia Cornaceae****Tipo 18 (*Cornus cf. disciflora* DC.) Fig. # 11**

Porosidad difusa, poros redondos, ligeramente angulosos, principalmente solitarios, algunos en grupos de 2-3; con 117 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 44  $\mu$ m en promedio.

Los elementos de vaso con placa de perforación escaleriforme, con más.



**Fig. 9** *Alnus* cf. *jorullensis* H.B.K. (Tipo 21)

**Fig. 10** *Carpinus caroliniana* Walt. (Tipo 7)

de 25 barras; punteaduras intervasculares opuestas con 7  $\mu\text{m}$  de diámetro tangencial y escalariformes

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 4/mm, heterogéneos, uniseriados, biseriados y triseriados, formados de células procumbentes en el cuerpo y erectas en los márgenes, con longitud promedio de 510  $\mu\text{m}$ .

Fibrotraqueidas con diámetro tangencial promedio de 7  $\mu\text{m}$  y punteaduras de 4  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 300x, barra 100 $\mu\text{m}$ ; (t) 125x, barra 400 $\mu\text{m}$ ; (r) 250x, barra 200 $\mu\text{m}$ .

### **Familia Cupressaceae**

#### **Tipo C2 (*Juniperus cf. deppeana* Steud.) Fig. # 12**

Anillos de crecimiento conspicuos. Traqueidas con diámetro promedio de 32  $\mu\text{m}$ , con espacios intercelulares en las esquinas; punteaduras en campo de cruce cupresoides, pequeñas, 1-2 por campo. Radios uniseriados, homogéneos, constituidos por células redondas; el número de células del radio entre 3-14, la altura entre 74  $\mu\text{m}$  y 237  $\mu\text{m}$ .

Microfotografías: (x) 90x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 250x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (t) 200x, barra 200 $\mu\text{m}$ , (r) 2.0k, barra 20 $\mu\text{m}$ .

### **Familia Fagaceae**

#### ***Quercus* sp. A Fig. # 13**

Porosidad anular, poros circulares, solitarios, con tendencia a organizarse en cadenas radiales o diagonales; con 60 poros/ $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial promedio de 66  $\mu\text{m}$  en madera temprana y 36  $\mu\text{m}$  en la tardía.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 205  $\mu\text{m}$ ; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 5  $\mu\text{m}$  y de vaso a radio escalariformes. Presencia de tílides en los vasos.

Parénquima axial: Paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal.

Los radios multiseriados, 1/mm con 265  $\mu\text{m}$  de ancho, heterogéneos, 1560  $\mu\text{m}$  de alto; los uniseriados 20/mm homogéneos, con longitud promedio.

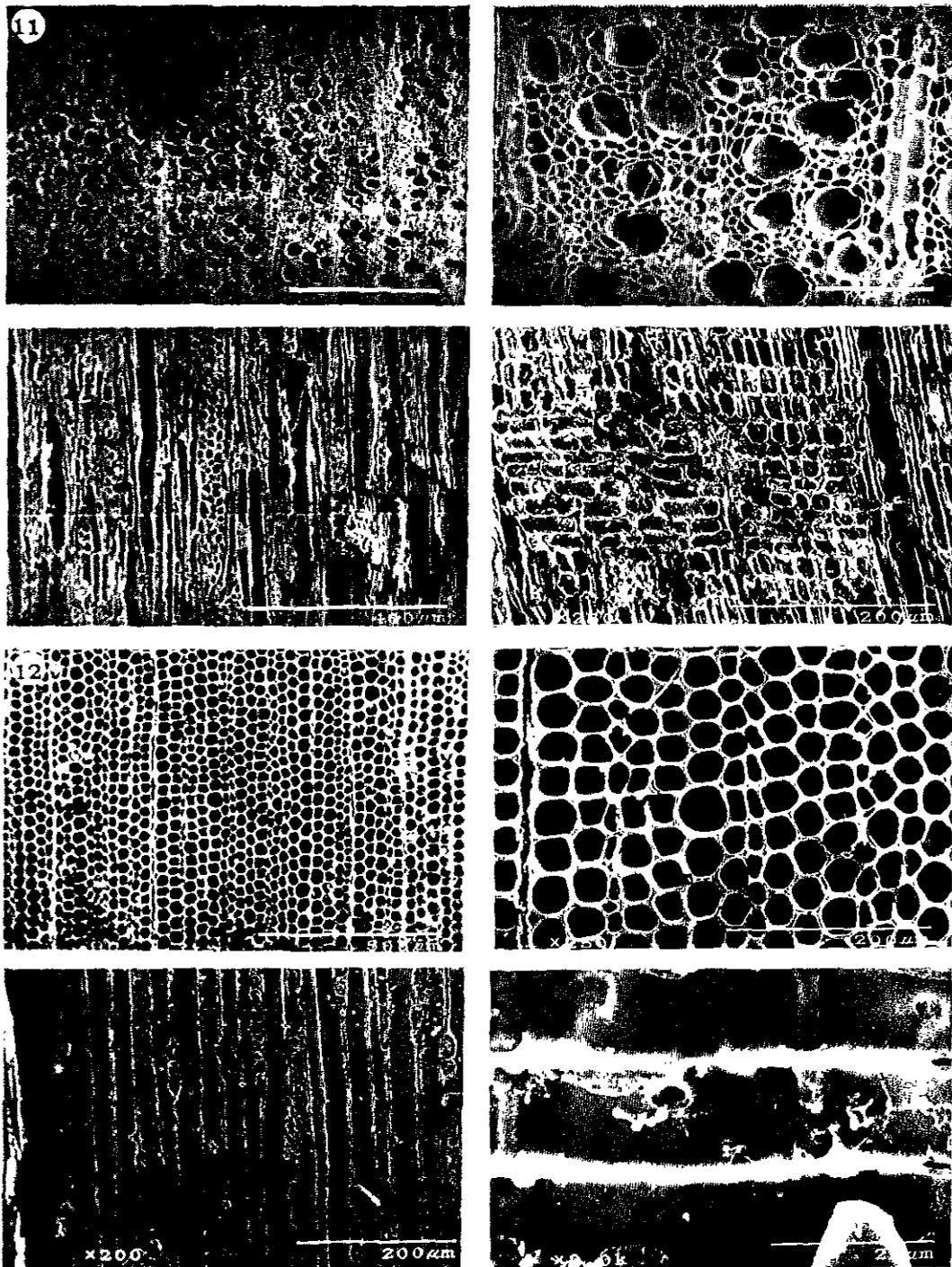


Fig. 11 *Cornus* cf. *disciflora* DC. (Tipo 18)

Fig. 12 *Juniperus* cf. *deppeana* Steud. (Tipo C2)

de 283  $\mu\text{m}$ .

Fibras libriformes. Traqueidas vasicéntricas.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 250x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (t) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (r) 250x, barra 200 $\mu\text{m}$ .

#### **Quercus sp. B Fig. # 14**

Porosidad difusa a semianular, poros ovalados, solitarios, arreglados en cadenas radiales ligeramente tangenciales, con 16 poros/ $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial promedio de 173  $\mu\text{m}$  en madera temprana y 128  $\mu\text{m}$  en tardía.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 489  $\mu\text{m}$ ; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 4  $\mu\text{m}$  y las de vaso-radio verticales. Tilides en los vasos.

Parénquima axial: Paratraqueal vasicéntrico

Los radios multiseriados, 1/ $\text{mm}$  con 219  $\mu\text{m}$  de ancho, son homogéneos, 560  $\mu\text{m}$  de longitud; los uniseriados 16/ $\text{mm}$ , homogéneos, con altura promedio de 208  $\mu\text{m}$ .

Fibras libriformes. Traqueidas vasicéntricas

Microfotografías: (x) 110x, barra 400 $\mu\text{m}$ ; (x) 125x barra 400 $\mu\text{m}$ ; (t) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (r) 100x, barra 500 $\mu\text{m}$ .

### **Familia Loganiaceae**

#### **Tipo 1 (*Buddleia cf. parviflora* HBK.) Fig. # 15**

Porosidad difusa; poros ovalados ligeramente angulosos, agrupados en racimos, algunos en cadenas radiales 2-5, distribuidos tangencialmente; con 29 poros/ $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial promedio de 62  $\mu\text{m}$ .

Los elementos de vaso con placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas con 7  $\mu\text{m}$  de diámetro tangencial promedio; engrosamientos en espiral a lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 7/ $\text{mm}$ ; heterogéneos, principalmente biseriados y triseriados, algunos con 4 series, formados por células procumbentes y cuadradas en el cuerpo y erectas en los márgenes; con longitud promedio de 465  $\mu\text{m}$ .

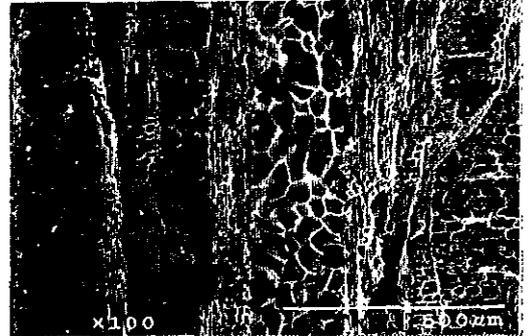
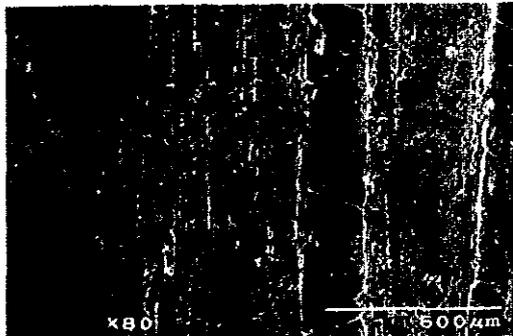
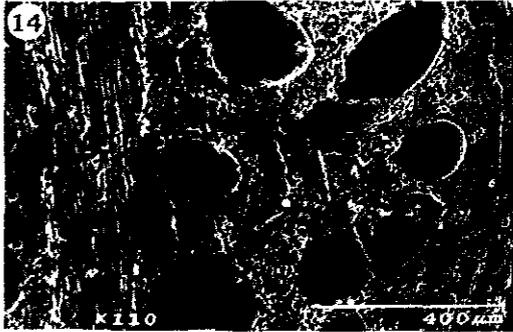
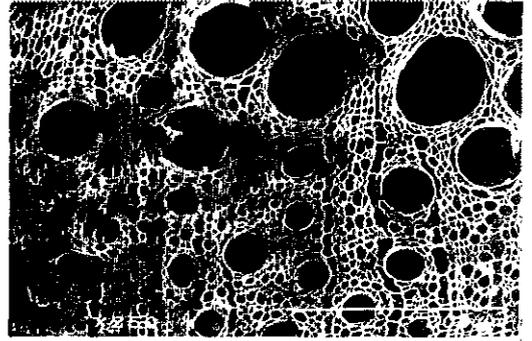
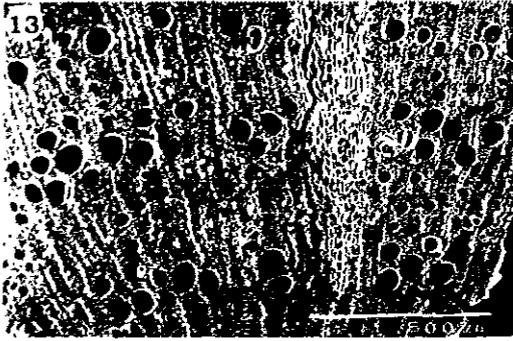


Fig. 13 *Quercus* sp. (A)  
Fig. 14 *Quercus* sp. (B)

Fibras libriformes algunas septadas.

Microfotografías: (x) 70x, barra 500µm; (x) 350x, barra 100µm; (t) 125x, barra 400µm; (r) 180x, barra 100µm.

**Tipo 6 (*Buddleia cf. parviflora* HBK.) Fig. # 16**

Porosidad difusa; poros ovalados ligeramente angulosos, agrupados en cadenas radiales 2-5 y racimos, distribuidos tangencialmente; con 37 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 43 µm en promedio.

Los elementos de vaso con placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 6 µm con diámetro en promedio; engrosamientos en espiral a todo lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 8/mm; heterogéneos, biseriados y triseriados, formados de células procumbentes y cuadradas en el cuerpo y erectas en los márgenes, con longitud promedio de 363 µm. Se observa la aparente presencia de cristales.

Fibras libriformes algunas septadas

Microfotografías: (x) 80x, barra 500µm; (x) 450x, barra 100µm; (t) 450x, barra 100µm; (r) 180x, barra 200µm.

**Tipo 10 (*Buddleia cf. parviflora* HBK.) Fig. # 17**

Porosidad difusa; poros ovalados ligeramente angulosos, agrupados en cadenas radiales 2-6 formando racimos y escasos solitarios; con 41 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 36 µm en promedio.

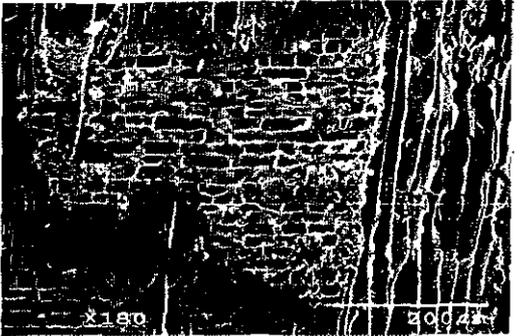
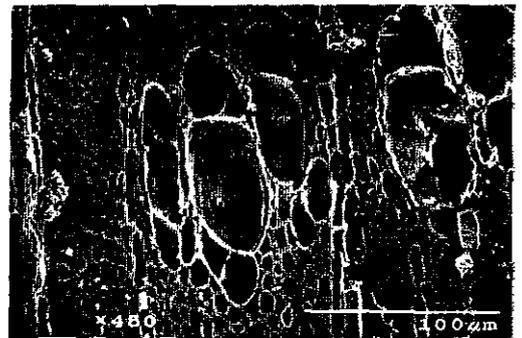
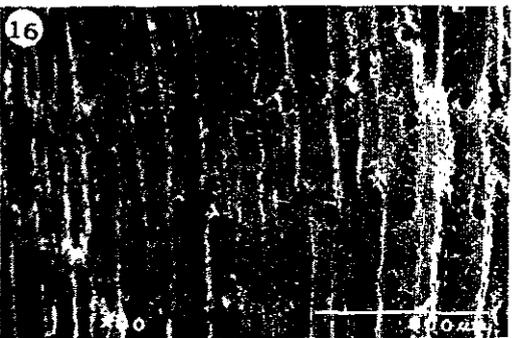
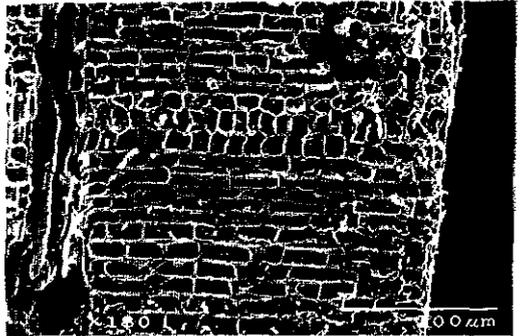
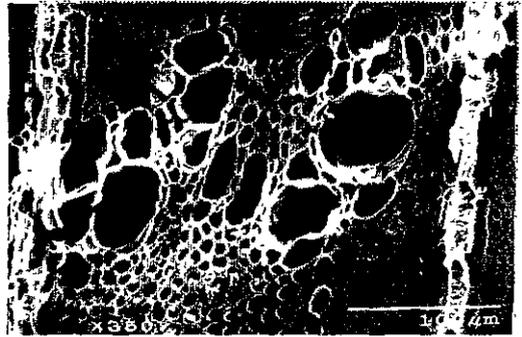
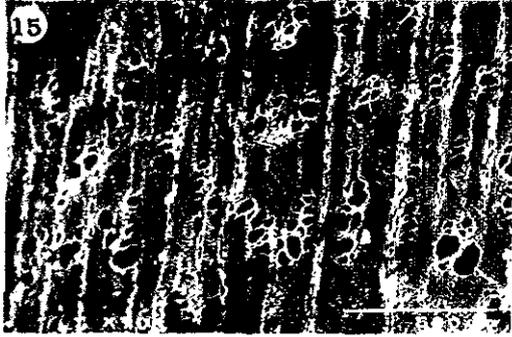
Los elementos de vaso con placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 7 µm con diámetro tangencial promedio y engrosamientos en espiral a lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 9/mm; heterogéneos, biseriados y triseriados, formados por células procumbentes en el cuerpo y 1 hilera de cuadradas en los márgenes, con longitud promedio de 531 µm.

Fibras libriformes algunas septadas.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500µm; (x) 450x, barra 100µm; (t) 125x,



**Fig. 15** *Buddleia* cf. *parviflora* H.B.K. (Tipo1)  
**Fig. 16** *Buddleia* cf. *parviflora* H.B.K. (Tipo 6)

barra 400µm; (r) 400x, barra 100µm.

### Familia Oleaceae

#### Tipo 19 (*Fraxinus uhdei* [Wenzing] Lingelsheim.) Fig. # 18

Porosidad anular, poros ovalados, solitarios y agrupados en cadenas radiales 2-3, con 55 poros/mm<sup>2</sup>, con diámetro tangencial de 74 µm (madera temprana) y 30 µm (madera tardía) en promedio.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 220 µm, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 3 µm de diámetro

Parénquima axial: paratraqueal vasicéntrico y marginal en series de 2 células.

Los radios 9/mm, homogéneos, uniseriados y biseriados, formados por células procumbentes algunas más cuadradas, con altura promedio de 176 µm.

Fibras de tipo libriformes con punteaduras pequeñas (1 µm), con aberturas alargadas, y diámetro tangencial de 9 µm.

Microfotografías: (x) 45x, barra 1mm; (x) 150x, barra 200µm; (t) 400x, barra 100µm; (r) 450x, barra 100µm.

### Familia Pinaceae

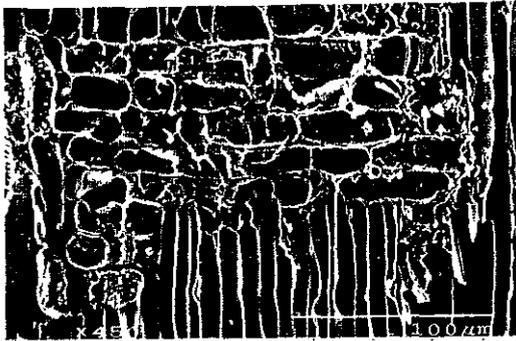
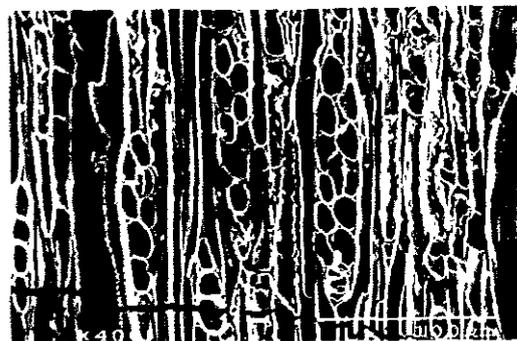
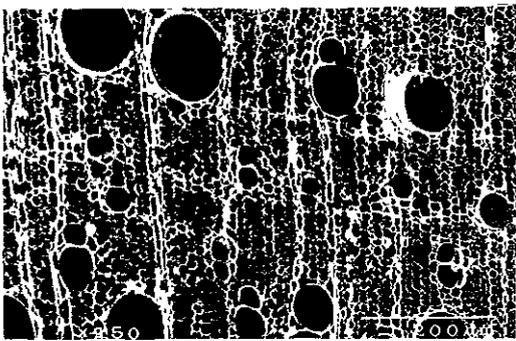
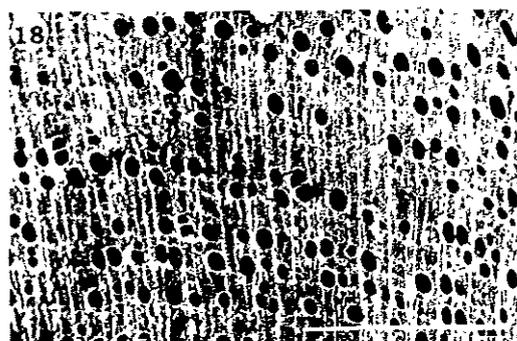
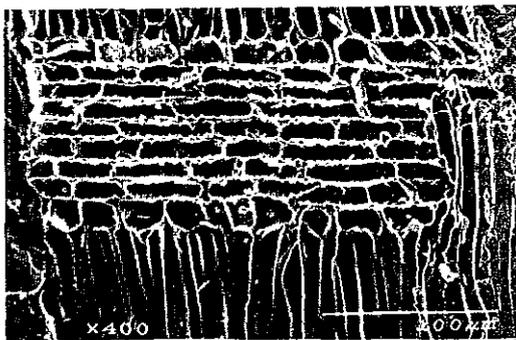
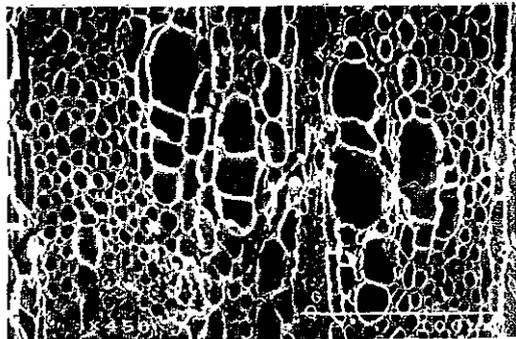
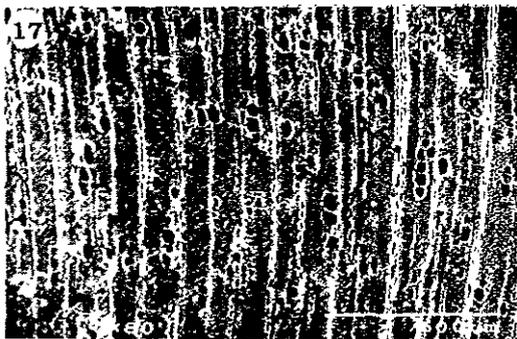
#### Tipo C1 (*Abies religiosa* (HBK.) Cham. & Schl.) Fig. # 19

Traqueidas con diámetro tangencial de 20 µm en promedio, punteaduras en campo de cruce taxodioides, pequeñas, 1-2 por campo. Los radios son uniseriados, homogéneos, el número de células que los conforman va de 4-24 y la longitud de 74-372 µm.

Microfotografías: (x) 60x, barra 500µm; (x) 400x, barra 100µm; (t) 180x, barra 200µm; (r) 2.5k, barra 20µm.

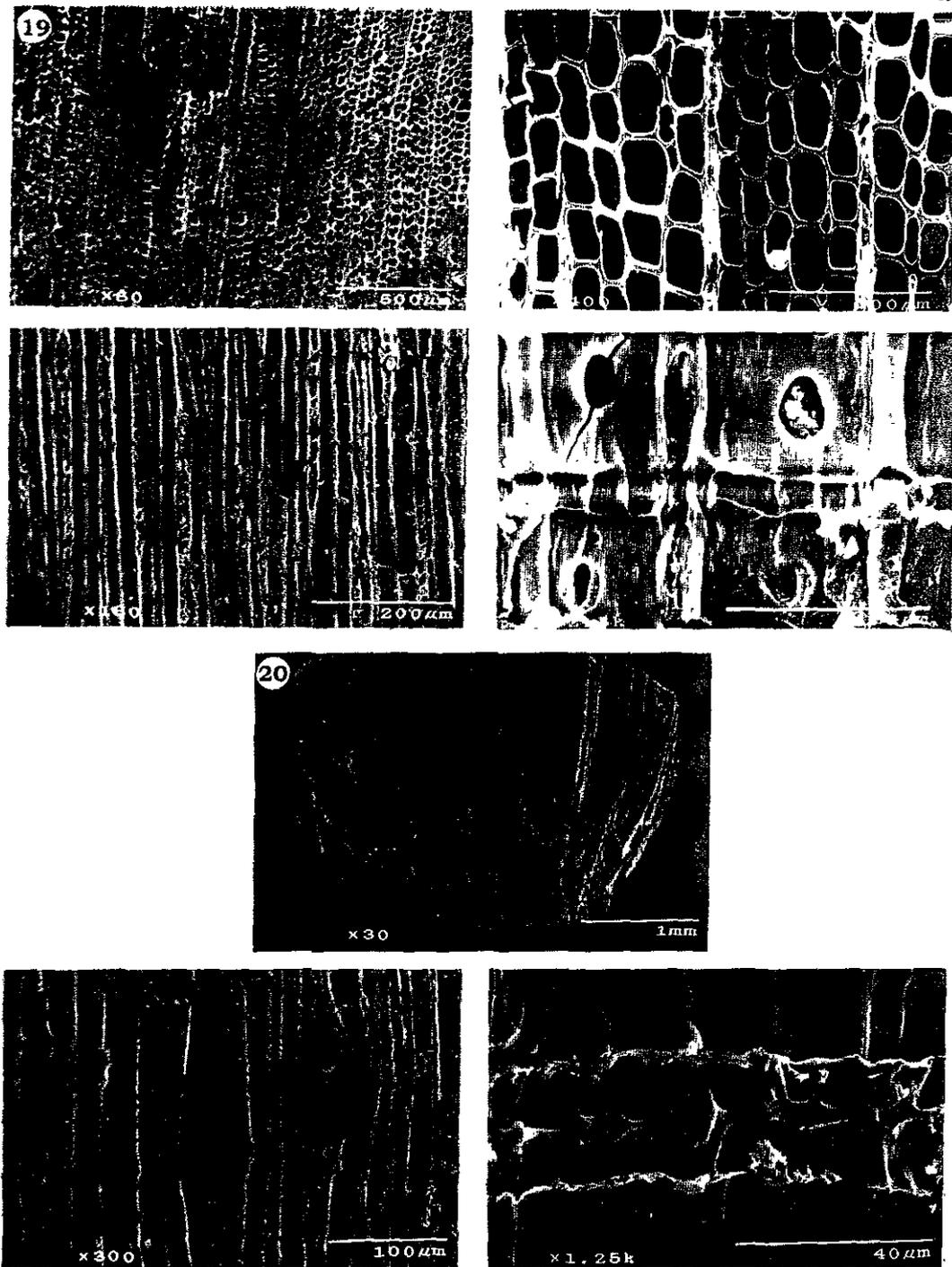
#### *Pinus* sp.1 Fig. # 20

Anillos de crecimiento conspicuos, transición madera temprana-tardía gradual. Traqueidas con diámetro tangencial de 23 µm en promedio, punteaduras en campo de cruce pinoides, 1-2 por campo. Los radios son de dos tipos: uniseriados y fusiformes. Los uniseriados abundantes; los fusiformes



**Fig. 17** *Buddleia* cf. *parviflora* H.B.K. (Tipo 10)

**Fig. 18** *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsheim. (Tipo 19)



**Fig. 19** *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schl. (Tipo C1)

**Fig. 20** *Pinus* sp. (1)

escasos, altura de 230  $\mu\text{m}$ , con un canal de resina y traqueidas en los radios. Los canales de resina presentes tanto transversal como tangencialmente; en la cara transversal, con diámetro de 139 $\mu\text{m}$  en promedio; y en la tangencial de 43  $\mu\text{m}$  en promedio.

Microfotografías: (x) 30x, barra 1mm; (t) 300x, barra 100 $\mu\text{m}$ ; (r) 1.25k, barra 40 $\mu\text{m}$ .

### ***Pinus sp.2* Fig. # 21**

Anillos de crecimiento conspicuos con transición madera temprana-tardía abrupta Traqueidas con diámetro tangencial promedio 23  $\mu\text{m}$ . Punteaduras en campo de cruce pinoides, 1-2 por campo. Los radios son de dos tipos: uniseriados y fusiformes. Los uniseriados más abundantes que los fusiformes; los fusiformes con altura promedio de 215  $\mu\text{m}$  y con un canal de resina. Los canales de resina presentes en superficie transversal, localizados en la zona de la madera tardía, con un diámetro de 142  $\mu\text{m}$  en promedio y en la tangencial de 21  $\mu\text{m}$ .

Microfotografías: (x) 35x, barra 1mm; (x) 150x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (t) 200x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (r) 700x, barra 50 $\mu\text{m}$ .

## **Familia Rosaceae**

### **Tipo 24 (*Crataegus cf. pubescens* [HBK.] Steud.) Fig. # 22**

Porosidad difusa a semianular; poros ligeramente angulosos, principalmente solitarios y escasos en grupos de 2; con 232 poros/ $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial de 35  $\mu\text{m}$  en promedio.

Los elementos de vaso presentan placa de perforación simple y punteaduras intervasculares alternas, escasas de 4  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Parénquima axial: Apotraqueal difuso, escaso.

Los radios 14/ $\text{mm}$ ; heterogéneos, principalmente biseriados, escasos uniseriados, formados por células procumbentes en el cuerpo y células erectas en los márgenes; altura de 369  $\mu\text{m}$ .

Fibras libriformes con diámetro de 7  $\mu\text{m}$  y fibrotraqueidas.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 350x, barra 100 $\mu\text{m}$ ; (t) 180x,

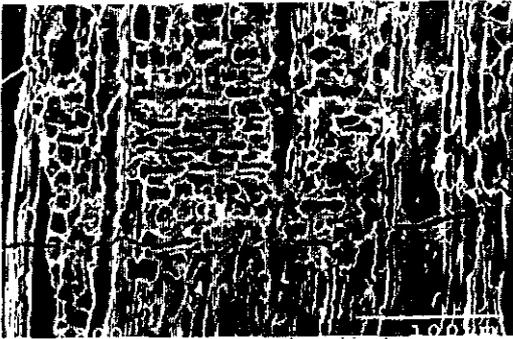
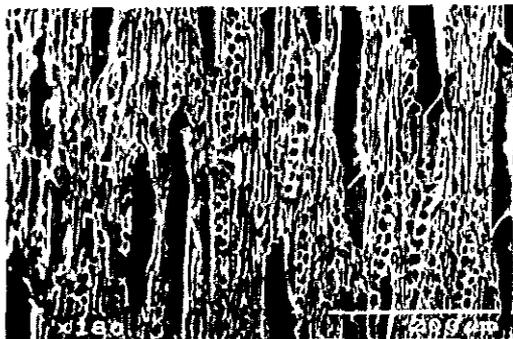
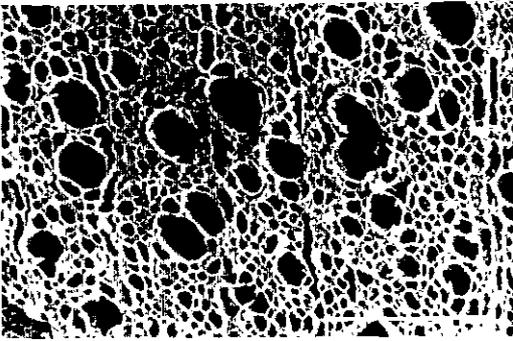
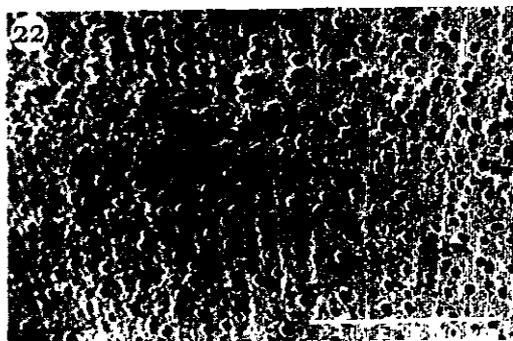
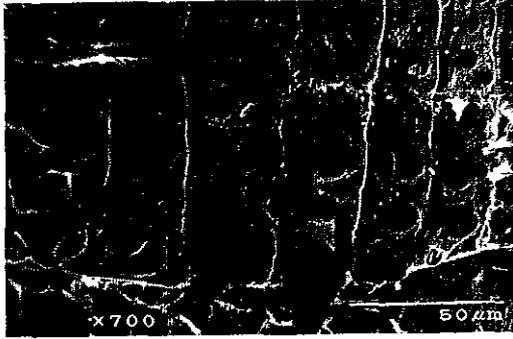
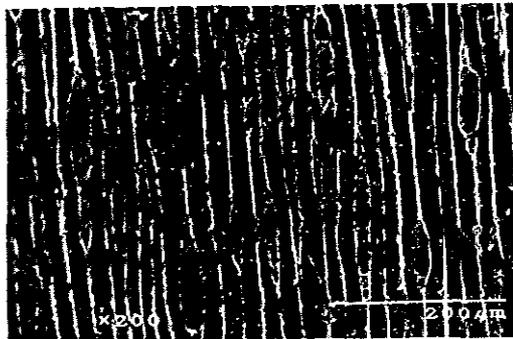


Fig. 21 *Pinus* sp. (2)

Fig. 22 *Crataegus* cf. *pubescens* (H.B.K.) Steud.(Tipo 24)

barra 200µm; (r) 300x, barra 100µm.

**Tipo 4 (*Prunus cf. serotina ssp. capuli* [Cav.] McVaugh) Fig. #23**

Porosidad semianular, poros ovalados; en cadenas radiales y en racimos de 2-5, algunos solitarios; con 92 poros/mm<sup>2</sup>, con diámetro tangencial de 51 µm en promedio.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 283 µm, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 6 µm de diámetro, con engrosamientos en espiral a lo largo del vaso.

Parénquima axial: No se observó.

Los radios 4/mm, homogéneos, multiseriados, algunos uniseriados, formados de células procumbentes, con longitud promedio de 533 µm.

Fibrotraqueidas.

Otras características: Anillos de crecimiento bien definidos.

Microfotografías: (x) 90x, barra 500µm; (x) 1.0k, barra 50µm; (t) 125x, barra 400µm; (r) 1.1k, barra 40µm.

**Tipo 11-16 (*Prunus cf. serotina ssp. capuli* [Cav.] McVaugh.) Fig. # 24**

Porosidad difusa, poros ovalados, solitarios y agrupados en cadenas radiales 2-5; con 80 poros/mm<sup>2</sup>, con diámetro tangencial de 42 µm en promedio.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 303 µm, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 5 µm de diámetro, con engrosamientos en espiral a lo largo del vaso.

Parénquima axial: No se observó.

Los radios 4/mm, homogéneos, multiseriados, algunos uniseriados, formados de células procumbentes, con longitud promedio de 748 µm (903-593µm).

Fibrotraqueidas.

Microfotografías: (x) 80x , barra 500µm; (x) 300x, barra 100µm; (t) 90x, barra 500µm; (r) 200x, barra 200µm.

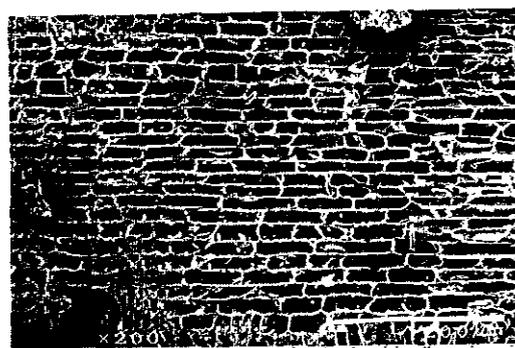
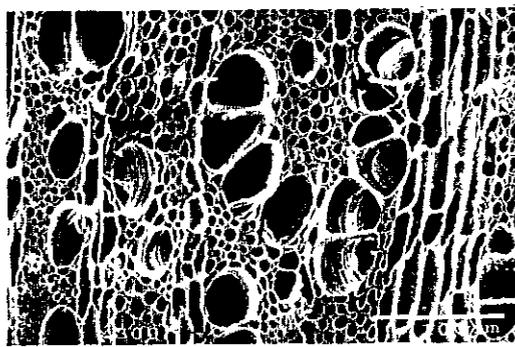
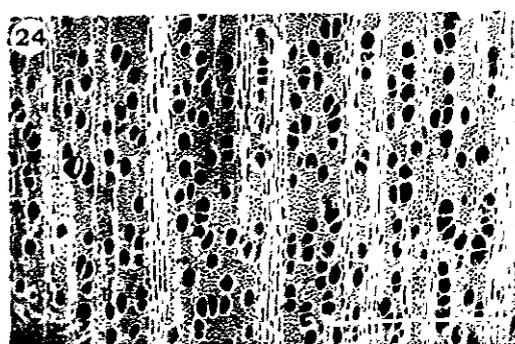
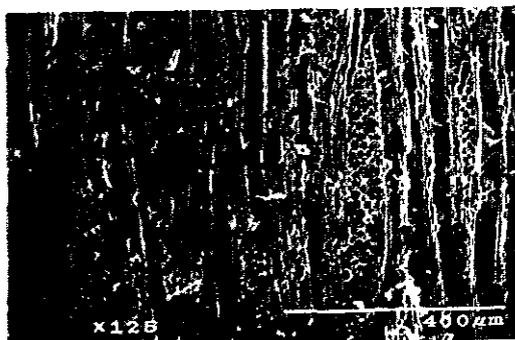
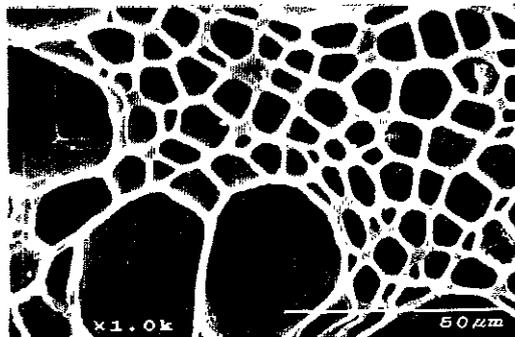


Fig. 23 *Prunus* cf. *serotina* ssp. *capuli* (Cav.) McVaugh (Tipo 4)  
 Fig. 24 *Prunus* cf. *serotina* ssp. *capuli* (Cav.) McVaugh (Tipo 11-16)

## Familia Salicaceae

### Tipo 9 (*Salix* sp.) Fig. # 25

Porosidad semianular con tendencia a distribuirse diagonalmente, poros principalmente en grupos de 2 a 4, ligeramente ovalados; con 132 poros/mm<sup>2</sup>, con diámetro tangencial de 50 μm en promedio.

Los elementos de vaso con 194 μm de longitud promedio, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas con 6 μm de diámetro.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 13/mm, heterogéneos, uniseriados, formados por células procumbentes en el cuerpo y 1 a 2 hileras de células erectas en los márgenes, con altura promedio de 195 μm.

Fibras libriformes con diámetro tangencial de 10 μm y punteaduras de 2 μm de diámetro.

Otras características: anillos de crecimiento conspicuos.

Microfotografías: (x) 90x, barra 500μm; (x) 250x, barra 200μm; (t) 250x, barra 200μm; (r) 500x, barra 100μm.

### Tipo 12 (*Salix* sp.) Fig. # 26

Porosidad semianular, con poros solitarios y grupos de 2-3, poros ligeramente ovalados, con 91 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial promedio de 54 μm.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 244 μm, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 8 μm de diámetro.

Parénquima axial: marginal.

Los radios 11/mm, heterogéneos, uniseriados, formados por células procumbentes en el cuerpo y de 1 a 2 hileras de células erectas en los márgenes, con altura promedio de 207 μm.

Fibras libriformes con 10 μm de diámetro tangencial.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500μm; (x) 300x, barra 100μm; (t) 180x, barra 200μm; (r) 200x, barra 200μm.

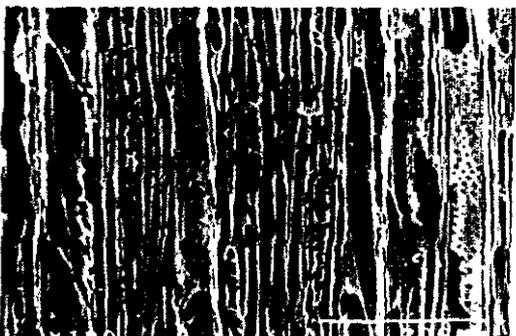
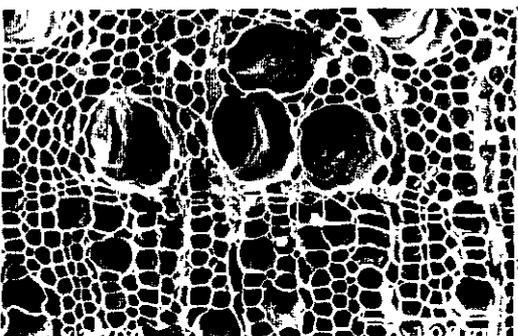
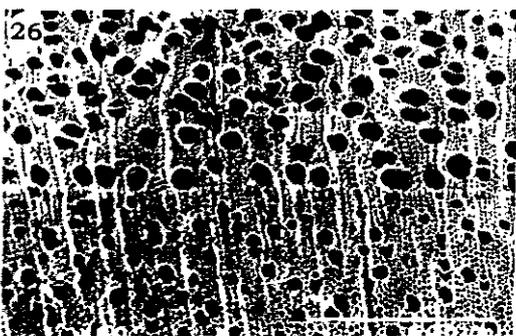
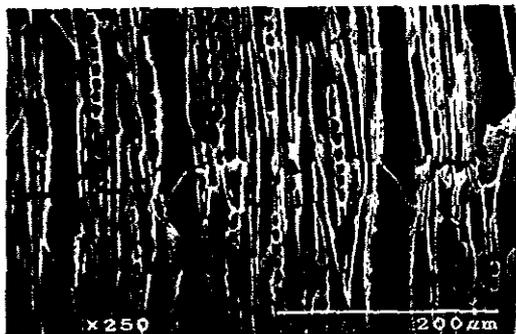
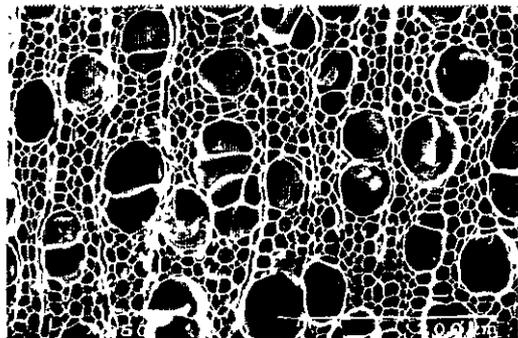
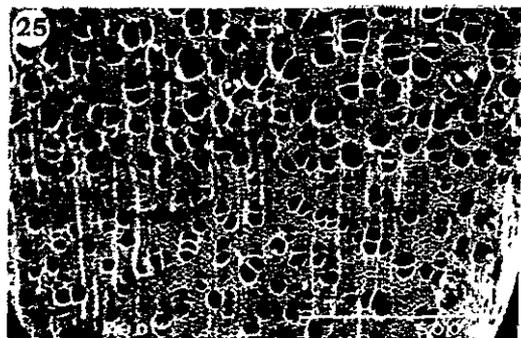


Fig. 25 *Salix* sp. (Tipo 9)  
 Fig. 26 *Salix* sp. (Tipo 12)

**Tipo 14 (*Salix* sp.) Fig. # 27**

Porosidad difusa, con poros solitarios y algunos en grupos de 2 a 4, de forma redonda, con 117 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial promedio de 57  $\mu$ m.

Los elementos de vaso con longitud promedio de 248  $\mu$ m, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares y de vaso-radio alternas con 8  $\mu$ m de diámetro promedio.

Parénquima axial: paratraqueal escaso.

Los radios 12/mm, heterogéneos, uniseriados, formados por células procumbentes en el cuerpo y de 1 a 2 hileras de células cuadradas a erectas en los márgenes, con altura promedio de 370  $\mu$ m.

Fibras libriformes con 11  $\mu$ m de diámetro tangencial.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500 $\mu$ m; (x) 250x, barra 200 $\mu$ m; (t) 180x, barra 200 $\mu$ m; (r) 350x, barra 100 $\mu$ m.

**Familia Symplocaceae****Tipo 8 (*Symplocos* cf. *prionophylla* Hemsl.) Fig. # 28**

Porosidad difusa, poros ovalados, ligeramente angulosos, principalmente solitarios y algunos en grupos de 2-3, con 102 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 35  $\mu$ m en promedio.

Los elementos de vaso con placa de perforación escaleriforme con más de 8 barras; punteaduras intervasculares opuestas de 6  $\mu$ m de diámetro y escaleriformes.

Parénquima axial: No se observó.

Los radios 10/mm, al parecer biseriados y triseriados.

Fibras libriformes.

Microfotografías: (x) 60x, barra 500 $\mu$ m; (x) 180x, barra 200 $\mu$ m; (t) 600x, barra 50 $\mu$ m; (r) 700x, barra 50 $\mu$ m.

**N.I. 1 (*Fabaceae*?) Fig. # 29**

Porosidad difusa; poros ovalado-angulosos; principalmente en grupos 2-4, algunos en cadenas radiales 2-3; con 36 poros/mm<sup>2</sup>; diámetro tangencial promedio de 45  $\mu$ m.

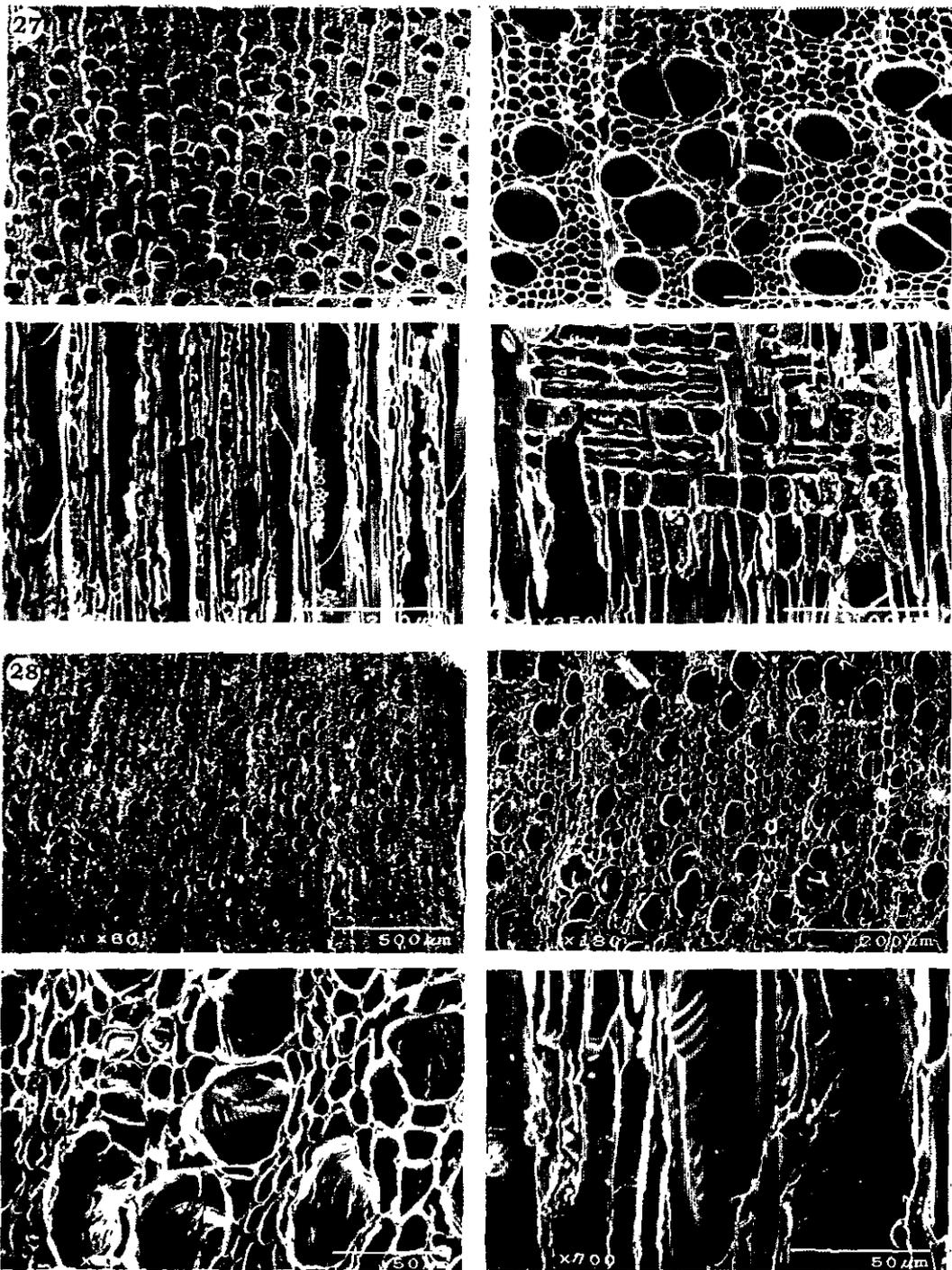


Fig. 27 *Salix* sp. (Tipo 14)

Fig. 28 *Symplocos* cf. *prionophylla* Hems. (Tipo 8)

Los elementos de vaso con longitud promedio de 143  $\mu\text{m}$  (107-176  $\mu\text{m}$ ); placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de 5  $\mu\text{m}$  de diámetro y engrosamientos en espiral a todo lo largo del vaso.

Parénquima axial: paratraqueal confluyente.

Los radios 6/mm; heterogéneos, principalmente multiseriados y escasos biseriados, formados por células procumbentes y cuadradas en el cuerpo y células erectas en los márgenes; con longitud promedio de 755  $\mu\text{m}$ .

Fibras libriformes.

Microfotografías: (x) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 200x, barra 200 $\mu\text{m}$ ; (t) 80x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (r) 125x, barra 400 $\mu\text{m}$ .

### **N.I. 6 Fig. # 30**

Porosidad difusa, poros redondos, poros solitarios y en cadenas radiales 2-5, con 62 poros/ $\text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 70 $\mu\text{m}$  en promedio.

Los elementos de vaso con 216  $\mu\text{m}$  de longitud promedio, placa de perforación simple y punteaduras intervasculares alternas de 3  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Parénquima axial: paratraqueal.

Los radios 12/mm, biseriados, homogéneos, formados de células procumbentes, altura promedio 157  $\mu\text{m}$ .

Fibras libriformes septadas, con 9  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Microfotografías: (x) 70x, barra 500 $\mu\text{m}$ ; (x) 300x, barra 100 $\mu\text{m}$ ; (t) 300x, barra 100 $\mu\text{m}$ ; (r) 600x, barra 50 $\mu\text{m}$ .

### **N.I. 7 Fig. # 31**

Porosidad difusa, poros redondos, principalmente solitarios y algunos en grupos 2-3; con 130 poros/ $\text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 23  $\mu\text{m}$  en promedio. Los elementos de vaso con placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 3  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Parénquima axial: No se observó.

Los radios 11/mm, heterogéneos, biseriados, formados de células cuadradas y erectas en el cuerpo y algunas procumbentes en los márgenes, con longitud promedio de 95  $\mu\text{m}$  de alto.

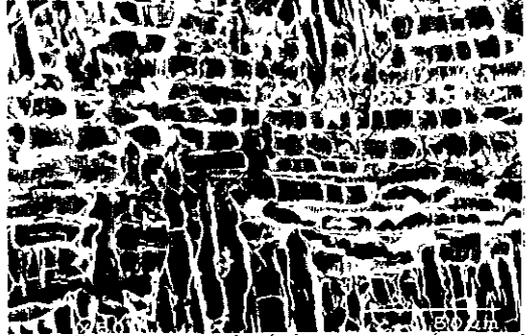
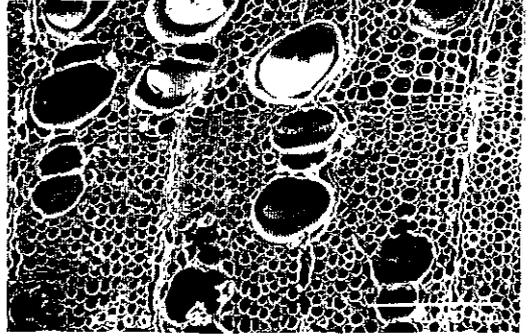
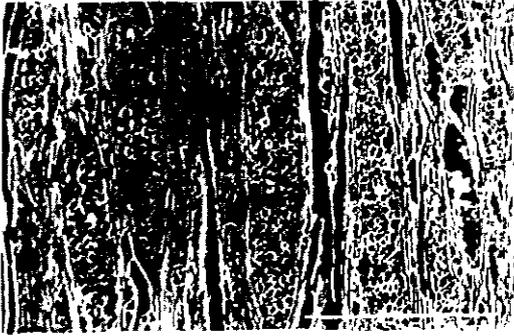
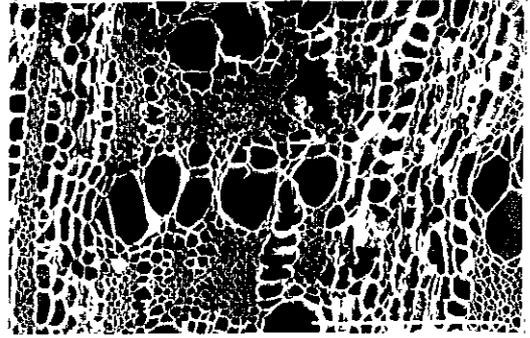
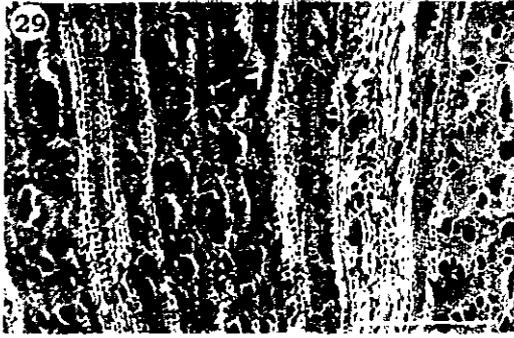


Fig. 29 No Identificada 1 (Fabaceae?)

Fig. 30 No Identificada 6

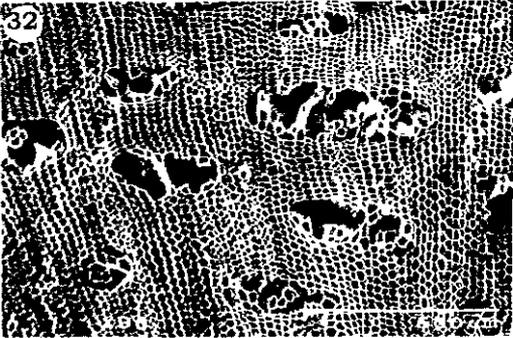
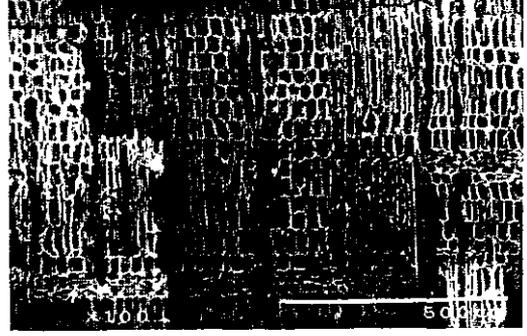
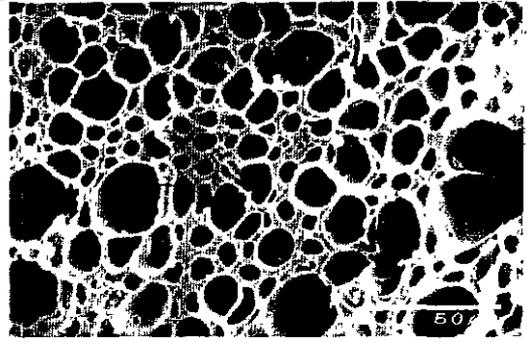
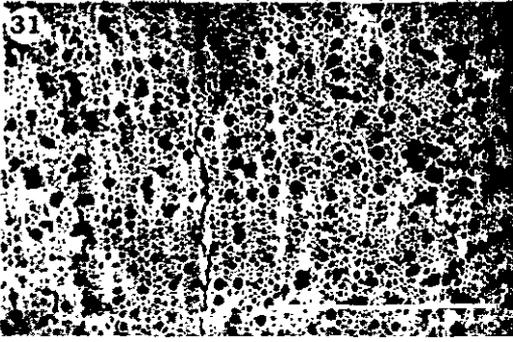


Fig. 31 No Identificada 7  
 Fig. 32 Monocotiledónea

Fibras libriformes.

Microfotografias: (x) 100x, barra 500 $\mu$ m, (x) 300x, barra 50 $\mu$ m; (t) 100x, barra 500 $\mu$ m; (r) 600x, barra 50 $\mu$ m.

## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1. Muestras

Las muestras analizadas, representan dos tipos de contexto que se encuentran íntimamente relacionados: los rellenos y los pisos. Aunque en el material y método, se señaló que sólo se trabajarían muestras de relleno, durante la última etapa de selección, se vio que en el caso de la fase Xolalpan sólo existían seis muestras de este contexto, por lo que se decidió utilizar, las muestras de los pisos correspondientes a esta fase para completar el número establecido. Esto se hizo considerando que la mayoría de los rellenos se usan como base para construir el piso inmediato superior.

Una de las ventajas que tuvo el trabajar con materiales procedentes de este contexto (rellenos) es que, además de que pueden proporcionar datos sobre la vegetación, también aportan información indirecta acerca de los usos de las maderas. Esto se debe a que los rellenos se hacen con diferentes tipos de materiales culturales (e.g. los basureros) y no culturales depositados en áreas circundantes, y que en algún momento fueron utilizados por los pobladores del sitio.

Como consecuencia de los criterios utilizados para elegir las submuestras, tenemos representadas 14 excavaciones, las cuales se pueden reunir en dos grupos: las que comprenden unidades habitacionales y/o conjuntos de cuartos y las que pertenecen en otras estructuras no habitacionales. La división queda de la siguiente forma:

Unidades Habitacionales (UH)	Unidades No Habitacionales (UNH)
TE1 (Complejo de cuartos) 2R/ME	TE2 (Montículo) 9R/ME
TE3, TE6, TE7 (Barrio de Oaxaca) 2P/5R/ME	TE5 17R/TLA
TE20 (Teopancaxco) 4P/5R/XOL-ME	TE12 (Posible basurero) 2R/XOL
TE23 (Tepantitla) 8R/XOL-ME	TE13 (Área del taller de obsidiana) 1R/XOL
TE24 (Tetitla) 4P/XOL	TE22 (Pirámide del Sol) 22R/TZA
TE25 (Ciudadela) 8R/TLA	
TE26A (Yayahuala) 7P/1R/XOL-ME	

Los números se refieren a las muestras analizadas de cada excavación, las letras al contexto (R-relleno, P-piso) al que pertenecen y las abreviaturas a

la fase cronológica (Tza-Tzacualli, Tla-Tlamimilolpa, Xol-Xolalpan y Metepec).

Como se puede ver, en el grupo de las unidades habitacionales (UH) hay tanto muestras de pisos (17) como de rellenos (29); mientras que en el de las unidades no habitacionales (UNH), todas las muestras son de rellenos (54). Sin embargo, lo más significativo de esto es que, en conjunto, las muestras de las unidades no habitacionales presentan mayor número de taxa diferentes, que las de las unidades habitacionales (Tabla XVII), lo cual podría significar dos cosas: 1) tomando en cuenta que los rellenos de las unidades no habitacionales están constituidos por materiales de desecho, lo que se presenta en este grupo de muestras sería el reflejo de esos materiales reutilizados, en donde no hay una especificidad en el uso que se les dio. En las unidades habitacionales se observaría lo mismo, si no fuera porque en este caso, además de los rellenos, se tienen muestras de pisos. En los pisos -dado que son de carácter doméstico- se llevan a cabo distintas actividades específicas (como por ejemplo la preparación de alimentos); por lo que, en muchas ocasiones a este contexto se encuentran asociados fogones. Debido a esto se podría esperar que las especies presentes en dichos contextos tuvieran un uso determinado, e.g. como combustibles. En el primer caso (UNH), no hay una selección de materiales, al menos no de primera intención, por lo que habría un número mayor de especies diferentes. En el segundo caso (UH) se podría esperar una cierta selección de maderas, por lo que el número de especies diferentes sería menor.

2) Si se considera que en las UNH la mayor parte de las muestras representan a las fases Tzacualli y Tlamimilolpa (42 de 54) mientras que en las UH están mejor representadas Xolalpan y Metepec (38 de 46); se podría suponer que las diferencias que se observan se deben: i) a un cambio en la utilización de recursos y/o en las actividades ó ii) a un problema de subrepresentación de algunos taxa en las muestras. En este momento es difícil de saber, ya que se carece de otros datos para poder comparar y hacer una proposición más sustentada. Sin embargo, las propuestas no necesariamente tienen que ser excluyentes, sino que se pueden considerar como complementarias.

Con relación al número de fragmentos examinados, éste resultó ser menor al que se había propuesto hacer (si consideramos que de cada muestra – 100- se elegirían 20 fragmentos, se tendría un total de 2000 y no los 1479 que se analizaron). Esto se debió a que en algunos casos, la cantidad de fragmentos de carbón presentes en la muestra no era suficiente para elegir el número acordado, por lo que se analizaron todos los que contenía la muestra.

## 8.2. Técnicas

La técnica de fraccionamiento permitió la observación de algunas características anatómicas que, en ciertos casos, fueron suficientes para determinar el tipo de madera de la que se trataba (e. g. *Pinus* y *Quercus*); sin embargo, en otros no ocurrió así. La poca profundidad de campo que se tenía en las superficies obtenidas por este procedimiento y el bajo poder de resolución que se puede alcanzar con el microscopio estereoscópico -según Grimstone (1981), el mejor poder de resolución que se tiene en un microscopio de luz, es de 0.2  $\mu\text{m}$ -, resultaron ser los principales inconvenientes para poder dilucidar una mayor cantidad de aspectos estructurales, que era necesario registrar, para poder conocer la identidad de los taxa. Esto representó un serio problema, ya que la identidad de las especies era el elemento fundamental del análisis. La utilización de la microscopía electrónica, abrió la posibilidad de examinar la estructura de la madera carbonizada, a un nivel más fino, muy superior al que se obtiene en el microscopio estereoscópico. Esto fue gracias a que el microscopio electrónico de barrido (MEB) posee una gran profundidad de campo y la resolución puede llegar a ser, en condiciones favorables, de 10 nm (Grimstone, 1981). Una ventaja adicional que tuvo haber empleado esta técnica, es que dada la naturaleza del material (madera carbonizada), la preparación de las muestras fue sencilla. Sólo se limitó a que, una vez que estuvieron montadas en los portamuestras, se recubrieran con una capa muy fina de oro. Esto incluso podría no haberse hecho; sin embargo, dado que los fragmentos estaban muy frágiles (como consecuencia de los procesos de intemperización a los que estuvieron sometidos en los sedimentos) y para evitar que se quebraran -por la formación de cargas o el calentamiento de la muestra-

se recubrieron.

Como se puede apreciar en el Cuadro 1 (ver resultados), el examen de los fragmentos de madera carbonizados en el MEB, permitió observar una serie de características, que no se distinguieron bajo el microscopio estereoscópico. Incluso, se pudieron cuantificar y medir ciertos elementos como son: el n° de poros/mm<sup>2</sup>, la longitud de los elementos de vaso, el n° de radios/mm y la longitud de los mismos. Estas sirvieron para preparar descripciones más completas y tener más datos para comparar en el momento de hacer la identificación. En las descripciones, se observa que hubo muestras que pudieron ser caracterizadas casi completamente -como el tipo 20, el tipo 23 o el tipo 22-, mientras que otras estaban pobremente definidas (como el tipo 8 o el tipo 13). Es necesario indicar que de los tipos no identificados 2, 3, 4, y 5; no se hicieron las descripciones correspondientes, ya que los tipos 2 y 3 no se examinaron en MEB (porque eran fragmentos muy pequeños, poco manipulables y evidentemente eran ramas), por lo que se carece de microfotografías. El caso de 4 y 5 fue diferente; aunque sí había fotografías, no fue posible distinguir las características, debido a que los fragmentos estaban muy deteriorados.

Como se mencionó anteriormente, a pesar de que el MEB tiene un alto poder de resolución, en algunos casos no fue posible observar todas las características necesarias para hacer la identificación. Esto se debió más a aspectos relacionados con la obtención de cortes bien orientados y con la conservación de las características después de la carbonización (las cuales se discuten más adelante), que a las limitaciones propias del microscopio.

### **8.3. Identificación de la madera carbonizada**

La identificación de los taxa se hizo por comparación de características, más que siguiendo una clave dicotómica como normalmente se hace cuando se trata de la madera fresca. A pesar de que muchas de las características anatómicas (Cuadro 1) se encuentran bien conservadas en los fragmentos, hay otras que no se pudieron apreciar y que, en algunos casos, son diagnósticas de los grupos. El caso más extremo que se presentó -tanto en las gimnospermas

como en las angiospermas- es la pérdida completa de las características macroscópicas (e.g. olor, color, lustre), las cuales no pueden ser utilizadas en la identificación; por lo que sólo se pueden usar características microscópicas.

En las angiospermas, dentro de las características que no se lograron apreciar claramente en todos los fragmentos, tenemos al parénquima axial y a las fibras. En la madera sin carbonizar, estos dos tipos celulares (en corte transversal) se pueden diferenciar por el grosor de sus paredes. Las paredes de las células de parénquima son delgadas, mientras que las de las fibras se encuentran visiblemente engrosadas. Sin embargo, en la madera carbonizada fue muy difícil hacer esta distinción, ya que como se aprecia en algunas de las microfotografías (Fig. # 36), las paredes aparecen fusionadas y se observan como un continuo, dando un aspecto muy homogéneo al corte transversal, sobre todo en los casos en los que la madera contenía poco parénquima axial o se encontraba muy difuso (e.g. en *Alnus* y *Prunus*). Esto se presenta así como consecuencia del proceso de carbonización (Ver Tablas XV y XVI). Rossen y Olson (1985) reportaron que el único tipo de parénquima que sobrevive a la carbonización -y por lo tanto es relativamente fácil de reconocer- es el marginal. Esto concuerda con lo que se distinguió en las muestras: el parénquima marginal se observa como una hilera de orificios que corren a lo largo del anillo de crecimiento, entre la madera temprana y tardía. Sin embargo, es importante señalar que también se pudo reconocer el parénquima cuando era muy abundante y/o presentaba un arreglo particular (e.g. en *Quercus*). En los casos en que prácticamente fue imposible definir, en el corte transversal, el tipo de parénquima que estaba presente, la disposición del mismo se pudo dilucidar a través del examen de las imágenes del corte tangencial.

Con respecto a las fibras, la característica que permite dilucidar el tipo de fibra que se tiene, son las punteaduras: las simples se presentan en las fibras libriformes, las areoladas en las fibrotraqueidas. Según lo observado en los ejemplares, la areola de las punteaduras de las fibrotraqueidas se pierde, y sólo queda un orificio, que en general, es más grande y conspicuo que en las libriformes (Fig. # 23).

Hubo características que aunque se observaron, no pudieron ser cuantificadas en todas las muestras. Por ejemplo, la longitud de los elementos de vaso, la longitud y el diámetro de las fibras, el número y la forma de las células que constituyen las bandas de parénquima. Esto se debió a que estas mediciones se hacen en material disociado, y en la madera carbonizada, no es posible disociar los tipos celulares. En algunos casos, las mediciones se pudieron hacer en el corte tangencial; sin embargo, en muy pocas ocasiones se logró obtener un corte lo suficientemente limpio para hacer la observación. Es decir, en las imágenes las estructuras aparecían incompletas o sobrepuestas. Es por eso que en las descripciones y en las tablas comparativas estas características aparecen con el rubro no se observó. Es importante señalar que, dependiendo de la fotografía, a veces fue posible medir más de un elemento y hacer un promedio de las medidas; en otras ocasiones sólo se pudo medir un elemento y ese es el valor que se reporta (este señalamiento incluye los valores de la longitud de los radios).

En el caso de las gimnospermas, la característica que fue más difícil de distinguir fue las punteaduras en campo de cruce, sobre todo porque estas se observan en el corte radial y la obtención de este corte resultó ser muy problemático, ya que los fragmentos eran, en general, pequeños. Fuera de esto, el resto de las características se encontraban muy bien conservadas, incluso en algunos fragmentos se pudieron ver, en el corte transversal, los restos de las células epiteliales que rodean los canales de resina de los pinos (Fig. # 21).

Un factor importante que dificultó la tarea de identificación fue que algunos fragmentos eran parte de una rama. En las ramas, la estructura de la madera se parece a la del tronco; sin embargo, existe cierta variabilidad en las estructuras típicas que se presentan en el mismo. Las diferencias se deben, en primera instancia a la posición casi horizontal de las ramas, lo que causa dorsoventralidad en su madera. Otras características que presentan son la excentricidad de la médula, la formación -en el mismo año- de anillos de diferente ancho y la producción unilateral de madera de reacción. De acuerdo con Schweingruber (1990), las características que presentan gran variación y que se deben de evitar en la identificación, son las siguientes: el diámetro de los

vasos, la distribución del parénquima, el ancho de los radios, el tipo de células que forman los radios y las tñides. Así mismo, existen características que varían poco y que se deben tomar en cuenta, cuando se trata de llegar a la identidad de una rama; éstas son: el patrón de distribución de los poros, el tipo de placa de perforación, los engrosamientos en espiral, el tipo de punteaduras intervasculares y de radio-vaso, y en el caso de las gimnospermas, los canales de resina.

La variabilidad en la anatomía no sólo se presenta entre la madera de diferentes partes de la misma planta, sino también entre plantas en diferentes estados de desarrollo, entre las que provienen de poblaciones geográficas distintas, entre las que crecen en hábitats diferentes y en las que están sometidas a estrés durante su desarrollo (Minnis, 1987). Estas diferencias pocas veces se mencionan en los manuales, las descripciones y/o en las claves de identificación, lo cual dificultó más la identificación de los fragmentos.

La escasez de manuales de identificación, de descripciones y de claves para especies de arbustos, también significó un problema durante la determinación de los taxa. Por las características de la vegetación de la zona de estudio (ver especies con letra negrita en la descripción de la vegetación), era muy probable que los arbustos estuvieran representados en las muestras.

A continuación se analizan dos ejemplos de la importancia que tuvo considerar lo antes mencionado en la identificación de los tipos:

1) Se determinó que un fragmento (tipo 23) pertenecía a la familia Berberidaceae, al género *Berberis*. Al comparar las características se encontró que tres de ellas aparentemente no correspondían con la descripción: el arreglo de los vasos, el número de radios y las punteaduras intervasculares. La porosidad reportada para este género es de semianular a anular; con poros agrupados en la madera temprana, en hileras oblicuas o tangenciales; anillos de crecimiento muy bien definidos. Esto no concordaba con lo observado en la muestra (Tabla III), en donde los vasos se presentan en hileras tangenciales muy compactas y los anillos de crecimiento son muy pequeños. Sin embargo, cuando se revisaron en una laminilla otras partes de la porosidad se vio que, conforme nos alejamos de la médula, los anillos van reduciendo su tamaño y

las hileras tangenciales de poros se van compactando, de tal forma que el patrón de porosidad cambia. Esto se observa más claramente en las ramas. La abundancia de los radios también varía de acuerdo a la zona de la madera que se examina; en las ramas están más espaciados. Las punteaduras intervasculares en las muestras se presentan coalescentes. Aunque en la descripción consultada no se menciona la coalescencia, al observar una laminilla de la colección de maderas actuales, encontramos estas punteaduras en los vasos.

2) Los tipos 1, 6 y 10, fueron identificados inicialmente como *Buddleia* cf. *parviflora* (Tabla VIII). Sin embargo, el arreglo de los vasos en las muestras no correspondía con la reportada en la descripción, ni tampoco con la fotografía que la acompaña. Al revisar la laminilla correspondiente, se observó que en efecto la disposición de los vasos era bastante diferente: principalmente solitarios y en grupos de 2-3, ocasionalmente 4 o más, mientras que las muestras presentan poros agrupados en racimos y algunos en cadenas radiales 2-6 y escasos solitarios. Es decir, en las muestras se presentaban más agrupados que en la laminilla de referencia. No obstante, el resto de las características concordaban. La variación en las características se debía a que el ejemplar utilizado para hacer la descripción y la laminilla que se consultó, fue colectado en un bosque mesófilo de montaña, en donde la humedad es alta y constante. En lugares donde la humedad es constante, las especies tienden a presentar poros solitarios; en cambio en lugares donde existen condiciones secas, las especies generalmente presentan poros muy agrupados. Una misma especie que tiene la capacidad para desarrollarse en dos hábitats distintos, presentará variación en esta característica. Precisamente es lo que se encontró en *Buddleia*: al comparar con un ejemplar colectado en una zona con condiciones secas, se observó que los poros se encuentran -en su gran mayoría- agrupados, que es como los presentan las mencionadas muestras.

Esta variación en las características anatómicas de la madera, explica la razón por la cual se identificaron tres tipos de *Buddleia*, cuatro de *Baccharis* y dos de *Prunus*. La presencia de tipos distintos, que pertenecen a un mismo género, puede indicar que: 1) en las muestras hay representada más de una

especie; 2) que los fragmentos provenían de distintas partes del mismo árbol (i.e. ramas y troncos) y/o 3) que pudieron ser parte de individuos en distintas etapas de desarrollo i.e. juveniles y adultos.

Mediante la elaboración de tablas comparativas se contrastaron las características de cada uno de los tipos con las del género al que se determinó que pertenecen. Esto permitió ver más claramente qué características coincidían y cuáles no (como en los ejemplos descritos anteriormente), para así decidir si la identificación era correcta o no (Tablas I-XIII).

Además de esto, la información contenida en las tablas permitió hacer otro análisis. Si se observa cualquier tabla, e. g. Tabla XII, se verá que las características cuantitativas (como serían el número de vasos, el diámetro tangencial de los mismos o la longitud de los radios) de los tipos discrepan de las de la especie de referencia. Sin embargo, si se revisan más detenidamente estas variaciones, se encontrará que son constantes en todos los tipos identificados. Es decir, en todos los tipos -con respecto a la especie de referencia- existe un alto número de poros /mm<sup>2</sup>, el diámetro tangencial de los vasos es más pequeño, el número de radios/mm es mayor y la longitud de los elementos de vaso y la de los radios es mucho menor. Para poder explicar la consistencia en dichas características, hay dos posibilidades: 1) que todos los fragmentos fueran parte de una rama o 2) que estas diferencias sean resultado de la carbonización. Es evidente que algunos de los fragmentos son ramas, pero es poco probable que todas las muestras sólo contuvieran partes de ramas (ya que provienen de distintas excavaciones y fases cronológicas).

De acuerdo con varios autores (Rossen y Olson, 1985; Schweingruber, 1991), la carbonización produce una disminución en el volumen que va desde el 23 al 60% y una pérdida de peso entre el 56 y el 80%, lo cual provoca una reducción, en el plano longitudinal, de entre el 13 y el 17% y en el plano radial/tangencial entre el 12 y 25%. A propósito de la reducción, February (1994) menciona que ésta provoca un cambio en el diámetro de los vasos y en el número de poros por unidad de área. El incremento en la frecuencia de los poros en una unidad de área conocida, se ha calculado en más del doble del número que originalmente se presenta en la madera sin carbonizar. Si se toma

en cuenta esto se puede decir que lo que se observa en las tablas, son los cambios que se producen en la madera como consecuencia de la carbonización.

En relación directa con lo anterior se presentan los resultados de los experimentos de carbonización controlada (Tablas XIV y XV). Es importante hacer notar que, aunque no se reporta en las tablas, también se registró en las muestras la pérdida total de las características macroscópicas como son, entre otras: el color, el olor, el sabor, el lustre y la densidad. En la tabla XIV, se ve que, después de la carbonización, hay una pérdida evidente de peso en los fragmentos. Ésta se ubica entre el 62 y el 74%. Todo esto concuerda con lo reportado en la literatura. Con respecto a la longitud de los fragmentos, la reducción no es tan notable, como en el caso del peso. Sin embargo, como a continuación se discute, esta reducción afecta sensiblemente a todas las características cuantificables.

En la tabla XV, se muestran algunas de las características que se observaron en MEB. Cabe mencionar que las muestras que se utilizaron en el experimento de carbonización, se obtuvieron del mismo ejemplar que se utilizó para hacer la descripción de la madera no carbonizada o de referencia. Como se puede ver, existen diferencias entre las mismas características cuando la madera no está carbonizada y cuando sí lo está. Por ejemplo, en el caso de *Buddleia americana*, el número de poros/mm<sup>2</sup> es de 13 en la madera no carbonizada; el número asciende a 25 (casi el doble) cuando la madera está carbonizada. Con respecto al diámetro tangencial, tenemos que en la madera fresca es de 97  $\mu\text{m}$  mientras que en la carbonizada es de 64  $\mu\text{m}$  (se redujo casi un tercio). La longitud de los elementos de vaso no se pudo medir; pero en el caso de la longitud de los radios disminuyó de 430 $\mu\text{m}$  en la madera no carbonizada a 259  $\mu\text{m}$  en la carbonizada (aproximadamente la mitad). El número de radios promedio es de 9/mm contra 12/mm de la madera carbonizada. También podemos observar que la magnitud de la variación de las características no siempre es igual, y que ésta depende del tipo de madera que se esté considerando.

Con base en estos resultados se puede afirmar que las discrepancias que existen entre las características de las especies de referencia y las de las

muestras, se deben al proceso de carbonización que estas últimas experimentaron. Es decir, la disminución en el volumen y la pérdida de peso provocan en la madera, por un lado, la reducción de la longitud de los radios, de los elementos de vaso y del diámetro tangencial de los vasos y por el otro, el incremento en el número de poros, en el número de radios y en los anillos de crecimiento.

Rossen y Olson (1985) demostraron, que algunos de los patrones observados durante su estudio (con respecto a la retención, distorsión y obliteración de las características de la madera después de la carbonización), son los mismos para varias especies e incluso éstos pueden ser extrapolados a otras especies que no fueron estudiadas.

Los resultados de los experimentos de carbonización que se llevaron a cabo en esta investigación, concuerdan con los obtenidos por estos autores y permiten corroborar la existencia de dichos patrones.

Con respecto a los géneros identificados en las muestras como *Berberis*, *Carpinus*, *Cornus*, *Fraxinus*, *Symplocos* y *Astronium*, es importante mencionar que no están reportados en ninguno de los estudios de campo que se han hecho sobre la flora actual en la parte septentrional de la cuenca de México (Rzedowski *et al*; 1964; Castilla y Tejero, 1983). En el caso particular del valle de Teotihuacan, los géneros que no se encuentran presentes son *Pinus*, *Abies*, *Alnus* y *Juniperus*. La importancia de esto se discutirá en los siguientes apartados.

TABLA XIV. RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS DE CARBONIZACIÓN

ESPECIE	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PÉRDIDA %	LONGITUD 1 (cm)	LONGITUD 2 (cm)
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	10.1	3.0	70.2	6.8 x 9.0	5.9 x 1.0
<i>Alnus acuminata</i> H. B. K.	6.72	1.73	74.2	5.4 x 1.7	4.1 x 1.5
<i>Buddleia americana</i> L.	14.1	3.7	73.7	5.8 x 1.5	5.2 x 1.1
<i>Eysenhardtia polystachia</i> (Ort.) Sarg.	20.9	7.9	62.2	7.5 x 1.3	6.7 x 1.0
<i>Fuchsia arborescens</i> Sims.	10.3	3.4	67.0	7.5 x 1.4	6.2 x 1.2
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	4.00	1.22	69.5	3.5 x 1.7	3.0 x 1.5
<i>Pinus</i> sp.	13.21	3.54	73.2	4.2 x 1.7	3.3 x 1.6
<i>Prosopis laevigata</i> (H. & B. ex Willd) M.C. Johnst.	30.7	10.4	66.1	9.7 x 1.7	8.2 x 1.5
<i>Prunus serotina</i> Ehrenb.	7.84	2.24	71.4	5.0 x 1.8	3.9 x 1.5
<i>Quercus laurina</i> H. & B.	9.98	2.60	73.9	5.6 x 1.5	4.1 x 1.4
<i>Quercus obtusata</i> H. & B.	21.3	7.3	65.7	7.2 x 1.3	6.4 x 1.0
<i>Rhus</i> sp.	8.3	2.4	73.7	5.5 x 1.3	4.9 x 1.3
<i>Salix oxylepis</i> Schn.	9.5	2.7	71.5	6.9 x 1.1	5.2 x 0.9

Peso 1. - Peso antes de la carbonización

Peso 2. - Peso después de la carbonización

Longitud 1. - Largo y ancho antes de la carbonización

Longitud 2. - Largo y ancho después de la carbonización

TABLA XV. CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS EN LAS ESPECIES ACTUALES CARBONIZADAS\*

Especie**	Porosidad	# de poros /mm <sup>2</sup>	Diámetro tangencial (µm)	Longitud vasos (µm)	# de rayos /mm	Longitud rayos (µm)	Parénquima axial	Otros
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	Difusa	12	66		8	398	Paratraqueal confluyente	Tilides
<i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	Difusa	21 (12)	83 (118)		20 (12)	367 (956)	No se distingue	
<i>Buddleia americana</i> L.	Difusa	25 (13)	64 (97)		12 (9)	259 (430)	Paratraqueal escaso	Engrosamientos en espiral
<i>Eysenhardtia polystachia</i> (Ort.) Sarg.	Difusa	48	68	185	10	233	Paratraqueal	Paredes de fibras fusionadas
<i>Fuchsia arborescens</i> Sims.	Difusa	10 (9)	71 (117)	430 (648)	8 (7)	1016 (3500)	No se distingue	Fibras septadas
<i>Prosopis laevigata</i> (H.& B. ex Willd.) M.C. Johnst.	Difusa	9	67		10	287	Paratraqueal aliforme	Algunas pares de fibras fusionadas
<i>Prunus serotina</i> Ehrenb.	Difusa	81 (62)	56 (70)	387 (440)	4 (3)	689 (935)	No se distingue	Engrosamientos en espiral
<i>Quercus laurina</i> H.& B.	Semianular	8 (4)	131 (138)		1 (1)		Paratraqueal escaso; apotraqueal en agregados	Paredes de fibras fusionadas
<i>Rhus</i> sp.	Difusa	23	72	184	9	257(580)	No se distingue	Paredes de fibras fusionadas
<i>Salix oxylepis</i> Schn.	Difusa	46 (40)	80 (85)		12 (12)	269 (580)	No se distingue	

\*Los números que aparecen entre paréntesis corresponden a los valores que estas características presentan en la madera no carbonizada.

\*\**Quercus obtusata* no se observó en MEB

#### 8.4. Distribución Temporal de los Taxa Identificados

En la tabla XVI se muestra la distribución de los diferentes taxa identificados y de los tipos no identificados, por fase cronológica. Con respecto a esto se puede decir lo siguiente: 1) en la fase Tzacualli es donde está representado el mayor número de taxa; 2) en la fase Metepec es donde hay menos diversidad de taxa; 3) es constante la presencia de *Pinus*, *Quercus*, PCT<sup>2</sup>, *Prunus*, *Alnus* y *Baccharis* a través de todas las fases; y 4) *Salix*, *Buddleia* y *Zea mays* están presentes al menos en tres de las cuatro fases. Esta forma de representar los datos permite visualizar rápidamente, la cantidad de taxa presentes en una u otra fase, pero no ofrece otra clase de información, como podría ser el comportamiento de cada taxon en cada fase, o la relación que puede existir entre los taxa.

En la tabla XVII, se muestra el número total de fragmentos de cada taxon identificado por excavación y por fase cronológica. Esta forma de cuantificación, a través de los conteos absolutos de los restos botánicos, supone que la frecuencia absoluta de los restos refleja fielmente la interacción planta-hombre en la antigüedad (vale la pena apuntar que, generalmente, este conteo se hace por muestra individual, pero que aquí como sólo se quiere ilustrar este modo de cuantificación; se presenta el número total de fragmentos presentes en el conjunto de muestras de cada excavación). Sin embargo, estas frecuencias - dada la naturaleza del material- pueden estar reflejando en realidad otros factores, tales como la conservación diferencial de los materiales o los errores en el muestreo. Por lo tanto, los conteos absolutos, en muy pocas ocasiones, proveen una forma adecuada de cuantificar los restos arqueobotánicos (Popper, 1988).

Con base en los datos de la distribución de los taxa en cada fase, se calcularon los valores de ubicuidad para cada taxon en cada una de las fases, es decir, en cuántas muestras de una fase se encontró presente un taxon. Cabe recordar que el número total de muestras por fase fue de 25 (lo cual equivale al 100%). En la tabla XVIII, se muestran concentrados los valores calculados para las fases. En las gráficas 1, 2, 3 y 4 se desglosan estos valores por fase.

<sup>2</sup> Incluye a todas las gimnospermas que no presentan canales de resina.

TABLA XVI. DISTRIBUCIÓN DE TAXA POR FASE CRONOLÓGICA

Tzacualli 0-200 dC.	Tlamimilolpa 250-350 dC.	Xolalpan 350-550 dC.	Metepec 550-650 dC.
<i>Pinus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.
PCT	PCT	PCT	PCT*
<i>Quercus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.
<i>Prunus</i> cf. <i>serotina</i> spp. <i>capuli</i>			
<i>Alnus</i> cf. <i>firmifolia</i>	<i>Alnus</i> sp.	<i>Alnus</i> cf. <i>jurullensis</i>	Betulaceae
<i>Baccharis</i> spp.	<i>Baccharis</i> spp.	Betulaceae	<i>Baccharis</i> spp.
<i>Buddleia</i> cf. <i>parviflora</i>	<i>Buddleia</i> cf. <i>parviflora</i>	<i>Baccharis</i> spp.	<i>Salix</i> sp.
<i>Salix</i> sp.	<i>Salix</i> spp.	<i>Buddleia</i> cf. <i>parviflora</i>	N.I. 5
<i>Carpinus caroliniana</i>	<i>Carpinus caroliniana</i>	<i>Zea mays</i>	NR
<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Symplocos</i> cf. <i>prionophylla</i>	N.I. 6	
<i>Astronium graveolens</i>	Monocotiledónea	N.I. 7	
<i>Berberis</i> sp.	<i>Zea mays</i>	NR	
<i>Cornus</i> cf. <i>disciflora</i>	N.I. 2		
<i>Crataegus</i> cf. <i>pubescens</i>	N.I. 3		
Monocotiledónea	N.I. 4		
<i>Zea mays</i>	N.I. 6		
N.I. 1	NR		
NR			

PCT Pinaceae-Cupressaceae-Taxodiaceae

N.R. No presentan estructuras reconocibles

N.I. No identificadas

\* Se determinó la presencia de *Juniperus* cf. *depeana* y *Abies religiosa*

TABLA XVII. FRECUENCIAS ABSOLUTAS POR FASE Y EXCAVACIÓN\*

FASE	TZACUALLI			TLAMIMI			XOLALPAN			METEPEC							
	T22	T5	T25	T12	T13	T20	T23	T24	T26	T1	T2	T3	T6	T7	T20	T23	T26
<i>Alnus</i> spp.	12	1							3		1						
<i>Astronium graveolens</i>	1																
<i>Baccharis</i> spp.	69	2	1			4			2	1	7			1			
Betulaceae						5				1							
<i>Berberis</i> sp.	1																
<i>Buddleia</i> cf. <i>parviflora</i>	4	28				1											
<i>Carpinus caroliniana</i>	1	10															
<i>Crataegus</i> cf. <i>pubescens</i>	1																
<i>Cornus</i> cf. <i>disciflora</i>	3																
<i>Fraxinus uhdei</i>	1																
Monocotiledóneas	4	7															
PCT	41	10	20	4		12	4	29	1	7	16	7	8	1	1	1	
<i>Pinus</i> spp.	122	72	112	15	20	69	19	38	83	22	71	49		3	10	50	7
<i>Prunus</i> cf. <i>serotina</i> spp. ca.	46	5						1		1			11	2			
<i>Quercus</i> spp.	119	6	1	6		4	1	5	32		2	4	1	15		4	
<i>Salix</i> spp.	4	4	2										3				
<i>Symplocos</i> cf. <i>prionophylla</i>		1															
<i>Zea mays</i>	4	2	6				4										
NI 1	3																
NI 2		2															
NI 3		1															
NI 4		9															
NI 5											1						
NI 6		2						2									
NI 7									2								
NR	25	23	2			2			6			7					
TOTAL DE FRAGMENTOS	461	185	144	25	20	97	28	75	129	32	98	67	23	22	11	55	7

\* Número total de fragmentos de cada taxon por excavación

TABLA XVIII. FRECUENCIAS RELATIVAS POR FASE \*

TAXA / FASE	TZACUALLI	TLAMIMILOLPA	XOLALPAN	METEPEC
<i>Pinus</i> spp.	96	76	96	92
<i>Quercus</i> spp.	96	16	48	32
<i>Baccharis</i> spp.	68	12	16	16
<i>Prunus</i> cf. <i>serotina</i> spp. <i>capuli</i>	64	12	4	8
PCT	56	36	36	44
<i>Alnus</i> spp.	32	4	12	4
NR	32	20	20	8
<i>Buddleia</i> cf. <i>parviflora</i>	12	20	4	
<i>Zea mays</i>	12	8	8	
NI 1	12			
Monocotiledóneas	8	8		
<i>Salix</i> spp.	8	8		4
<i>Astronium</i> <i>Graveolens</i>	4			
<i>Berberis</i> sp.	4			
<i>Carpinus</i> <i>caroliniana</i>	4	8		
<i>Crataegus</i> cf. <i>pubescens</i>	4			
<i>Cornus</i> cf. <i>disciflora</i>	4			
<i>Fraxinus</i> <i>uhdei</i>	4			
Betulaceae			4	4
<i>Symplocos</i> cf. <i>prionophylla</i>		4		
NI 2		4		
NI 3		4		
NI 4		4		
NI 5				4
NI 6		4	4	
NI 7			4	

\* Número de muestras en las que aparece cada taxon por fase, expresado en porcentajes(25 muestras por fase)

En la **gráfica 1**, se observa que para la fase Tzacualli, los valores más altos son los de *Pinus* y *Quercus* 96%; les sigue *Baccharis* con 68%; después *Prunus* con 64% y PCT con 56%; *Alnus* con 32%; *Buddleia*, *Zea mays* y N.I. 1 con 12%; *Salix* y monocotiledóneas 8% y el resto de los taxa con 4% cada uno.

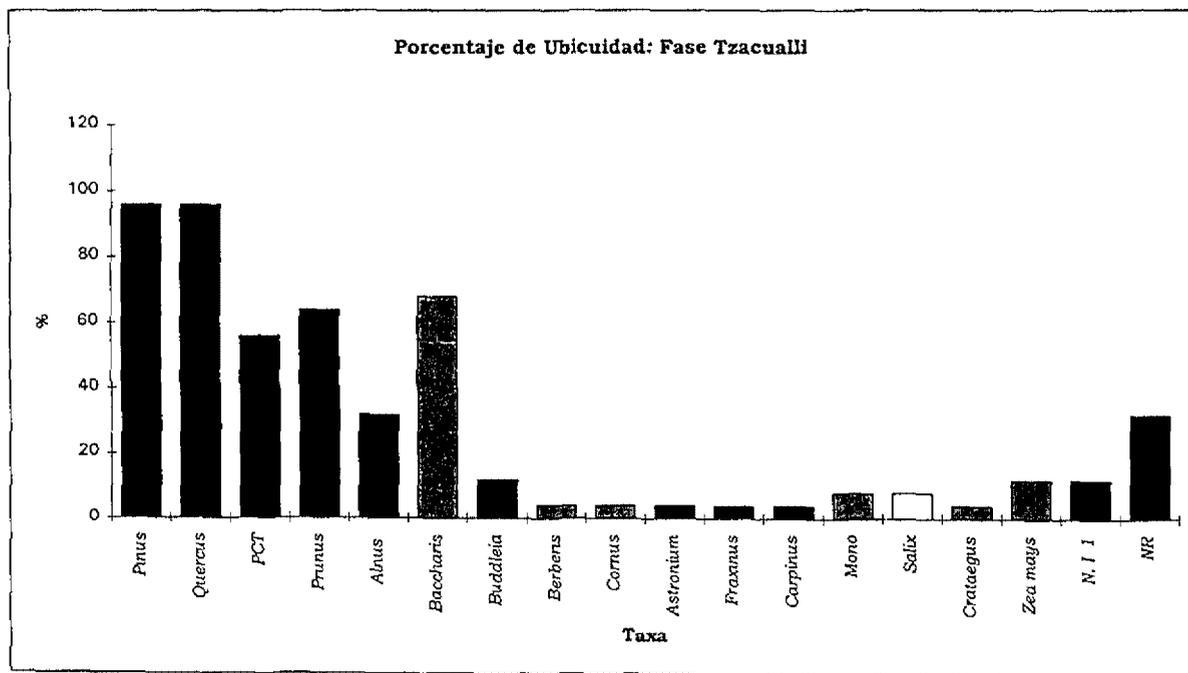
En la **gráfica 2**, se representa la fase Tlamimilolpa, *Pinus* aparece en el 76% de las muestras, PCT 36% y *Buddleia* 20%; *Quercus* sólo alcanza el 16%; *Prunus* y *Baccharis* cada uno 12%; *Carpinus*, N.I.4, *Salix*, las monocotiledóneas y *Zea mays* están en un 8% de las muestras; el resto de las no identificadas sólo se encuentran en un 4%.

En la **gráfica 3**, se encuentran los valores para la fase Xolalpan, en la cual *Pinus* presenta un valor del 96%; *Quercus* 48%; PCT 36%; *Baccharis* con 16%; *Alnus* 12%; *Zea mays* 8% y *Prunus*, *Buddleia* y las dos N.I. 4%.

En la **gráfica 4**, se ve que en la fase Metepec *Pinus* tiene 92%; PCT 44%; *Quercus* 32%, *Baccharis* 16%; *Prunus* 8%; *Alnus*, *Salix*, Betulaceae y N.I.5 4%.

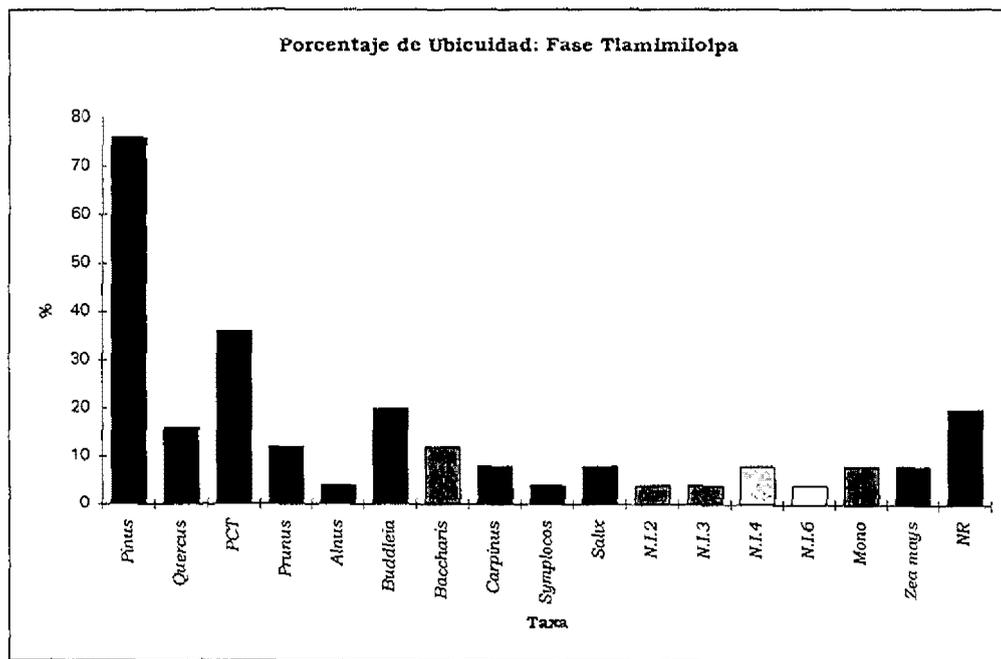
La categoría NR que aparece constantemente en todas las fases, agrupa a todos los fragmentos que carecían de características anatómicas para poder ser reconocidos, por lo que, a pesar de tener valores relativamente constantes, no se toman en cuenta en el análisis. Al analizar estos datos es evidente que: a) la frecuencia de *Pinus*, a través del tiempo se mantiene constante (a pesar de que en Tlamimilolpa desciende su porcentaje); b) *Quercus* tiende a fluctuar a través del tiempo (en Tzacualli presenta el valor más alto comparable con el de *Pinus*; en Tlamimilolpa desciende mucho; en Xolalpan vuelve a subir y en la última fase baja moderadamente); c) el caso de PCT es más interesante: tiene los porcentajes de ubicuidad más altos en la primera y en la última fase, en las fases intermedias su porcentaje se mantiene igual; d) el comportamiento de *Prunus*, muestra una clara tendencia hacia la disminución (el valor más alto es en Tzacualli, en Tlamimilolpa cae fuertemente y después disminuye aun más); e) de *Alnus* se puede decir que se comporta discretamente, no es una presencia muy fuerte pero sí constante; f) *Baccharis* se puede considerar que también es un elemento importante; aparece constantemente a lo largo de las fases (el porcentaje más alto lo presenta en Tzacualli, en las otras tres fases se mantiene constante); g) el género *Buddleia* presenta un comportamiento muy irregular

	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i>	PCT	<i>Prunus</i>	<i>Ainus</i>	<i>Baccharis</i>	<i>Buddleia</i>	<i>Berberis</i>	<i>Cornus</i>	<i>Astronium</i>	<i>Fraxinus</i>	<i>Carpinus</i>	Mono	<i>Salix</i>	<i>Crataegus</i>	<i>Zea mays</i>	N. I. I	NR
UBICUIDAD	24	24	14	16	8	17	3	1	1	1	1	1	2	2	1	3	3	8
%	96	96	56	64	32	68	12	4	4	4	4	4	8	8	4	12	12	32



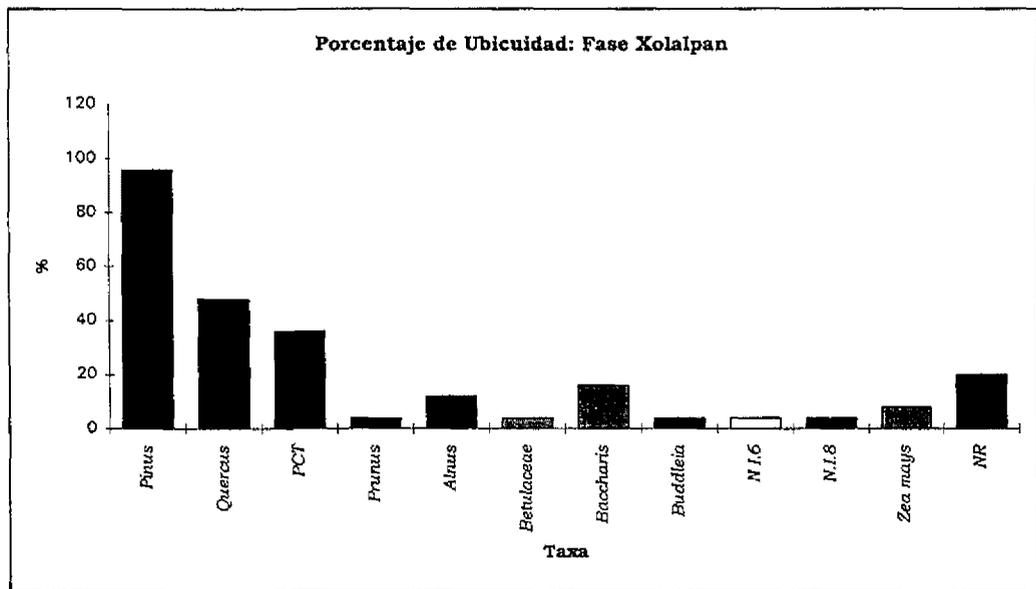
**GRÁFICA 1. UBICUIDAD FASE TZACUALLI**

	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i>	<i>PCT</i>	<i>Prunus</i>	<i>Alnus</i>	<i>Buddleia</i>	<i>Baccharis</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Symplocos</i>	<i>Salix</i>	<i>N.I.2</i>	<i>N.I.3</i>	<i>N.I.4</i>	<i>N.I.6</i>	<i>Mono</i>	<i>Zea mays</i>	<i>NR</i>
UBICUIDAD	19	4	9	3	1	5	3	2	1	2	1	1	2	1	2	2	5
%	76	16	36	12	4	20	12	8	4	8	4	4	8	4	8	8	20



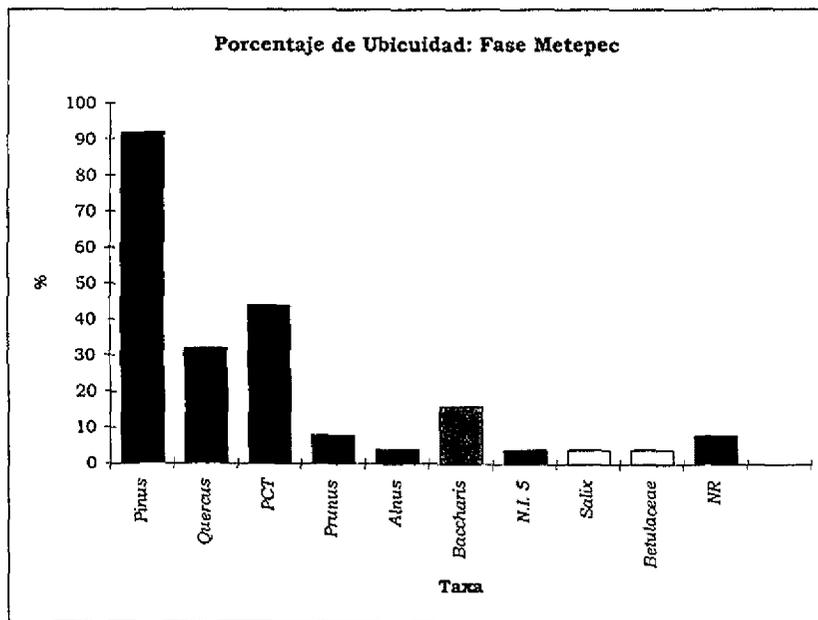
**GRÁFICA 2. UBICUIDAD FASE TLAMIMILOLPA**

	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i>	PCT	<i>Prunus</i>	<i>Alnus</i>	Betulaceae	<i>Baccharis</i>	<i>Buddleia</i>	N.I.6	N.I.8	<i>Zea mays</i>	NR
UBICUIDAD	24	12	9	1	3	1	4	1	1	1	2	5
%	96	48	36	4	12	4	16	4	4	4	8	20



**GRÁFICA 3. UBICUIDAD FASE XOLALPAN**

	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i>	PCT	<i>Prunus</i>	<i>Alnus</i>	<i>Baccharis</i>	N.I. 5	<i>Salix</i>	Betulaceae	NR
UBICUIDAD	23	8	11	2	1	4	1	1	1	2
%	92	32	44	8	4	16	4	4	4	8



**GRÁFICA 4. UBICUIDAD FASE METEPEC**

aumenta de la primera a la segunda fase, en Xolalpan desciende mucho y en Metepec no se presenta; h) la presencia de *Salix* es modesta, en las dos primeras fases su porcentaje es constante, en Xolalpan no se presenta y en Metepec el porcentaje es más bajo; i) el resto de los tipos se presentan con porcentajes muy bajos. Finalmente vale la pena destacar la presencia de *Zea mays* en tres de las cuatro fases. Cabe aclarar que, aunque evidentemente *Zea mays* no es una planta que produce madera, es muy común encontrarla entre los restos carbonizados por el hecho de que los olotes y los tallos eran utilizados como combustible.

Resumiendo, hay géneros que son constantes, aunque no en el mismo porcentaje en todas las fases, como son: *Pinus*, *Quercus*, *Prunus*, *Alnus*, *Baccharis* y PCT (Pinaceae-Cupressaceae-Taxodiaceae); hay los que aparecen en tres de las cuatro fases: *Salix*, *Buddleia* y *Zea mays*; hay los que se presentan en dos de las fases: Betulaceae, las monocotiledóneas, *Carpinus* y N.I. 6 y los que sólo se presentan en una fase: *Astronium*, *Berberis*, *Crataegus*, *Cornus*, *Fraxinus*, *Symplocos* y las N.I.

Este análisis, muestra las variaciones en las frecuencias individuales (i.e. la fluctuación de cada género con respecto a sí mismo), a través del tiempo. Ahora bien, si se toman los géneros en conjunto (excluyendo a los que sólo se presentan en una fase) y se comparan sus frecuencias se tiene lo siguiente:

Género	Tzacualli	Tlamimilolpa	Xolalpan	Metepec
<i>Pinus</i>	96%	↓ 76%	↑ 96%	↓ 92%
<i>Quercus</i>	96%	↓ 16%	↑ 48%	↓ 32%
<i>Baccharis</i>	68%	↓ 12%	↑ 16%	= 16%
<i>Prunus</i>	64%	↓ 12%	↓ 4%	↑ 8%
PCT	56%	↓ 36%	= 36%	↑ 44%
<i>Alnus</i>	32%	↓ 4%	↑ 12%	↓ 4%
<i>Buddleia</i>	12%	↑ 20	↓ 4%	↓ 0%
<i>Zea mays</i>	12%	↓ 8%	= 8%	↓ 0%
<i>Salix</i>	8%	= 8%	↓ 0%	↑ 4%
Monoco	8%	= 8%	↓ 0%	↓ 0%
<i>Carpinus</i>	4%	↑ 8%	↓ 0%	↓ 0%

↓ disminuye porcentaje; ↑ aumenta porcentaje; = sin cambios

Tomando como base los porcentajes de la fase **Tzacualli** y haciendo

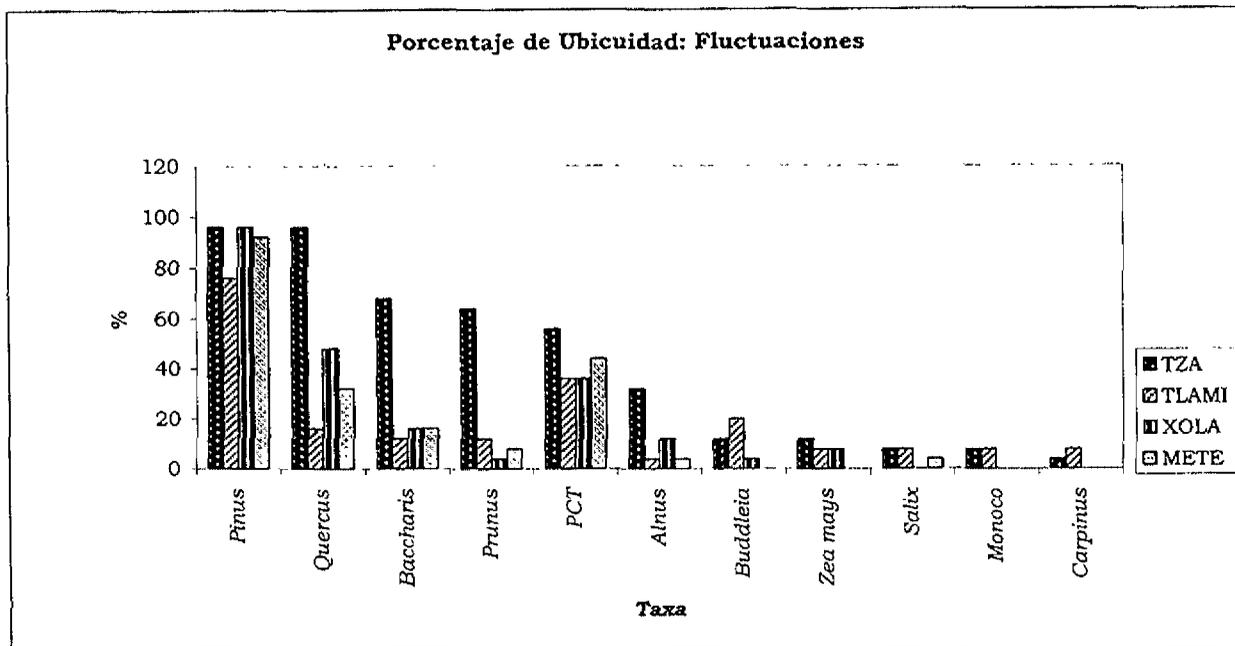
referencia a lo que se observa en la fase inmediata anterior (i.e. que sucede en Tlamimilolpa con respecto a Tzacualli, que en Xolalpan con respecto a Tlamimilolpa, etc.), se ve que (gráfica 5): en la fase **Tlamimilolpa** hay una clara tendencia a la disminución en el porcentaje de la mayor parte de los géneros, la excepción son *Buddleia* y *Carpinus*, en los cuales el porcentaje aumenta; *Salix* y las monocotiledóneas se mantienen sin cambios. En la fase **Xolalpan** se observa que mientras que en *Pinus*, *Quercus*, *Alnus* y *Baccharis* aumenta la frecuencia; en *Prunus* y *Buddleia*, disminuye; PCT y *Zea mays* permanecen sin cambios; *Salix*, *Carpinus* y las monocotiledóneas no se presentan. En **Metepec** los porcentajes de *Pinus*, *Quercus* y *Alnus* disminuyen; los de PCT, *Salix* y *Prunus* aumentan; mientras que el de *Baccharis* permanece sin cambios. *Buddleia*, *Zea mays*, *Carpinus* y las monocotiledóneas no aparecen en esta última fase.

Es interesante hacer notar que *Pinus* y *Quercus* se comportan de forma parecida: presentan el mismo porcentaje (Tzacualli), los dos aumentan (Xolalpan) ó los dos disminuyen (Tlamimilolpa y Metepec). La variación de *Alnus* es muy similar. Si bien es cierto que no comparte la igualdad de porcentaje que en la fase Tzacualli presentan los géneros mencionados, en el resto de las fases se comporta de la misma forma que ellos. En el caso de *Prunus* y *Salix* los dos disminuyen en Xolalpan y aumentan en Metepec. Entre PCT y *Baccharis* parece existir cierta relación: el porcentaje disminuyó en los dos en Tlamimilolpa; durante Xolalpan, en PCT se mantuvo constante, y *Baccharis* aumentó; en Metepec pasó lo contrario: la frecuencia de PCT aumento y la de *Baccharis* se mantuvo constante.

En estudios posteriores, se llevará a cabo el análisis estadístico de las variaciones de los porcentajes de los taxa, a través del tiempo.

### **8.5. La Vegetación en el Período Teotihuacano: Una Propuesta**

En las muestras se identificaron géneros que de acuerdo con sus afinidades ecológicas, se pueden considerar -con base en la tipificación actual hecha por Rzedowski (1981)- como parte de los siguientes tipos de vegetación:



**GRÁFICA 5. FLUCTUACIONES DE LOS GÉNEROS A TRAVÉS DEL TIEMPO**

Bosque Pino-Encino	Bosque de Galería	Bosque Mesófilo	Bosque Coníferas	Bosque Tropical Perennifolio
<i>Pinus</i>	<i>Salix</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Abies</i>	<i>Astronium</i>
<i>Quercus</i>	<i>Fraxinus</i>	<i>Symplocos</i>		
<i>Juniperus</i>	<i>Cornus</i>	<i>Cornus</i>		
<i>Alnus</i>	<i>Alnus</i>	<i>Prunus</i>		
<i>Prunus</i>				
<i>Baccharis</i>				
<i>Berberis</i>				
<i>Buddleia</i>				
<i>Crataegus</i>				

La posibilidad de que alguno de estos tipos de vegetación, se hubiera podido desarrollar en la región de Teotihuacan en épocas pasadas, depende principalmente de las condiciones ambientales prevalecientes. De acuerdo con las características geográficas, climáticas, edafológicas, geológicas e hidrográficas que presenta la región actualmente y considerando que no han habido cambios macroclimáticos importantes que pudieran haber transformado radicalmente las condiciones del medio físico durante el período teotihuacano (McClung, 1996), es muy probable que pudiera existir un bosque mixto de pino-encino, el cual estaría constituido por varias especies de *Pinus* y *Quercus*, acompañados en el estrato arbóreo por *Alnus*, *Juniperus*, *Crataegus* y *Prunus*; y en el sotobosque por arbustos como *Baccharis*, *Buddleia* y *Berberis*. La presencia de elementos propios de la vegetación riparia, como son *Salix*, *Alnus*, *Fraxinus* y *Cornus*, permite suponer que éstos eran parte de la vegetación que se encontraba en los alrededores de los manantiales, en arroyos protegidos y/o en las orillas del río San Juan.

Con respecto a la extensión del bosque, McClung y Tapia-Recillas (1997) utilizando SIG (tomando como base la asociación entre los tipos de suelos, la vegetación actual y la disponibilidad de condiciones climáticas inferidas por la elevación) generaron un mapa hipotético de la región, en el cual se observa el área que pudo estar cubierta por bosques durante los primeros siglos de la ocupación humana. Se calcula que esta área abarcó entre 7 y 12% del área total (el área total considerada es de 900 km<sup>2</sup>), lo cual representaría un área

muy pequeña que prácticamente estuvo restringida a la zona de Cerro Gordo y a las faldas de la Sierra de Patlachique. Este modelo “sugiere la posibilidad de que la zona boscosa, en este sector de la Cuenca de México, nunca fue muy extensa; y que su explotación y desmonte potencial durante la época teotihuacana representa un problema mucho más complejo: el de cómo obtuvieron los habitantes del centro urbano y sus vecinos los recursos suficientes para satisfacer sus necesidades de construcción y combustibles durante varios siglos” (McClung y Tapia-Recillas, 1997). Aunque con los datos que se obtuvieron en este estudio, esto no se puede dilucidar, estoy de acuerdo con esta hipótesis y comparto la opinión de Castilla y Tejero (1983) con respecto a que la vegetación de la región en el pasado, tendría que ser similar a la que existe en la actualidad, sólo que con una distribución diferente.

Con base en lo mencionado, se puede sugerir que, hipotéticamente en la región de Teotihuacan durante el período Clásico, se presentaban varios tipos de vegetación que tenían la siguiente distribución: en los cerros que rodean el Valle (Cerro Gordo y Sierra Patlachique), en las zonas de mayor altitud, habría un bosque de pino-encino. Conforme se iba descendiendo en la cota altitudinal, éste sería sustituido paulatinamente por el matorral xerófilo, el cual compartiría la planicie con el pastizal en sus diferentes formas. En los sitios donde se ubicaban los manantiales y a lo largo del río San Juan habría vegetación de tipo ripario (bosque de galería). Conforme los habitantes del sitio alteraron el entorno, las comunidades naturales fueron sustituidas -parcial o totalmente- por comunidades inducidas por las actividades humanas (matorral de *Quercus*, vegetación ruderal y antropogénica).

Los géneros que formaban parte de la vegetación que rodeaba al sitio, pudieron ser utilizados por los teotihuacanos para cubrir sus necesidades de material para construcción, leña, alimentos, medicinas, e incluso ofrendas (cuadro 2).

Los representantes del bosque mesófilo (*Carpinus*, *Symplocos*) y los géneros *Astronium* y *Abies*, serían elementos ajenos a la vegetación original del valle de Teotihuacan. *Astronium* es un género perteneciente a la familia Anacardiaceae, forma parte del bosque tropical perennifolio y del

subcaducifolio; por lo tanto, fue sin duda un taxa introducido y su presencia, al igual que la de los otros géneros mencionados, probablemente se debió al uso que se hizo de él (ver cuadro 2). La madera de *Astronium* es muy durable, por lo que es posible que haya sido utilizada como material de construcción.

El género *Abies* (Pinaceae) forma parte de los bosques de coníferas, no pudo estar presente en la región debido a que su distribución está restringida a lugares con altitudes por arriba de los 2800 msnm y con condiciones de humedad elevada, donde la precipitación media anual comúnmente, está por arriba de los 1000 mm. Los usos que pudo tener el Oyametl o *Abies*, son varios dependiendo de la parte utilizada: ceremonial (resina como ofrenda), medicinal (resina con propiedades balsámicas), ornamental (ramas) e incluso como material para construir techos.

*Carpinus* y *Symplocos* son típicos representantes del bosque mesófilo; es evidente que en el valle de Teotihuacan, no existían condiciones ambientales que permitieran el desarrollo de dicho bosque, el cual necesita de suelos más ricos y profundos y condiciones de humedad atmosférica muy alta, 1500 mm de precipitación media anual. Por lo tanto, estos géneros tuvieron que traerse de otros lugares, muy probablemente de los alrededores de la cuenca. La madera de *Carpinus* es factible que haya sido utilizada como material de construcción, como combustible y/o para fabricar muebles y utensilios. Las hojas y la raíz de *Symplocos* posiblemente tenían uso medicinal.

Aunque con la información con la que se cuenta, no se pueden hacer inferencias acerca de la explotación y aprovechamiento de recursos, al menos si se pueden plantear algunas ideas generales sobre el problema. Si partimos de la suposición de que la extensión del bosque en la zona de Teotihuacan era muy pequeña, entonces los recursos locales, al menos los maderables, no eran suficientes para mantener a la población por lo que tuvieron que ser traídos de otras localidades. Logan y Sanders (1976) sugieren que la distancia máxima entre la fuente y el destino de los bienes de subsistencia no excedía los 150 km. Proponen que el centro urbano promedio, dependiente de cargadores humanos, probablemente subsistía basándose en un área que no excedía un radio de 50 km (citados en McClung, 1978). Se argumentaba que un área

Cuadro 2. Usos y partes usadas de los géneros identificados\*

Género	Partes usadas	Usos	Nombre común
<i>Abies</i>	Ramas, resina, tallos	Medicinal, ornamental, industrial, ceremonial	Axcoyatl o axxoiatl; Oyamel o pino
<i>Ainus</i> **	Corteza, hojas	Curtir pieles, colorante medicinal	Aile
<i>Astronium</i> **	Madera	Material de construcción, carpintería y ebanistería	Gateado, jobillo
<i>Baccharis</i>	Raíz, tallo, hojas, ramas	Material de construcción, comestible, medicinal	Tlacopopoti o tepopoti; zacamalinalli
<i>Berbens</i> **	Fruto, raíz, madera	Medicinal, colorante	Palo amarillo
<i>Buddleia</i>	Corteza, hojas, raíz	Medicinal	Quimichpatli Quautepoztlí
<i>Carpinus</i> **	Madera	Material de construcción, combustible, carpintería	Palmilla, palo silo
<i>Cornus</i>	Madera, tallo raíz, corteza, bulbos, ramas	Material de construcción, industrial, medicinal	Chichiquauitl
<i>Crataegus</i>	Fruto, raíz, madera	Comestible, medicinal	Texocotl o texocutl
<i>Fraxinus</i>	Madera, hojas, corteza	Combustible, material de construcción, ornamental, medicinal, industrial	Fresno
<i>Juniperus</i>	Madera, cenizas	Material de construcción, preparación nixtamal, combustible	Cedro o tláscal
<i>Pinus</i>	Madera, resina, ramas, corteza	Material de construcción, combustible, medicinal, ceremonial	Ayauhquauitl, teocotl, oxitl, ocoztotl o ocozoquauitl
<i>Prunus</i>	Fruto, hojas, madera, corteza	Comestible, medicinal, industrial	Capulín, cerezos, tlaolcapulín
<i>Quercus</i>	Corteza, madera, bellotas	Medicinal, material de construcción, industrial, combustible	Tetzmolín, auatetzmolín, tetzmolí, quauhtepoztlí
<i>Salix</i>	Hojas, ramas descortezadas, madera	Medicinal, combustible forraje	Quetzalhuexotl, uexotl o miccauexotl
<i>Symplocos</i> **	Hojas, raíz	Medicinal, tónico	Jaboncillo blanco
<i>Zea mays</i>	Hojas, tallo, granos, olotes, raíz	Ceremonial, comestible, tributo, forraje, medicinal combustible	Cintli, centli, tzatzapalli, xochicintli, maíz

\* La información fue tomada de Estrada (1989), Hernández (1946) y Standley (1920-26).

Las dos primeras fuentes se refieren a usos en la época prehispánica y la última a usos actuales. \*\* De estos géneros sólo se encontraron usos actuales.

mayor a 20 km era demasiado extensa para justificar el esfuerzo de transportar bienes de subsistencia. Sin embargo, en estos cálculos no se había considerado la importancia que el sistema de lagos pudiera haber tenido para el transporte de los recursos, de tal forma que en el caso de Teotihuacan, se podía sugerir que la utilización de los lagos como medio de transporte, reduce la distancia

aproximadamente 15 km desde la orilla del lago hasta el centro urbano (McClung, 1978). Si se toman en cuenta los géneros identificados, se puede ver que éstos pudieron provenir de la cuenca de México, ya que en ella se encuentran los tipos de vegetación a los que representan. Existe la propuesta de que la subcuenca de Chalco, localizada al sureste de la cuenca de México, pudo servir como fuente de abastecimiento -de material de construcción y de combustión- a las ciudades prehispánicas. Debido a la cantidad de recursos presentes, la cercanía relativa y sobre todo porque en esa época (quizá no todo el año y no necesariamente todos los años), se encontraba comunicada con la parte central de la cuenca, a través del lago de Chalco (Alonso, 1994).

Sin embargo, el hecho de haber encontrado géneros que no pertenecen a la vegetación original del sitio y que uno de estos taxa esté asociado a vegetaciones que crecen en zonas bajas, donde las condiciones ambientales son muy distintas a las del valle de Teotihuacan, permite suponer que la explotación y el aprovechamiento del recurso madera, no sólo se hizo a nivel local o regional, sino que incluso involucraba lugares que se encontraban fuera del altiplano central.

Los géneros identificados, así como la propuesta hecha acerca de la existencia del bosque de pino-encino en la región, pueden ser comparados con otros tipos de datos disponibles, como son los obtenidos de los análisis de polen y fitolitos, de muestras procedentes de distintos puntos dentro y fuera del sitio arqueológico. En los estudios polínicos, se ha reportado la presencia de géneros tales como *Alnus*, *Pinus*, *Abies*, *Quercus*, *Salix*, *Populus*, *Prunus*, *Baccharis*, *Cupressus*; así como también la familia Oleaceae (familia de *Fraxinus*), entre otras. Estos géneros coinciden con los encontrados en la madera carbonizada. Los últimos resultados, obtenidos de perfiles hechos fuera de la zona habitacional y que muestran la existencia tanto de fitolitos como de polen en varias capas fechadas con  $C^{14}$ , sugieren la presencia de un bosque de pino-encino en los cerros circundantes, desde varios siglos antes de la fundación de Teotihuacan, hasta su caída -o por lo menos durante su apogeo- (McClung *et al.*, 1998), lo cual respalda la propuesta anterior.

## 8.6. Variaciones en las Frecuencias Relativas: ¿Cambios en la Vegetación?

Antes de tratar de interpretar lo que las fluctuaciones en las frecuencias relativas podrían significar, me gustaría señalar algunos puntos importantes:

1) La suposición en la que se basa el análisis es que los fragmentos de madera carbonizada fueron recolectados en los alrededores del sitio y por lo tanto pueden representar la flora circundante. Si bien es cierto que esta suposición tiene inconvenientes (tal como lo han señalado autores como Godwin y Tansley (1941), y más recientemente, Shackleton y Prins, 1992), también es cierto que hasta este momento no existen datos para este sitio en particular, que permitan suponer que esto no fue así. Al utilizar esta suposición, es importante no perder de vista que algunas de las maderas presentes en las concentraciones de carbón, pueden haber sido seleccionadas intencionalmente

2) Las diferencias en los porcentajes, se pueden deber a cuestiones relacionadas con la subrepresentación de uno o más taxa, en las fases consideradas (i.e. sesgo en la muestra). Esto es como consecuencia directa, entre otras cosas, del muestreo, del tipo de excavación representada en las muestras (UH y UNH), del número de muestras analizadas, de la identificación de los materiales y de factores asociados con la conservación de los diferentes tipos de maderas.

3) Dado el tipo de contexto que está representado en las muestras (i.e. rellenos y pisos), no se pueden definir los usos específicos de las maderas. Sin embargo, por esta misma razón, lo más probable es que se tengan representados materiales que fueron utilizados como combustible. Para poder conocer que tipo de madera se estaba utilizando en una determinada actividad, se necesitan analizar muestras que procedan de contextos que estén asociados con actividades definidas, en donde los restos de las maderas carbonizadas, representen usos específicos (como sería el caso de fogones u ofrendas).

4) Con la información que tenemos, no es posible precisar las causas de los cambios (i. e. si éstos se deben al agotamiento de los recursos en el valle o a otros factores), así como tampoco es posible saber si los taxa provienen de otros

lugares de la cuenca (con excepción de *Astronium*). Para poder dilucidar esto, necesitamos contar, entre otras cosas, con la identificación hasta nivel de especie de los géneros más constantes y con los porcentajes más altos como son *Pinus*, *Quercus* y PCT.

Tomando en cuenta estos puntos, se puede hacer el siguiente planteamiento:

El análisis de las fluctuaciones de las frecuencias relativas sugiere que en la fase **Tzacualli** se podría encontrar representada la vegetación original del valle, por eso se presentan elementos tales como *Fraxinus*, *Crataegus* y *Berberis*. Los altos porcentajes relativos que presentan la mayor parte de los géneros en esta fase, podrían estar reflejando la disponibilidad de los mismos en el medio. En las siguientes fases, las relaciones inversas entre los porcentajes de los géneros (i. e. cuando los porcentajes de unos aumentan, los de otros disminuyen) estarían representando la alternativa o complemento de uso de un recurso cuando los géneros “preferidos” no estuvieran disponibles en cantidades suficientes; incluso en el caso de que estos géneros alternativos no fueran los más adecuados. Con preferidos, me refiero a los géneros que por sus características físicas (valor calórico, dureza) o químicas (contenido de resinas) se utilizan preferentemente sobre otros. Por ejemplo, en comunidades rurales actuales del Alto Balsas, hay especies como *Eysenhardtia polystachia*, *Lysiloma divaricata* o *Quercus glaucooides* que se utilizan frecuentemente para leña por la dureza de su madera, por el poco humo que producen durante el incinerado, por el hilo recto de sus fustes que facilita su corte o porque se queman con facilidad (Guizar y Sánchez, 1991).

En la fase **Tlamimilolpa**, *Buddleia* y *Carpinus* representarían la opción alternativa a la baja disponibilidad del resto de los géneros, que serían la opción preferencial. En **Xolalpan**, la disminución en el porcentaje de *Prunus*, *Salix* y *Buddleia* reflejaría la menor utilización de estos géneros, ante la mayor disponibilidad de los géneros *Pinus*, *Quercus*, *Alnus* y *Baccharis*. En **Metepec**, al haber menos disponibilidad de *Pinus*, *Quercus* y *Alnus*, aumenta el uso de PCT, *Salix* y *Prunus*.

Esto no explicaría varias cosas, entre ellas: 1) la razón por la cual

*Buddleia*, *Carpinus*, *Zea mays* y las Monocotiledóneas dejan de aparecer en el registro y 2) la aparente alternancia de uso entre PCT y *Baccharis* en Xolalpan y Metepec; esto es, en Xolalpan PCT permanece sin cambios y *Baccharis* aumenta mientras que en Metepec, *Baccharis* permanece sin cambios y PCT aumenta.

En resumen, el análisis de los datos sugiere que las diferencias en las frecuencias relativas a través del tiempo, podrían reflejar la utilización de las maderas en función de su disponibilidad en el medio.

Es evidente que el problema de la reconstrucción de la vegetación en un sitio que ha sido constantemente perturbado por las actividades humanas, es muy complejo. Por lo tanto, es necesario señalar que todos los planteamientos o interpretaciones hechas aquí son provisionales y que pretenden ser el punto de partida para futuras investigaciones al respecto.

## IX. CONCLUSIONES

Se contribuye al conocimiento de la paleoflora del Valle de Teotihuacan al aplicar un método para el estudio de la madera carbonizada, que -si bien es cierto presenta algunas limitaciones- permitió la identificación de la mayor parte de los taxa presentes en las muestras. Con esto, se pudieron proponer algunas hipótesis acerca de la vegetación y la extensión de la misma en la región durante la época prehispánica, las que servirán como punto de partida para trabajos futuros.

Se aportan datos sobre las modificaciones que sufre la estructura de la madera, como consecuencia del proceso de combustión, así como también, se presenta un catálogo, que contiene descripciones, cuadros comparativos y fotografías de MEB de los géneros identificados en la madera carbonizada.

De las técnicas utilizadas para la identificación de los taxa, se concluye que la técnica de fraccionamiento es básica para el estudio de fragmentos de madera carbonizada, ya que a través de ella se pueden detectar los diferentes taxa y agruparlos, aunque no siempre se logra su identificación. La identificación se realiza cuando las maderas presentan características anatómicas conspicuas, que pueden ser diagnósticas de los grupos a los que pertenecen, e.g. los canales de resina de *Pinus* o los radios multiseriados de los *Quercus*. Además esta técnica permite trabajar un gran número de fragmentos en poco tiempo y a bajo costo. El MEB es útil como técnica complementaria, ya que por un lado la preparación de las muestras es muy sencilla y por otro el alto poder de resolución que tiene permite la observación de características que no son visibles con el microscopio estereoscópico y que ayudan a diferenciar los distintos géneros.

Las modificaciones observadas en la madera actual como consecuencia de la carbonización son las siguientes: i) la pérdida total de las características macroscópicas de la madera, como son el olor, el color, el sabor, el lustre y la densidad; ii) la disminución del peso original de la madera se ubica entre el 62 y el 74%; iii) un incremento en el número de poros, en el número de radios y de anillos de crecimiento por unidad de área, así como también se presenta una

reducción en el diámetro tangencial de los vasos, la longitud de los elementos de vaso y la longitud de los radios. La magnitud de la disminución o el incremento en las características mencionadas depende del tipo de madera considerado.

En las maderas de las angiospermas, las características que son más afectadas por la carbonización son el parénquima axial, las punteaduras de las fibras y la pared celular.

En la madera de las gimnospermas, la mayor parte de las características anatómicas se conservan intactas después de la carbonización.

Se confirmó la propuesta hecha por Rossen y Olson (1985) acerca de que existen ciertos patrones en la retención y modificación de las características anatómicas de la madera como consecuencia del proceso de carbonización.

Se logró la identificación de 16 géneros distintos de maderas, de los cuales 13 son angiospermas y 3 gimnospermas, así como también se registró la presencia de algunas monocotiledóneas, entre ellas, *Zea mays*. La mayor parte de los géneros representados en las muestras forman parte del bosque de pino-encino, aunque también se encontraron elementos propios del bosque mesófilo y de la vegetación riparia.

Los resultados sugieren la presencia, en el valle de Teotihuacan durante el período Clásico (1-650 d.C.), de 1) un bosque mixto de pino-encino constituido por varias especies de *Pinus* y *Quercus*, *Alnus*, *Juniperus*, *Crataegus*, *Prunus*, *Baccharis*, *Buddleia* y *Berberis*; y 2) una vegetación de tipo ripario representada por especies de *Salix*, *Alnus*, *Fraxinus* y *Cornus*. Los elementos del bosque mesófilo así como los géneros *Abies* y *Astronium* son taxa que no pertenecen a la flora original del valle, sino que la madera de los mismos fue introducida por los habitantes del sitio.

Los cambios observados en la composición florística actual del valle, con respecto a la que se encontraba presente durante la ocupación prehispánica, consisten en la desaparición total de géneros tales como *Pinus* spp., *Alnus*, *Juniperus*, *Fraxinus*, *Berberis* y *Salix* spp.

Con los datos obtenidos no se puede definir la extensión del área que cubrían los diferentes tipos de vegetación; sin embargo, se propone la hipótesis

de que el bosque de pino-encino tenía una distribución restringida a las partes altas, por arriba de los 2600 msnm, de los cerros que circundan el valle (i. e. Cerro Gordo, Sierra Patlachique). El resto de la zona se encontraba cubierta por el matorral xerófilo y los pastizales. La vegetación riparia se presentaba en los sitios donde se localizaban los manantiales y en la ribera del río San Juan. Las comunidades naturales fueron reemplazadas por comunidades inducidas (matorral de *Quercus*, vegetación ruderal, y antropógena) como consecuencia de las diversas actividades humanas desarrolladas en la época prehispánica.

Se plantea que las diferencias que se observan, en las frecuencias relativas a través del tiempo de los distintos géneros identificados, podrían reflejar la utilización de las maderas en función de su disponibilidad en el medio. Cuando los géneros que se usaban preferentemente no se encontraban disponibles en cantidades suficientes, eran sustituidos por otros, aun cuando estos taxa no fueran los más adecuados.

Finalmente, el estudio de las maderas carbonizadas ofrece la posibilidad de aportar evidencia directa acerca de la vegetación y los usos que las culturas prehispánicas hicieron de ella (particularmente del recurso madera), por lo que es necesario realizar más investigaciones en torno a este tema, principalmente porque México cuenta con una diversidad cultural muy amplia y no existen estudios que documenten este tipo de relación hombre-planta, tal y como se expresan en el registro arqueológico.

En investigaciones futuras se analizarán muestras que procedan de fases cronológicas anteriores al Clásico, para probar si es viable la hipótesis de la existencia del bosque de pino-encino en la zona.

Los patrones de uso de las diferentes maderas se podrán esclarecer analizando las acumulaciones de carbón presentes en contextos definidos, como son los fogones o las ofrendas; así como también considerando las distintas clases en las que estaba dividida la sociedad teotihuacana.

La identificación de las especies es esencial para poder saber cómo se llevaba a cabo la explotación de los recursos: si sólo era local, regional o incluía zonas fuera del altiplano central. Por lo que, se probarán técnicas de inclusión en resinas epóxicas, para obtener cortes que permitan la observación y

cuatificación de las características necesarias para determinar la especie a la que pertenecen los fragmentos de madera carbonizada.

Por otro lado, la obtención de laminillas, permitirá el estudio detallado de la anatomía de la madera carbonizada; esto con el fin de generar descripciones más completas con ilustraciones que ayuden a la identificación de las muestras. Además, propiciará la conformación de una colección de referencia (con preparaciones permanentes de cortes de madera carbonizada) que sirva como base para otro tipo de estudios.

**X. APÉNDICE I**  
**EXCAVACIONES DEL “PROYECTO MAPA DE TEOTIHUACAN”**  
**CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO**

**TE1 (68: N3W1, p.44)**

Localizada al norte de la gran plaza rectangular, opuesta a la Pirámide del Sol, aproximadamente a 270 m al este de la Calzada de los Muertos. El recorrido de superficie indicaba que el sitio probablemente fue un complejo de cuartos y el propósito de la excavación fue determinar si la interpretación de superficie era correcta, lo cual se corroboró al hacer el pozo. Las capas excavadas corresponden a la fase Metepec.

Muestras analizadas: 0001, 0004.

**TE2 (30: N4W1, p.30)**

Localizada aproximadamente a 80 m al norte de TE1 y a unos 260 m al oeste de la Calzada de los Muertos, justo al sur de la Plaza de las Columnas. Esta excavación fue diseñada para determinar si uno de los montículos, el más prominente, de piedras (los cuales se encuentran frecuentemente en la zona arqueológica), cubría una pared antigua. Se descubrió que la hilera de piedras, efectivamente tapaba una pared monumental. El material recuperado durante esta excavación corresponde a la fase Metepec.

Muestras analizadas: 0063, 0066, 0068, 0088, 0090, 0091, 0092, 0093, 0096.

**TE3 Barrio de Oaxaca**

Una parte de este sitio fue excavado por miembros de la Universidad de las Américas (UDLA). El objetivo de hacer este pozo era el de continuar con la exploración de 7: N1W6 (Barrio de Oaxaca), concentrando el trabajo en la parte noroeste del sitio. El material recuperado pertenece a la fase Metepec.

Muestras analizadas: 0371, 0372, 0374, 0375.

**TE5 (6:G:N5W1, p.18)**

Localizada al oeste de la Pirámide de la Luna. El objetivo de esta excavación fue investigar la posible presencia de un taller de obsidiana, en el lado sur de la pared monumental, en donde una gran cantidad de desechos de obsidiana se habían encontrado en la superficie, así como también para determinar la relación entre la gran pared este-oeste y la pirámide. El material botánico recuperado de esta excavación pertenece a la fase Tlamimilolpa tardío.

Muestras analizadas: 0037, 0038, 0039, 0040, 0041, 0042, 0043, 0047, 0052, 0053. 0055, 0056. 0057, 0071, 0072, 0075, 0079.

**TE6 (6:G:N1W6, p.70) y TE7 (5:N1W6, p.70) Barrio de Oaxaca**

El recorrido de superficie sugirió la presencia de un enclave oaxaqueño, que aparentemente ocupó esta parte de la ciudad de Teotihuacan, desde aproximadamente 400 d.C. hasta su caída. El área fue excavada para determinar si lo que se encontró en la superficie de cerámica Oaxaca, también se encontraba en el resto de la excavación, esto para ayudar a definir la extensión de la presencia de Oaxaca en Teotihuacan. Además de estas dos excavaciones, se llevaron a cabo otras en esta área; pero no se recobraron de ellas restos botánicos que tuvieran datos completos de su procedencia, con excepción de la madera carbonizada de un incensario de Xolalpan tardío del Proyecto de la UDLA. Los datos botánicos identificados de esta excavación corresponden a la fase Metepec.

Muestras analizadas: 0082, 0081, 0084.

**TE12**

Pozo de saqueo o un posible basurero. Presencia de cascajo, carbón, cerámica y candeleros. Material vegetal pertenece a la fase Xolalpan tardío.

Muestras analizadas: 0116, 0118.

**TE13 (33:N2E2, 60) Área del Taller de Obsidiana**

Esta excavación consiste de un solo pozo, en un área del taller de obsidiana al aire libre. Se descubrió una serie de pisos de tierra pero se

recobraron pocos restos botánicos. Lo encontrado pertenece a la fase Xolalpan temprano.

Muestras analizadas: 0122.

### **TE20 (1:S2E2, p. 17) Teopancaxco**

Localizado en un conjunto habitacional, en lo que ahora es el barrio nuevo de San Sebastián. Esta excavación se hizo, para investigar el área de un taller de cerámica, como lo sugirió el recorrido de superficie. Hasta la fecha, el área continua siendo un centro de producción de cerámica. La excavación fue de particular importancia para el estudio del material botánico, debido a que en ésta se encontró una serie de fogones que resultaron ser ricos en restos vegetales. Los datos corresponden a Xolalpan temprano y Metepec.

Muestras analizadas: 0007, 0175, 0176, 0181, 0396, 0397, 0400, 0402.

### **TE22 (1:N3E1, p. 45) Pirámide del Sol**

Ésta excavación, penetró el piso del túnel superior de la Pirámide, y suministró datos esenciales acerca de las características arquitectónicas de la estructura, así como también información importante con respecto al fechamiento de la estructura. Muchos fragmentos vegetales carbonizados fueron recuperados del relleno, además de las muestras de tierra tomadas para flotación. Los restos botánicos de la pirámide son importantes para este estudio, en la medida en que representan, los únicos datos disponibles del primer período intermedio del centro urbano, así como también porque contienen la mayor proporción del maíz encontrado en todas las excavaciones del proyecto. La fase a la que corresponden es Tzacualli tardío.

Muestras analizadas: 0170, 0404, 0405, 0406, 0407, 0408, 0409, 0410, 0411, 0412, 0415, 0418, 0419, 0421, 0422, 0426, 0427, 0428, 0430, 0431, 0433, 0434, 0435, 0440, 0445.

### **TE23 (1: N4E2, p. 32) Tepantitla**

Es un conjunto residencial localizado al noreste de la Pirámide del Sol, notable especialmente por sus murales conservados, entre los que se encuentra

el mural "Tlalocan", en el cual están representadas muchas plantas. Del material botánico recuperado de las muestras de flotación, se utilizó el correspondiente a la fase Xolalpan y Metepec.

Muestras analizadas: 0210, 0263, 0264/0348, 0350, 0352, 0354, 0359.

#### **TE24 (1: N2W2, p. 57) Tetitla**

Conjunto habitacional localizado, aproximadamente a 600 m al oeste de la Calzada de los Muertos. Este contiene murales bien preservados y la calidad de la arquitectura y la naturaleza de la cerámica encontradas, indica que sus habitantes tenían una posición socioeconómica alta, dentro de la sociedad Teotihuacana. Las muestras utilizadas pertenecen a la fase de ocupación Xolalpan.

Muestras analizadas: 0319, 0321, 0465, 0335.

#### **TE25 (1: E; E1N1, p. 76) Ciudadela (Palacio Rojo)**

Conjunto de cuartos, localizado al lado sur del Templo de Quetzalcóatl (Pit W1N1). Se pensaba que la Ciudadela, había sido parte de la residencia o de la zona administrativa de los gobernantes de la ciudad. Los restos botánicos recuperados de esta excavación, pertenecen a la fase Tlamimilolpa temprano.

Muestras analizadas: 0218, 0219, 0220, 0267, 0280, 0282, 0495, 0496.

#### **TE26 (1: N3W2, p.43) Yayahuala**

Conjunto habitacional, previamente excavado por Laurette Séjourné. Una excavación de prueba fue hecha por David Starbuck (1975), con el propósito de recuperar evidencia estratigráfica de la explotación de recursos faunísticos. Se encontró un gran número de fogones; los restos referidos en este estudio pertenecen a las fases Xolalpan tardío y Metepec.

Muestras analizadas: 0475, 0512, 0513, 0520, 0521, 0525, 0530, 0536.

## XI. LÁMINAS DE LAS ESPECIES ACTUALES CARBONIZADAS: COLECCIÓN DE REFERENCIA

Las especies se ordenaron alfabéticamente por familia. Se presentan cuatro microfotografías: dos del corte transversal (x), una del corte tangencial (t) y una del corte radial (r).

**Fig. 33** *Rhus* sp. (x) 40x, barra 1 mm; (x) 300x, barra 100  $\mu\text{m}$ ; (t) 80x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (r) 90x, barra 500  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 34** *Alnus acuminata* HBK. (x) 40x, barra 1 mm; (x) 180x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 90x, barra 500  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 35** *Juniperus deppeana* Steud. (x) 80x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (x) 400x, barra 100  $\mu\text{m}$ ; (t) 180x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (r) 300x, barra 50  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 36** *Quercus laurina* H. & B. (x) 40x, barra 1 mm; (x) 150x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 125x, barra 400  $\mu\text{m}$ ; (r) 200x, barra 200  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 37** *Acacia cornigera* (L.) Willd. (x) 90x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (x) 250x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 100x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (r) 150x, barra 200  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 38** *Eysenhardtia polystachia* (Ortega) Sarg. (x) 45x, barra 1 mm; (x) 150x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 125x, barra 400  $\mu\text{m}$ ; (r) 400x, barra 100  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 39** *Fuchsia arborescens* Sims. (x) 40x, barra 1 mm; (x) 100x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (t) 150x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (r) 70x, barra 500  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 40** *Prosopis laevigata* (H. & B. ex Willd) M.C. Johnst. (x) 80x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (x) 250x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 100x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (r) 200x, barra 200  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 41** *Buddleia americana* L. (x) 50x, barra 1 mm; (x) 200x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 110x, barra 400  $\mu\text{m}$ ; (r) 250x, barra 200  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 42** *Pinus* sp. (x) 20x, barra 2 mm; (x) 125x, barra 400  $\mu\text{m}$ ; (t) 150x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (r) 1.1k, barra 40  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 43** *Prunus serotina* Ehrenb. (x) 50x, barra 1 mm; (x) 200x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 100x, barra 500  $\mu\text{m}$ ; (r) 110x, barra 400  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 44** *Salix oxylepis* Schn. (x) 40x, barra 1 mm; (x) 180x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (t) 150x, barra 200  $\mu\text{m}$ ; (r) 200x, barra 200  $\mu\text{m}$ .

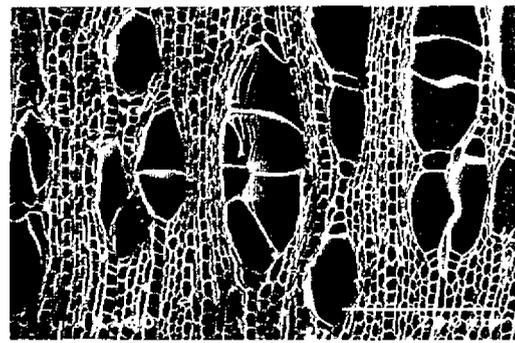
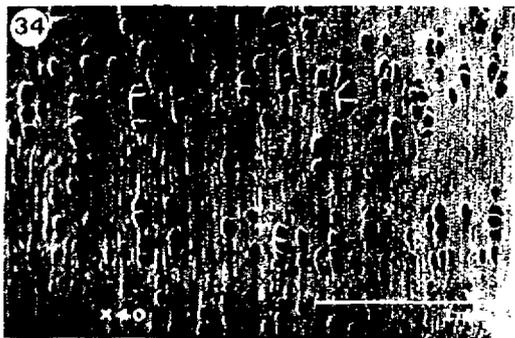
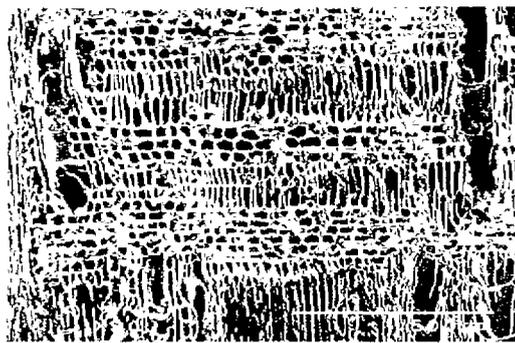
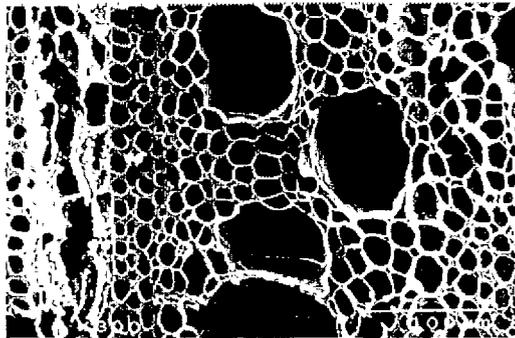
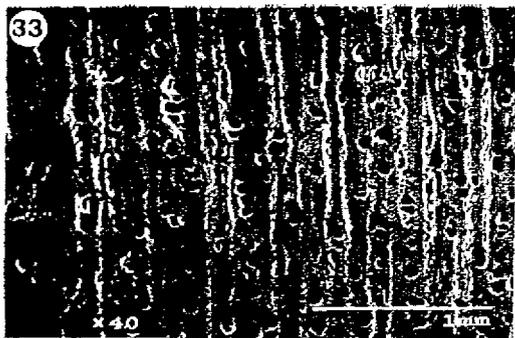


Fig. 33 *Rhus* sp.

Fig. 34 *Alnus acuminata* HBK.

ANACARDIACEAE

BETULACEAE

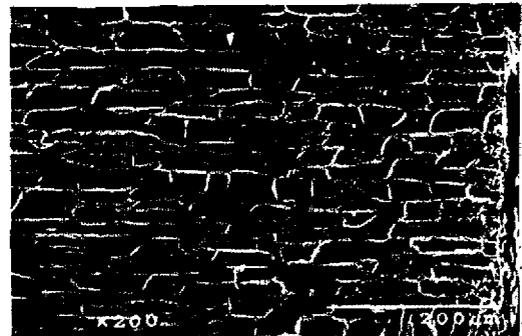
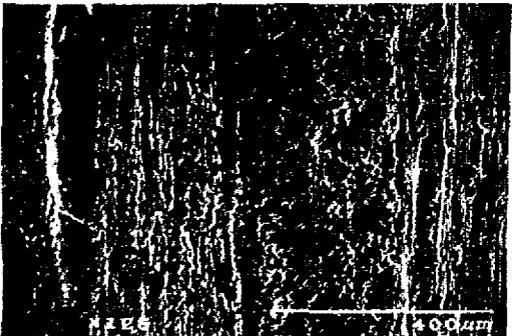
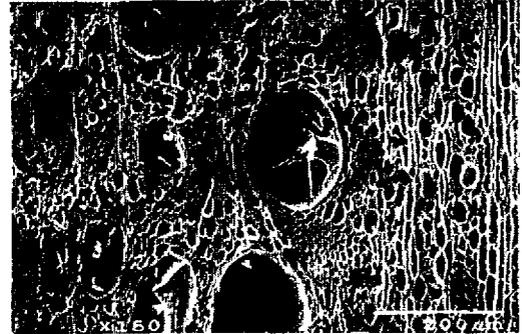
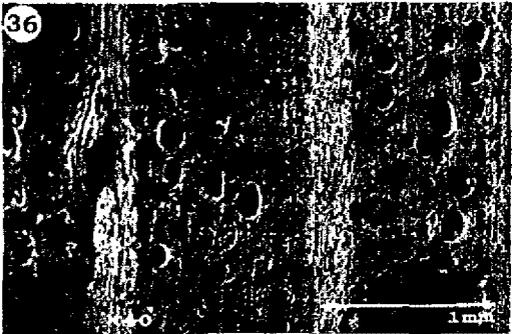
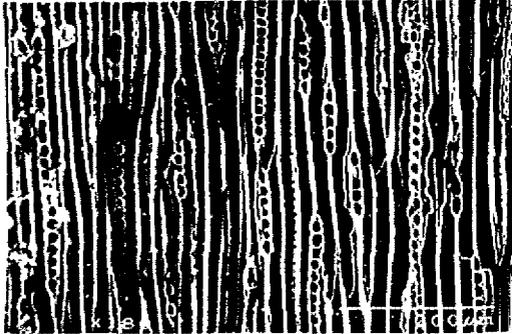
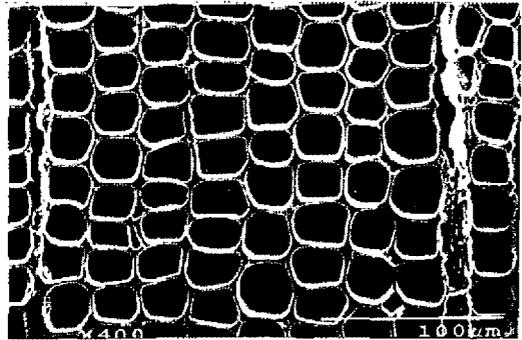
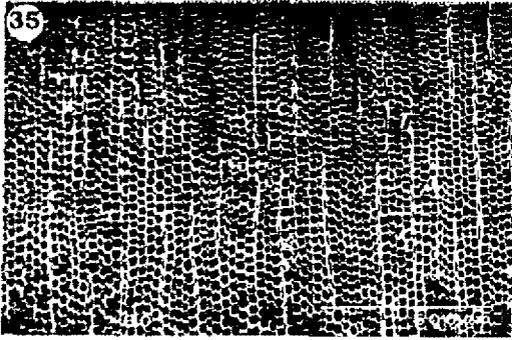


Fig. 35 *Juniperus deppeana* Steud.  
 Fig. 36 *Quercus laurina* H. & B.

CUPRESSACEAE  
 FAGACEAE

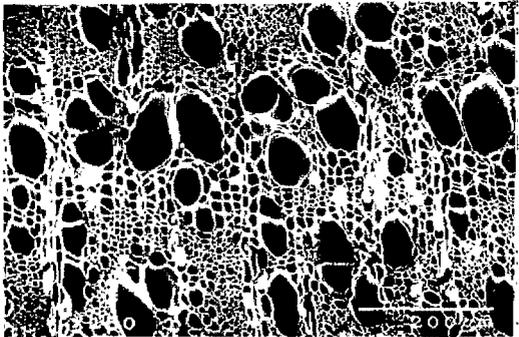
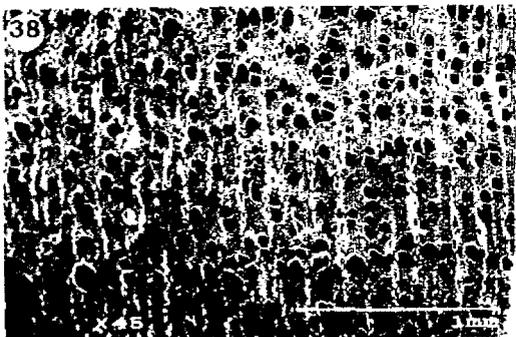
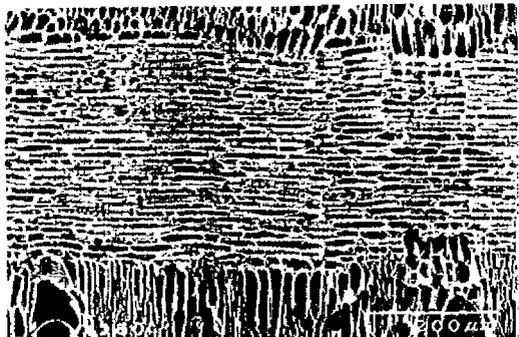
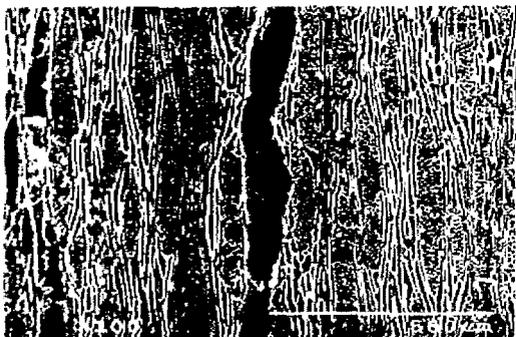
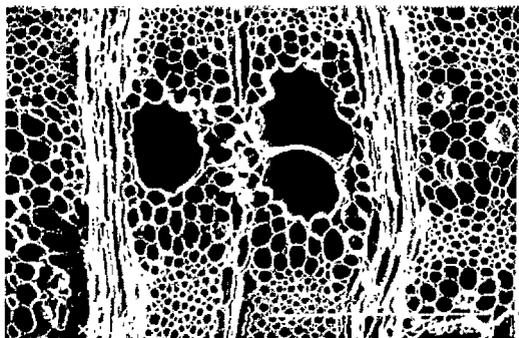
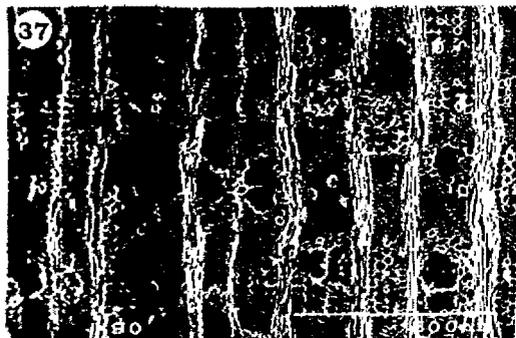


Fig. 37 *Acacia cornigera* L. (Wild)

FABACEAE

Fig. 38 *Eysenhardtia polystachia* (Ortega) Sarg.

FABACEAE

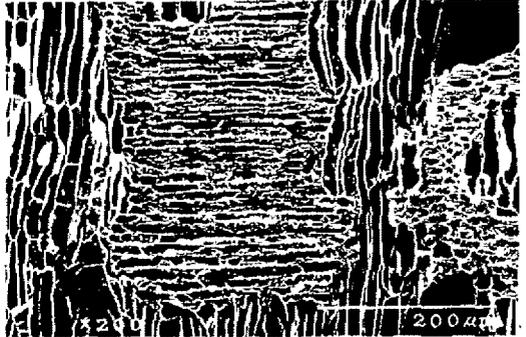
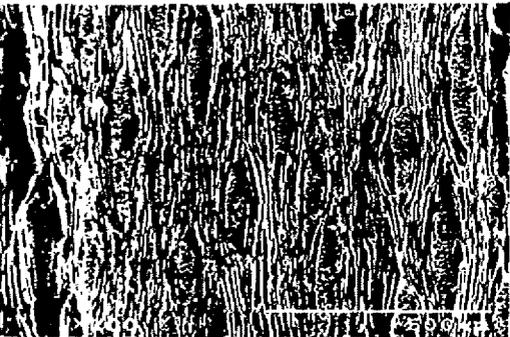
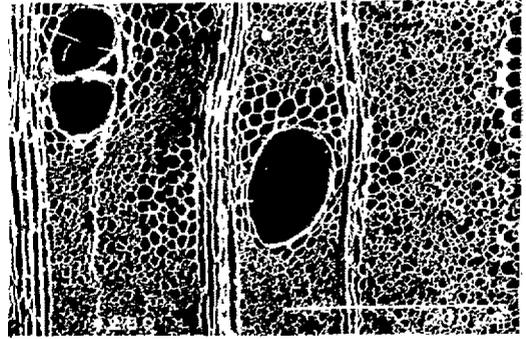
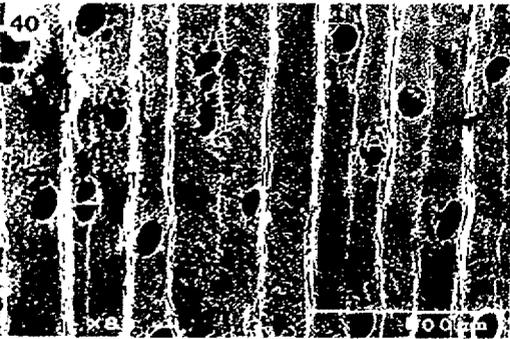
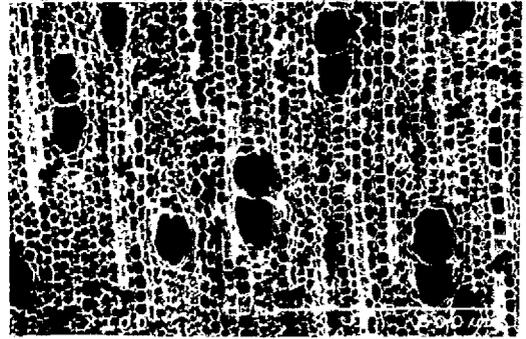
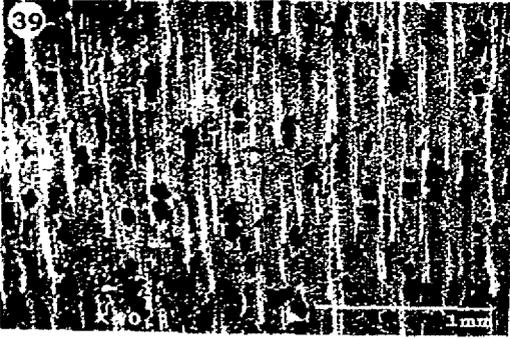


Fig. 39 *Fuchsia arborescens* Sims.

Fig. 40 *Prosopis laevigata* (H.& B. ex Wild) M.C. Johnst.

FABACEAE

FABACEAE

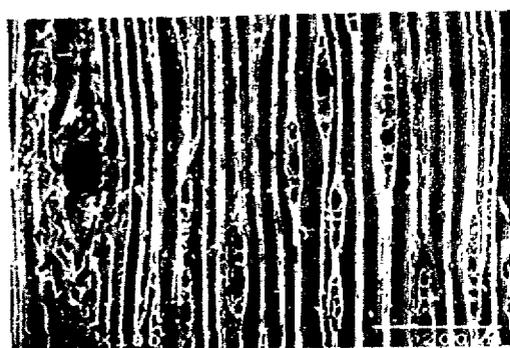
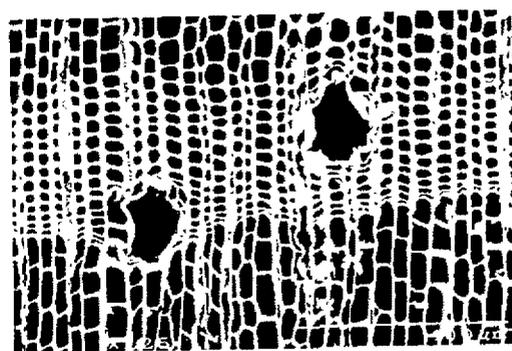
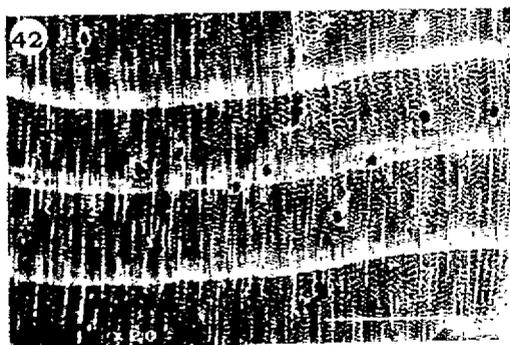
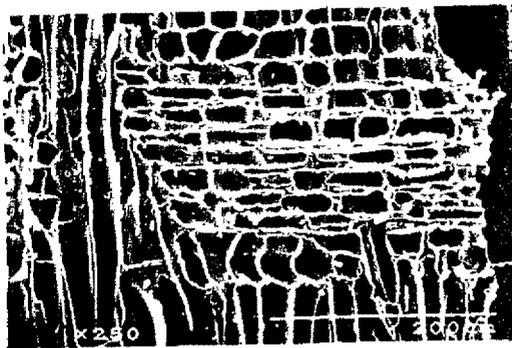
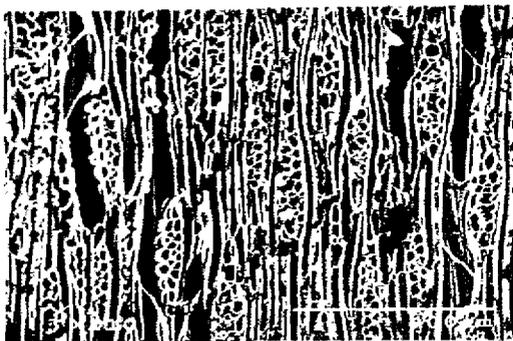
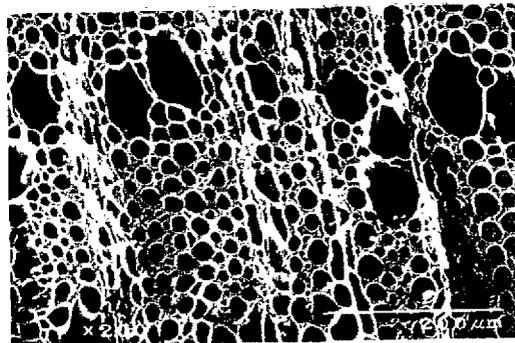
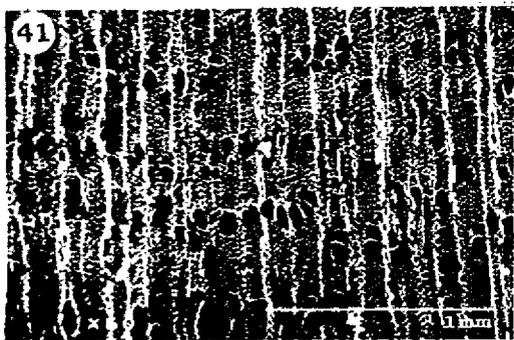


Fig. 41 *Buddleia americana* L.  
 Fig. 42 *Pinus* sp.

LOGANIACEAE  
 PINACEAE

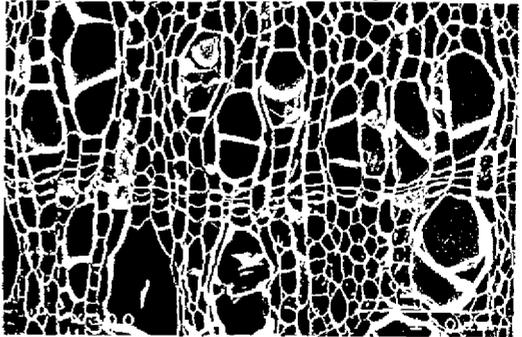
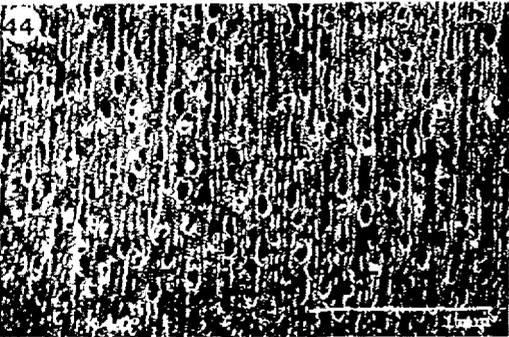
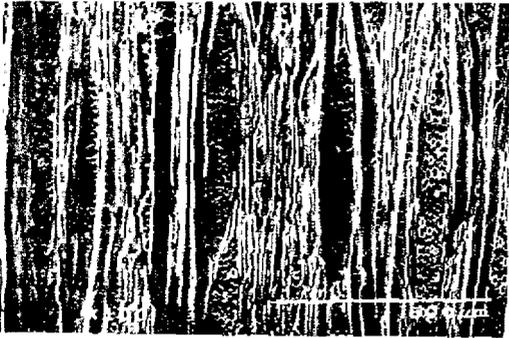
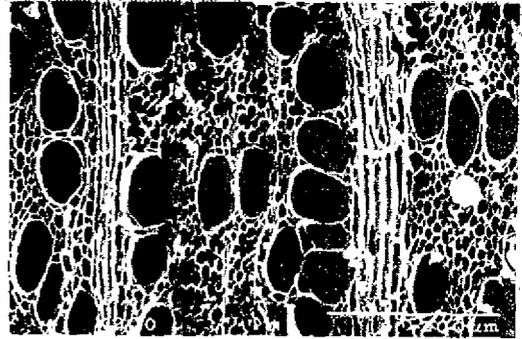
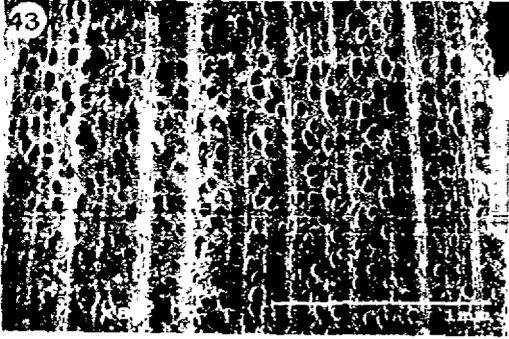


Fig. 43 *Prunus serotina* Ehrenb.  
Fig. 44 *Salix oxilepys* Schn.

ROSACEAE  
SALICACEAE

## XII. LITERATURA CITADA

- Abúndiz, B. L. 1999. *Anatomía de la madera en árboles y arbustos del Matorral Xerófilo de Tehuacán, Puebla*. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias, UNAM. México.
- Aguilar, R. S. 1996. *Descripción de la madera y anatomía ecológica de las especies arbóreas de un Bosque Mesófilo de México*. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias, UNAM. México.
- Alonso, E. P. 1994. *Análisis del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo en la región de Tenango del aire y zonas aledañas en el Edo. de México*. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala, Edo. México.
- Álvarez del Castillo, C. 1984. "Resultados del análisis botánico de la excavación arqueológica realizada en Cuanalán, Edo. de México" en *Dos estudios paleobotánicos en la cuenca de México*, pp. 3-25. Cuadernos de trabajo 20. INAH. México.
- Barajas, M. J. y R. Echenique-Manrique. 1976. Anatomía de maderas de México No. 1. Doce especies de Jalisco y Veracruz. *Biótica* 1(2):29-70.
- Barajas, M. J. y R. Echenique Manrique. 1979. Anatomía de maderas de México No. 2. Veinte especies de la Selva Lacandona. *Biótica* 4(4):163-193.
- Barajas, M. J. 1980. Anatomía de maderas de México No. 3. *Biótica* 5(1):23-40.
- Barajas, M.J., G. Angeles, y P. Solís. 1997. *Anatomía de maderas de México: Especies de una Selva Alta Perennifolia I*. Publicaciones especiales 16. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Boyd, W. E. 1988. Methodological problems in the analysis of fossil non-artifactual wood assemblages from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 15:603-619.
- Carmona, J. M. L. 1992. *Estudio anatómico, morfológico y etnobotánico de algunas maderas de importancia medicinal en México*. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- Castilla, H. M. y D. Tejero. 1983. *Estudio florístico del Cerro Gordo (próximo a San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas*. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, Edo. de México.

- Cowgill, G.L. 1996. Discussion. *Ancient Mesoamerica* 7:325-331
- Dimbleby, G. W. 1961. The ancient forest of Blackmore. *Antiquity* 35:123-12
- Dimbleby, G. W. 1978. *Plants and archaeology*. John Baker. Great Britain.
- Dimbleby, G. W. 1975. Archeological evidence of enviromental change. *Nature* 256:265-267.
- February, E. C. 1992. Archaeological charcoals as indicators of vegetation change and human fuel choice in the late holocene at Elands Bay, western Cape Province, South Africa. *Journal of Archaeological Science* 19:347-354.
- February, E. C. 1994. Rainfall reconstruction using wood charcoal from two archaeological sites in South Africa. *Quaternary Research* 42:100-107.
- Figueiral, I. 1993. Charcoal analysis and the vegetational evolution of North-West Portugal. *Oxford Journal of Archaeology* 12(2):209-222.
- Figueiral, I. 1995. Charcoal analysis and history of *Pinus pinaster* (cluster pine) in Portugal. *Review of Paleobotany and Palylinology* 89(3-4):441-454.
- Ford, R. I. 1982. "Paleoethnobotany in American Archaeology", en *Advances in Archaeological Method and Theory*, M. B. Schiffer (ed.), chapter 9 pp. 285-336. Academic Press, USA.
- García, E. 1968. "Clima actual de Teotihuacan" en *Materiales para la arqueología de Teotihuacan*, J. L. Lorenzo (ed.), pp. 9-28. Cuadernos de Trabajo. Serie Investigaciones 17. INAH. México.
- García, E. 1974. Situación climática durante el auge y la caída de la cultura teotihuacana. *Boletín del Instituto de Geografía* 5: 35-69.
- Godwin, H. and A. G. Tansley. 1941. Prehistoric charcoals as evidence of former vegetation, soil and climate. *Journal of Ecology* 29(1):117-26.
- González Quintero, L. 1983. "Informe preliminar sobre el estudio de los restos orgánicos de Teotihuacán" en *Memoria del Proyecto Teotihuacan 80-82*, R. Cabrero, Rodriguez y R. Morelos (eds.), pp. 463-465. vol. I. Colección Científica 132. INAH. México.
- González, V. J. 1986. *Identificación de semillas carbonizadas de cactáceas procedentes del sitio arqueológico Tetitla, Teotihuacán, Edo. de México*. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM. México.

- González, J., E. Ibarra, J. Zurita, E. McClung y H. Tapia. 1993. "Macrofósiles botánicos, fitolitos y polen" en *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*, L. Manzanilla (coor.), pp. 661-728. IIA-UNAM.
- Grimstone, A. V. 1981. *El microscopio electrónico en biología*. Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona, España.
- Guizar, E. y A. Sánchez. 1991. *Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Henández, F. 1946. *Historia de las plantas de la Nueva España*. Tomo I-III. Imprenta Universitaria, México.
- Ingersheim, A. and O. Cichocki. 1996. A simple method for microtome sectioning of prehistoric charcoal specimens, embedded in 2-hydroxyethylmethacrylate (HEMA). *Review of Paleobotany and Palynology* 92(3-4):389-393.
- Johannnensen, S. 1988. "Plant remain and culture change: are paleoethnobotanical data better than we think?" en *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, C. Hastorf y V. Popper (eds.), pp. 145-166. The University of Chicago Press, USA.
- King, F. B. and W. R. Graham. 1981. Effects of ecological and paleoecological patterns on subsistence and paleoenvironmental reconstruction. *American Antiquity* 46(1):128-142.
- Koeppen, R.C. 1972. Charcoal identification. U.S. Forest Service Research Note FPL-0217.
- Kohler, T. A, W. D. Lipe, M. E. Floyd and R. A. Bye, Jr. 1984. "Modeling wood resource depletion in the Grass Mesa locality" en *Dolores Archaeological Program: Synthetic Report 1978-1981*, D. A. Breternitz (ed.), pp. 99-105. Denver: U. S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, Engineering and Research Center.
- Kribs, D. A. 1968. *Comercial foreign woods on the American market*. Dover Publ. Inc., New York. 241p.
- Leney, L. and R. W. Casteel. 1975. Simplified procedure for examing charcoal

- specimens for identification. *Journal of Archaeological Science* 2:153-159.
- Levy, J. F. 1982. "La condición de la madera en los sitios arqueológicos" en *Ciencia en Arqueología*, D. Brothwell y E. Higgs (eds.), capítulo 16 pp. 90-192. Fondo de Cultura Económica, México.
- Longo Marziani, G. P. and A. Iannone. 1986. A new method for cutting thin sections from prehistoric charcoal specimen. *Review of Paleobotany and Palynology* 48:295-301.
- Lorenzo, J.L. 1968. "Clima y agricultura en Teotihuacan" en *Materiales para la Arqueología de Teotihuacan*, J. L. Lorenzo (ed.), pp.51-72. Cuadernos de Trabajo. Serie Investigaciones 17. INAH. México.
- Mangelsdorf, P. C., R.S. MacNeish and W.C. Galinat. 1967b. "Prehistoric wild and cultivated maize" en *Prehistory of the Tehuacan Valley*, Byers (ed.), vol. I pp. 178-200. University of Texas Press, Austin.
- Marziani, G. P., A. Iannone, G. Patrignani, and A. Schiattareggia. 1991. Reconstruction of the tree vegetation near a Bronze Age site in northern Italy based on the analysis of charcoals fragments. *Review of Paleobotany and Palynology* 70(3):241-246.
- McClung de Tapia, E. 1977. Recientes estudios paleoetnobotánicos en Teotihuacan, México. *Anales de Antropología* 14:49-61.
- McClung de Tapia, E. 1978. Aspectos ecológicos del desarrollo y la decadencia de Teotihuacan. *Anales de Antropología* 15:53-65.
- McClung de Tapia, E. 1979. *Plants and subsistence in the Teotihuacan Valley A. D. 100-750*. Ph.D. Dissertation, Brandeis University, USA.
- McClung de Tapia, E. 1985. Investigaciones arqueobotánicas en Mesoamérica y Centroamérica. *Anales de Antropología* 22: 133-157.
- McClung de Tapia, E. 1992. "El paleoambiente en la región de Teotihuacan"; en *Informe técnico del primer año del Proyecto: El cambio global en perspectiva histórica. El centro urbano preindustrial de Teotihuacan*. Tercera parte. IIA-UNAM.
- McClung de Tapia, E. 1996. "El paleoambiente de la región de Teotihuacan"; en *Cambios paleoambientales y sus efectos sociales en Teotihuacan 1995-96*. Primera parte. LPP, IIA-UNAM. Informe Técnico 4.

- McClung de Tapia, E. y H. Tapia-Recillas. 1997. Sistemas de información geográfica en arqueología. *Ciencia y desarrollo* 22(133-134):48-56.
- McClung de Tapia, E., J. Cervantes B., M. Meza S., J. Zurita N. y E. Ibarra M. 1998. "Cronología de los procesos geomorfológicos en el Valle de Teotihuacan" en *Los ritmos de cambio en Teotihuacan: reflexiones y discusiones de su cronología*, R. Brambila. y R. Cabrera (coor.), pp. 503-518. Colección Científica 366. INAH. México.
- Miksicek, C. H. 1984. "Methodology and environmental reconstruction" en *Hohokam archaeology along the Salt Gila aqueduct central Arizona Project*. Teague, L.J. y L. Crown (eds.), vol. 7 Chapter 2 pp. 18, 19, 66. Arizona State Museum. University of Arizona. Archaeological Series no. 150.
- Miksicek, C. H. 1987. "Wood charcoal and seeds" en *Archaeological investigations of portions of the Las Acequias-Los Muertos irrigation system. Testing and partial recovery within the tempe section of the outer loop freeway system, Maricopa County, Arizona..* chapter 2. Cultural Resource Managment Division. Arizona State Museum. University of Arizona. Archaeological Series no. 176.
- Miller, N. 1996. Botanical and faunal remains from Tell Es-Sweghat. *Expedition* 38(1):27-28.
- Minnis, P. E. 1978. "Paleoethnobotanical indicators of prehistoric enviromental disturbance: a case study" en *The nature and status of ethnobotany*, R. I. Ford, M.F. Brown, M.Hodge y W.L. Merrill (eds.), pp. 347-366. Museum de Anthropology, University of Michigan, Anthropological Papers no.67.
- Minnis, P. E. 1987. Identification of wood from archaeological sites in the American Southwest. I. Keys for Gymnosperms. *Journal of Archeological Science* 14:121-131.
- Mooser, F. 1968. "Geología, naturaleza y desarrollo del Valle de Teotihuacan" en *Materiales para la arqueología de Teotihuacan*, J. L. Lorenzo (ed), pp. 31-37. Cuadernos de Trabajo. Serie Investigaciones 17. INAH. México.
- Panshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1970. *Textbook of Wood Technology*. Vol. I. Mc Graw Hill Book Co. New York, USA.
- Paulssen, L. M. 1964. *Identification of active charcoals and wood charcoal*.

Copenhagen: Munksgaard.

- Pearsall, M. D. 1989. *Paleoethnobotany: a handbook of procedures*. Academic Press Inc. USA.
- Popper, V. 1988. "Selecting quantitative measurements in Paleoethnobotany" en *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, C. Hastorf y V. Popper (eds.), pp. 53-71. The University of Chicago Press, USA.
- Prior, J. and D. Price-Williams. 1985. An investigation of climatic change in the holocene epoch using archaeological charcoal from Swaziland, Southern Africa. *Journal of Archaeological Science* 12:457-475.
- Rattray, C. E. 1991. Fechamientos por radiocarbono en Teotihuacan. *Arqueología* 6:3-18.
- Rossen, J. and J. Olson. 1985. The controlled carbonization and archaeological analysis of SE U. S. wood charcoals. *Journal of Field Archaeology* 12:445-456.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Rzedowski, J., G. Guzmán., A. Hernández y R. Muñiz. 1964. Cartografía de los principales tipos de vegetación de la mitad septentrional del Valle de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 13:31-57.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1979. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol.I CECSA, México.
- Salisbury, E. J. and F. W. Jane. 1940. Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climate conditions in prehistoric times. *Journal of Ecology* 28:310-325.
- Schackleton, C. M. and F. Prins. 1992. Charcoal analysis and the "Principle of least effort"- a conceptual model. *Journal of Archaeological Science* 19:631-637.
- Schoch, W. 1986. "Wood and charcoal analysis", en *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohidrology*, B.E. Berglund (ed.), pp.619-626. John Wiley and Sons.Chichester.
- Schweingruber, F. H. 1990. *Microscopic wood anatomy*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Switzerland.

- Smart, L. T. and E. S. Hoffman. 1988. "Environmental interpretation of archaeological charcoal" en *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, C. Hastorf y V. Popper (eds.), pp. 167-205. The University of Chicago Press, USA.
- Standley, P.C. 1920-1926. *Trees and shrubs of Mexico*. Contr.U.S. Nat. Herb. 23: 1-1721.
- Smith, F. H. and B. L. Gannon. 1973. Sectioning of charcoal and dry ancient woods. *American Antiquity* 38:468-472.
- Vernet, J. L. 1976. "La vegetation pendant le Post-Glaciaire: apport des charbons de bois", en *La préhistoire Française. Les civilisations Néolithiques et Protohistoriques de la France*. J. Guilaine (ed.) pp. 95-103. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, France.
- Vernet, J. L. 1980. La vegetation du bassin de l' aude, entre Pyrenees et Massif Centra, Au tardiglaciaire et postglaciaire d' apres l' analyse anthracologique. *Review of Paleobotany and Palynology* 30:33-55.
- Vernet, J. L. and I. Figueiral. 1993. The highlands of Arboreira (NW Portugal): ecological conditions from Middle/Late Neolithic Early Bronze Age. Evidence from charcoal analysis. *Oxford Journal of Archaeology* 12(1):9-28.
- Western, A. C. 1982. "Madera y carbón en la arqueología" en *Ciencia en Arqueología*, D. Brothwell y E. Higgs (eds.), Capitulo 15 pp. 180-189. Fondo de Cultura Económica, México.
- Whitaker, T.W., H. Cutler and R.S. MacNeish. 1957. Cucurbit materials from three caves near Ocampo, Tamaulipas. *American Antiquity* 22(4):part 1.
- Willcox, G. H. 1974. A history of deforestation as indicated by charcoal analysis of four sites in eastern Anatolia. *Anatolian Studies* 24:117-33.