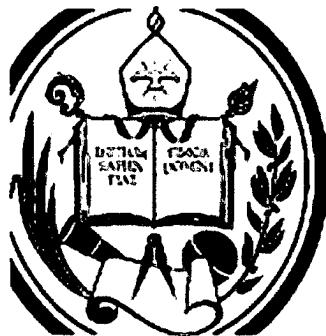


C1322  
27/11/14

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES  
CENTRO DE ESTUDIOS FORESTALES Y  
AMBIENTALES DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FORESTALES



TRABAJO DE GRADO

ESTUDIO ANATÓMICO DE LA MADERA DE 16 ESPECIES DE  
CONÍFERAS EN GUATEMALA Y CLAVE PARA SU IDENTIFICACIÓN

MARVIN MISAEL HERRERA GÓMEZ  
PROF. TUTOR. WILLIAMS J. LEÓN HERNÁNDEZ

MÉRIDA, VENEZUELA, 15 DE NOVIEMBRE DE 2010.

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

## RESUMEN

El presente estudio de investigación describe las características anatómicas microscópicas y macroscópicas de la madera de 16 especies de coníferas nativas de Guatemala, que incluyen diez especies de la familia Pinaceae, tres especies de la familia Cupressaceae, una especie para la familia Taxodiaceae, una especie para la familia Podocarpaceae y una especie para la familia Taxaceae.

Cada una de las maderas estudiadas, fue descrita tomando como base la estructura anatómica y las características físicas. Para la descripción microscópica de la madera se utilizó la lista estándar de identificación microscópica de madera de coníferas estipulado por IAWA Committee (2004) y para la descripción de la estructura macroscópica de las maderas se utilizó la metodología adoptada por Panshin y De Zeeuw (1980), Hoadley (1990) y por IAWA Committee (2004). Tal como se esperaba, se encontró una gran uniformidad en cuanto a estructura de la madera; sin embargo fue posible elaborar claves de identificación a nivel macroscópico y microscópico. En el primer caso, la clave permite identificar sólo a nivel de género para *Pinus* y *Juniperus* mientras que el resto de las especies pueden ser separadas por ser monogenéricas en el país. A nivel microscópico se pueden diferenciar dos grupos de acuerdo a la presencia o ausencia de canales resiníferos. El primer grupo incluye sólo especies del género *Pinus* mientras que el segundo incluye *Abies guatemalensis*, *Juniperus comitana*, *j. standleyi*, *Podocarpus oleifolius*, *Cupressus lusitanica* y *Taxus globosa*. En el primer grupo se pueden separar las especies *Pinus strobus*, *P. ayacahuite*, *P. caribaea* y *P. oocarpa* y crear dos subgrupos que incluyen las cinco especies restantes *P. devoniana*, *P. tecunumanii*, *P. hartwegii*, *P. maximinoi* y *Pinus pseudostrobus*.

PALABRAS CLAVE: Anatomía de la Madera, coníferas, identificación.

## ABSTRACT

This study describes wood anatomical characteristics (macroscopic and microscopic level) of 16 softwoods species from Guatemala: ten species from Pinaceae, three from Cupressaceae and one for Taxodiaceae, Podocarpaceae and Taxaceae families.

For each specie, samples from four trees were obtained and were describe according IAWA Committee (2004). Also was used, for macroscopic description, the methodology of Pashin and De Zeeuw (1980), Hoadley (1990) and IAWA Committee (2004).

The species studied show it a great uniformity in wood anatomical structure; however it was possible to elaborate a dichotomous key for identification. A macroscopic level, we can identify two genus (*Pinus*, *Juniperus*) and five species. A microscopic level, we can create two groups according the presence or absence of resin canals. First group included only species from *Pinus* genus. In second group were included *Juniperus*, *Podocarpus*, *Cupressus* and *Taxodium* and we can identify all species from this group. In first group, we can identify *Pinus strobus*, *P. ayacahuite*, *P. caribaea* y *P. oocarpa* and create two groups with five species *P. devoniana*, *P. tecunumanii*, *P. hartwegii*, *P. maximinoi* y *Pinus pseudostrobus*.

KEY WORDS: Wood anatomy, softwoods, identification.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.	
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3	OBJETIVOS.....	3
3.1	GENERAL.....	3
3.2	ESPECÍFICOS.....	3
4	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
5	MARCO TEÓRICO.....	4
5.1	ANTECEDENTES SOBRE INVESTIGACIONES EN MADERAS DE CONÍFERAS..	4
5.2	CONÍFERAS DE GUATEMALA.....	7
6	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	8
6.1	METODOLOGÍA.....	8
	6.1.1 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS A ESTUDIAR.....	8
	6.1.2 IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA DEL MATERIAL DE HERBARIO.....	12
	6.1.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ESTUDIO MACROGRÁFICO.....	12
	6.1.4 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ESTUDIO MICROGRÁFICO.....	13
7	RESULTADOS.....	14
7.1	DESCRIPCIÓN DE ESPECIES.....	14
	7.1.1 <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl. ....	16
	7.1.2 <i>Pinus devoniana</i> Lindl. ....	18
	7.1.3 <i>Pinus strobus</i> L. ....	20
	7.1.4 <i>Pinus hartwegii</i> Lindl. ....	22
	7.1.5 <i>Pinus ayacahuite</i> Ehren. ....	24
	7.1.6 <i>Pinus tecunumanii</i> F. ....	26
	7.1.7 <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore....	28
	7.1.8 <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl....	30
	7.1.9 <i>Pinus caribaea</i> Morelet....	32
	7.1.10 <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. ....	34
	7.1.11 <i>Juniperus comitana</i> Martínez....	36
	7.1.12 <i>Juniperus standleyi</i> Steyermark....	38
	7.1.13 <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb. ....	40
	7.1.14 <i>Abies guatemalensis</i> Rehder. ....	42
	7.1.15 <i>Taxodium mucronatum</i> Ten. ....	44
	7.1.16 <i>Taxus globosa</i> Schlecht. ....	46
7.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS.....	48
7.3	CLAVE DICOTÓMICA MACROSCÓPICA PARA GÉNEROS DE MADERAS DE CONÍFERAS.....	50
7.4	CLAVE DICOTÓMICA MICROSCÓPICA PARA GÉNEROS Y ESPECIES DE MADERAS DE CONÍFERAS.....	50
7.5	ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA DESCRIPCIÓN DE ESPECIES DE CONÍFERAS CON OTROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN.....	51
8	CONCLUSIONES.....	53
9	RECOMENDACIONES.....	54
10	BIBLIOGRAFÍA.....	55
11	ANEXOS.....	59

## LISTADO DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa de ubicación a nivel nacional sobre la colecta de muestras.....	9
Figura 2. <i>Pinus oocarpa</i> Schiede.....	17
Figura 3. <i>Pinus devoniana</i> Lindl.....	19
Figura 4. <i>Pinus strobus</i> L.....	21
Figura 5. <i>Pinus hartwegii</i> Lindl.....	23
Figura 6. <i>Pinus ayacahuite</i> Ehren. ....	25
Figura 7. <i>Pinus tecunumanii</i> F. ....	27
Figura 8. <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore.....	29
Figura 9. <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl. ....	31
Figura 10. <i>Pinus caribaea</i> Morelet.....	33
Figura 11. <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. ....	35
Figura 12. <i>Juniperus comitana</i> Martínez.....	37
Figura 13. <i>Juniperus standleyi</i> Steyermark. ....	39
Figura 14. <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb. ....	41
Figura 15. <i>Abies guatemalensis</i> Rehder.....	43
Figura 16. <i>Taxodium mucronatum</i> Tenore.....	45
Figura 17. <i>Taxus globosa</i> Schlecht.....	47

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Listado especies de coníferas de Guatemala.....	8
Cuadro 2. Información general de los árboles estudiados, correspondientes a las 16 especies de coníferas en Guatemala.....	10
Cuadro 3. Longitudi traqueidas, altura de radios uniseriados y fusiformes, diámetro de conductos longitudinales y radiales. Resultado de prueba Tukey .....	48

## LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Nota sobre la determinación botánica de las especies de coníferas evaluadas.....	59
--	----

## **1 INTRODUCCIÓN**

Los bosques de coníferas en Guatemala constituyen un recurso natural renovable de significativa importancia económica y ecológica para el país. Según el departamento de información forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB, 2005), todas las especies de coníferas son importantes en la industria forestal de transformación y constituyen fuentes indispensables de combustibles en toda la población guatemalteca.

A pesar que es muy utilizada la madera de coníferas en el país, con mercados locales, nacionales e internacionales, no se cuenta con estudios anatómicos y de identificación de maderas de coníferas. En la actualidad la identificación de maderas cada día se convierte en una herramienta muy importante por su aplicación directa en diferentes campos como el manejo forestal, taxonomía, fenología, arqueología y todas las áreas relacionadas a la tecnología de maderas en forma general.

Cuando se necesita identificar una madera es necesario contar con muestras botánicas para realizarlo con precisión, sin embargo cuando se carecen de ellas, existen alternativas, como los estudios anatómicos de la madera de las diferentes especies. Para ello se trabaja con la estructura microscópica, que es una técnica muy utilizada y que en ciertos casos se puede llegar a determinar a nivel de especie. Sin embargo a nivel macroscópico es mas general el detalle al que se puede llegar, incluso solamente a familia o género y en menor porcentaje a especie, pero es muy útil su aplicación en campos como la fiscalización de industrias madereras, en centros de acopio que únicamente se puede hacer uso de una navaja y una lupa de 10 aumentos y poder solucionar ciertas dudas en momentos importantes en el campo y que sirven de base para estudios microscópicos mas detallados.

Existe gran similitud en la estructura de la madera de coníferas en general y por lo tanto es muy difícil su identificación, por lo que dada su importancia se presenta el siguiente estudio de investigación titulado “Estudio Anatómico de la madera de 16 especies de coníferas en Guatemala y clave para su identificación” tanto a nivel microscópico como macroscópico con el fin de contribuir a fortalecer ésta área de tecnología de la madera muy importante para el país.

## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La mayoría de las maderas de coníferas en Guatemala son de alto valor comercial tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, un inconveniente que se ha presentado para su apropiada utilización y comercialización radica en que la madera de coníferas es de estructura homogénea y muy parecida entre sí; lo que hace difícil diferenciar unas de otras. En Guatemala, algunas especies de este grupo taxonómico se encuentran en vías de extinción. Igualmente, la tasa de impuesto para el corte varía entre especies. A pesar de la gran importancia que tienen estas especies para el sector forestal de Guatemala, no se cuenta con información sobre la anatomía de estas maderas y no existe una guía que enseñe la forma correcta y técnica para identificarlas. Esto trae como consecuencia que toda persona que se dedique a verificar las diferentes especies, en actividades como el control a industrias forestales, centros de acopio en áreas de manejo forestal y controles en carretera, pasa grandes dificultades e incertidumbres en éste proceso y no siempre se logra tener certeza en cuanto al grado de precisión de la identificación. Este problema también afecta a estudiantes, investigadores, propietarios de bosques, industriales y cualquier persona que trabaje con maderas, propiciando con ello de manera intencional o no, el tráfico ilegal de maderas, así como la reducción de la recaudación de impuestos. En muchos casos, las personas que compran madera no reciben el producto deseado y fácilmente es cambiado por otro de menor calidad y menor valor económico, pero vendido a un mayor precio. Desde el punto de vista forestal, una de las principales necesidades que existen en Guatemala es conocer la estructura anatómica de la madera de las principales especies de coníferas que crecen en el país, así como también disponer de una herramienta que, basándose en características de la madera, permita una identificación rápida y precisa de las mismas.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

- 3.1.1** Realizar el estudio anatómico de la madera de 16 especies de coníferas que crecen en Guatemala.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- 3.2.1** Describir anatómicamente las maderas de coníferas de acuerdo a lo estipulado por La Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 2004)
- 3.2.2** Elaborar una clave de identificación para las maderas de las especies de coníferas de Guatemala, con base a las características macroscópicas de la madera.
- 3.2.3** Elaborar una clave de identificación para las maderas de las especies de coníferas de Guatemala, con base a las características microscópicas de la madera.

### **4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Guatemala tiene una extensión de 108.899 Km<sup>2</sup> y, de acuerdo a la información del Inventario Forestal Nacional 2002-2003, se pudo establecer que del 37,2 % de cobertura forestal estimada en ese periodo, el mayor porcentaje corresponde a bosque latifoliado con un 30,6 % (3.593.400 ha). Los bosques de coníferas y mixtos se encuentran distribuidos principalmente en la parte central del país y ocupan el 3,7% (396.938 ha) y 2,9 % del área boscosa (312.641 ha), respectivamente. Sin embargo es importante mencionar que los bosques de coníferas y mixtos son los que más se aprovechan debido a la importancia comercial y energética de las especies que los componen. Así mismo, la mayor parte de las exportaciones de madera que se realizan, corresponden a especies de coníferas (INAB, 2005).

Durante el periodo comprendido entre 1997 y 2004, a través del programa de incentivos forestales para la reforestación, se plantaron un total de 50.985 ha, de las cuales 25.710 ha corresponden a coníferas y 25.275 ha corresponden a latifoliadas, cifras que van en aumento año tras año por el gran apoyo económico del estado a éste tipo de proyectos, cuyo objetivo principal es tener suficiente materia prima para la industria y satisfacer la demanda de productos forestales en el país (INAB, 2005).

De acuerdo a lo descrito anteriormente, existen diversas actividades en que las maderas de coníferas juegan un papel muy importante en el sector forestal de Guatemala, pero se tiene el inconveniente de que no se cuenta con información para identificar macro y

microscópicamente las maderas, afectando con ello el control forestal que se realiza por parte de personas e instituciones encargadas de verificar las especies forestales autorizadas en actividades como manejo forestal (en bacadillas), compra y venta de madera nacional e internacional (depósitos, carpinterías, industrias, ventanillas especiales de exportación) y transporte de maderas. Esto también afecta en la realización de estudios técnicos-científicos, docencia y extensión en el área de maderas, por lo que se hace necesario contar con un estudio anatómico y claves para identificar las diferentes coníferas que se utilizan y se comercializan en Guatemala, con el fin de asegurar técnicamente que el producto a la vista sea el correcto.

## 5 MARCO TEÓRICO

### 5.1 ANTECEDENTES SOBRE INVESTIGACIONES EN MADERAS DE CONÍFERAS

En Guatemala la información relacionada a la anatomía de maderas en coníferas es muy escasa. De acuerdo a la revisión de literatura efectuada únicamente se encontró el estudio presentado por Santos (2004), quien describe sobre la anatomía y variación de propiedades físicas seleccionadas en la madera juvenil de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) producida en el municipio del Estor, departamento de Izabal, Guatemala. Los pocos estudios de anatomía de maderas para especies de Guatemala han sido en maderas en latifoliadas (Casasola, 1988; Valdés, 1988; Morataya, 1993; Santizo, 2007).

La mayoría de los estudios se han realizado en países de la zona templada por ser especies de gran valor comercial y que se presentan en gran abundancia en dichas latitudes. Richard (1947), en su estudio sobre identificación de maderas de la zona templada de Norte América (Estados Unidos y Canadá) describe la anatomía y algunas propiedades físicas en maderas de 14 géneros (*Pinus*, *Abies*, *Sequoia*, *Pseudotsuga*, *Larix*, *Picea*, *Tsuga*, *Taxodium*, *Chamaecyparis*, *Juniperus*, *Thuja*, *Libocedrus*, *Taxus* y *Torreya*) y 28 especies de coníferas valiosas desde el punto de vista económico, incluyendo una clave para su identificación. Esta clave está diseñada no solamente para auxilio en la identificación de especímenes desconocidos de maderas, sino también para guiar al estudiante en trabajos comparativos sobre especímenes conocidos.

Greguss (1955) realizó uno de los estudios más completos a nivel mundial en la descripción e identificación de maderas de Gymnospermae, describiendo un total de 357

especies y elaborando claves de identificación para las familias, géneros y especies de Coniferae.

Wilson y White (1970) definen los caracteres diagnósticos de 16 géneros de coníferas y toman como principales características en su clave de identificación las traqueidas radiales y axiales, canales resiníferos, punteaduras en campo de cruce, espacios intercelulares, tipos de transición entre madera temprana y tardía, así como características del duramen.

Huerta (1978) estudió la anatomía de 12 especies de coníferas mexicanas (ocho especies del género *Pinus*, dos del género *Cupressus*, una de *Juniperus* y una de *Abies*) y describe las características físicas como el color, olor, sabor, textura, grano, disposición de anillos de crecimiento, de los canales resiníferos y de los radios. Para las características microscópicas se estudiaron las traqueidas, punteaduras, radios leñosos, parénquima, anillos de crecimiento y canales resiníferos. Cada espécimen fue descrito y a cada especie le fueron tomadas fotomicrografías de sus estructuras más representativas. También se determinó la estadística básica de aquellos caracteres estructurales de la madera susceptibles de medición.

Panshin y de Zeeuw (1980) realizaron la descripción macroscópica y microscópica de maderas de latifoliadas y coníferas, con sus respectivas claves de identificación, siendo para este último grupo un estudio de 13 géneros de coníferas de Norteamérica. Toma en cuenta dentro de las características de las maderas, la similitud o diferencia de color entre albura y duramen, olor del duramen, tipo de transición entre madera temprana y tardía, presencia de canales resiníferos, grosor de paredes en los canales, presencia y tipo de traqueidas radiales y los tipos de punteaduras en traqueidas y en campos de cruce.

Pérez y Olvera (1981), en su investigación sobre la anatomía de la madera de 16 especies de coníferas de México, describen las características físicas como el color, olor, sabor, brillo, veteado, textura, grano, anillos de crecimiento y canales resiníferos de la madera, así mismo las características microscópicas de las traqueidas (longitud, diámetro, grosor de la pared), radios (número y altura), tipo y número de punteaduras en los campos de cruce. Este estudio indica la importancia que tiene, éste tipo de investigaciones sobre el proceso de transformación e industrialización de la madera.

Wilson y White (1986), presentaron la descripción anatómica de la madera de 11 géneros de coníferas (*Pinus*, *Pseudotsuga*, *Larix*, *Picea*, *Cedrus*, *Tsuga*, *Taxus*, *Araucaria*, *Thuja*, *Abies* y *Juniperus*) y una clave para su identificación utilizando como características

principales la presencia y ausencia de traqueidas radiales, tipo de traqueidas radiales (lisas o dentadas), presencia o ausencia de canales resiníferos, grosor de paredes de células epiteliales en los canales resiníferos, tipo y número punteaduras en campos de cruce, engrosamientos espiralados, tipos de transición de madera temprana a madera tardía, presencia o ausencia de parénquima axial y altura de radios.

Por otra parte, Fahn *et al.* (1986) describen anatómicamente especies de árboles y arbustos de Israel, incluyendo las siguientes gimnospermas: *Pinus halepensis*, *P. pinea*, *Cedrus libani*, *Juniperus drupacea*, *J. excelsa*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*, *Cupressus sempervirens*, *Ephedra foliata*, *E. alata* y *E. comptonioides*. En éste estudio se presenta una clave de identificación y fotografías de características microscópicas de las maderas estudiadas y se da a conocer la importancia que tiene ésta investigación en arqueología, artefactos de madera, materiales de construcción, identificación botánica, entendimiento de la cultura antigua y comercialización de maderas en el pasado.

Hoadley (1990) realizó una descripción anatómica de 13 géneros de maderas de coníferas y los separa en tres grupos importantes de acuerdo a características como canales resiníferos, radios, punteaduras en campos de cruce y traqueidas radiales. También se trabaja con características físicas como color, olor, densidad, tipo de grano, transición de madera temprana a tardía, etc.

Otra investigación de gran importancia es la presentada por García *et al.* (2002) quienes describen la anatomía de 352 especies de coníferas distribuidas en las familias Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae, Cephalotaxaceae, Araucariaceae, Podocarpaceae y Taxaceae. Elaboran una clave de múltiple entrada para la identificación a nivel de especie. Así mismo se da a conocer la importancia que tiene la identificación de maderas en las áreas forestales, arqueología, marina, bellas artes, restauración de edificios, comercio nacional e internacional, tráfico de especies protegidas, etc. Adicionalmente, describen la anatomía de la madera en 14 géneros de coníferas, tomando en cuenta como principales características de identificación las relacionadas con las traqueidas longitudinales y radiales (con sus modificaciones), parénquima longitudinal y radial, cristales y canales resiníferos.

En la Universidad de los Andes en Mérida (Venezuela) se han realizado estudios de anatomía de madera para el pino caribe: Guzmán (1979) estudió la variación de algunas propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Pinus caribaea* Morelet,

proveniente de las plantaciones de Uverito, Estado Monagas. Melandri y Espinoza (2001) realizaron un estudio sobre la metodología para determinar ángulos de orientación de microfibrillas en la pared celular de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; presentando una descripción anatómica completa para la especie. Igualmente, Trejo (2006) determinó la proporción de madera juvenil y adulta en la especie antes mencionada utilizando como criterio de determinación la longitud de las traqueidas, elemento anatómico principal en las maderas de coníferas.

Uno de los aspectos más importantes para los estudios anatómicos de la madera de coníferas es la uniformidad de conceptos y criterios en el momento de realizar descripciones. Para alcanzar esta uniformidad, la IAWA Committee (2004) desarrolló una lista donde se indican las características a nivel microscópico que se pueden estudiar en este tipo de maderas, estableciendo definiciones precisas para cada característica y las respectivas clasificaciones de las mismas.

## 5.2 CONÍFERAS DE GUATEMALA

Guatemala es una de las pocas regiones que tiene tierras altas tropicales en las cuales están bien representadas las coníferas. Existen siete géneros de coníferas: *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Podocarpus*, *Taxodium* y *Taxus*, que abarcan 16 especies y se encuentran en las tierras altas de Guatemala (Cuadro 1). Ninguna otra región de latitud tan baja (14 a 16° N aproximadamente) se caracteriza por una variedad tan grande de taxa coníferas.

Con excepción de *Podocarpus* sp y *Pinus caribaea*, que están distribuidos en el trópico, el origen evolutivo de las coníferas guatemaltecas se sitúa en las latitudes medias del hemisferio norte. Los bosques de las tierras altas occidentales de Guatemala son una prolongación de los bosques de coníferas de las tierras altas mexicanas. Aunque hay bosques de *Pinus oocarpa* muy extensos en el centro de Honduras y en las tierras altas del noroeste de Nicaragua (Denevan, 1961) y otras pocas coníferas llegan hasta El Salvador y Honduras (Mirov, 1967; Molina, 1964), el número de taxa de coníferas disminuye rápidamente desde Guatemala hacia el ecuador.

**CUADRO 1. LISTADO ESPECIES DE CONÍFERAS DE GUATEMALA**

ESPECIE	FAMILIA	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL EN GUATEMALA
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	2 200-3 300 m
<i>Juniperus comitana</i> Martínez	Cupressaceae	1 200-2 150 m
<i>Juniperus standleyi</i> Steyermark	Cupressaceae	3 000-4 100 m
<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	Pinaceae	2 600-3 500 m
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schleidl.	Pinaceae	2 000-3 400 m
<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	Pinaceae	1 100-2 600 m
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schleidl.	Pinaceae	500-2 750 m
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pinaceae	1 600-3 200 m
<i>Pinus caribaea</i> Morelet	Pinaceae	0-1000 m
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Pinaceae	2 300-4 000 m
<i>Pinus strobus</i> L.	Pinaceae	800-2 000 m
<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	Pinaceae	1 100-2 400 m
<i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P. Perry	Pinaceae	1 300-2 000 m
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	Podocarpaceae	2 000-3 200 m
<i>Taxus globosa</i> Schleidl.	Taxaceae	2 200-3 000 m
<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Taxodiaceae	800-2 000 m

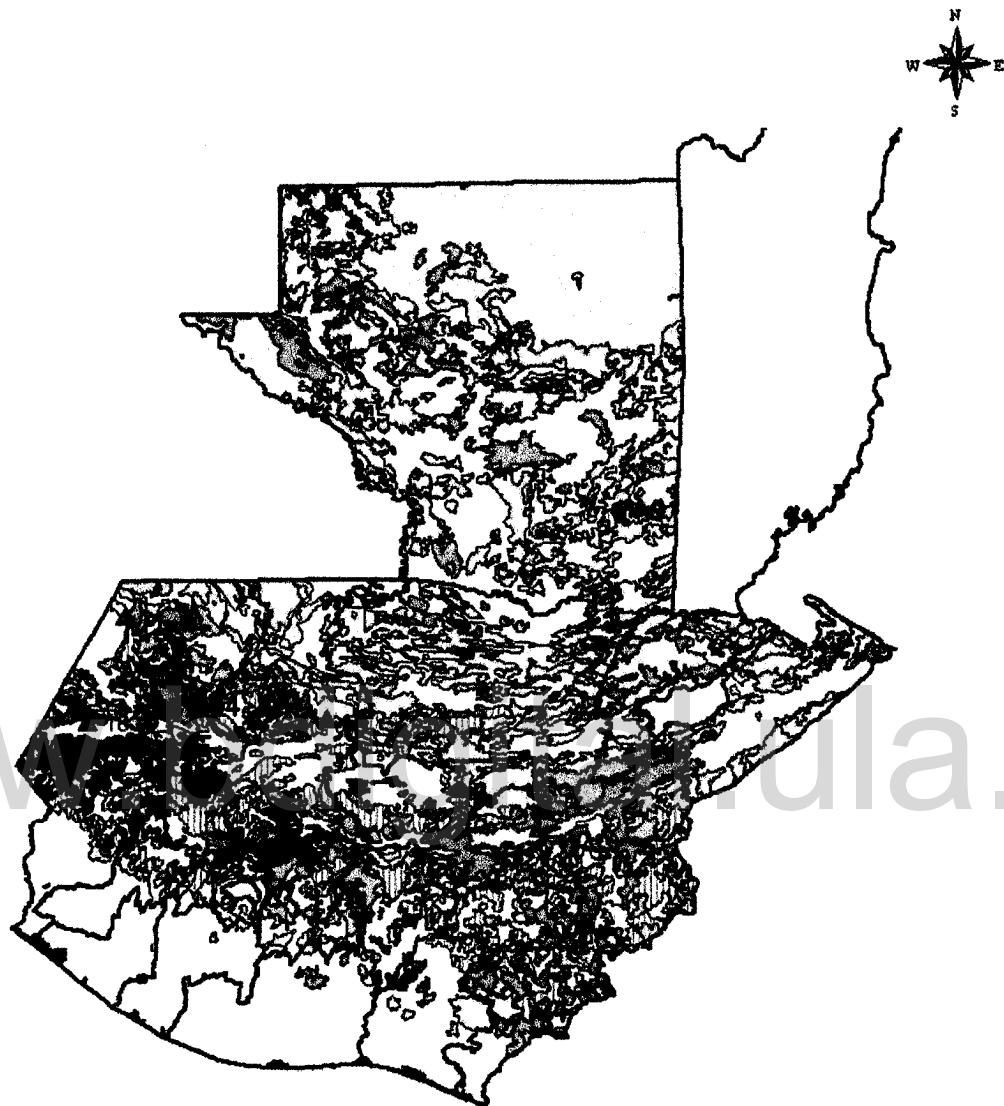
Fuente: DATAFOR (2003); Aguilar (1976, 1961), Aguilar *et al.* (1998); Standley y Steyermark (1946).

## 6 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### 6.1 METODOLOGÍA

#### 6.1.1 RECOLECCIÓN DE LAS MADERAS A ESTUDIAR

Las maderas fueron colectadas en los diferentes bosques de Guatemala, donde se reportó la existencia natural de las especies de coníferas (Figura 1). Para ello se solicitó información al Instituto Nacional de Bosques –INAB- de los listados de las licencias autorizadas de manejo forestal de estas especies, para realizar la colecta respectiva. Para el caso de las especies al momento de la colecta, que no se encontraban en fase de aprovechamiento y que no había licencias autorizadas, se solicitó el permiso correspondiente al propietario, así como del Instituto Nacional de Bosques para realizar la correspondiente colecta.



1:2797832

▲ Puntos de colecta

■ Límite Departamental

Cobertura Forestal

- Áreas sin Cobertura Forestal
- Asoc. Bosque Secundario/Arbust.
- Asoc. Coníferas-Cultivos
- Asoc. Latifoliadas-Cultivos
- Asoc. Mixto-Cultivos
- Bosque de Coníferas
- Bosque de Latifoliadas
- Bosque Mdtico
- Bosque Secundario/Arbustal
- Manglar

**FIGURA No. 1 MAPA DE UBICACIÓN A NIVEL NACIONAL SOBRE LA COLECTA DE MUESTRAS  
FUENTE: MAGA, (1998)**

Para los diferentes estudios, se obtuvo una muestra de madera a una altura de 1,30 metros del nivel del suelo de 4 árboles representativos para cada especie reportada. También se obtuvieron las muestras botánicas de cada especie, para su correspondiente determinación taxonómica (Cuadro 2).

**CUADRO 2 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS ÁRBOLES ESTUDIADOS,  
CORRESPONDIENTES A LAS 16 ESPECIES DE CONÍFERAS EN GUATEMALA.**

No. ARB	ESPECIE	DAP	ALTURA TOTAL (MT)	LOCALIZACION		ALTITUD (msnm)	No. XILOTECA	No. HERBARIO
		(cm)		POLITICA	COORDENADAS UTM			
1	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	30	17	Aldea Estancia de la Virgen Departamento de Quetzaltenango	15P 656844	1678758	2010	1
		38	24					2
		36	24					3
		28	17					4
		43	28					5
2	<i>Pinus devoniana</i> Lindl	30	15	Aldea Piasche, Municipio Malacatancito, Departamento de Huehuetenango	15P 658270	1686393	1850	6
		24	12					7
		16	7					8
		15	6					9
		20	10					10
3	<i>Pinus strobus</i> L.	70	29	Aldea Xonca, Municipio de Nebaj, Departamento de Quiche	15P 701615	1709407	1850	11
		51	25					12
		69	29					13
		65	27					14
		45	25					15
4	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	61	36	Aldea Magdalena, Municipio Chiantla, Departamento de Huehuetenango	15P 674297	1719237	3300	16
		55	34					17
		54	33					18
		42	28					19
		48	29					20
5	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.	30	21	Aldea Magdalena, Municipio Chiantla, Departamento de Huehuetenango	16P 674296	1719229	3280	21
		28	21					22
		48	28					23
		39	25					24
		35	25					25
6	<i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P.Perry	21	16	Finca La Providencia, Departamento de San Jerónimo, Baja Verapaz	15P 801267	1675824	1824	26
		23	16					27
		29	20					28
		28	18					29
		29	20					30
7	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	26	24	Finca La Providencia, Departamento de San Jerónimo, Baja Verapaz	15P 801263	1675831	1824	31
		20	20					32
		38	27					33
		22	21					34
		19	18					35

8	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	33	27	Municipio Nahualá, Departamento de Sololá.	15P 682930	1640218	2600	36	36
		18	17					37	37
		20	18					38	38
		19	16					39	39
		25	22					40	40
9	<i>Pinus caribaea</i> Morelet	48	34	Finca Agua Escondida, Aldea Machaquilá, Municipio de Popán, Departamento del Petén	16Q 288739	1813990	515	41	41
		20	21					42	42
		25	24					43	43
		27	25					44	44
		20	21					45	45
10	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	47	30	Aldea San Francisco El Retiro, Municipio de Cuijco, Departamento de Huehuetenango	15P 619087	1708406	2525	46	46
		45	30					47	47
		43	26					48	48
		40	24					49	49
		45	30					50	50
11	<i>Juniperus comitana</i> Martinez	18	5	Aldea Chaquial, Municipio de Nenton, Huehuetenango.	15P 638084	1760513	1214	51	51
		16	5					52	52
		23	6					53	53
		34	7					54	54
		34	7					55	55
12	<i>Juniperus standleyi</i> Steyermark	13	6	Aldea Chichim, Municipio de Todos Santos Cuchumatan, Departamento de Huehuetenango	15P 654429	1718574	3655	56	56
		13	5					57	57
		14	5					58	58
		14	5					59	59
		10	4					60	60
13	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	26	12	Aldea Chimel, Municipio Espantan, Departamento del Quiche.	15P 736098	1710297	2345	61	61
		20	11					62	62
		19	9					63	63
		19	10					64	64
		16	8					65	65
14	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	42	27	Aldea Magdalena, Municipio Chiantla, Departamento de Huehuetenango	15P 674285	1719235	3310	66	66
		51	33					67	67
		26	24					68	68
		28	26					69	69
		48	30					70	70
15	<i>Taxodium nudiflorum</i> Ten.	23	18	Aldea Zaculeu Ruinas, Municipio y Departamento de Huehuetenango	15P 659953	1695376	1876	71	71
		23	17					72	72
		34	24					73	73
		26	20					74	74
		29	21					75	75
16	<i>Taxus globosa</i> Schmidt	16	9	Aldea Chimel, Municipio Espantan, Departamento del Quiche.	15P 736105	1710295	2350	76	76
		10	6					77	77
		11	6					78	78
		15	8					79	79
		18	11					80	80

El cuadro anterior muestra el listado y ubicación política y administrativa de las especies colectadas. Se presenta el número de muestra botánica y de madera de 16 coníferas

nativas de Guatemala, ubicadas en 6 departamentos del país y se encuentran en diferentes altitudes que van desde los 515 msnm en Petén hasta los 3655 msnm en Huehuetenango ubicadas en las partes más altas de la sierra de los Cuchumatanes. Así mismo se presentan los diámetros y alturas de los árboles estudiados.

### **6.1.2 IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA DEL MATERIAL DE HERBARIO**

La identificación botánica del material de herbario fue realizada por personal de la Carrera de Ingeniería Forestal del Centro Universitario del Nor-Occidente –CUNOROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. En las descripciones correspondientes se anotó el número de cada muestra estudiada. (Anexo 1)

Para la nomenclatura y sinonimia de los nombres científicos se considero la base de datos del Missouri Botanical Garden (2010).

### **6.1.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ESTUDIO MACROGRÁFICO**

#### **6.1.3.1 DIMENSIONES MUESTRAS DE MADERA**

Se elaboraron muestras de 2 x 7 x 15 cm, con la mayor dimensión en el sentido del grano. También se cortaron de tal manera que la pieza de madera presente albura y duramen (Corothie, 1967). Cada muestra fue codificada con un número especial y actualmente forma parte de la Xiloteca del Centro Universitario del Nor-Occidente CUNOROC- Huehuetenango, Guatemala. También se incorporaron muestras similares de 2 centímetros cúbicos a la Xiloteca MERw del Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes (Mérida, Venezuela).

#### **6.1.3.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA**

Para la descripción de la estructura macroscópica de las maderas se utilizó la metodología adoptada por Panshin y de Zeeuw (1980), Hoadley (1990) y por IAWA Committee (2004). Se utilizó una lupa de 20X y se estudiaron los siguientes elementos:

Características físicas: color de albura y duramen, tipo de transición entre las dos zonas, olor, sabor, textura, grano, peso y dureza. (Sólo como referencia para determinar el peso de la madera, se tomó en cuenta la densidad básica de las diferentes maderas dividiendo la masa

anhídrida dentro del volumen saturado de agua, utilizando una balanza analítica con precisión de 0,1 gramos, diferencias desplazamiento de agua y cubos de maderas de 2 centímetros. Con éste resultado se procedió a determinar la densidad de la madera seca al aire del 12% de contenido de humedad, de acuerdo a la metodología IAWA Committee, 2004).

Anillos de crecimiento: presentes, ausentes o indistintos.

Características anatómicas: conductos resiníferos (presencia o ausencia, abundancia, tamaño, distribución, agrupación)

### **6.1.3.3 CONSTRUCCIÓN DE LA CLAVE DE IDENTIFICACIÓN MACROSCÓPICA**

Con el fin de que se cumplan los objetivos de la presente investigación y que la información que se obtuvo ilene las necesidades y expectativas para una identificación rápida, fácil y confiable, se elaboró una clave dicotómica para la identificación de maderas de las especies de coníferas para Guatemala, que se basó en las características físicas, anillos de crecimiento y canales resiníferos de cada madera, así mismo se tomó una fotomacrografía para cada especie, en el plano de observación transversal, con el fin de que sirva de comparación con la madera estudiada.

### **6.1.4 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ESTUDIO MICROGRÁFICO.**

#### **6.1.4.1 OBTENCIÓN Y CORTE DE SECCIONES PARA ESTUDIO MICROSCÓPICO**

De cada muestra se extrajeron cubos de 1,5 cm de cada lado, perfectamente orientados en las secciones transversal, radial y tangencial. El proceso de ablandamiento se realizó en agua caliente y el tiempo fue de 1 a 8 minutos de acuerdo al grado de dureza que presentaron las diferentes maderas. Una vez alcanzado el grado de ablandamiento adecuado, se procedió a la realización de cortes utilizando un micrótomo de deslizamiento para obtener secciones de 15 a 40  $\mu\text{m}$  de espesor las cuales fueron sometidas a procesos de tinción con safranina, deshidratación con baños sucesivos de alcohol (50 %, 70 %, 75 %, 95 %), alcohol-xilol (1:1) y xilol. Finalmente, se procedió al montaje utilizando resina sintética y su correspondiente rotulado (Corothie 1967, citado por León 2007). También se preparó tejido macerado sumergiendo astillas de madera en una solución de ácido acético glacial y peróxido de hidrógeno (1:1) para llevarlas a estufa (60°C) durante 12 horas (Franklin, 1937).

#### **6.1.4.2 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LA MADERA**

La descripción microscópica y la determinación de las características cuantitativas se realizaron de acuerdo a lo estipulado por IAWA Committee (2004) en la lista para identificación microscópica de maderas de coníferas.

#### **6.1.4.3 CONSTRUCCIÓN DE LA CLAVE DE IDENTIFICACIÓN MICROSCÓPICA**

Se elaboró una clave para la identificación microscópica de la madera de coníferas a nivel de especie. Para su elaboración se utilizó las descripciones anatómicas ya mencionadas y el sistema adoptado fue el dicotómico.

### **6.1.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se determinó la estadística básica (promedio, desviación, coeficiente de variación) para las siguientes características cuantitativas: longitud de traqueidas, diámetro de canales resiníferos axiales y radiales, altura de radios y altura de radios fusiformes. Se realizó un análisis de varianza y diferencia de medias a través de la prueba de TUKEY ( $\alpha = 0,05$ ) para conocer el grado de variación entre especies y entre individuos de una misma especie.

## **7 RESULTADOS**

Se evaluaron 16 especies de coníferas, que constituyen 5 familias, siendo las siguientes: diez especies de la familia Pinaceae, nueve del género *Pinus* y una de *Abies*, tres especies para la familia Cupressaceae, dos de *Juniperus* y una de *Cupressus*, una especie para la familia Taxodiaceae, una especie para la familia Podocarpaceae y una especie para la familia Taxaceae.

### **7.1 DESCRIPCIÓN DE ESPECIES**

Para la descripción microscópica de la madera se utilizó la Lista Estándar de Identificación microscópica de maderas de coníferas estipulado por IAWA Committee (2004).

Para la descripción de la estructura macroscópica de las maderas se utilizó la metodología adoptada por Panshin y de Zeeuw (1980), Hoadley (1990), por IAWA Committee (2004). Se observó la madera a simple vista y también se utilizó una lupa de 20 aumentos. Se estudiaron las siguientes características: color de albura y duramen, tipo de transición entre las dos zonas, olor, sabor, textura, grano, peso y dureza.

Para los caracteres cuantitativos se presenta un cuadro resumen al finalizar la descripción de las especies con las medidas de los siguientes elementos: longitud de traqueidas, altura de radios y altura de radios fusiformes; para éstas características se realizaron 25 mediciones por árbol de cada especie evaluada y para el diámetro de canales resiníferos tanto axiales como radiales se realizaron 12 mediciones, y también igual número de mediciones para los engrosamientos espiralados por milímetro lineal.

En los valores reportados, por ejemplo: 1200-(2900)-4400  $\mu\text{m}$ , la primera medida representa el valor mínimo, los valores promedios entre paréntesis y la última medida el valor máximo.

También para los caracteres cuantitativos se realizó un análisis de varianza con el fin de establecer si había diferencias de medias entre los valores calculados para las diferentes especies con grado de significancia de 0,05 para luego determinar grupos homogéneos de medias a través de la prueba de TUKEY. Acá se colocó una letra comenzando de la letra “a” a la letra “j” con el fin de establecer la diferencia estadística entre los grupos formados.

www.bdigital.ula.ve

### **7.1.1 *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.**

***Pinus oocarpa* var. *manzanoi* Martínez**

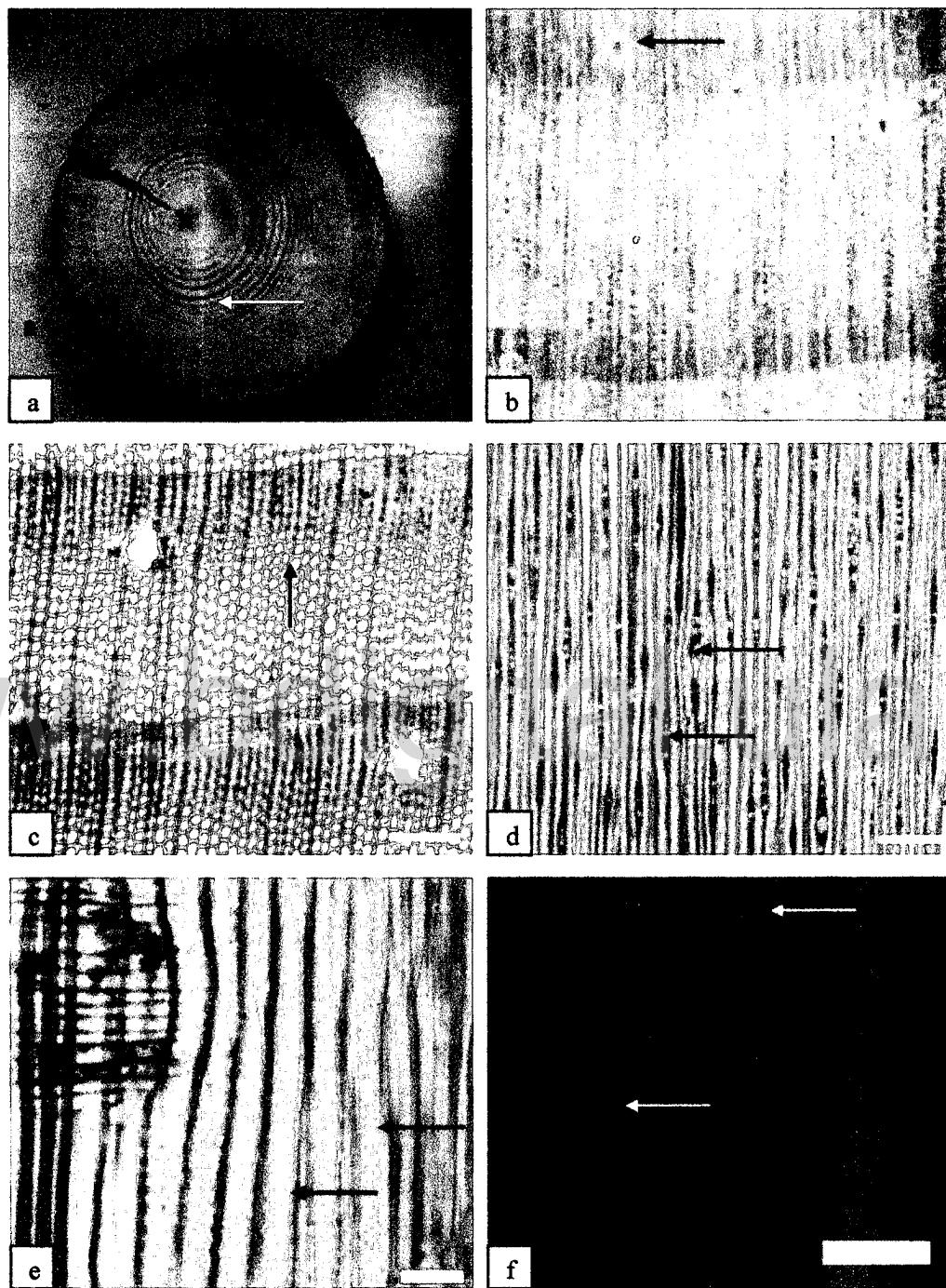
***Pinus oocarpa* var. *oocarpoides* (Lindl. ex Loudon) Endl.**

***Pinus oocarpoides* Lindl. ex Loudon**

***Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf.**

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 7/4). Olor ausente. Sabor ausente. Textura mediana. Grano recto. Dura y pesada, densidad básica de 0,55 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,67 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos y con transición entre madera temprana a tardía abrupta. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas y biseriadas, opuestas, sin depósitos orgánicos, largas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, no escalopado, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales dentadas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 2-3(-4) punteaduras por área de cruce. Radios con altura mediana, con 2 (7) 15 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.



**Figura 2.** *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. a. Albura y duramen no presenta diferencia en color. b. Anillos de crecimiento definidos, conductos resiníferos longitudinales c. Anillos de crecimiento definidos, con transición abrupta entre madera temprana y tardía, conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y biseriadas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ) f. Traqueidas radiales dentadas y punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.2 *Pinus devoniana* Lindl.**

*Pinus filifolia* Lindl.  
*Pinus grenvilleae* Gordon  
*Pinus macrophylla* Lindl.  
*Pinus magnifica* Roezl  
*Pinus michoacaensis* Roezl  
*Pinus michoacana* Martínez  
*Pinus michoacana* fo. *nayaritana* Martínez  
*Pinus michoacana* fo. *procera* Martínez  
*Pinus michoacana* fo. *tumida* Martínez  
*Pinus michoacana* var. *cornuta* Martínez  
*Pinus michoacana* var. *quevedoi* Martínez  
*Pinus montezumae* var. *macrophylla* (Lindl.) Parl.  
*Pinus nec-plus-ultra* Roezl  
*Pinus ocampii* Roezl  
*Pinus pawlikowskiana* Roezl ex Gordon  
*Pinus pawlowskiana* Roezl ex Carrière  
*Pinus verschaffeltii* Roezl ex Carrière  
*Pinus winchesteriana* Gordon  
*Pinus zitacuarensis* Roezl  
*Pinus zitacuarensis* var. *nitida* Roezl ex Carrière

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 8/4) Olor ausente. Sabor ausente. Textura mediana. Grano recto. Dura y pesada, densidad básica de 0,59 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,72 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas y en menor proporción biseriadas, opuestas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, no escalopado, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales dentadas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 2-3(-4) punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 3 (8) 16 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

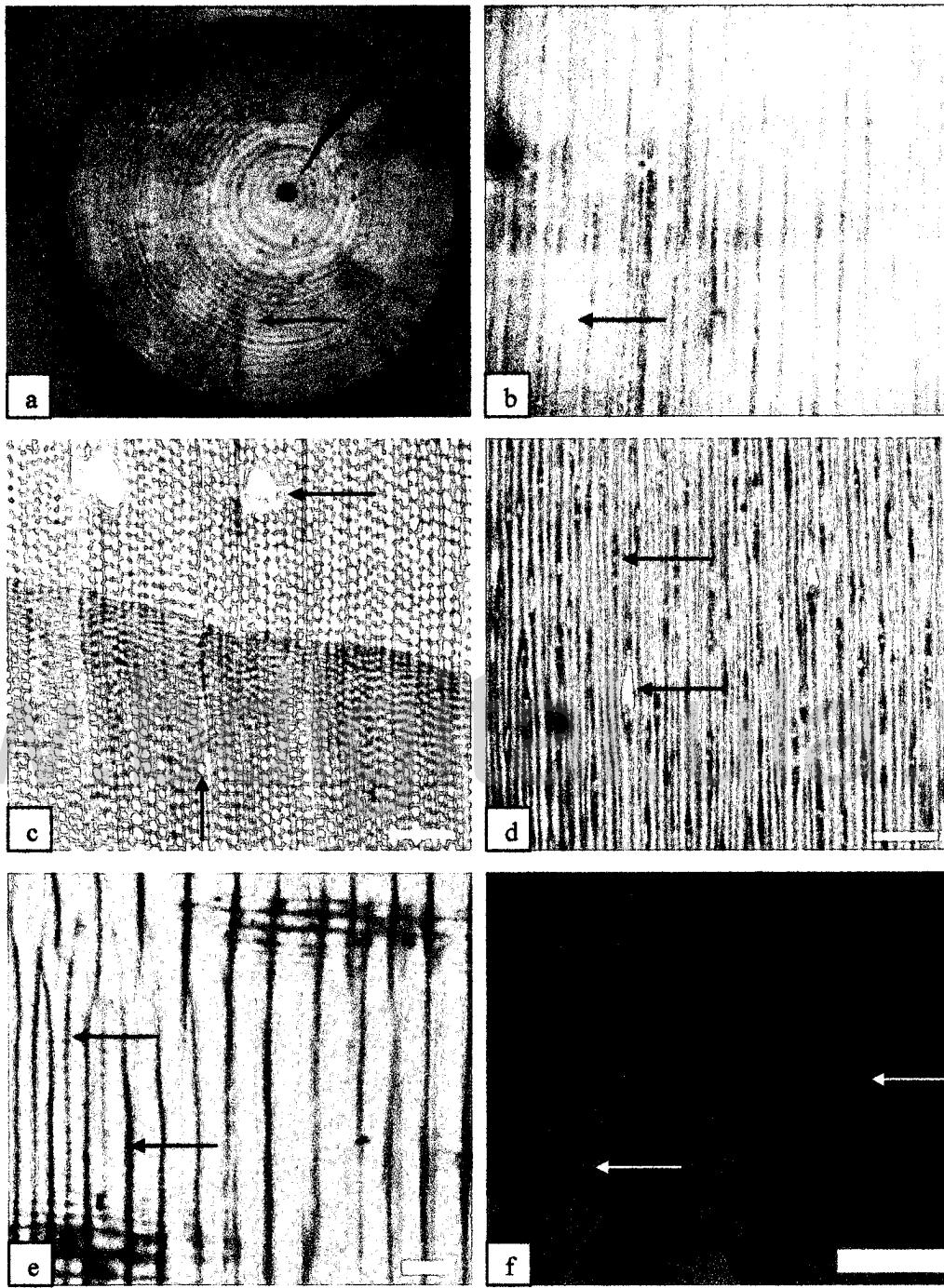


Figura 3. *Pinus devoniiana* Lindl. a. Albura y duramen no presenta diferencia en color b. Anillos de crecimiento definidos, conductos resiníferos longitudinales. c. Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía, conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ) d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y en menor proporción biseriadas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ) f. Traqueidas radiales dentadas y punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### 7.1.3 *Pinus strobus* L.

*Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen

*Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez

*Strobus strobus* (L.) Small

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color castaño muy pálido (10YR 8/4). Olor agradable. Sabor ausente. Textura mediana. Grano inclinado. Blanda y liviana, densidad básica de  $0,35 \text{ g/cm}^3$  y densidad seca al aire  $0,41 \text{ g/cm}^3$ .

Anillos de crecimiento presentes y con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas y en menor proporción biseriadas, opuestas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares. Torus presente. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales lisas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo fenestriforme, 1-2 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (9) 21 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

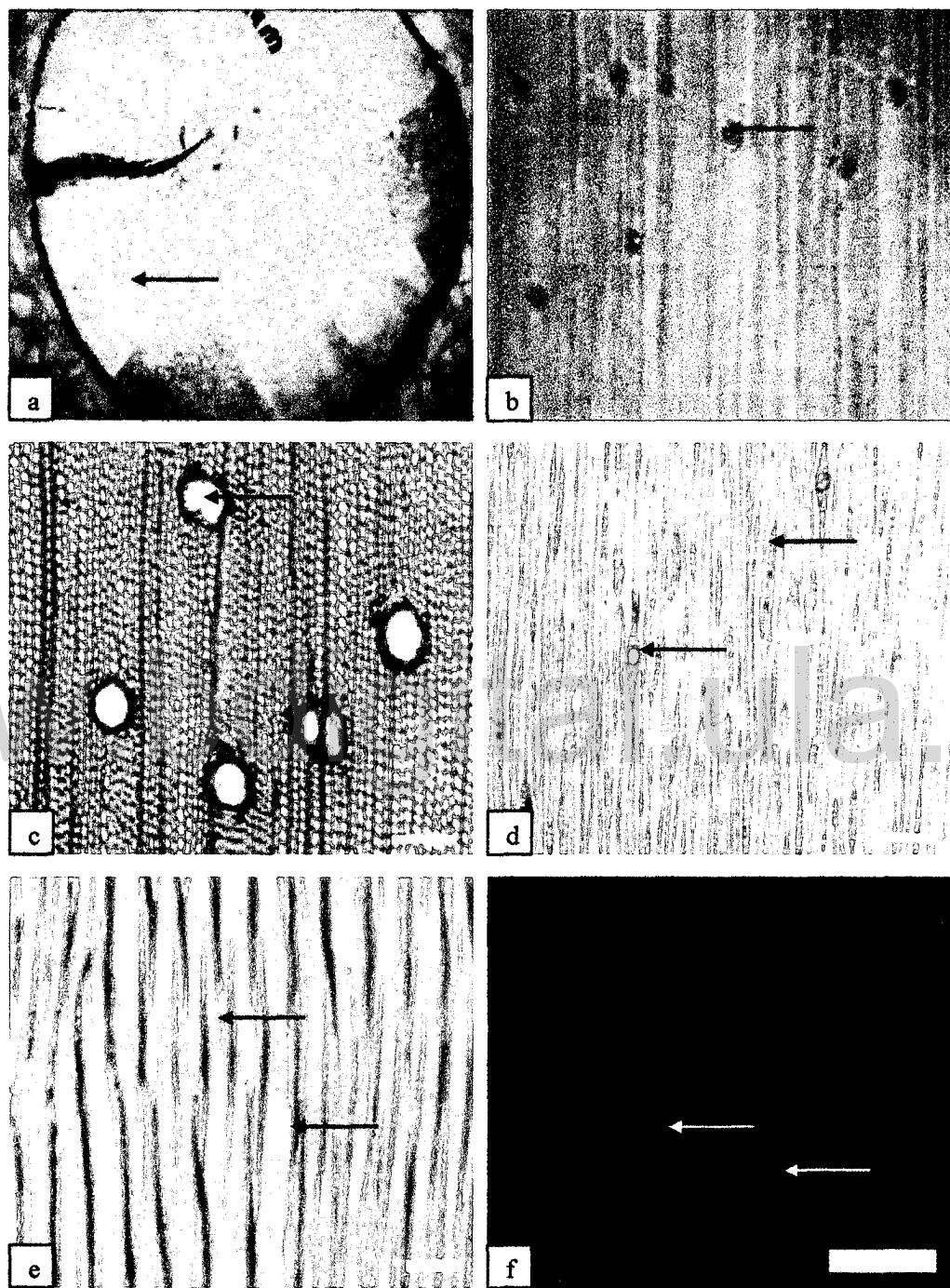


Figura 4. *Pinus strobus* L. a. Albura y duramen no presenta diferencia en color, anillos de crecimientos definidos b. Conductos resiníferos longitudinales c. Conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ) d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y en menor proporción biseriadas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ) f. Traqueidas radiales lisas y punteaduras tipo fenestriforme del área de cruce (barra blanca de 50  $\mu\text{m}$ ).

#### 7.1.4 *Pinus hartwegii* Lindl.

- Pinus aculcensis* Roezl  
*Pinus amecaensis* Roezl  
*Pinus decaisneana* var. *wilsonii* (Roezl) Carrière  
*Pinus decandolleana* var. *ehrenbergii* (Endl.) Carrière  
*Pinus donnell-smithii* Mast.  
*Pinus ehrenbergii* Endl.  
*Pinus endlicheriana* Roezl  
*Pinus hartwegii* var. *rudis* (Endl.) Silba  
*Pinus iztacihuatlii* Roezl  
*Pinus lindleyana* Gordon & Glend.  
*Pinus lindleyana* Loud. ex Lindl. ex Lindl. & Gordon  
*Pinus lowii* Roezl  
*Pinus montezumae* subsp. *hartwegii* (Lindl.) Engelm.  
*Pinus montezumae* var. *hartwegii* (Lindl.) Shaw  
*Pinus montezumae* var. *lindleyana* (Gordon & Glend.) Parl.  
*Pinus montezumae* var. *rudis* (Endl.) Shaw  
*Pinus northumberlandiana* Roezl  
*Pinus papeleuii* Roezl  
*Pinus resinosa* Aiton  
*Pinus robusta* Roezl  
*Pinus roezlii* Carrière  
*Pinus rufa* Endl.  
*Pinus scoparia* Roezl  
*Pinus standishii* Roezl  
*Pinus suffruticosa* Roezl ex Carrière  
*Pinus wilsonii* Roezl  
*Pinus wilsonii* Shaw

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 8/3).

Olor ausente. Sabor ausente. Textura mediana. Grano recto. Dura y pesada, densidad básica de 0,60 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,73 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos y con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, no escalopado, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales lisas y predominantemente dentadas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 2-4 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (7) 15 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos

resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

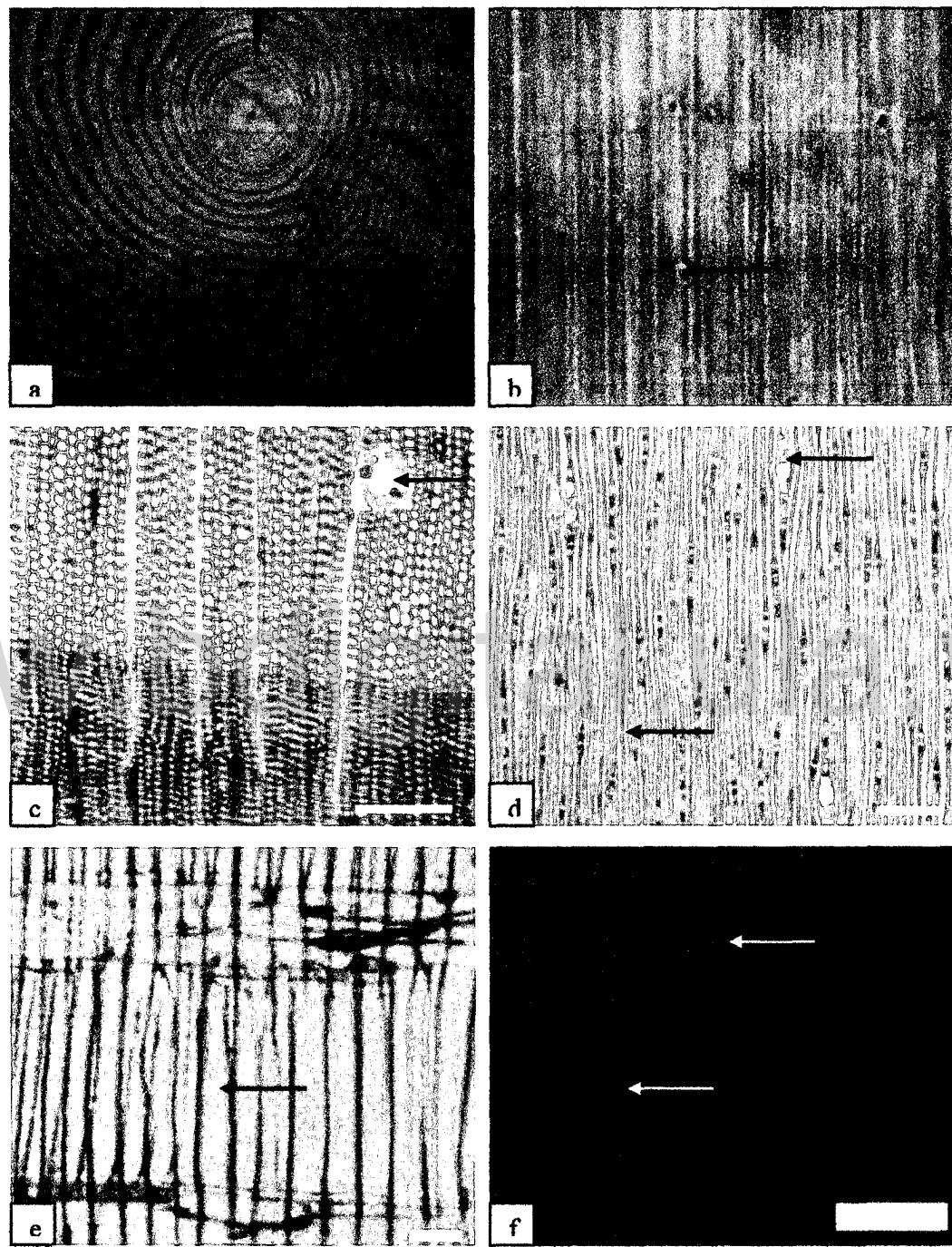


Figura 5. *Pinus hartwegii* Lindl. a. Albura y duramen no presentan diferencia en color b. Conductos resiníferos longitudinales c. Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía, conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ) d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ) f. Traqueidas radiales lisas y predominantemente dentadas, punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.5 *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltdl.**

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 7/4). Olor ausente. Sabor ausente. Textura mediana. Grano recto. Blanda y liviana, densidad básica de 0,37 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,44 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento presentes y con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, escalopado en algunas zonas, y con extensiones presentes. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales lisas. Parénquima radial con paredes lisas y nodulares. Punteaduras del área de cruce de tipo fenestriforme y pinoide, 1-2 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (8) 19 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

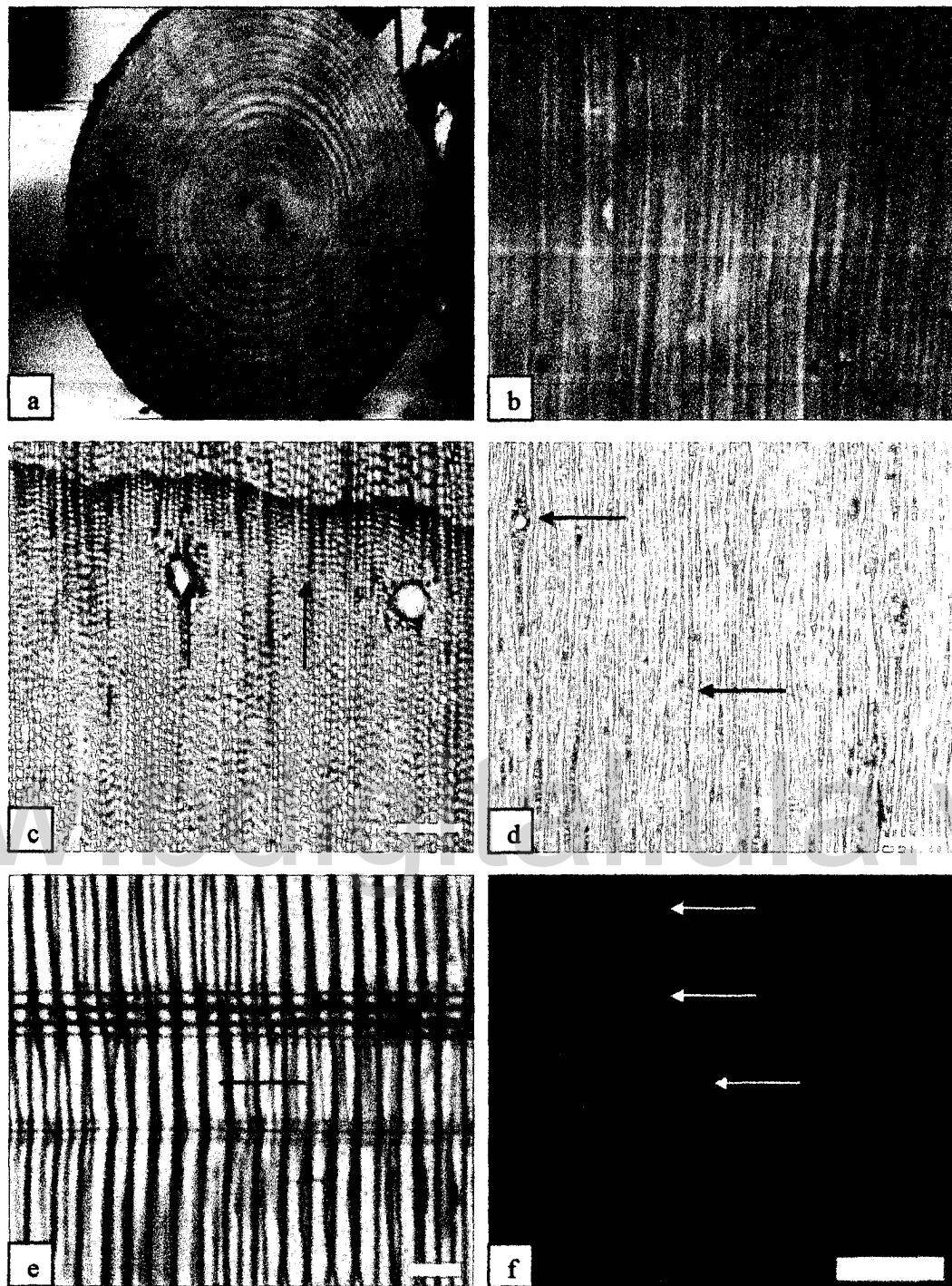


Figura 6. *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schleidl.. a. Albura y duramen no presentan diferencia en color, anillos de crecimiento definidos. b. Conductos resiníferos longitudinales. c. Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía, conductos resiníferos longitudinales. (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Traqueidas longitudinales. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ) f. Traqueidas radiales lisas y parénquima radial con paredes lisas y nodulares, punteaduras tipo fenestriforme y pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.6 *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P.Perry**

*Pinus oocarpa* var. *ochoterenae* Martínez

*Pinus patula* subsp. *tecunumanii* (F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P.Perry) Styles

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 8/4). Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina a mediana. Grano recto. Dura y pesada, densidad básica de 0,57 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,69 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas y algunas biseriadas, opuestas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, no escalopado y sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales dentada y reticulada. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 1-3 (-5) punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (8) 16 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

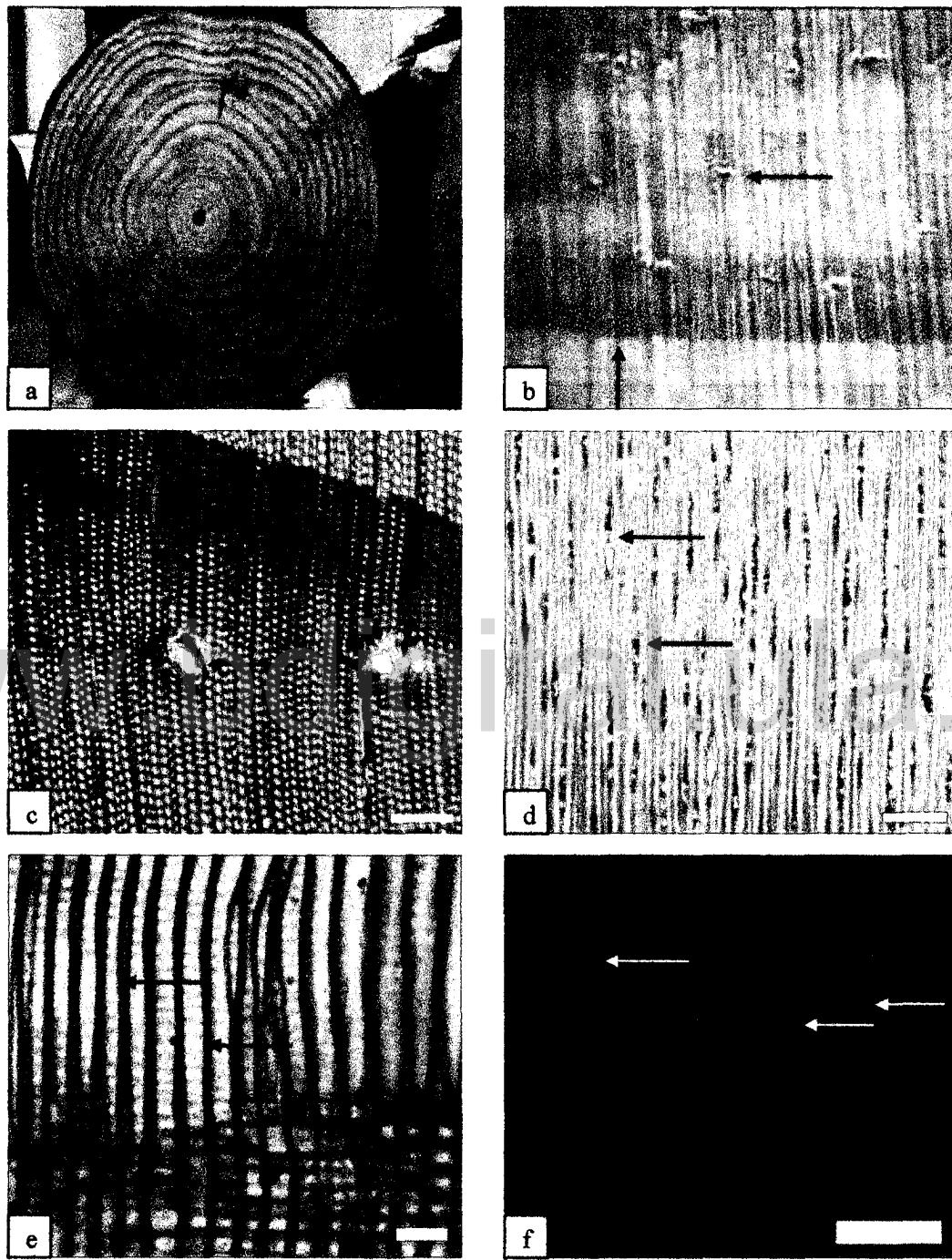


Figura 7. *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P.Perry. a. Albura y duramen no presentan diferencia en color. b. Anillos de crecimiento definidos, conductos resiníferos longitudinales. c. Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía, conductos resiníferos longitudinales. (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y biseriadas opuestas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ) f. Traqueidas radiales dentadas y reticuladas y parénquima radial con paredes lisas, punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### 7.1.7 *Pinus maximinoi* H.E. Moore

*Pinus douglasiana* var. *maximinoi* (H.E. Moore) Silba

*Pinus escandoniana* Roezl

*Pinus hoseriana* Roezl

*Pinus pseudostrobus* var. *tenuifolia* (Benth.) Shaw

*Pinus tenuifolia* Benth.

*Pinus tzompoliana* Roezl

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 8/3).

Olor ausente. Sabor ausente. Textura mediana. Grano recto. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,41 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,49 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos y con transición gradual entre madera temprana a tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales predominantemente dentadas, algunas lisas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 1-2 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 3 (4) 8 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

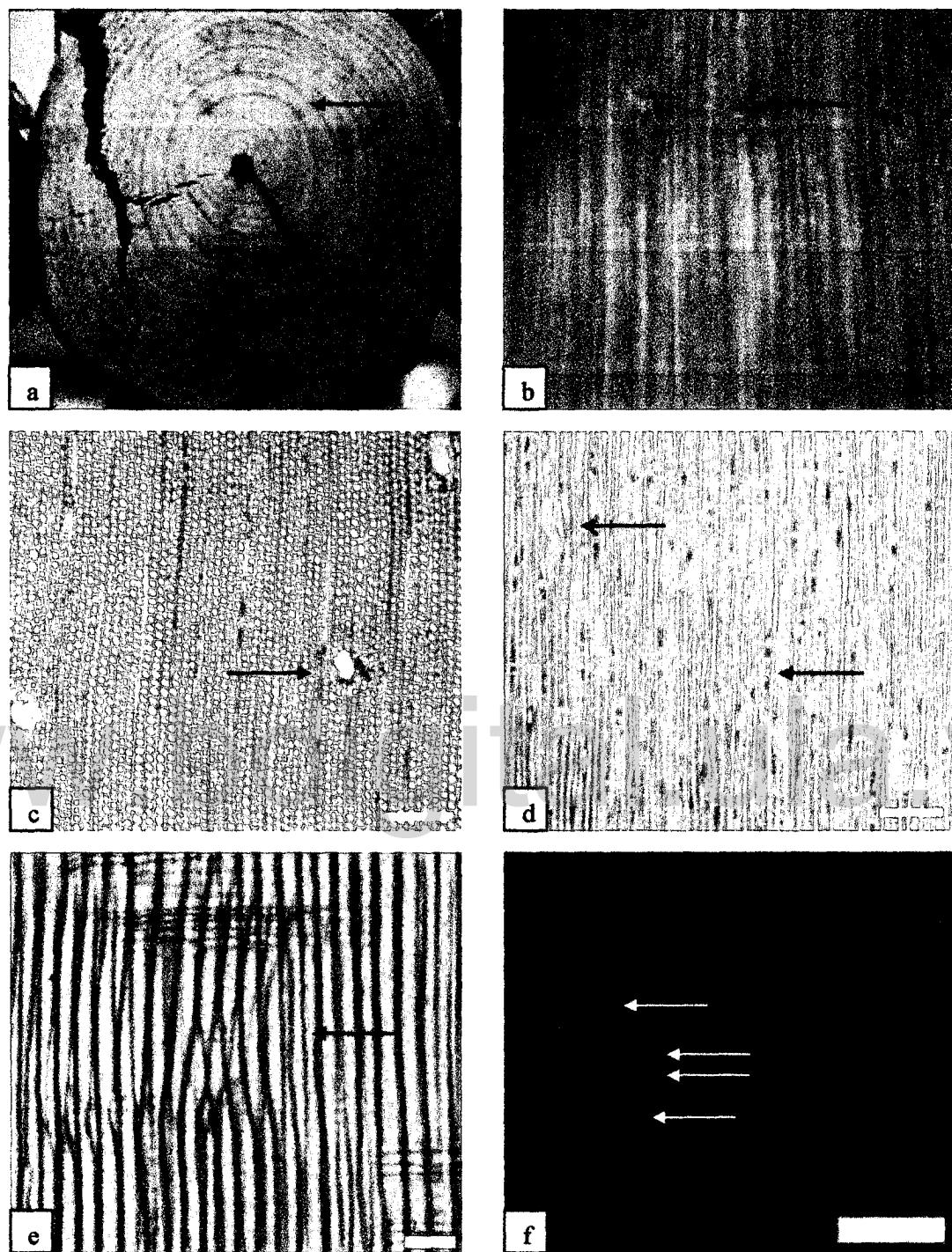


Figura 8. *Pinus maximinoi* H.E. Moore a. Albura y duramen no presentan diferencia en color, anillos de crecimiento definidos. b. Conductos resiníferos longitudinales. c. Conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). f. Traqueidas radiales lisas y dentadas y parénquima radial con paredes lisas, punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.8 *Pinus pseudostrobus* Lindl.**

*Pinus nubicola* J.P. Perry

*Pinus pseudostrobus* var. *coatepecensis* Martínez

*Pinus pseudostrobus* var. *estevezii* Martínez

*Pinus pseudostrobus* var. *tenuifolia* (Benth.) Shaw

*Pinus tenuifolia* Benth.

*Pinus yecorensis* Debreczy & I. Rácz

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 8/3).

Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina a mediana. Grano recto. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,45 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,54 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos y con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, no escalopado, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales dentadas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 2 (-3) punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 3 (8) 14 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.

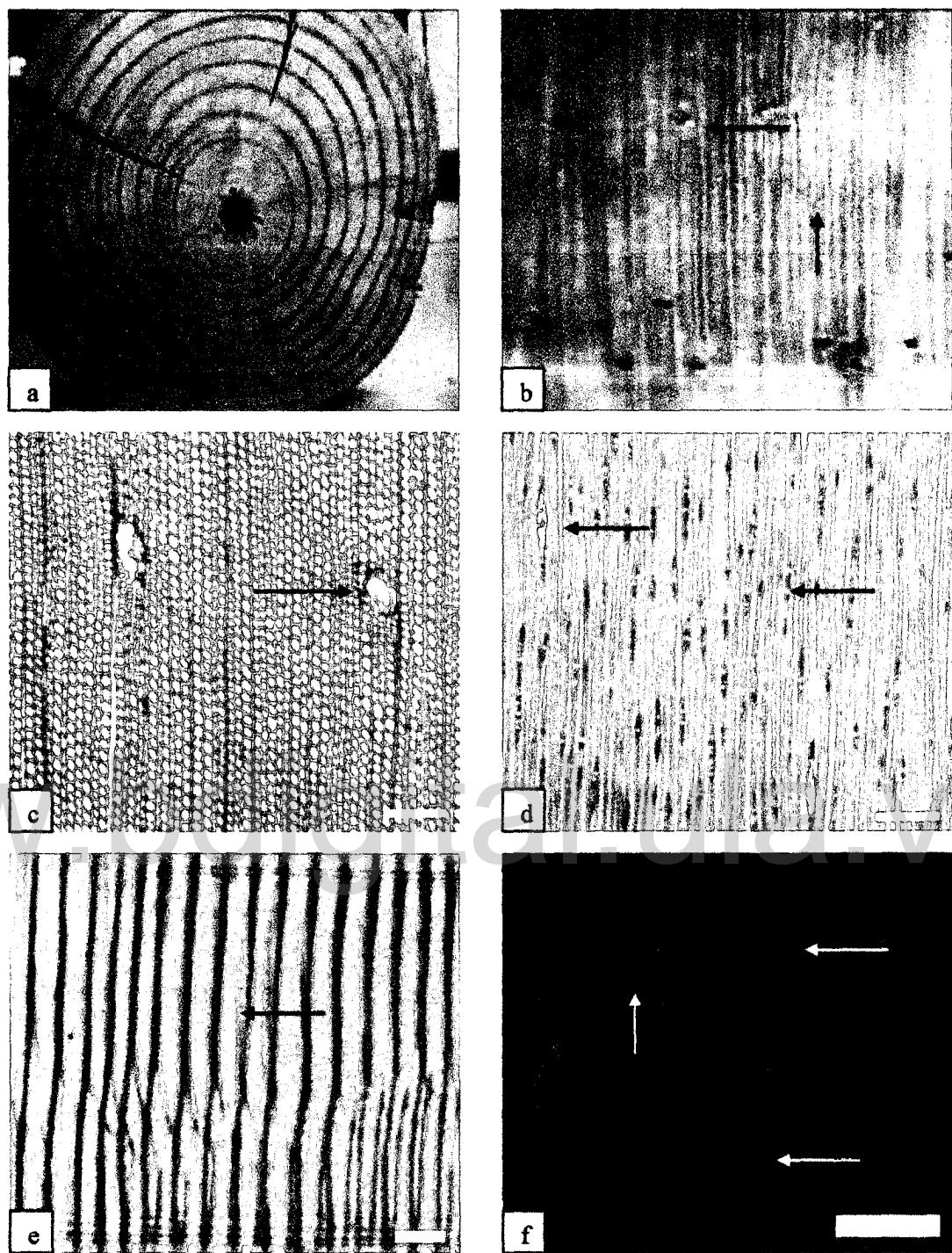


Figura 9. *Pinus pseudostrobus* Lindl. a. Albura y duramen no presentan diferencia en color, anillos de crecimiento definidos. b. Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía. Conductos resiníferos longitudinales. c. Conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). f. Traqueidas radiales dentadas y parénquima radial con paredes lisas, punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

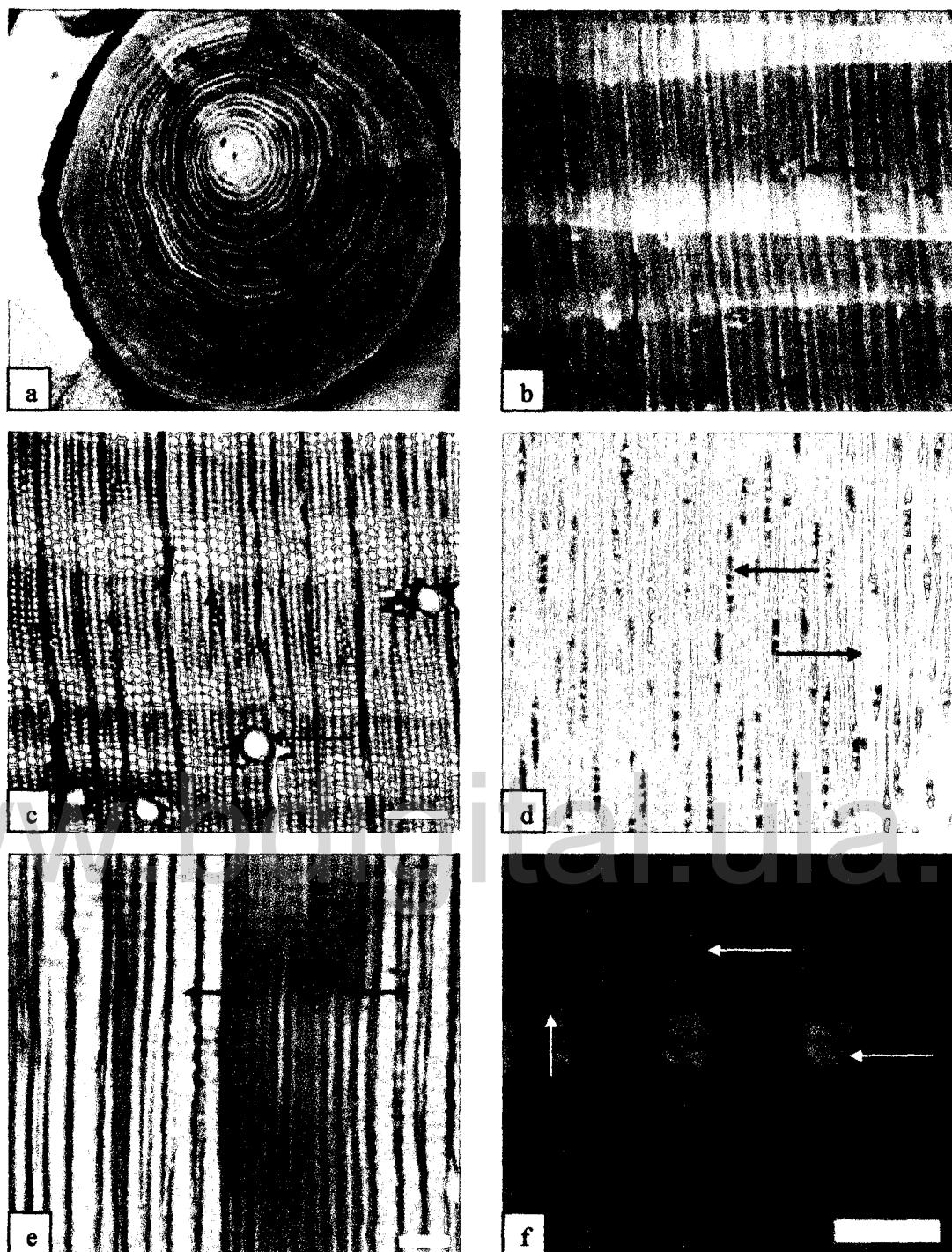
### 7.1.9 *Pinus caribaea* Morelet

*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H.G. Barrett & Golfari

*Pinus hondurensis* Loock

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 7/6). Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina a mediana. Grano recto a inclinado. Dura y pesada, densidad básica de 0,61 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,74 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos con transición abrupta entre madera temprana a tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas y biseriadas, opuestas, con depósitos orgánicos presentes, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes gruesas. Torus presente, no escalopado, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales dentadas y reticuladas. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo pinoide, 1-4 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (7) 12 células de alto, uniseriados y fusiformes. Conductos resiníferos longitudinales y transversales presentes. Células epiteliales de paredes delgadas. Cristales ausentes.



**Figura 10.** *Pinus caribaea* Morelet a. Albura y duramen no presenta diferencia en color. b. Anillos de crecimiento definidos y conductos resiníferos longitudinales. c. Anillos de crecimiento definidos, con transición abrupta entre madera temprana y tardía, conductos resiníferos longitudinales (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y fusiformes (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y biseriadas. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). f. Traqueidas radiales reticuladas y parénquima radial con paredes lisas, punteaduras tipo pinoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### 7.1.10 *Cupressus lusitanica* Mill.

*Callitropsis lusitanica* (Mill.) D.P. Little

*Cupressus benthamii* Endl.

*Cupressus benthamii* var. *knightiana* (Perry ex Gordon) Mast.

*Cupressus benthamii* var. *lindleyi* (Klotzsch ex Endl.) Mast.

*Cupressus knightiana* Perry ex Gordon

*Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl.

*Cupressus lusitanica* var. *benthamii* (Endl.) Carrière

*Cupressus lusitanica* var. *knightiana* Rehder

*Hesperocyparis lusitanica* (Mill.) Bartel

Madera con albura de color amarillo pálido (2.5Y 7/4) y duramen de color amarillo pálido (2.5Y 8/3) con transición abrupta. Olor característico y agradable. Sabor ausente. Textura fina. Grano recto. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,44 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,53 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial presente y agrupación difusa, con extremos de paredes transversales lisas. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo cupresoide, 1-3 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (9) 26 células de alto, uniseriados y menor porcentaje biseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales ausentes.

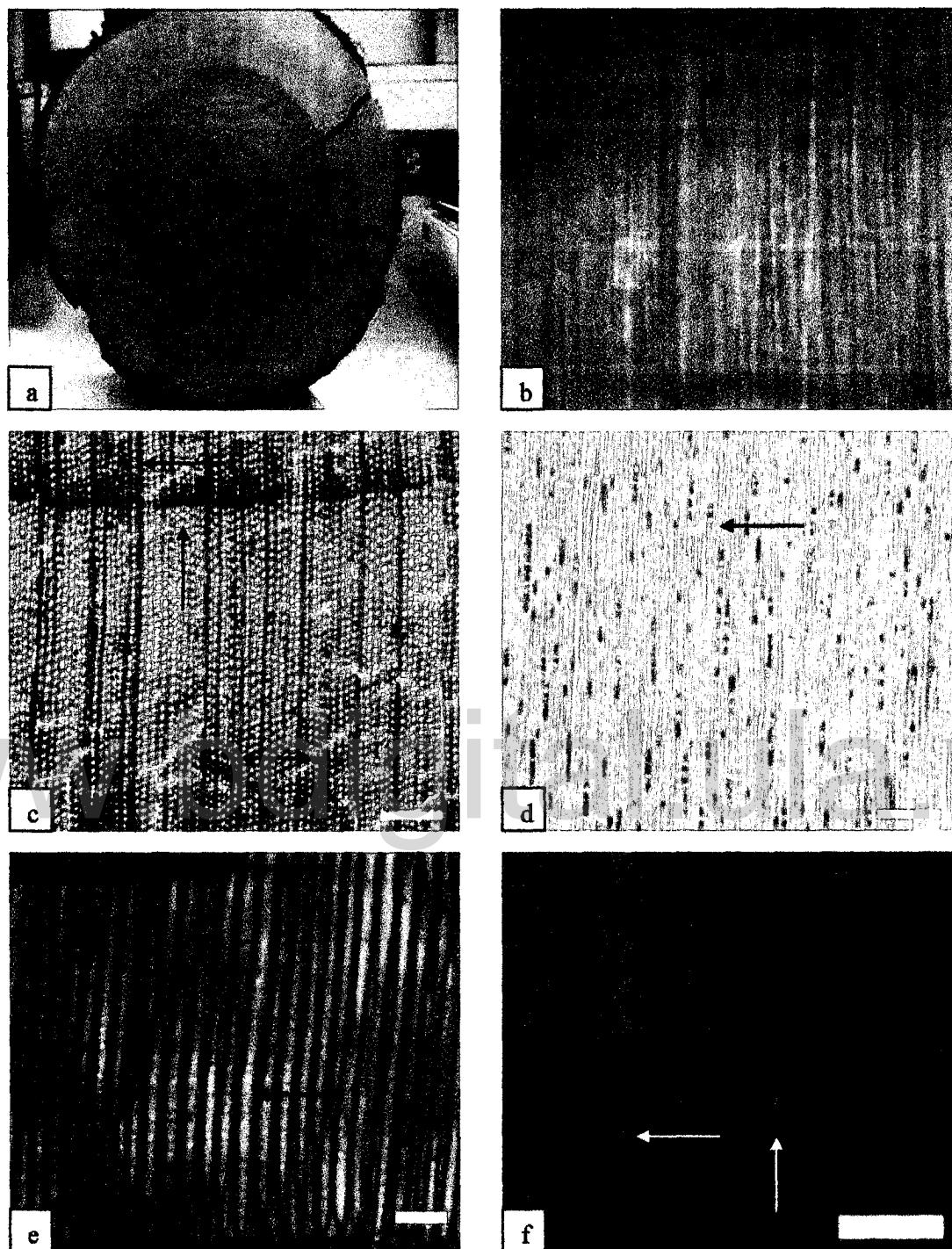


Figura 11. *Cupressus lusitanica* Mill. a. Albura y duramen con transición abrupta. b. Anillos de crecimiento definidos c. Anillos de crecimiento definidos y transición gradual entre madera temprana y tardía, parénquima axial difuso (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y biseriadas (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). f. Parénquima radial con paredes lisas y punteaduras tipo cupresoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### 7.1.11 *Juniperus comitana* Martínez

Madera con albura de color amarillo pálido (2.5Y 7/4) y duramen amarillo vivo (2.5Y 6/6) con transición abrupta. Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina. Grano inclinado. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,50 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,60 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos, con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente y sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial presente y agrupación difusa, con extremos de paredes transversales, lisas a ligeramente nodulares. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo cupresoide, 1-2 punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (8) 15 células de alto, exclusivamente uniseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales ausentes.

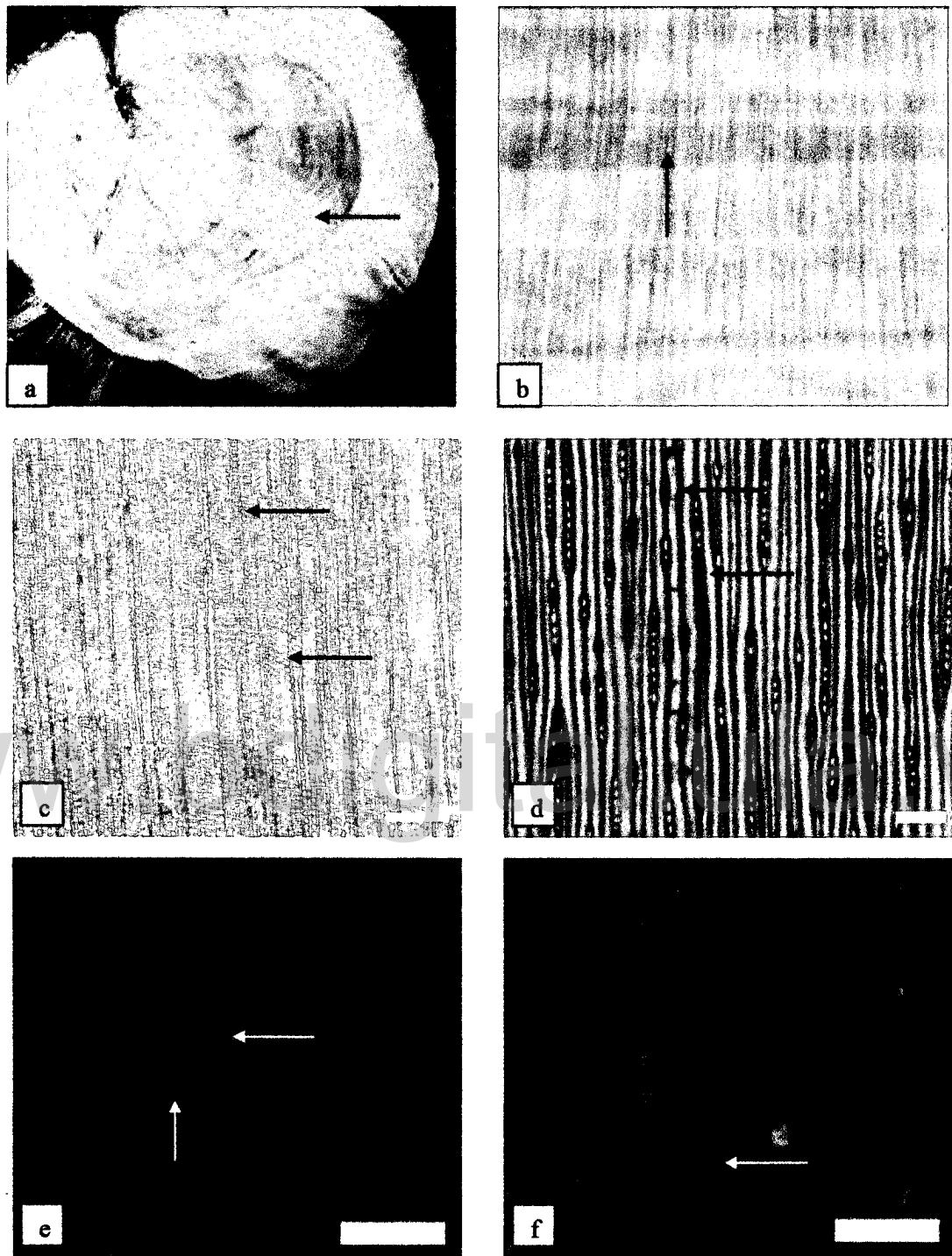
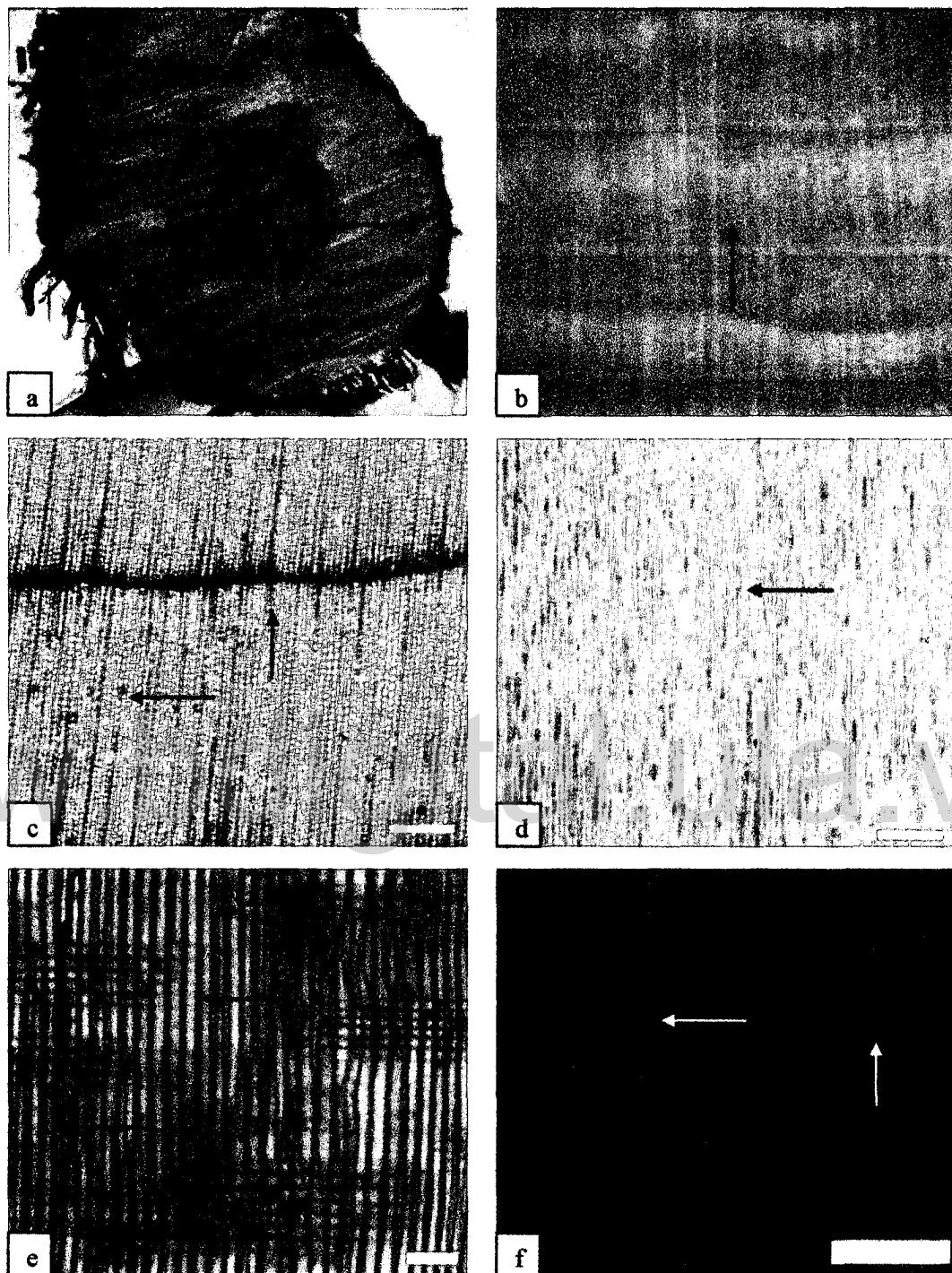


Figura 12. *Juniperus comitana* Martínez. a. Albura y duramen con transición abrupta b. Anillos de crecimiento definidos, transición gradual entre madera temprana y tardía. c. Parénquima axial difuso (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y parénquima axial (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras tipo cupresoide del área de cruce, Parénquima radial con paredes lisas y algunas con nódulos (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ). f. Punteadura con torus (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### 7.1.12 *Juniperus standleyi* Steyermark.

Madera con albura de color amarillo (2.5Y 8/6) y duramen rojo oscuro (2.5Y 6/6) con transición abrupta. Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina. Grano inclinado. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,51 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,61 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento presentes con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares, de paredes gruesas. Torus presente. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial presente, agrupación difusa y marginal, con extremos de paredes transversales, lisas. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas, y algunas con nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo cupresoide, 1-3 (-4) punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (7) 17 células de alto, exclusivamente uniseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales ausentes.



**Figura 13.** *Juniperus standleyi* Steyermark. a. Albura y duramen con transición abrupta. b. Anillos de crecimientos definidos. c. Anillos de crecimiento definidos y transición gradual entre madera temprana y tardía, parénquima axial difuso y marginal (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados. (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y presencia de parénquima axial. (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). f. Parénquima radial con paredes lisas y algunas con nódulos, punteaduras tipo cupresoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

7.1.13 *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb.

*Podocarpus macrostachys* Parl.

*Podocarpus macrostachyus* Parl. in DC.

*Podocarpus monteverdeensis* de Laub.

*Podocarpus oleifolius* var. *costaricensis* J. Buchholz & N.E. Gray

*Podocarpus oleifolius* var. *equadorensis* Silba

*Podocarpus oleifolius* var. *macrostachys* (Parl.) J. Buchholz & N.E. Gray

*Podocarpus oleifolius* var. *trujillensis* Buchholz & N.E. Gray

La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen el color que presenta es amarillo pálido (2.5Y 7/4) mezclado con castaño (10YR 5/3). Olor característico y agradable. Sabor ausente. Textura fina. Grano recto. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,48 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,58 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento indistintos o ausentes. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, cortas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente, con extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial presente y agrupación difusa, con extremos de paredes transversales lisos. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas, y sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo cupresoide, 1 punteadura por área de cruce. Radios cortos y medianos, con 1 (4) 9 células de alto, uniseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales ausentes.

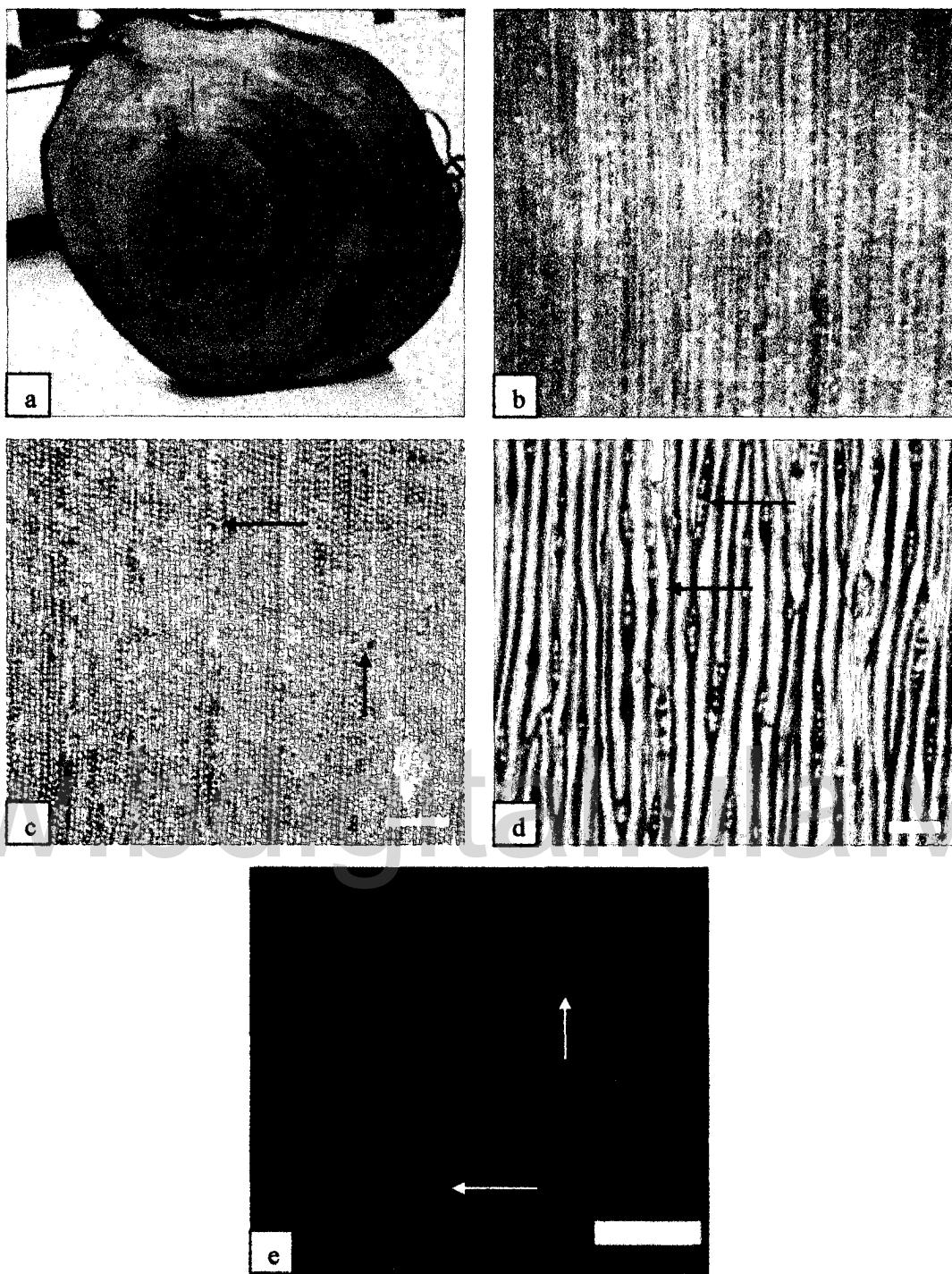


Figura 14. *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb. a. Albura y duramen sin transición. b. Anillos de crecimiento ausentes. c. Anillos de crecimiento ausentes y parénquima axial difuso (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y parénquima axial difuso (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y torus con extensiones, parénquima radial con paredes lisas y algunas con nódulos (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.14 *Abies guatemalensis* Rehder**

*Abies guatemalensis* var. *jaliscana* Martínez

*Abies guatemalensis* var. *tacanensis* (Lundell) Martínez

*Abies tacanensis* Lundell

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color amarillo pálido (2.5Y 8/3). Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina a mediana. Grano recto. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de 0,46 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,55 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes gruesas. Torus presente, sin extensiones. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados y calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas y nodulares. Punteaduras del área de cruce de tipo piceoide, 1-2 punteadura por área de cruce. Radios medianos, con 3 (14) 26 células de alto, exclusivamente uniseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales presentes, tipo prismáticos en radios.

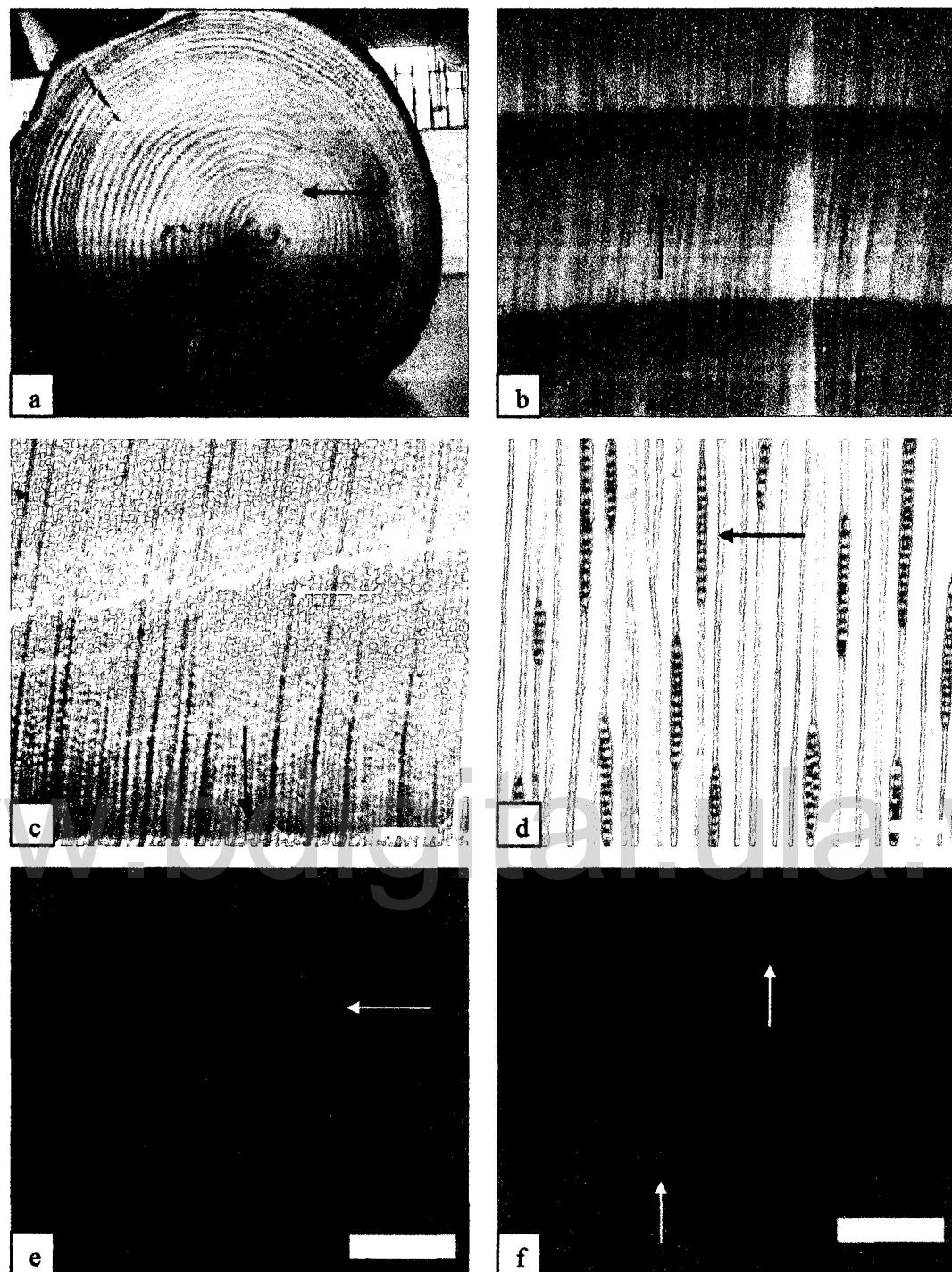


Figura 15. *Abies guatemalensis* Rehder a. Albura y duramen sin transición en color. b. Anillos de crecimiento definidos. c. Anillos de crecimiento definidos, transición gradual entre madera temprana y tardía. (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y algunos biseriados (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). e. punteaduras tipo piceoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ). f. Parénquima radial con paredes lisas y algunas con nódulos y presencia de cristales (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.15 *Taxodium mucronatum* Ten.**

*Cupressinata mexicana* J. Nelson

*Taxodium distichum* (L.) Rich.

*Taxodium distichum* var. *mexicanum* (Carrière) Gordon

*Taxodium distichum* var. *mucronatum* (Ten.) A. Henry

*Taxodium mexicanum* Carrière

*Taxodium montezumae* Decne.

Madera con albura color amarillo pálido (2.5Y 8/4) y duramen rojo (2.5YR 5/6) con transición abrupta. Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina. Grano recto. Dura y pesada, densidad básica de 0,51 g/cm<sup>3</sup> y densidad seca al aire de 0,61 g/cm<sup>3</sup>.

Anillos de crecimiento definidos con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas y biseriadas, opuestas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados ausentes. Engrosamientos calitroides ausentes. Parénquima axial presente en agrupación difusa y en zonas distribuidos tangencialmente, con extremos de paredes transversales lisas y nodulares. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo taxodioide, 1-3 (-4) punteaduras por área de cruce. Radios medianos, con 2 (8) 18 células de alto, uniseriados y ocasionalmente biseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales ausentes.

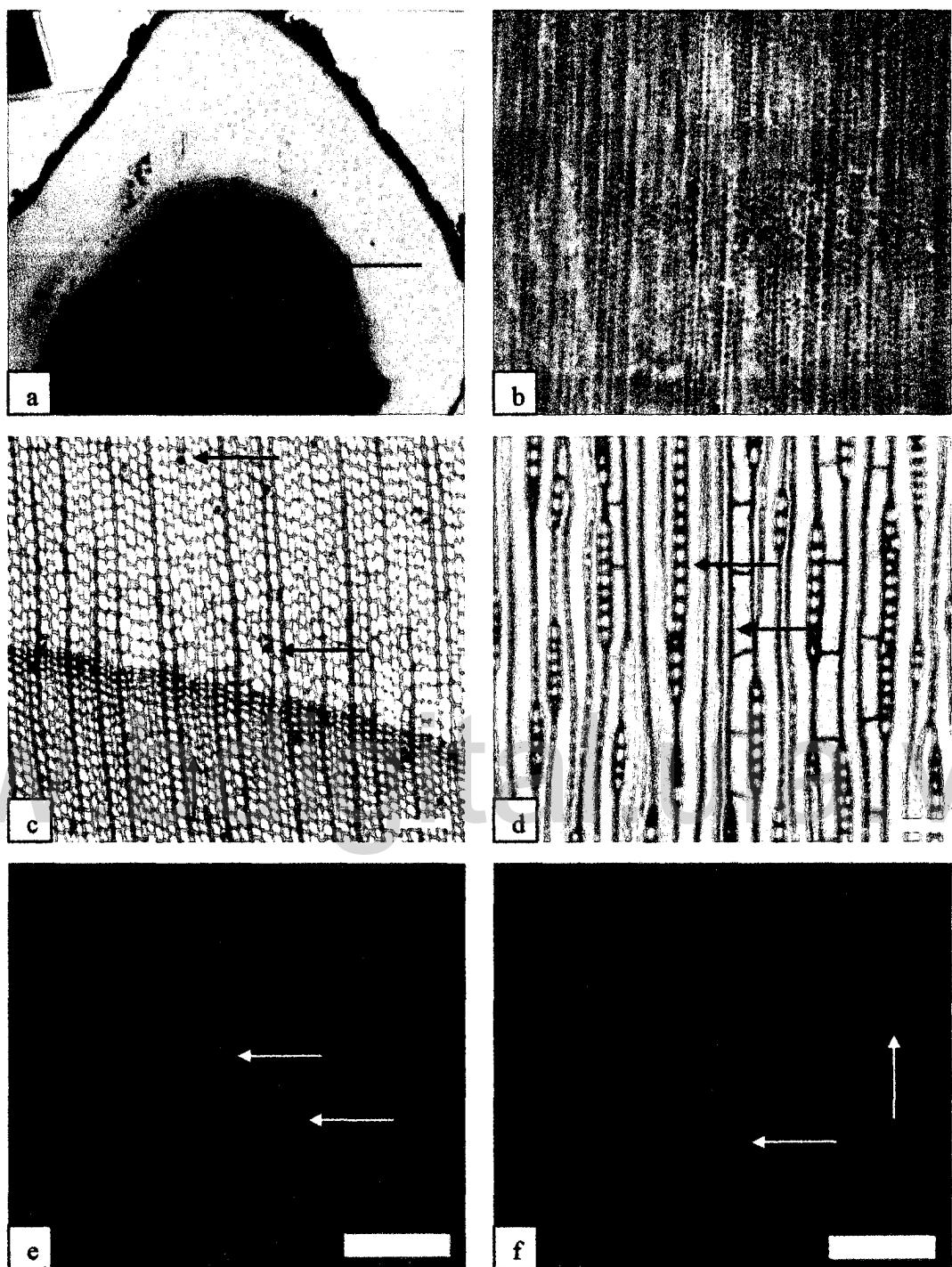


Figura 16. *Taxodium mucronatum* Ten. a. Albura y duramen con transición abrupta. b. Anillos de crecimiento definidos. c. Anillos de crecimiento definidos, transición gradual entre madera temprana y tardía, parénquima axial presente. (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados y parénquima axial (Barra = 100  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y biseriadas. (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ). f. Parénquima radial con paredes lisas, punteaduras tipo taxodioides del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

### **7.1.16 *Taxus globosa* Schltdl.**

***Taxus baccata* subsp. *globosa* (Schltdl.) Pilg.**

Madera con albura y duramen no diferenciado, de color marrón rojizo (5YR 4/4). Olor ausente. Sabor ausente. Textura fina a mediana. Grano recto. Moderadamente dura y semipesada, densidad básica de  $0,45 \text{ g/cm}^3$  y densidad seca al aire de  $0,54 \text{ g/cm}^3$ .

Anillos de crecimiento definidos con transición gradual entre madera temprana y tardía. Traqueidas longitudinales con punteaduras uniseriadas, sin depósitos orgánicos, medianas, sin espacios intercelulares, de paredes delgadas. Torus presente con extensiones, vista en traqueidas longitudinales. Punteaduras con bordes ranurados ausentes. Capa verrugosa ausente. Engrosamientos espiralados en traqueidas longitudinales presentes a lo ancho de todo el anillo de crecimiento, bien desarrollados en madera tardía y madera temprana en grupo entre 80 (136) 240 espirales por milímetro lineal, estrechamente espaciados. Engrosamientos calitroides ausentes. Parénquima axial ausente. Traqueidas radiales ausentes. Parénquima radial con paredes lisas, sin nódulos. Punteaduras del área de cruce de tipo cupresoide, de 3-5 punteaduras por área de cruce. Radios cortos y medianos, con 1 (5) 10 células de alto, uniseriados. Conductos resiníferos longitudinales y transversales ausentes. Cristales ausentes.

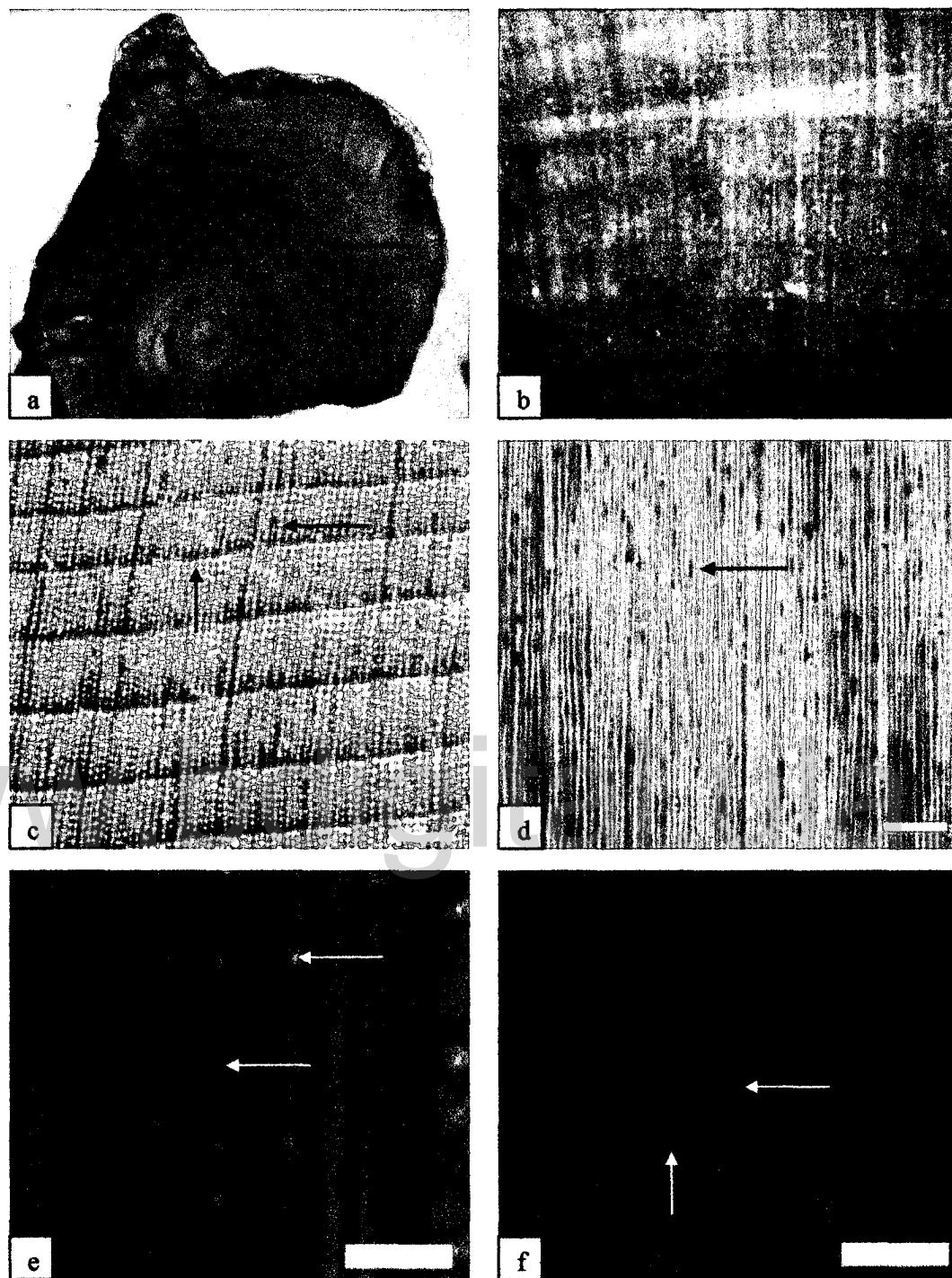


Figura 17. *Taxus globosa* Schlecht. a. Albura y duramen sin transición en color. b. Anillos de crecimiento definidos. c. Anillos de crecimiento definidos con transición gradual entre madera temprana y tardía. (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). d. Radios uniseriados (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ). e. Punteaduras uniseriadas y engrosamientos espiralados (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ). f. Parénquima radial con paredes lisas, punteaduras tipo cupresoide del área de cruce (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

## 7.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS

En el cuadro 3 se presenta el número de observaciones realizadas, por cada especie estudiada, la media de las observaciones, los valores máximos y mínimos, la desviación estándar y el coeficiente de variación de todas las mediciones efectuadas.

También se presenta el análisis de varianza por cada característica cuantitativa evaluada, con el fin de conocer si existen diferencias estadísticas entre las medias de cada árbol y de todas las especies estudiadas, y de acuerdo a esto, los resultados obtenidos se presentan de forma resumida y especificando claramente la diferencia de medias con la prueba de Tukey, indicando homogeneidad entre medias con letras iguales y diferencia significativa con letras diferentes

**CUADRO 3 LONGITUD DE TRAQUEIDAS, ALTURA DE RADIOS UNISERIADOS Y FUSIFORMES, DIÁMETRO DE CONDUCTOS LONGITUDINALES Y RADIALES. RESULTADO DE PRUEBA DE TUKEY ( $\alpha = 0,05$ ).**

No.	ESPECIE	*LONGITUD TRAQUEIDAS (μm)	*ALTURA RADIOS (μm)	*ALTURA RADIOS FUSIFORMES (μm)	*DIAMETRO CANAL RESINIFERO AXIAL (μm)	*DIAMETRO CANAL RESINIFERO RADIAL (μm)
1	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schtdl.	3675-(5005) <sup>a</sup> -6475 N=100 S=738,24 CV=14,75	175-(363) <sup>a</sup> -750 N=100 S=158,13 CV=43,56	250-(446) <sup>abc</sup> -700 N= 100 S=101,72 CV=22,80	150-(216,67) <sup>bc</sup> -250 N=48 S=32,57 CV=15,03	37,5-(48) <sup>ab</sup> -50 N=48 S=3,67 CV=7,65
2	<i>Pinus devoniana</i> Lindl	3125-(4467)-5500 N=100, S=495,22 CV=14,85	75-(181) <sup>abd</sup> -300 N=100 S=73,13 CV=33,09	250-(402) <sup>ab</sup> -550 N= 100 S=123,53 CV=24,95	200-(239,58) <sup>c</sup> -300 N=48 S=32,78 CV=16,22	50-(68,96) <sup>b</sup> -82,5 N=48 S=12,50 CV=18,18
3	<i>Pinus strobus var. chiapensis</i> Martinez	1850-(2435) <sup>bc</sup> -3250 N=100, S=493,60 CV=20,27	75-(291) <sup>ab</sup> -675 N=100 S=146,82 CV=50,45	300-(487) <sup>bc</sup> -700 N= 100 S=121,22 CV=24,89	125-(181,25) <sup>ab</sup> -250 N=48 S= 38,62 CV=21,30	50-(57,29) <sup>abc</sup> -75 N=48 S=9,91 CV=17,30
4	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	2250-(3085) <sup>de</sup> -3725 N=100, S=367,35 CV=11,90	100-(243) <sup>cd</sup> -450 N=100 S= 103,96 CV=42,78	400-(587) <sup>d</sup> -825 N=100 S=129,53 CV=22,06	125-(145,83) <sup>a</sup> -175 N=48 S=17,13 CV=11,74	62,5-(84,37) <sup>d</sup> -100 N=48 S=13,19 CV=15,63
5	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schtdl.	1375-(1875) <sup>a</sup> -2700 N=100, S=313,08 CV=16,69	100-(273) <sup>cd</sup> -450 N=100 S=94,07 CV=34,45	300-(515) <sup>cd</sup> -825 N=100 S=151,73 CV=29,46	150-(176,04) <sup>bd</sup> -250 N=48 S=29,42 CV=16,70	62,5-(85,41) <sup>d</sup> -125 N=48 S=21,87 CV=25,60
6	<i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P Perry	2400-(2730) <sup>cd</sup> -3300 N=100, S=237,94 CV=8,71	100-(249) <sup>cd</sup> -475 N=100, S=98,29 CV=39,47	300-(432) <sup>abc</sup> -625 N=100, S=99,61 CV=23,05	150-(233,33) <sup>d</sup> -275 N=48 S=35,89 CV=15,38	50-(60,42) <sup>b</sup> -75 N=48 S=10,44 CV=17,27
7	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	2500-(3084) <sup>de</sup> -3675 N=100, S=290,28 CV=9,41	125-(249) <sup>cd</sup> -425 N=100, S=93,12 CV=37,39	175-(357) <sup>a</sup> -525 N=100, S=77,23 CV=21,63	150-(185,41) <sup>ab</sup> -250 N=48 S=32,78 CV=17,68	25-(44,79) <sup>a</sup> -62,5 N=48 S=9,91 CV=22,12
8	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	2825-(3268) <sup>ab</sup> -4250 N=100, S=353,81 CV=10,82	100-(168)abc-250 N=100, S=34,25 CV=20,38	300-(409) <sup>ab</sup> -675 N=100, S=90,10 CV=22,03	150-(214,58) <sup>bc</sup> -275 N=48 S=47,02 CV=21,91	50-(58,33) <sup>abc</sup> -75 N=48 S=9,73 CV=16,68

9	<i>Pinus caribaea</i> Morelet	3250-(4123) <sup>b</sup> -5000 N=100, S=455,52 CV=11,04	100-(232) <sup>bcd</sup> -500 N=100, S=95,07 CV=40,97	375-(486) <sup>b</sup> -650 N=100, S=84,50 CV=17,38	225-(256,25) <sup>c</sup> -300 N=48 S=24,13 CV=9,41	50-(66,66) <sup>b</sup> -75 N=48 S=9,73 CV=14,59
10	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	1900-(2352) <sup>b</sup> -3100 N=100, S=294,83 CV=12,53	50-(196) <sup>bcd</sup> -500 N=100, S=107,94 CV=55,06	+	+	+
11	<i>Juniperus comitana</i> Martinez	1375-(2061) <sup>ab</sup> -2700 N=100, S=317,14 CV=15,38	75-(164) <sup>abc</sup> -300 N=100, S=72,92 CV=44,46	+	+	+
12	<i>Juniperus standleyi</i> Steyerm.	1250-(1643) <sup>a</sup> -2125 N=100, S=249,12 CV=15,16	75-(147) <sup>ab</sup> -300 N=100, S=67,05 CV=45,61	+	+	+
13	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	1450-(1843) <sup>a</sup> -2300 N=100, S=251,51 CV=13,64	50-(90) <sup>a</sup> -175 N=100, S=29,76 CV=33,06	+	+	+
14	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	2300-(3667) <sup>b</sup> -4775 N=100, S=697,23 CV=19,01	100-(238) <sup>bcd</sup> -425 N=100, S=89,88 CV=37,76	+	+	+
15	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	2650-(3854) <sup>ab</sup> -4750 N=100, S=596,50 CV=15,47	75-(238) <sup>bcd</sup> -725 N=100, S=159,28 CV=66,92	+	+	+
16	<i>Taxus globosa</i> Schltdl.	2500-(3688) <sup>ab</sup> -4500 N=100, S=494,35 CV=13,40	50-(98) <sup>a</sup> -150 N=100, S=30,55 CV=31,17	+	+	+

\*Valores mínimo, promedio, máximo, número de mediciones, desviación estándar y coeficiente de variación (CV).

+Característica no encontrada, valores ausentes.

NOTA: letras iguales corresponde a grupos homogéneos según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

En el cuadro anterior se presenta la estadística básica de cuatro árboles por especie, presentando su máxima variabilidad en la altura de radios y esto se debe fundamentalmente a que se encuentran promedios de altura de radios desde 50  $\mu\text{m}$  en *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb., mientras que el promedio de altura para la especie *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. es de 363  $\mu\text{m}$  lo que demuestra la gran diferencia de alturas de radios que existe en las especies. Similares condiciones se presentan con la longitud de traqueidas, ya que existe también gran variación, presentándose valores mínimos de 1250  $\mu\text{m}$ , de longitud en *Juniperus standleyi* Steyerm., y longitudes máximas de 6475  $\mu\text{m}$  en *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. La variación en el resto de caracteres es menor. Los radios fusiformes o canales resiníferos radiales y axiales se encuentran exclusivamente en especies del género *Pinus*.

### **7.3 CLAVE DICOTÓMICA MACROSCÓPICA PARA LAS MADERAS DE CONÍFERAS EN GUATEMALA**

1 a)Canales resiníferos presentes.....	<i>Pinus</i> spp.
b)Canales resiníferos ausentes.....	2
2 a)Madera con diferencia de color entre albura y duramen .....	3
b)Madera sin diferencia de color entre albura y duramen.....	5
3 a) Anillos de crecimiento definidos.....	<i>Juniperus</i> spp.
b) Anillos de crecimiento indistintos o ausentes .....	4
4 a) Madera con duramen amarillo pálido 2.5Y8/4 y olor característico.....	<i>Cupressus lusitanica</i>
b) Madera con duramen rojo 2.5YR 5/6 sin olor característico.....	<i>Taxodium mucronatum</i>
5 a)Anillos de crecimiento definidos.....	6
b)Anillos de crecimiento indistintos o ausentes.....	<i>Podocarpus oleifolius</i>
6 a)Color de la madera castaño rojizo 5YR 4/4 .....	<i>Taxus globosa</i>
b)Color de la madera amarillo pálido 2.5Y 8/3 .....	<i>Abies guatemalensis</i>

La clave anterior a partir del numeral 2 se debe aplicar a maderas donde se pueda observar si existe diferencia de color entre albura y duramen.

### **7.4 CLAVE DICOTÓMICA MICROSCÓPICA PARA LAS MADERAS DE CONÍFERAS EN GUATEMALA**

1 a) Conductos resiníferos presentes.....	2
b) Conductos resiníferos ausentes.....	6
2 a) Traqueidas radiales exclusivamente lisas.....	3
b) Traqueidas radiales dentadas y/o reticuladas presentes.....	4
3 a)Punteaduras del área de cruce exclusivamente fenestriformes .....	<i>Pinus strobus</i>
b)Punteaduras del área de cruce pinoides y fenestriformes .....	<i>P. ayacahuite</i>
4 a) Traqueidas radiales reticuladas presentes.....	<i>P. caribaea</i>
b) Traqueidas radiales reticuladas ausentes.....	<i>P. oocarpa</i>
5 a) Punteaduras uniseriadas y biseriadas.....	<i>P. devoniana, P. tecunumanii</i>
b) Punteaduras exclusivamente uniseriadas.....	<i>P. hartwegii, P. maximinoi, P. pseudostrobus</i>
6 a) Parénquima axial presente .....	7
b) Parénquima axial ausente.....	11
7 a) Punteaduras del área de cruce de tipo cupresoide .....	8
b)Punteaduras del área de cruce de tipo taxodioide .....	<i>Taxodium mucronatum</i>
8 a) Radios uniseriados y biseriados .....	<i>Cupressus lusitanica.</i>
b) Radios exclusivamente uniseriados.....	9
9 a) Anillos de crecimiento definidos, una o mas punteaduras por area de cruce .....	10
b) Anillos de crecimiento indistintos o ausentes, una punteadura por area de cruce .....	<i>Podocarpus oleifolius</i>
10 a) Punteaduras en el área de cruce en número de 1 -2.....	<i>Juniperus comitana</i>
b) Punteaduras en el área de cruce en número hasta de 3 (-4).....	<i>Juniperus standleyi</i>
11 a) Engrosamientos espiralados presentes, cristales ausentes .....	<i>Taxus globosa</i>
b) Engrosamientos espiralados ausentes, cristales presentes .....	<i>Abies guatemalensis</i>

La clave anterior define claramente la identificación para 11 especies de maderas de coníferas, de las 16 maderas estudiadas y presenta dos grupos de especies del género *Pinus* donde no se pudo llegar a nivel de especie, por la estructura muy similar que presentan

## 7.5 ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA DESCRIPCIÓN DE ESPECIES DE CONÍFERAS CON OTROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Algunos autores (García *et al.* 2002; Melandri y Espinoza, 2001; Pashin y de Zeeuw, 1980; Greguss, 1955) han presentado descripciones de algunas de las especies incluidas en el presente estudio. García *et al.* (2002) reporta la presencia de engrosamientos espiralados en *Pinus devoniana*, *P. pseudostrobus*, *P. tecunumanii*, *P. maximinoi* y *P. caribaea*. Esta observación no coincide con lo encontrado en el presente estudio ya que el desarrollo de engrosamientos espiralados sólo se observó en *Taxus globosa*. Según Pashin y de Zeeuw (1980), los engrosamientos espiralados se restringen a los géneros *Pseudotsuga*, *Taxus* y *Torreya*; aunque IAWA Committee (2004) indica que se pueden presentar en algunas especies de *Cephalotaxus*, *Amentotaxus* y *Picea*. Posiblemente las observaciones de García *et al.* (2002) corresponden a agrietamientos espiralados o helicoidales y no a engrosamientos propiamente dichos. Igualmente, García *et al.* (2002) menciona la presencia de células epiteliales de paredes gruesas en *Pinus hartwegii*, mientras que lo encontrado en el presente estudio no coincide con esa observación. Según IAWA Committee (2004), Wheeler *et al.* (1986) y Pashin y de Zeeuw (1980), el género *Pinus* se caracteriza por presentar células epiteliales de paredes delgadas. IAWA Committee (2004) señala que las células epiteliales de paredes gruesas se restringen a los géneros *Picea*, *Larix*, *Pseudotsuga* y *Keteleeria*.

García *et al.* (2002) reporta parénquima radial con paredes axiales noduladas para las especies *Pinus strobus* var. *chiapensis* y parénquima radial con paredes axiales lisas y noduladas para *P. caribaea* y *Cupressus lusitanica*, sin embargo las observaciones realizadas en el presente estudio aunque coinciden con las últimas dos especies en cuanto a paredes axiales lisas, no se reporta la presencia de paredes noduladas, solamente se observó parénquima radial con paredes axiales exclusivamente lisas para las tres especies mencionadas. Y para la especie *P. ayacahuite*, se reporta parénquima radial de paredes lisas y lo observado es parénquima de paredes lisas y noduladas. También, García *et al.* (2002) reporta parénquima longitudinal ausente y cuando éste está presente es escaso con paredes transversales lisas para las especies *P. hartwegii*, *P. maximinoi* y *P. caribaea*. Es

posible que se haya observado parénquima de las células epiteliales que rodean los conductos resiníferos longitudinales y que a esto se deban estas pequeñas diferencias encontradas. Y para *Cupressus lusitanica* se reporta parénquima radial de paredes axiales lisas y noduladas, lo cual coincide en relación a paredes lisas y no así con las paredes noduladas. García *et al.* (2002) reporta radios uniseriados y biseriados para las especies *Pinus maximinoi* y *Cupressus lusitanica*, lo que difiere con el presente estudio que se observaron solamente radios uniseriados y fusiformes.

Panshin y de Zeeuw (1980) señala que para *Pinus strobus* var. *chiapensis*, existe albura cercanamente blanca a blanca amarillenta pálida y duramen de color crema a marrón vivo o castaño rojizo y para la especie *Taxodium mucronatum* existe transición gradual de color entre albura y duramen, y transición más o menos abrupta entre madera temprana y tardía. Esto difiere en las observaciones realizadas en el presente estudio con albura y duramen sin diferencia en cuanto a su color para *Pinus strobus* var. *chiapensis* y transición de color abrupta entre albura y duramen y transición gradual entre madera temprana y tardía para *Taxodium mucronatum*. Greguss (1955) reporta para la especie *Pinus ayacahuite*, presencia de espacios intercelulares y anillos de crecimiento indistintos, situación que difiere para nuestro caso en que no se observaron espacios intercelulares y los anillos de crecimiento son definidos. Melandri y Espinoza (2001) para la especie *Pinus caribaea* reportan transición gradual entre madera temprana y tardía, situación que difiere porque en el presente estudio, se observó transición abrupta entre madera temprana y tardía. Estas ultimas diferencias de lo observado en las maderas de coníferas, se considera que se puede deber a las distintas latitudes en que crecen los árboles. Sin embargo es importante realizar más investigaciones en cuanto a estos detalles y realizar estudios más específicos y documentar bien la ubicación de las colectas realizadas con el fin de verificar índices de variabilidad en estas características tan importantes para la identificación de maderas.

Por otra parte, las observaciones realizadas en *Pinus maximinoi*, *Cupressus lusitanica*, *Podocarpus oleifolius* y *Abies guatemalensis* coinciden con lo reportado por García *et al.* (2002); mientras que en *Taxodium mucronatum* y *Taxus globosa* se encontraron similitudes con lo reportado por Greguss (1955).

## 8 CONCLUSIONES

- 8.1 La estructura anatómica de la madera de las 16 especies de coníferas de Guatemala es muy similar en su estructura tanto a nivel microscópico como macroscópico. A pesar de la similitud observada, fue posible elaborar claves que permiten identificar algunas especies o, por lo menos, ubicarse en la categoría de género.
- 8.2 La identificación de maderas a nivel macroscópico fue posible para las especies de *Cupressus lusitanica*, *Podocarpus oleifolius*, *Abies guatemalensis*, *Taxodium mucronatum* y *Taxus globosa*, no así para las especies del género *Pinus* y especies del género *Juniperus*.
- 8.3 La clave dicotómica macroscópica de la madera, separa a las 16 especies de coníferas en dos grandes grupos, por la presencia o ausencia de conductos resiníferos, siendo el primer grupo para las especies del género *Pinus* y otro grupo para el resto de las especies estudiadas, sin embargo para éste último grupo el uso de la clave dicotómica debe aplicarse a maderas donde se pueda observar si existe diferencia de color entre albura y duramen
- 8.4 De acuerdo a la clave dicotómica microscópica para las 16 maderas de las especies de coníferas estudiadas, fue posible la identificación de 11 maderas a nivel de especie, sin embargo para 5 especies del género *Pinus* no fue posible su identificación y fueron ubicadas en grupos de 2 y 3 especies cada uno, por la gran similitud presentada.
- 8.5 Las especies del género *Pinus* fueron clasificadas en dos grupos importantes, de acuerdo a las traqueidas radiales, las especies que presentaron paredes lisas y las especies que presentaron paredes dentadas y/o reticuladas, así mismo a nivel de características físicas éstos grupos son muy diferentes

## **9 RECOMENDACIONES**

- 9.1** Se recomienda continuar con la realización de más estudios anatómicos de la madera principalmente en maderas de coníferas de plantaciones y exóticas, que se desarrollan actualmente en Guatemala y maderas de angiospermas.
- 9.2** Realizar investigaciones relacionadas al campo de la tecnología de la madera, de las diferentes especies comerciales de coníferas en Guatemala, tomando como base el presente estudio.
- 9.3** Se debe fortalecer la xiloteca del Centro Universitario del Nor-Oeste – CUNOROC- con diferentes maderas de especies forestales del país y realizar proyectos de desarrollo para fortalecer el laboratorio de maderas que recientemente fue inaugurado.
- 9.4** Iniciar y fortalecer vínculos de amistad, investigación, servicio y docencia entre la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad de los Andes de Venezuela en las carreras forestales y ambientales de cada Facultad.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, J. 1976. Guía para la identificación de las coníferas de Guatemala. Instituto Nacional Forestal. Unidad de manejo forestal. Guatemala. 41 p.
- AGUILAR, J., I. PONCIANO y J. DARRY. 1998. Las coníferas de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). Unidad de investigación forestal. Guatemala. 80p.
- AGUILAR, J. 1961. Pinos de Guatemala. Ministerio de Agricultura. Guatemala. 33 p.
- CASASOLA, C. 1988. Anatomía y propiedades físicas de la madera de *Calophyllum brasiliense* Camb in. St. Hil, *Vochysia hondurensis* Sprague y *Sympmania globulifera* L. Tesis Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 46 p.
- COROTHIE, H. 1967. Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana Venezolana y clave para su identificación. Ministerio de Agricultura y Cría. Universidad de los Andes, Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. 126 p.
- DATAFOR. (Datos Forestales). 2003. Base de datos forestales para Guatemala. Proyecto de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín técnico No. 69. 112 p.
- DENEVAN, W. 1961. The upland pine forests of Nicaragua: a study in cultural plant geography. Univ. Calif. Publ. in Geography, 12(4). 75 p.
- FAHN, A., E. WERKER y P. BAAS. 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions. The Israel Academy of Science and Humanities. Jerusalem. Israel. 305 p.
- FRANKLIN, G. 1937. Permanent preparations of macerated wood fibres. Tropical woods 49:21-22.
- GARCÍA, L., A. GUINDEO, C. PERAZA y P. DE PALACIOS. 2003. La madera y su anatomía, anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. 327 p.
- GARCÍA L., P. DE PALACIOS, A. GUINDEO, I. LAZARO, E. GONZALES, Y. RODRIGUEZ, F. FERNANDEZ, I. BOBADILLA, y A. CAMACHO. 2002. Anatomía e

- identificación de maderas de coníferas a nivel de especie. Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Montes. Fundación del Valle de Salazar. Madrid. 421 p.
- GREGUSS, P. 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xilotomy. Akadémiai Kiadó. Budapest, Hungary. 650 p.
- GUZMÁN, Y. 1979. Variación de algunas propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Pinus caribaea* Morelet, proveniente de las plantaciones de Uverito, Estado Monagas. Tesis de Grado. Magíster Scientiae MsC. Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela. 81 p.
- HOADLEY, R. 1990. Identifying wood. accurate results with simple tools. The Tauton Press. United States of America. 224 p.
- HUERTA, J. 1978. Anatomía de la madera de 12 especies de coníferas mexicanas. Distrito Federal. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección General de Investigaciones y Capacitación Forestales. Boletín técnico No. 51. 57 p.
- IAWA COMMITTEE. 2004. IAWA list of Microscopic Features for Softwood Identification. IAWA Journal 25:5-70.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Boletín de estadística forestal. Guatemala. 24 p.
- LEÓN, W. 2007. Anatomía xilemática de 26 especies de la familia Annonaceae en Venezuela. Revista Forestal Venezolana. 51(2):165-177.
- MAGA (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1998. Capas digitales cobertura forestal de Guatemala. Guatemala.
- MELANDRI, J. y N. ESPINOZA DE PERNIA. 2001. Medición del ángulo de orientación las microfibrillas en las capas S2 de la pared celular con el uso del microscopio electrónico y del óptico, en la especie *Pinus caribaea* Mor. var. *Hondurensis* Barr. Ediciones Fundación IFLA. Instituto Forestal Latinoamericano. Serie Madera 1. Mérida, Venezuela. 50 p.
- MIROV, N. 1967. The Genus *Pinus*. New York 1967 Ronald Press Co. 602 p.
- MOLINA, A. 1964. Coníferas de Honduras. Ceiba, 10(1): 5-21.
- MORATAYA, R. 1993. Anatomía, propiedades físicas y algunos usos sugeridos de la madera de *Astronium graveolens* Jack, *Bombax ellipticum* HBK, *Bursera simaruba*

- (L.) Sarg., *Schizolobium lundellii* Stndl. Killip y *Zanthoxylum belizense* Lundell, forestales frecuentes en el municipio de La Libertad, Petén, Guatemala. Tesis de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 157 p.
- PANSHIN, A. y DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of wood technology. MacGraw Hill series in Forest Resources. Book Company. New York 722 p.
- PÉREZ, C., L. PAZ y P. OLVERA. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín técnico No. 69. 112 p.
- RICHARD, S. 1947. Identification of the timbers of temperate North America. Yale University. New York, USA. 207 p.
- SANTIZO, G. 2007. Clave dendrológica para madera aserrada de seis especies forestales de importancia económica en el departamento de Retalhuleu., Campus de Quetzaltenango, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landivar. Guatemala. 180 p.
- SANTOS, J. 2004. Anatomía y variación de propiedades físicas seleccionadas en la madera joven de pino Caribe (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) producida en el municipio del Estor, Departamento de Izabal. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 71 p.
- STANDLEY, P. y STEYERMARK, J. 1946. Flora de Guatemala. (Fieldiana Botany. Chicago, USA, Chicago Natural History Museum. 24(Part 5):327-328)
- TREJO, E. 2006. Determinación de la proporción de madera juvenil, en la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en plantaciones de 10, 15 y 20 años (Chaguaramas Norte y Guayamure), bajo jurisdicción de la Empresa Terranova. Venezuela.
- TROPICOS. ORG. MISSOURI BOTANICAL GARDEN. 09 Nov 2010  
<<http://www.tropicos.org>>.
- VALDÉS, H. 1988. Anatomía y propiedades físicas de la madera *Lonchocarpus latifolius* (Willd) HBK, *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel) y *Pouteria gallifructa* Cronquist. Tesis de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 48 p.

WHEELER, E., R. PEARSON, C. LAPASHA, T. ZACK y W. HATLEY. 1986. Computer aided wood identification. Published by The North Carolina Agricultural Research Service. North Carolina State University. Bulletin 474.

WILSON K. y D. WHITE. 1970. The structure of wood. Stobart and Son LTD London. Inglaterra. 478 p.

WILSON K. y D. WHITE. 1986. The anatomy of wood: Its Diversity and Variability. Stobart and Son LTD, London. 301 p.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **11 ANEXOS**

### **11.1 NOTA SOBRE LA DETERMINACIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES DE CONÍFERAS EVALUADAS**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



Huchuetenango, Guatemala, Septiembre 28 de 2010.

**Centro Universitario de Nor Occidente  
"CUNOROC"  
Huchuetenango, Apartado Postal No. 68  
Teléfonos 7531-3803 / 7531-3805 / 7531-3806  
7531-3807 / 5513-7224  
Guatemala, Centroamericana**

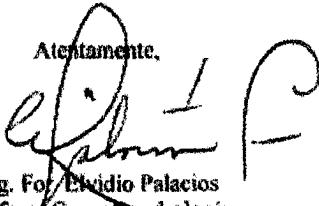
**Ing. For. Marvin Misael Herrera  
Estudiante de Maestría en  
Tecnología de Productos Forestales  
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales  
De la Universidad de los Andes  
Mérida, Venezuela.**

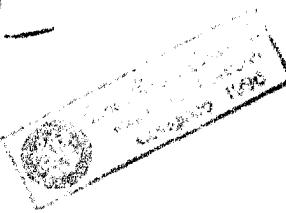
**Ingeniero Herrera:**

Por este medio me permito informarle sobre los resultados obtenidos en la determinación de las muestras botánicas presentadas por su persona y donde se solicita se indique el nombre científico que corresponde a cada una de las especies de coníferas listadas.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,

  
**Ing. For. Claudio Palacios  
Profesor Curso Dendrología  
Carrera de Ingeniería Forestal  
CUNOROC-USAC  
Huchuetenango, Guatemala.**





Centro Universitario de Nueve Occidente  
"CUNOROC"

Nuevachucan, Apartado Postal No. 69  
Teléfono: 7934-3263 / 7934-3004 / 7934-3098  
7934-3004 / 4615-7934  
Guatemala, Centroamérica.

### LISTADO DE ESPECIES

MUESTRA No.	ESPECIE	LOCALIZACION	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	<i>Pithecia schmidti Schmidti ex Schmidti</i>	POLITÉCNICO Aldea Estación de la Virgen, Departamento de Chimaltenango	159 655844 1678756
2	<i>Pithecia monachus Liedl</i>	Aldea Peñuelas, Municipio Motagua, Departamento de Motagua	159 658276 1681993
3	<i>Pithecia monachus ver. chrysopis Martinique</i>	Aldea Xoxoy, Municipio de Suchitepéquez, Departamento de Suchitepéquez	159 661613 1709857
4	<i>Pithecia lanigera Liedl</i>	Aldea Magdalena, Municipio Chimaltenango, Departamento de Chimaltenango	159 674297 1710319
5	<i>Pithecia spixioides O. Pithecias ex Schmidti</i>	Aldea Magdalena, Municipio Chimaltenango, Departamento de Chimaltenango	160 674296 1719279
6	<i>Pithecia spixioides F. Schmidti ex Figueras &amp; P. Henry</i>	Frontera La Pintoresca, Departamento de San José, Baja Verapaz	159 681264 1674934
7	<i>Pithecia spixioides H. E. Meyer</i>	Frontera La Pintoresca, Departamento de San José, Baja Verapaz	159 681263 1675824
8	<i>Pithecia pseudotrochilus Liedl</i>	Municipio Alotenango, Departamento de Sololá	159 682910 1640218
9	<i>Pithecia soroncha Morales</i>	Frontera Arriba Encantada, Aldea Marchapán, Municipio de Popolá, Departamento del Petén	160 688213 1615999
10	<i>Cebus apella fuscatus Will</i>	Aldea San Francisco El Berrío, Municipio de Cahabón, Departamento de Chimaltenango	159 619287 1703476
11	<i>Aotus azarae Mittermeier</i>	Aldea Chiquito, Municipio de Nejapa, Chimaltenango	159 655704 1702513
12	<i>Aotus azarae Steerei</i>	Aldea Chichón, Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán	159 644620 1703724
13	<i>Platyrrhinus edwardii L. Blyth ex Lava</i>	Aldea Olímpia, Municipio Esquipulas, Departamento del Quiché	159 721498 1710207
14	<i>Alouatta palliata Schmidti</i>	Aldea Magdalena, Municipio Chimaltenango, Departamento de Chimaltenango	159 674285 1719232
15	<i>Protopithecus melanurus Tex</i>	Aldea Jardín Ruinas, Municipio y Departamento de Chimaltenango	159 639453 1695876
16	<i>Pithecia schmidti Schmidti</i>	Aldea Chimal, Municipio Coatepeque, Departamento del Quiché	159 736125 1719295