



Anatomía de la madera de seis especies de *Pinus* (Pinaceae) del estado de Durango, México

Anatomical characteristics of the wood of six *Pinus* (Pinaceae) species of the state of Durango, México

Carmen de la Paz-Pérez Olvera¹ y Raymundo Dávalos-Sotelo²

¹Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Biología. Anatomía y Tecnología de la Madera. Ciudad de México, México.

²Instituto de Ecología, A. C. Red de Ambiente y Sustentabilidad. Xalapa, Veracruz, México.
raymundo.davalos@inecol.mx

*Autor de correspondencia. cppo@xanum.uam.mx

RESUMEN

Se presentan las características anatómicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelman, *P. cooperi* C. E. Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. herrerae* Martínez, *P. leiophylla* Schlecht. & Cham. y *P. teocote* Schlecht. & Cham. El material de estudio para cada especie se obtuvo de dos a cuatro árboles por especie recolectados en bosques de pino-encino en los municipios de Santiago Papasquiaro, San Dimas y Durango, del estado de Durango, México. Para las características microscópicas se hicieron cortes de 20 µm de grosor que se tiñeron con safranina-verde rápido o con fucsina básica-azul de astra y material disociado teñido con pardo de Bismarck. Para las características macroscópicas se elaboraron tablillas de 7 cm x 5 cm x 1 cm. La proporción de madera temprana es tres veces mayor que la madera tardía en todos los ejemplares. Los valores del grosor de la pared y el diámetro del lumen entre madera temprana y tardía son diferentes. Los radios y los canales resiníferos axiales y radiales presentaron diferencias en su tamaño y su abundancia; *P. herrerae* presenta los anillos más anchos *P. leiophylla* y *P. teocote* los más angostos. Las características macroscópicas de las seis especies son similares entre individuos de la misma especie independientemente del sitio de recolección, en términos generales. El color y el veteado están influenciados por la proporción de madera temprana y tardía presente en cada anillo y la anchura de los mismos. *P. arizonica* y *P. cooperi* presentaron diferencia de color entre albura y duramen. Las especies estudiadas tienen características que las hacen muy útiles y representan un valioso recurso para la entidad.

PALABRAS CLAVE: características anatómicas, *Pinus arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. teocote*.

ABSTRACT

The anatomical characteristics of the wood of *Pinus arizonica* Engelman, *P. cooperi* C. E. Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. herrerae* Martínez, *P. leiophylla* Schlecht. & Cham. and *P. teocote* Schlecht. & Cham are presented. The study material was obtained from two to four trees per species collected in pine-oak forests in the municipalities of Santiago Papasquiaro, San Dimas and Durango, in the state of Durango, Mexico. To observe the microscopic characteristics, slices of 20 µm in thickness were cut and stained with rapid green-safranin or with astra blue-basic fuchsine and dissociated material stained with Bismarck brown. For the macroscopic characteristics, specimens of 7 cm x 5 cm x 1 cm were produced. The proportion of early-wood is three times greater than that of late-wood in all of the specimens; the values of wall thickness and lumen diameter differed between early and late wood. Radii and axial resin canals presented differences in size and abundance. *Pinus herrerae* presents the widest rings and *P. leiophylla* and *P. teocote* the narrowest. The macroscopic characteristics of the six species studied are generally similar among individuals of the same species, regardless of collection site. Wood color and grain are influenced by the proportions of early and late woods present in each ring and the width of those characteristics. *Pinus arizonica* and *P. cooperi* presented differences in color between the sapwood and heartwood. The results are presented in tables and illustrated with photographs.

KEYWORDS: anatomical characteristics, *Pinus arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. teocote*.

INTRODUCCIÓN

Por su variedad, abundancia y distribución, el género *Pinus* es uno de los más importantes componentes de la vegetación de clima templado en México, ocupa un lugar primordial desde el punto de vista ecológico, forestal e industrial, tanto en la producción maderable como en la no maderable. Tal importancia radica en su rapidez de crecimiento, características anatómicas, facilidad de maquinado, su química y costos de su madera (Vidal, 1962; Rzedowski, 1978; De la Paz-Pérez y Carmona, 1979; Robles, 1980; Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2014). Su madera ha tenido un papel importante en las necesidades del hombre, le ha proporcionado casa, utensilios, productos domésticos y de trabajo, muebles, decoración, leña, etc. Esta importancia ha ido creciendo al parejo de la tecnología. En la actualidad tiene mayor diversidad de usos: como pulpa para papel, madera aserrada, chapa, triplay, para la construcción, además de la extracción de resinas, brea, aguarrás, alcohol, repercutiendo de manera importante en la economía de varias regiones del país (Martínez, 1948; Ziegler, 1964; Ruiz, 1968; Eguiluz, 1978; Romero, De la Paz-Pérez y Corral, 1978; Inegi, 2014).

Existen varios trabajos sobre este género en diversos aspectos. En relación con la anatomía de la madera se conoce el trabajo pionero de 17 especies que estudió Mancera (1956), donde incluyó a *P. arizonica* recolectada en Arteaga, Coahuila, *P. durangensis* de Pueblo Nuevo, Durango, *P. leiophylla* de Temascaltepec, México y *P. teocote* de Tejupilco, México. Posteriormente, Huerta (1963) realizó el estudio de 12 especies de coníferas e incluyó ocho *Pinus*, entre ellos a *P. leiophylla* recolectada en Tlalmanalco, México. De la Paz-Pérez y Olvera (1981) estudiaron 16 especies de coníferas incluyendo 14 pinos entre ellos a *P. arizonica*, recolectado en Tepehuanaes, Durango, *P. cooperi* y *P. durangensis* de Pueblo Nuevo, Durango. Olvera (1981) publicó siete especies donde incluye a *P. herrerae* recolectado en Tecalitlán, Jalisco y la misma autora en 1985 (Olvera, 1985), describió otras siete especies de pinos, incluyendo a *P. teocote* de Zaragoza, Puebla, algunos datos se resumen en la tabla 1.

El estado de Durango cuenta con una superficie forestal de 4.98 millones de hectáreas, con una existencia de madera de 422 millones de metros cúbicos de bosques de coníferas y latifoliadas, de bosque de pino y de pino-encino. En 2013 su producción maderable fue de 1 929 740 m³ en rollo, en donde el pino ocupa 1 733 997 m³ con una participación porcentual de 90% (Inegi, 2014). Las especies comerciales más importantes de *Pinus* son *P. ayacahuite*, *P. arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmanni*, *P. teocote* (García y González, 2003). Los árboles recolectados se seleccionaron en los sitios donde actualmente existe aprovechamiento, debido a que son los que más interesan a los productores, al ser los más abundantes en la región. En los municipios donde se recolectaron los árboles no se habían hecho estudios con estas especies.

El conocimiento de las propiedades de cada especie ayuda a definir mejores alternativas de usos, es necesario conocer las características y propiedades de la madera de las distintas especies recolectadas en diferentes sitios, para entender y predecir su comportamiento (Desch, 1973; Dinwoodie, 1985; De la Paz-Pérez y Quintanar, 1997; Richardson, 1998). Para tener un mejor conocimiento de las características de la madera es importante estudiar muestras de diferentes sitios para tomar en cuenta la variabilidad geográfica de los elementos constitutivos, además, para conocer cómo influye el medio en las características anatómicas.

OBJETIVO

Describir las características anatómicas de la madera de seis especies de *Pinus* recolectadas en los municipios de Santiago Papasquiario, San Dimas y Durango del estado de Durango, México: *P. arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. herrerae*, *P. leiophylla* y *P. teocote*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio para cada especie se obtuvo de 2 a 4 árboles recolectados en bosques de pino-encino o de pino, en los tres municipios del estado de Durango a una altitud de 2604 m a 2733 m snm (Fig. 1). El diseño estadístico se basó en la información necesaria para estudios



Tabla 1. Datos anatómicos de *Pinus* de las mismas especies estudiadas por otros autores.

Autor	Especie/localidad	Canales axiales		Diámetro traqueidas μm	Tipo y número de puntuaciones en campos de cruce	Radios		Traqueidas de radio
		n/mm ²	diámetro μm			altura μm	no de células	
Mancera (1956)	<i>P. arizonica</i> Arteaga, Coah.	4	143	36	pinoides 2 a 4	194	1-22 X=8	1-3
	<i>P. durangensis</i> Pueblo Nuevo, Dgo.	3	137	35	pinoides 2-4	192	1-18 X=6	2-4
	<i>P. leiophylla</i> Temascaltepec, Méx.	6	138	38	pinoides 2-3	219	1-18 X=7	2-6
	<i>P. teocote</i> Tejupilco, Méx.	4	125	32	pinoides 2-4	207	1-27 X=7	2-4
	<i>P. leiophylla</i> Tlalmanalco, Méx.	1	147	59 MT 37 mt	pinoides 1-4	250	1-25	2-3
	<i>P. arizonica</i> Tepehuanes, Dgo.	2	150	31 MT 19 mt	pinoides 2-3	177	3-26	2-5
De la Paz-Pérez y Olvera (1981)	<i>P. cooperi</i> Pueblo Nuevo, Dgo.	1	125	32 MT 20 mt	pinoides 1-3	182	3-18	2-6
	<i>P. durangensis</i> Pueblo Nuevo, Dgo.	1	140	27 MT 16 mt	pinoides 2-5	165	2-15	3-8
	<i>P. herrerae</i> Tecalitlán, Jal.	1	120	40 MT 23 mt	pinoides 1-5	239	2-24	2-6
Olvera (1985)	<i>P. teocote</i> Zaragoza, Pue.	1	160	41 MT 23 mt	pinoides 1-3	241	3-18	2-5

MT= madera temprana mt= madera tardía

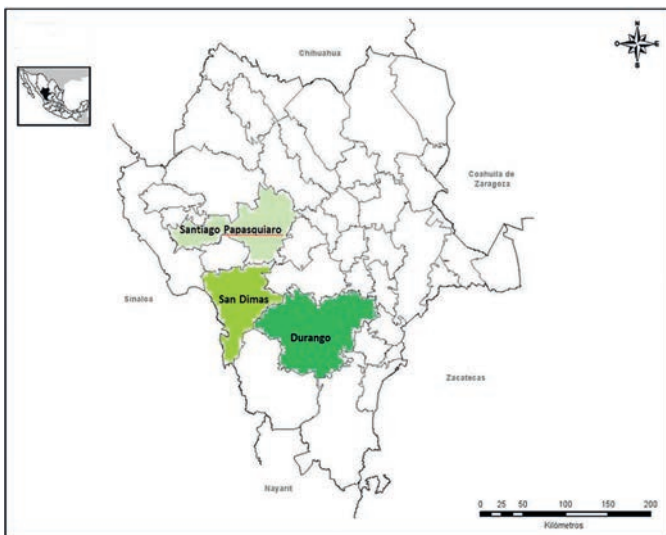


FIGURA 1. Municipios de recolección, Estado de Durango.

de tipo tecnológico en un estudio paralelo, el cual requiere un mínimo de tres árboles en promedio por especie para tener la suficiente confianza estadística. Los datos climáticos de los sitios de muestreo se encuentran en De la Paz-Pérez, Dávalos-Sotelo, Limón-Godina y Quintanar-Isaías, 2015. Las regiones se localizan en el sistema orográfico de la provincia de la Sierra Madre Occidental (Tabla 2). Para el estudio microscópico, de cada árbol se cortaron dos rodajas de 1 cm de grosor a la altura de 1.30 m de la base del árbol. De cada rodaja se obtuvieron cuatro cubos de albura y cuatro de duramen de 1 cm x 1 cm. Los cubos se ablandaron a ebullición en agua destilada por dos horas. De ellos se obtuvieron cinco cortes por cubo de 20 μm a 25 μm de grosor, de los planos transversal, tangencial y

TABLA 2. Datos de recolección y registros de las especies estudiadas.

Árbol	Especie	Municipio	Xiloteca	Herbario	Altitud
24	<i>Pinus arizonica</i>	Santiago	M-244	XAL008	2605
3		San Dimas	M-224	XAL009	2718
5		San Dimas	M-225	XAL010	2716
13	<i>P. cooperi</i>	Durango	M-233	79509	2727
14		Durango	M-234	79510	2733
17		Santiago	M-237	79506	2608
21	<i>P. durangensis</i>	Santiago	M-241	79505	2606
6		San Dimas	M-226	79507	2714
7		Durango	M-227	79508	2730
15	<i>P. herrerae</i>	Santiago	M-235	79504	2604
18		Santiago	M-238	79503	2608
16	<i>P. leiophylla</i>	Santiago	M-236	79502	2604
23		Santiago	M-243	79501	2604
8	<i>P. teocote</i>	Durango	M-228	79500	2723
9		Durango	M-229	79499	2720

radial en los que se hicieron 100 mediciones o conteos de cada carácter. Este muestreo es el que se hace en que genera un error de muestreo menor a 5%, según se ha determinado en estudios de este tipo a escala internacional para especímenes recolectados en bosques naturales.

Los cortes se tiñeron con safranina-verde rápido y con fucsina básica-azul de astra de acuerdo con Johansen, (1940); Kraus, de Sousa, Rezende, Vecchi y Luque, (1998); Ruzin, (1999) y Sandoval (2005). Los cortes de safranina verde-rápido, se dejaron en safranina durante 15 minutos, se retiró el colorante y se deshidrataron con alcoholes graduales a 30%, 50%, 70%, 85%, 96% y 100%, permaneciendo 5 minutos en cada uno, posteriormente se adicionó el verde rápido durante veinte segundos, después se hicieron dos cambios de alcohol absoluto durante cinco minutos cada uno, se pusieron en aceite de clavo durante 3 minutos, finalmente se pasaron a xilol durante 1 minuto y se montaron con entellán.

Los cortes teñidos con fucsina básica-azul de astra, primero se aclararon con hipoclorito de sodio a 10%

durante una hora, se lavaron con agua destilada y se colocaron en ácido acético a 1% durante 3 minutos, se lavaron con alcohol a 50 %, se pasaron a la fucsina básica a 0.05% durante 20 segundos y después se pasaron al azul de astra a 0.5% durante cinco minutos, se lavaron con alcohol a 50% y se deshidrataron con alcoholes graduales de 50%, 70%, 96% y 100%, dos veces en cada alcohol durante cinco minutos en cada uno, se pasaron a xilol durante un minuto y se montaron con entellán.

De los mismos cubos, en el plano radial se obtuvieron por separado pequeñas astillas de madera temprana y de madera tardía, las cuales se colocaron en tubos de ensayo y se les adicionó una mezcla de 23 ml de agua destilada, 33 ml de ácido acético glacial y 44 ml de peróxido de hidrógeno se metieron a una estufa a 60 °C durante 5 días, posteriormente se lavaron con agua destilada, se tiñeron con pardo de Bismark y se montaron con gelatina glicerizada de acuerdo con Peterson, Peterson y Melville (2008).

En los cortes se midió el ancho de los anillos, se contó el número de canales axiales por milímetro cuadrado y en



1.5 cm, el diámetro tangencial de los canales axiales y radiales, el número de radios por milímetro, la altura de los radios con y sin canal, el número de células de los radios uniseriados, se contó el número de puntuaciones y el número de traqueidas de radio en los campos de cruce. En el material disociado se midió la longitud, el diámetro y el grosor de la pared de las traqueidas axiales. En los mismos cortes se observó la transición de madera temprana a tardía, el tipo de puntuaciones y traqueidas de radio en los campos de cruce y presencia o ausencia de crásulas. Los resultados se incluyen en la tabla 3 y en las figuras 2 a 8.

Para el estudio anatómico macroscópico de la misma troza, a la altura de 1.28 m, se cortaron dos rodajas de 1 cm de grosor de las que se obtuvieron tablillas transversales de 15 cm x 5 cm x 1 cm; del resto de la troza se obtuvieron tablillas tangenciales y radiales de las mismas dimensiones. En ellas se determinó el color, el olor, el sabor, el brillo, el veteado, la textura y el hilo, el número de anillos de crecimiento en 1.0 cm y la visibilidad de los canales resiníferos axiales.

A los elementos medibles se les hizo un análisis estadístico univariado y se clasificaron con base en la media, conforme a Chattaway (1932) e International Association of Wood Anatomists [IAWA] (2004). Se efectuó un análisis de variancia (Anova) para determinar diferencias estadísticas entre especies. Las descripciones microscópicas se hicieron de acuerdo con IAWA Committee (1964), Jane (1970), Panshin y de Zeeuw (1970) y IAWA (2004). Para la descripción macroscópica, se consideró a Tortorelli (1956), para el color se usaron las cartas Munsell Color (1990). Se incluye para cada especie, la sección, la subsección, los nombres comunes, la distribución geográfica y altitudinal, las características botánicas de acuerdo con Martínez (1948); Shaw (1978) y García y González (2003) y las características anatómicas de la madera. Las tablillas se registraron en las Xilotecas UAMIZ y Faustino Miranda del Instituto de Ecología, A.C. y los ejemplares de respaldo se depositaron en el Herbario Metropolitano UAMIZ Dr. Ramón Riba y Nava (Tabla 2) y en el Herbario XAL del Instituto de Ecología, A.C.

RESULTADOS

Cada especie se ilustra con una fotografía del árbol, la muestra de herbario, un plano de la madera y los tres cortes de la madera (Fig. 2, 3, 4, 5, 6 y 7). Las fotografías se tomaron en un microscopio digital multifuncional marca Velab VE S4D.

En las fichas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los resultados obtenidos en el estudio. La información obtenida del estudio microscópico se presentan en la tabla 3 y en las figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Los resultados del análisis estadístico univariado de las diversas características anatómicas se resumen en la tabla 3. Algunas características de cada especie se ilustran en la figura 8. Los cortes que se presentan en las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7, se tomaron a 10x. Los cortes que se presentan en la figura 8, de las letras a, c, e y f, se tomaron a 40x, el corte de la letra b, se tomó a 100x, el corte de la letra d, a 5x y el corte de la letra g, a 10x. Los resultados del análisis Anova se muestran en la Tabla 5.

DISCUSIÓN

De las seis especies estudiadas en el presente trabajo, únicamente *P. herrerae* y *P. leiophylla* no se encuentran entre las más comerciales de Durango, según García y González (2003), quienes mencionan a *P. ayacahuite*, *P. arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmanni* y *P. teocote*, como las más importantes del estado. Las seis especies incluidas en esta investigación fueron recolectadas en tres municipios del estado (Fig. 1 y Tabla 2) en donde hay aprovechamiento en la actualidad y todas son utilizadas comercialmente. Los productores forestales de las regiones de recolecta requieren de esta clase de información, para un mejor aprovechamiento desde el punto de vista industrial e incluso para fines de promoción de las especies entre los potenciales compradores. Las seis han sido estudiadas previamente por otros autores, en diferentes regiones del país (Tabla 1). El estudio de la misma especie, en individuos recolectados en sitios diferentes, proporciona información sobre la variación que puede tener una especie según las condiciones de los sitios de muestreo, lo que ayuda al conocimiento de las características anatómicas comparativas y las que son constantes para la especie, así

TABLA 3. Características anatómicas microscópicas de las seis especies estudiadas.

			<i>P. arizonica</i>	<i>P. cooperi</i>	<i>P. durangensis</i>	<i>P. herrerae</i>	<i>P. leiophylla</i>	<i>P. teocote</i>	
Canales	Axiales	Clasif.	pocos	pocos	pocos	pocos	pocos	pocos	
		n/mm ²	Mín.	1	1	1	1	1	
			Máx.	2	4	2	2	2	3
			Medio	1	1	1	1	1	1
			C. V.	35	57	33	34	33	52
	Tangencial	Clasif.	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano	
		Diámetro	Mín.	48	67	38	76	48	86
		(μ m)	Máx.	133	105	143	133	105	171
			Medio	87	84	72	97	76	127
			C. V.	17	15	32	14	26	21
	Radiales	Clasif.	pequeño	pequeño	pequeño	pequeño	pequeño	pequeño	
		Diámetro	Mín.	29	38	19	50	19	38
		(μ m)	Máx.	48	57	57	60	38	57
			Medio	40	43	36	52	26	46
			C. V.	13	13	28	19	27	15
	Radios	n/mm	Clasif.	pocos	pocos	pocos	pocos	pocos	pocos
Mín.			1	2	1	1	2	1	
Máx.			5	5	6	5	5	5	
Medio			4	4	3	3	3	3	
C. V.			25	24	32	29	24	31	
Altura (μ m)		Clasif.	bajos	bajos	bajos	bajos	bajos	bajos	
		Mín.	96	120	80	120	120	80	
		Máx.	280	320	280	296	280	280	
		Medio	175	213	183	218	200	186	
		C. V.	21	21	23	23	17	30	
Número de células		Mín.	4	3	3	3	3	3	
		Máx.	12	12	11	12	11	12	
		Medio	6	8	6	7	7	8	
		C.V.	23	17	44	28	11	28	
Campos de cruce	Tipo		pinoides areoladas	pinoides areoladas	pinoides areoladas	pinoides areoladas	pinoides areoladas	pinoides areoladas	
		Mín.	1	2	1	1	1	1	
	Número	Máx.	5	4	7	3	4	3	
		Medio	3	2	2	3	2	2	
		C.V.	39	27	53	22	38	33	



TABLA 3. Características anatómicas microscópicas de las seis especies estudiadas. Continuación...

			<i>P. arizonica</i>	<i>P. cooperi</i>	<i>P. durangensis</i>	<i>P. herrerae</i>	<i>P. leiophylla</i>	<i>P. teocote</i>	
Traqueidas	Longitud (µm)	Clasif.	largas	largas	largas	largas	largas	largas	
		Mín.	2400	3200	2960	3744	3200	2400	
		Máx.	4800	5200	4480	5456	6400	5928	
		Medio	3274	4135	3702	4372	4486	3859	
		C.V.	17	14	15	10	22	23	
	Madera temprana (µm)	Diámetro del lumen	Clasif.	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano
			Mín.	16	16	18	20	20	16
			Máx.	48	48	60	74	50	52
			Medio	33	32	40	47	33	33
			C.V.	23	16	23	22	25	24
		Grosor de pared	Clasif.	delgado	delgado	delgado	delgado	delgado	delgado
			Mín.	2	2	2	2	4	2
			Máx.	8	4	12	10	10	8
			Medio	4	3	5	6	6	3
			C.V.	43	34	56	30	35	34
	Madera tardía (µm)	Diámetro del lumen	Clasif.	fino	fino	fino	fino	fino	fino
			Mín.	2	4	4	2	2	4
			Máx.	26	32	54	30	14	26
			Medio	12	12	21	11	8	12
			C.V.	45	55	46	56	32	41
Grosor de pared		Clasif.	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano	
		Mín.	4	2	6	8	4	8	
		Máx.	26	18	24	20	18	20	
		Medio	11	7	10	13	11	12	
		C.V.	32	66	40	22	23	21	

como la influencia que tienen en sus propiedades tecnológicas (Panshin y de Zeeuw, 1970; De la Paz-Pérez, 1985).

En el caso de la madera de pino, el carácter que tiene más influencia en su comportamiento, es la anchura de los anillos de crecimiento y de estos, la proporción de madera temprana y tardía en cada uno de ellos, Sin embargo, la abundancia y tamaño de los canales resiníferos, principalmente los axiales, influyen en las características macroscópicas que determinan el uso estético que se le quiera dar

a la madera. (De la Paz-Pérez y Olvera, 1981). Los resultados de este estudio confirman los hallazgos de estas autoras. El conocimiento de las propiedades de cada especie ayuda a definir mejores alternativas de usos, por lo que es importante estudiarlas para predecir su comportamiento (Jane, 1970; Desch, 1973; Dinwoodie, 1985).

De acuerdo con las características anatómicas encontradas, las especies estudiadas comparten los siguientes caracteres como género: anillos de crecimiento, traqueidas axiales con

puntuaciones areoladas, canales resiníferos axiales y radiales, traqueidas de radio e hilo recto (Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970; De la Paz-Pérez y Carmona, 1979). Sin embargo, existen diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) de estos caracteres entre especies, que ayudan a identificarlas e indican que, de acuerdo con sus características anatómicas, tienen diferentes respuestas en sus propiedades físicas y mecánicas y en sus procesos de transformación (Tabla 5). En los únicos casos en los que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0.05$) fue en el número de canales resiníferos axiales por milímetro cuadrado y en el número de puntuaciones en los campos de cruce. Esto se debe ligar con estudios de tipo tecnológico para definir los mejores usos de las maderas (Wangaard, 1981; De la Paz-Pérez y Dávalos-Sotelo, 2008).

En el caso de los quince individuos de las seis especies estudiadas, los anillos de crecimiento presentan diferencias entre especies. La anchura es variable de 1 mm a 5 mm, siendo los más anchos los de *P. herrerae* y los más angostos los de *P. leiophylla*, que pertenecen a subsecciones diferentes a Ponderosae. En los quince árboles la madera temprana es más abundante que la tardía, pero la transición entre una y otra sí cambia entre especies, en tres especies es gradual y en *P. cooperi*, *P. durangensis* y *P. leiophylla* es abrupta. Esta característica tiene relevante importancia en silvicultura, ya que influye en el peso y la dureza de la madera (Kollmann y Coté, Jr., 1968; Hoadley, 2000).

En cuanto a las traqueidas axiales, un carácter distintivo entre especies, es el número de hileras de puntuaciones areoladas que presentan, *P. cooperi*, *P. durangensis* y *P. herrerae*, los cuales presentan una o dos hileras de puntuaciones en cada traqueida (Fig. 8e), además, *P. cooperi* y *P. Leiophylla* fueron las únicas especies que no presentaron crásulas en las traqueidas axiales. Las crásulas son engrosamientos de la pared primaria que proporcionan resistencia alrededor de los campos de poros primarios y se observan como líneas curvas oscuras (como paréntesis), en los cortes radiales arriba y abajo de las puntuaciones areoladas de las traqueidas axiales (Panshin y de Zeeuw, 1970).

Los canales resiníferos axiales y radiales son estructuras presentes en todas las especies de pinos, sin embargo,

también presentan variación de una especie a otra en su tamaño, abundancia, distribución, número de células epiteliales que lo forman y tamaño de estas células. En relación con estas estructuras, el número de canales axiales por milímetro cuadrado varió entre especies de 1 a 4, siendo pocos en todas las especies. El tamaño y abundancia de canales influye en las características estéticas como el color, el olor, el sabor, el vetado y definitivamente en usos que no interfieran con el sentido del gusto y por otro lado, favorecen el sentido del olfato, aparte que son importantes en la industria de la resina (Martínez, 1948; Mancera, 1956; Tsoumis, 1969; De la Paz-Pérez y Olvera, 1981). *Pinus leiophylla* presenta mayor número de canales en la madera tardía y *Pinus teocote* no presenta canales en la madera tardía. Los resultados obtenidos en este estudio son semejantes a los trabajos presentados en la tabla 1 que se estudiaron con metodología semejante. Las diferencias registradas con especies analizadas con otros criterios metodológicos no siempre coinciden con los resultados aquí presentados. Esto es más notorio con los estudios más antiguos, particularmente los de Mancera (1956) quien no analizó las traqueidas distinguiendo entre diámetros de madera temprana y tardía. Esta autora solamente registró un diámetro común para los dos tipos de madera en las especies que estudió.

Sobre la presencia de traqueidas de radio con denticiones en su pared celular y puntuaciones pinoides con areola o sin ella en los campos de cruce, son caracteres que se ligan con el grupo de pinos duros, por lo que se puede afirmar con certeza que las seis especies estudiadas corresponden a este grupo (Fig. 8). En relación con el hilo, todas las especies del género lo presentan recto, esto favorece su transformación y facilita su aserrío (De la Paz-Pérez y Carmona, 1979). Otro carácter importante en identificación, es la altura de los radios, los más pequeños los presenta *Pinus arizonica* y los más altos *Pinus herrerae*.

CONCLUSIONES

Pinus arizonica y *P. cooperi* presentaron diferencia de color entre albura y duramen. La anchura y proporción de

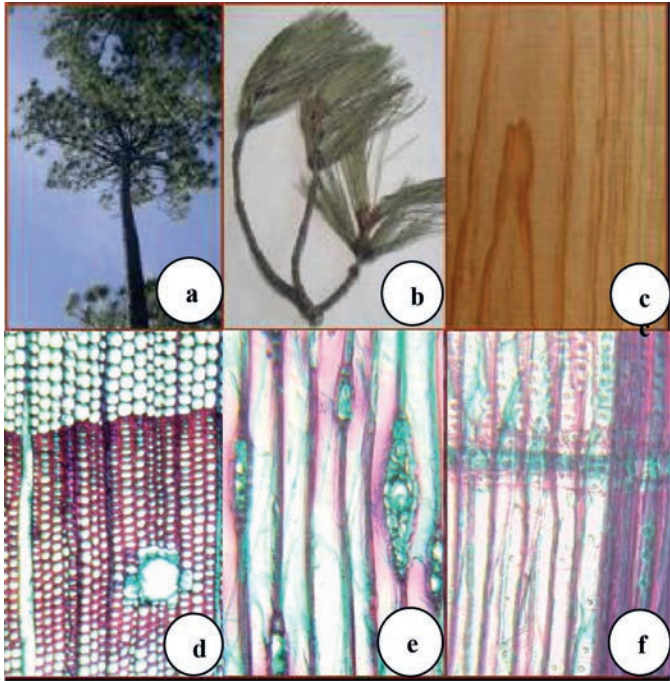


FIGURA 2. *Pinus arizonica*. a. Árbol 24. b. Herbario. c. Tablilla tangencial. Cortes: d. Transversal. e. Tangencial. f. Radial.

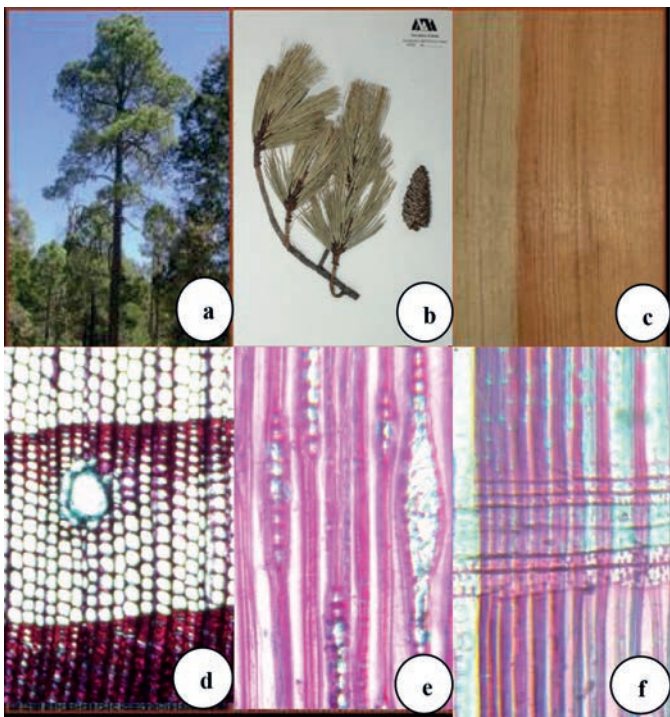


FIGURA 3. *Pinus cooperi*. a. Árbol 13. b. Herbario. c. Tablilla radial. Cortes: d. Transversal. e. Tangencial. f. Radial.

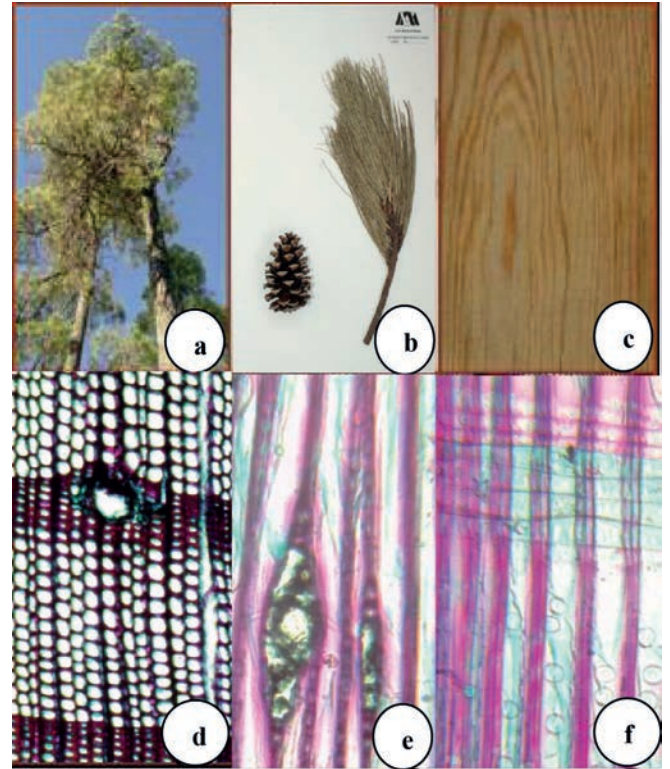


FIGURA 4. *Pinus durangensis*. a. Árbol 17. b. Herbario. c. Tablilla tangencial. Cortes: d. Transversal. e. Tangencial. f. Radial.

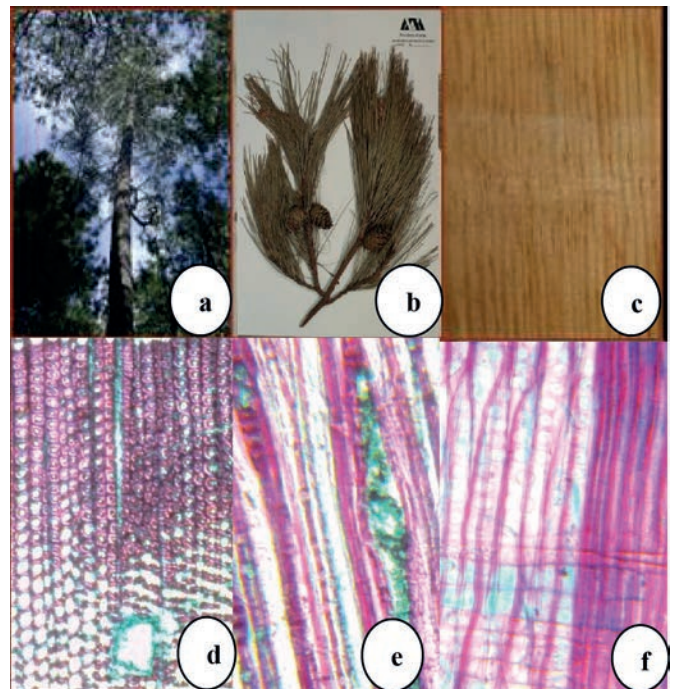


Figura 5. *Pinus herrerae*. a. Árbol 18. b. Herbario. c. Tablilla radial. Cortes: d. Transversal. e. Tangencial. f. Radial.

FICHA 1. Descripción de *Pinus arizonica*.1. *Pinus arizonica* (Fig. 2)

Sección: Diploxyton (Pinos duros)

Subsección: Ponderosae

Nombres comunes: pino, pino alimonado, pino blanco

Distribución geográfica: Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, San Luis Potosí

Distribución altitudinal: 2500 m a 2750 m snm

Características botánicas (Fig. 2 a-b)

Árbol de 12 m a 25 m de altura y 20 cm a 80 cm de diámetro. Corteza gris oscuro a negra cuando joven y con placas rojizas de 4 cm a 5 cm de grosor, formando surcos profundos cuando maduro. Hojas en fascículos de 3 a 5, verde limón, delgadas y flexibles de 11 cm a 19 cm de largo, con márgenes finamente aserrados, con 2 a 4 canales resiníferos y 2 haces vasculares. Conos ovulados de 6 cm a 8 cm de largo y de 3 cm a 6 cm de ancho.

Características de la madera**Macroscópicas** (Fig. 2c)

La madera presenta diferencia de color entre albura y duramen, más marcada en el ejemplar de Santiago Papasquiaro que en los de San Dimas. La albura presenta un tono blanco rosado (7.5YR 8/2) en la madera temprana y rosa (7.5YR 7/4) en la madera tardía. El duramen es de color amarillo rojizo (7.5YR 7/6) en la madera temprana y amarillo rojizo (7.5YR 8/6) en la madera tardía. El olor y el sabor poco resinosos, el brillo es bajo en el plano transversal y mediano en los planos tangencial y radial, el veteado es pronunciado por la diferencia de color de la madera temprana y tardía y por los canales resiníferos, la textura es fina y el hilo es recto. Los anillos de crecimiento de 1 a 4 en 1.0 cm. Canales resiníferos axiales conspicuos. En algunas muestras de Santiago de ven tonalidades rojizas tanto en la albura como en el duramen, más fuertes en la madera tardía y en los planos transversales. En los dos ejemplares de San Dimas (árboles 3 y 5), el tono es similar.

Microscópicas (Fig. 2d-f y 8a-b y Tablas 3 y 4)

La madera temprana es tres veces más que la madera tardía en cada anillo de crecimiento, la transición de una a otra es gradual. Los canales axiales por milímetro cuadrado son pocos y de 7 a 10 en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano, presentes en la madera temprana y ocasionales en la madera tardía, principalmente en la parte media de la madera temprana. El diámetro tangencial de los canales radiales es pequeño y son en menor número que los axiales. Los radios son poco numerosos y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal, presentan de 2 a 7 hileras de traqueidas de radio en los márgenes y una hilera entre ellos, las traqueidas de radio tienen paredes dentadas. Las puntuaciones de los campos de cruce son pinoides areoladas, generalmente 4 por campo. Las traqueidas son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con una hilera de puntuaciones areoladas y ocasionalmente entremezcladas dos puntuaciones. Presentan crásulas.

FICHA 2. Descripción de *Pinus cooperi*.**2. *Pinus cooperi*** (Fig. 3)

Sección: Diploxylon (Pinos duros)

Subsección: Ponderosae

Nombre comunes: albacarrote, balcarrote, ocote, pino amarillo, pino chino

Distribución geográfica: Chihuahua, Durango, Nayarit

Distribución altitud: 2400 m a 2700 m snm

Características botánicas (Fig. 3a-b)

Árbol de 15 m a 35 m de altura y 30 cm a 80 cm de diámetro. Corteza rugosa gris oscuro a negra con placas irregulares castaño rojizo no desprendibles cuando maduro. Hojas en fascículo de 3 a 5, verde oscuro o verde cenizo, gruesas y rígidas, de 4 cm a 13 cm de largo, con márgenes finamente aserrados, con 3 a 5 canales resiníferos y 2 haces vasculares. Conos ovulados de 4 cm a 9 cm de largo y de 4 cm a 6 cm de ancho.

Características de la madera**Macroscópicas** (Fig. 3c)

La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen. Es de color castaño muy pálido (IOYR 8/4) en la madera temprana y amarillo (IOYR 7/6) en la madera tardía. El olor y el sabor es resinoso, el brillo es bajo en los planos transversales y mediano en los tangenciales principalmente en la madera tardía y en los radiales, el veteado es pronunciado por la diferencia de madera temprana y tardía en los anillos de crecimiento, la textura es fina y el hilo es recto. Los anillos de crecimiento de 1 a 3 en 1.0 cm. Canales resiníferos conspicuos.

Microscópicas (Fig. 3d-f y 8c y Tablas 3 y 4)

La madera temprana es cuatro veces más que la madera tardía en cada anillo de crecimiento, la transición de una a otra es abrupta. Los canales axiales son pocos por milímetro cuadrado y varían de 3 a 9 en 1.5 cm lineales, su diámetro tangencial es mediano, son más abundantes en la madera temprana que en la tardía, principalmente en la parte media de la madera temprana. El diámetro tangencial de los canales radiales es pequeño y son en menor número que los axiales. Los radios son poco numerosos y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal, presentan de 2 a 5 hileras de traqueidas de radio tanto en los márgenes como intercalados, las traqueidas de radio tienen paredes dentadas. Las puntuaciones de los campos de cruce son pinoides areoladas, generalmente 3 por campo. Las traqueidas son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con 1 o 2 hileras de puntuaciones areoladas o mezcladas. No presentan crásulas.

FICHA 3. Descripción de *Pinus durangensis*.

3. *Pinus durangensis* (Fig. 4)

Sección: Diploxylon (Pinos duros)

Subsección: Ponderosae

Nombre comunes: ocote, pino alazán, pino blanco, pino real de seis hojas

Distribución geográfica: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Aguascalientes, Jalisco, Michoacán, Guerrero.

Distribución altitudinal: 2400 m a 3200 m snm

Características botánicas (Fig. 4a-b)

Árbol de 15 m a 40 m de altura y 1m de diámetro. Corteza rugosa con grandes placas castaño rojizo. Hojas en fascículos de 6, verde amarillento o verde pálido, delgadas, de 14 cm a 30 cm de largo, con márgenes finamente aserrados, con 2 a 3 canales resiníferos y 2 haces vasculares. Conos ovulados de 6 cm a 10 cm de largo y de 6 cm de ancho.

Características de la madera

Macroscópicas (Fig. 4c)

La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen. Es de color castaño muy pálido (10YR 8/3) en la madera temprana y amarillo rojizo (7.5YR 7/6) en la madera tardía. El olor y el sabor poco resinoso, el brillo es bajo en los planos transversales y tangenciales y mediano en los radiales, el veteado es pronunciado por la diferencia de madera temprana y tardía en los anillos de crecimiento y por la abundancia de los canales resiníferos axiales, la textura es fina y el hilo es recto. Anillos de crecimiento de 2 a 4 en 1.0 cm. Los canales resiníferos notables.

Microscópicas (Fig 4d-f y 8d y Tablas 3 y 4)

La madera temprana es cuatro veces más que la madera tardía en cada anillo de crecimiento, la transición de una a otra es abrupta. Los canales axiales por milímetro cuadrado son pocos y de 3 a 9 en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano, son más abundantes en la madera temprana que en la tardía, uniformemente distribuidos. El diámetro tangencial de los canales radiales es pequeño y son en menor número que los axiales. Los radios son poco numerosos y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal, presentan de 1 a 4 hileras de traqueidas de radio en los márgenes, las traqueidas de radio tienen paredes dentadas. Las puntuaciones de los campos de cruce son pinoides areoladas, generalmente 3 por campo. Las traqueidas son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con una hilera de puntuaciones areoladas. Presentan crásulas.



Ficha 4. Descripción de *Pinus herrerae*.

4. *Pinus herrerae* (Fig. 5)

Sección: Diploxylon (Pinos duros)

Subsección: Oocarpae

Nombre comunes: ocote, pino chino

Distribución geográfica: Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero

Distribución altitudinal: 1800 m a 2500 m snm

Características botánicas (Fig. 5a-b)

Árbol de 25 m a 35 m de altura y 35 cm a 90 cm de diámetro. Corteza con placas escamosas castaño rojizo cuando maduro.

Hojas en fascículos de 2 a 3, verde claro, delgadas, de 10 cm a 20 cm de largo, con márgenes finamente aserrados, con 1 a 5 canales resiníferos y 2 haces vasculares. Conos ovulados de 1.5 cm a 5 cm de largo y de 5 cm a 6 cm de ancho.

Características de la madera

Macroscópicas (Fig. 5c)

La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen. Es de color rosa (75YR 8/3) en la madera temprana y castaño rojizo claro (2.5YR 6/3) a amarillo rojizo (5YR7/8) en la madera tardía. El olor y el sabor poco resinoso, el brillo es bajo en los planos transversales y tangenciales y mediano en los radiales, el veteado es pronunciado por la diferencia de madera temprana y tardía en los anillos de crecimiento y por la abundancia de los canales resiníferos axiales, la textura es fina y el hilo es recto. Anillos de crecimiento de 2 a 3 en 1.0 cm. Canales resiníferos conspicuos.

Microscópicas (Fig. 5d-f y 8e y Tablas 3 y 4)

La madera temprana es dos veces más que la madera tardía en cada anillo de crecimiento, la transición de una a otra es gradual. Los canales axiales por milímetro cuadrado son pocos y de 10 a 12 en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano, con igual distribución y número en la madera temprana que en la tardía. El diámetro tangencial de los canales radiales es pequeño. Los radios son pocos y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal, presentan de 2 a 3 hileras de traqueidas de radio en los márgenes y una hilera intermedia, las traqueidas de radio tienen paredes dentadas. Las puntuaciones de los campos de cruce son pinoides areoladas, generalmente 3 por campo. Las traqueidas son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con 1 o 2 hileras de puntuaciones areoladas y entremezcladas dos puntuaciones. Presentan crásulas.

FICHA 5. Descripción de *Pinus leiophylla*.

5. *Pinus leiophylla* (Fig. 6)

Sección: Diploxylon (Pinos duros)

Subsección: Leiophyllae

Nombre comunes: ocote, pino chino, pino prieto

Distribución geográfica: Zacatecas, Jalisco, Michoacán, México, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos, Oaxaca, Veracruz

Distribución altitudinal: 2500 m a 2800 m snm

Características botánicas (Fig. 6a-b)

Árbol de 15 m a 35 m de altura y 25 cm a 85 cm de diámetro. Corteza rugosa gris oscuro a negro cuando maduro. Hojas en fascículos de 4 a 5, verde cenizo, azulado a distancia, delgadas, de 6 cm a 16 cm de largo, con márgenes finamente aserrados, con 2 a 4 canales resiníferos y 2 haces vasculares. Conos ovulados de 3 cm a 7 cm de largo y de 3 cm a 7 cm de ancho.

Características de la madera

Macroscópicas (Fig. 6c)

La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen. Es de color castaño muy pálido (10YR 8/2) en la madera temprana y amarillo rojizo (7.5YR 6/6) en la madera tardía. El olor y el sabor poco resinoso, el brillo es bajo en los planos transversales y alto en los tangenciales y en los radiales, el veteado es pronunciado por la diferencia de madera temprana y tardía en los anillos de crecimiento, la textura es fina y el hilo es recto. Anillos de crecimiento de 3 a 7 en 1.0 cm. Canales resiníferos poco conspicuos.

Microscópicas (Fig. 6d-f y 8f y Tablas 3 y 4)

La madera temprana es tres veces más que la madera tardía en cada anillo de crecimiento, la transición de una a otra es abrupta. Los canales axiales por milímetro cuadrado son pocos y de 6 a 12 en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano, son más abundantes en la madera temprana que en la tardía, principalmente en la parte media de la madera temprana. El diámetro tangencial de los canales radiales es pequeño y son en menor número que los axiales. Los radios son poco numerosos y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal, presentan de 1 a 3 hileras de traqueidas de radio en los márgenes, las traqueidas de radio tienen paredes dentadas. Las puntuaciones de los campos de cruce son pinoides areoladas, generalmente 3 por campo. Las traqueidas son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con una hilera de puntuaciones areoladas, separadas.

FICHA 6. Descripción de *Pinus teocote*.**6. *Pinus teocote* (Fig. 7)**

Sección: Diploxylon (Pinos duros)

Subsección: Oocarpae

Nombres comunes: albacarrote, balcarrote, ocote, pino amarillo, pino colorado, pino chino, pino prieto, pino rosillo

Distribución geográfica: Chihuahua, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz

Distribución altitudinal: 2400 m a 3200 m snm

Características botánicas (Fig 7a-b)

Árbol de 8 m a 35 m de altura y 30 cm a 60 cm de diámetro. Corteza rugosa castaño grisáceo oscuro a veces rojiza cuando maduro. Hojas en fascículos de 2 a 3, verde claro, delgadas y rígidas, de 5 cm a 18 cm de largo, con márgenes finamente aserrados, con 1 a 5 canales resiníferos y 2 haces vasculares. Conos ovulados de 1.5 cm a 7 cm de largo y de 3 cm a 6 cm de ancho.

Características de la madera**Macroscópicas (Fig. 7c)**

La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen. Es de color castaño muy pálido (10YR 8/2) en la madera temprana y amarillo rojizo (7.5YR 6/6) en la madera tardía. El olor y el sabor poco resinoso, el brillo es bajo en los planos transversales y alto en los tangenciales y en los radiales, el veteado es pronunciado por la diferencia de madera temprana y tardía en los anillos de crecimiento, la textura es fina y el hilo es recto. Anillos de crecimiento de 3 a 7 en 1.0 cm. Canales resiníferos poco conspicuos.

Microscópicas (Fig. 7d-f y 8g y Tablas 3 y 4)

La madera temprana es cuatro veces más que la madera tardía en cada anillo de crecimiento, la transición de una a otra es gradual. Los canales axiales por mm² son pocos y de 8 a 12 en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano, son más abundantes en la madera temprana que en la tardía, principalmente en la parte media de la madera temprana. El diámetro tangencial de los canales radiales es pequeño y son en menor número que los axiales. Los radios son pocos y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal, presentan de 1 a 4 hileras de traqueidas de radio en los márgenes, las traqueidas de radio tienen paredes dentadas. Las puntuaciones de los campos de cruce son pinoides areoladas, generalmente 3 por campo. Las traqueidas son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con una hilera de puntuaciones areoladas. Presentan crásulas.

TABLA 4. Características anatómicas por árbol.

Número de árbol y localidad	Transición de madera temprana a tardía	Número de canales axiales en 1.5 cm	Anchura de anillos en mm	Tipo y número de traqueidas de radio	Tipo y número de puntuaciones de campos de cruce	Hileras de puntuaciones en traqueidas axiales presencia o ausencia de crásulas
<i>Pinus arizonica</i>						
24 Santiago	gradual	7-10	3	dentadas 2-6	pinoide areolada 1-5	1 con crásulas
3 San Dimas	gradual	7-10	3-4	dentadas 2-5	pinoide areolada 3-4	1 con crásulas
5 San Dimas	gradual	7-10	4	dentadas 2-5	pinoide areolada 3-4	1 con crásulas
<i>Pinus cooperi</i>						
13 Durango	abrupta	3-9	3	dentadas 2-4	pinoide areolada 2-4	1 y 2 mezcladas sin crásulas
14 Durango	abrupta	3-9	2-4	dentadas 2-4	pinoide areolada 2-4	1 y 2 mezcladas sin crásulas
<i>Pinus durangensis</i>						
17 Santiago	abrupta	9-10	2-3	dentadas 1-4	pinoide areolada 1-4	1 con crásulas
21 Santiago	abrupta	5	2	dentadas 2-4	pinoide areolada 2-7	1 con crásulas
6 San Dimas	abrupta	9	3-4	dentadas 1-4	pinoide areolada 1-2	1 y 1 y-2 mezcladas con crásulas
7 Durango	abrupta	7	4	dentadas 2-4	pinoide areolada 1-2	1 y-1 y 2 mezcladas con crásulas
<i>Pinus herrerae</i>						
15 Santiago	gradual	10-12	3	dentadas 2-3	pinoide areolada 1-3	1 o 2 y mezcladas con crásulas
18 Santiago	gradual	12-14	3-5	dentadas 2-3	pinoide areolada 2-3	1 y 2 mezcladas con crásulas
<i>Pinus leiophylla</i>						
16 Santiago	abrupta	6-11	1-2	dentadas 2-3	pinoide areolada 3-4	1 espaciadas sin crásulas
23 Santiago	abrupta	7-12	1-2	dentadas 1-2	pinoide areolada 1-3	1 espaciadas sin crásulas
<i>Pinus teocote</i>						
8 Durango	gradual	8-14	1-2	dentadas 1-4	pinoide areolada 1-2	1 con crásulas
9 Durango	gradual	7-12	1-2.5	dentadas 2-3	pinoide areolada 2-3	1 con crásulas

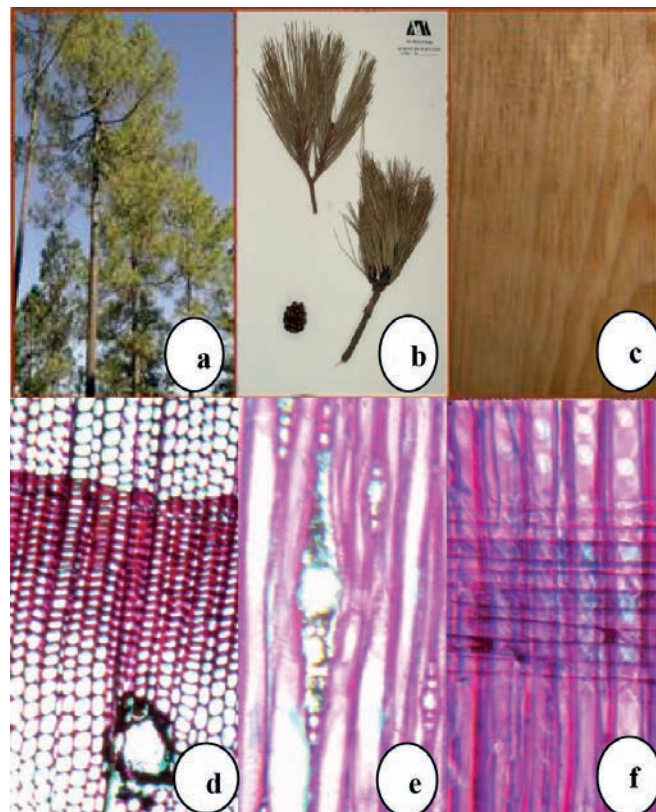
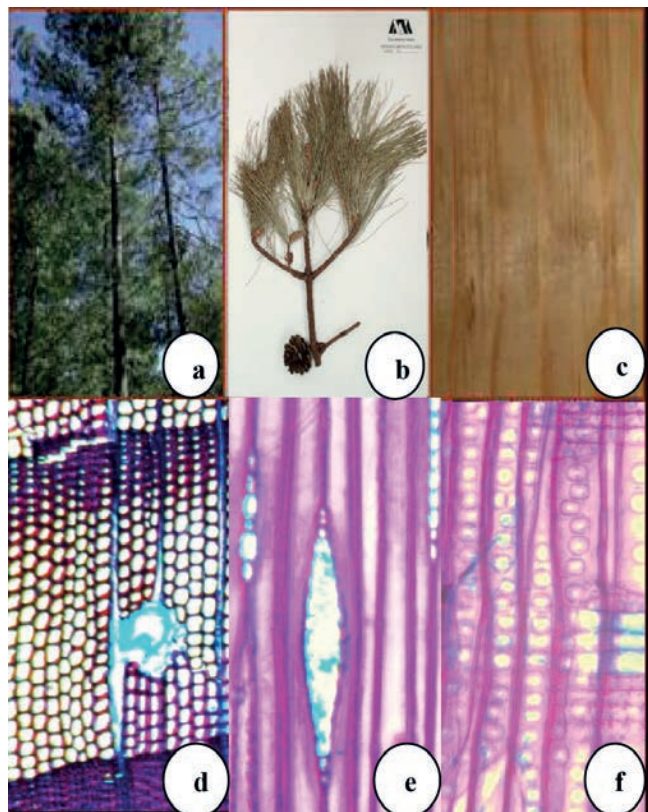


FIGURA 6. *Pinus leiophylla*. a. Árbol 23. b. Herbario. c. Tablilla radial. Cortes: d. Transversal. e. Tangencial. f. Radial.

FIGURA 7. *Pinus teocote*. a. Árbol 8. b. Herbario. c. Tablilla tangencial. Cortes: d. Transversal. e. Tangencial. f. Radial.

TABLA 5. Resumen de resultados de análisis de variancia (Anova).

			F	Valor crítico para F	Significancia (p>0.05)
Canales	Axiales	n/mm ²	0.557	2.242	N. S.
		Diámetro tangencial (µm)	53.480	2.242	Significativo
	Radiales	Diámetro tangencial (µm)	38.850	2.242	Significativo
Radios		n/mm	6.006	2.238	Significativo
		Altura (µm)	9.615	2.238	Significativo
		Número de células	11.066	2.238	Significativo
Campos de cruce		Número	1.611	2.240	N. S.
Traqueidas		Longitud (µm)	10.393	2.277	Significativo
	Madera temprana (µm)	Diámetro del lumen	29.838	2.238	Significativo
		Grosor de pared	22.943	2.238	Significativo
	Madera tardía (µm)	Diámetro del lumen	32.704	2.238	Significativo
		Grosor de pared	19.364	2.238	Significativo

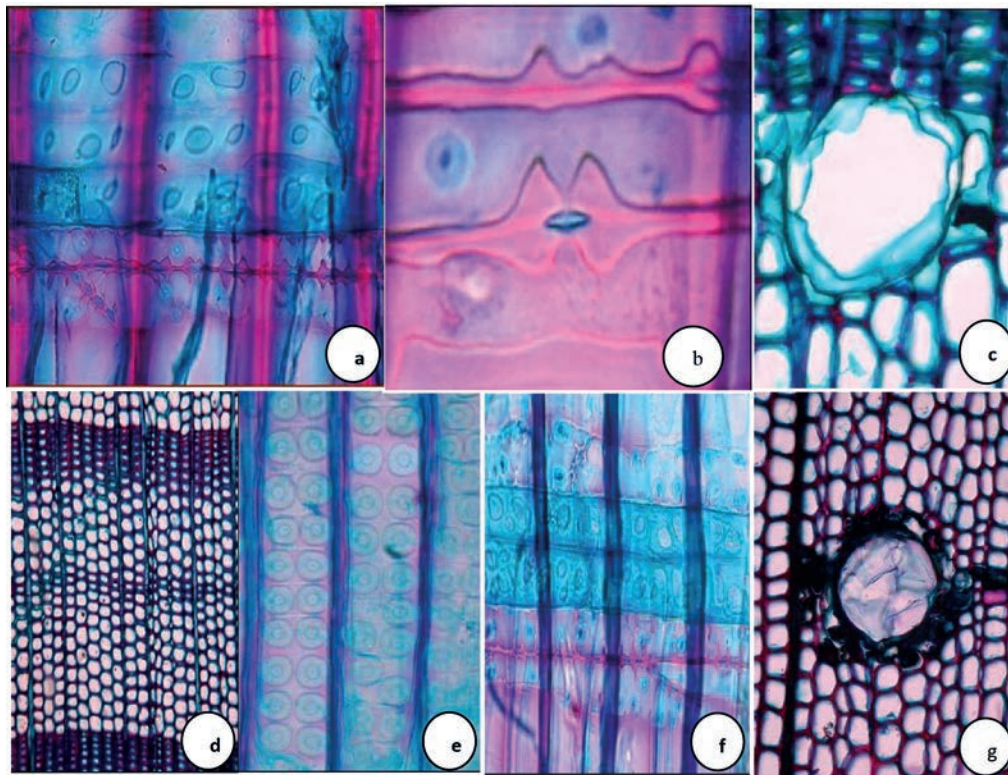


FIGURA 8. Algunos caracteres microscópicos de las seis especies estudiadas. A. *Pinus arizonica*. Puntuaciones pinoides areoladas y dos hileras de traqueidas de radio abajo en campo de cruce. B. *Pinus arizonica*. Traqueida de radio dentada. C. *Pinus cooperi*. Canal resinífero axial con nueve células epiteliales. D. *Pinus durangensis*. Madera temprana y madera tardía con transición abrupta en corte transversal. E. *Pinus herrerae*. Puntuaciones areoladas en dos hileras en traqueidas axiales. F. *Pinus leiophylla*. Puntuaciones pinoides areoladas y tres hileras de traqueidas de radio dentadas, una arriba y dos abajo en campo de cruce. G. *Pinus teocote*. Canal resinífero axial con resina.

madera temprana y tardía cambia de anillo a anillo y de especie a especie. Las seis especies presentan traqueidas de radio dentadas, carácter de pinos duros. Las puntuaciones de campo de cruce son pinoides areoladas, carácter de pinos duros. La transición de madera temprana a tardía en tres especies es gradual y en *P. cooperi*, *P. durangensis* y *P. leiophylla* es abrupta.

Los canales axiales son más abundantes en *Pinus cooperi* que en las otras cinco especies. *P. cooperi* y *P. herrerae*, presentan dos hileras de puntuaciones en algunas traqueidas. Algunas características anatómicas cambian de individuo a individuo, inclusive en el mismo municipio. La madera de las especies de *Pinus*, seguirá teniendo un papel importante en la economía nacional, gracias a sus características estructurales y propiedades tecnológicas.

Las especies estudiadas representan un valioso recurso para las entidades donde crecen por su abundancia relativa y sus útiles características. Si se aprovechan de manera racional significarán un importante impulso a la economía local y a través de su conservación, con programas de manejo y reforestación apropiados, continuarán aportando importantes servicios ambientales al estado.

RECONOCIMIENTOS

Las especies fueron determinadas por el M.C. Abel García Arévalo, quien encabezó la recolección de los árboles. Los autores agradecen al Dr. Roberto Limón Godina, anteriormente del INECOL-Durango y actualmente en la Facultad de Economía y Contabilidad de la UJED, su apoyo en la recolección del material de estudio. Este estudio fue finan-



ciado con recursos del proyecto del Fondo Sectorial Conafort-Conacyt 32697 “Caracterización de la madera de especies de pinos y encinos de importancia comercial en el estado de Durango” y “Estudio tecnológico de la madera de especies forestales” de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. El proyecto 32697 se hizo de manera conjunta con la Asociación de Industriales Forestales de Durango, A.C. (Aifdac) la cual estuvo representada por el Ing. Gerardo Andrade Martínez como responsable administrativo con el apoyo de la Sra. Laura Godina.

REFERENCIAS

- Chattaway, M. (1932). Proposed standard for numerical values used in describing wood. *Tropical Woods*, 29, 20-28.
- De la Paz-Pérez O., C. y Carmona V., T. (1979). Influencia del hilo en algunas características tecnológicas de la madera. *Boletín Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. No. 60. México.
- De la Paz-Pérez O., C. y Olvera C, P. (1981). Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. *Boletín Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. No. 69. México.
- De la Paz-Pérez O., C. (1985). *Variación de la estructura anatómica de los encinos y su efecto en el aprovechamiento de los mismos*. II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación Especial: 49:292-312.
- De la Paz-Pérez O., C. y Quintanar I., A. (1997). Las características tecnológicas de la madera. *ContactoS*, 19, 15-21.
- De la Paz-Pérez, C. y Dávalos-Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Madera y Bosques*, 14 (3), 43-80.
- De la Paz-Pérez O., C., Dávalos-Sotelo, R., Limón-Godina, R. y Quintanar-Isaías, A. (2015). Características tecnológicas de la madera de dos especies de *Quercus* de Durango, México. *Madera y Bosques*, 21 (3), 19-46.
- Desch, H. E. (1973). *Timber, its structure and properties* (5a ed). Londres, R.U.: Macmillan Press Ltd.
- Dinwoodie, J. H. (1985). Timber, a review of the structure, mechanical properties relationship. *Journal of Microscopy*, 104 (1), 3-32.
- Eguiluz, T. (1978). Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de licenciatura. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo.
- García A., A. y González E., M. S. (2003). *Pináceas de Durango* (2ª ed). Xalapa, Ver. Y Zapopan, Jal.: Instituto de Ecología, A.C.-Comisión Nacional Forestal.
- Hoadley, R. B. (2000). *Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology*. Taunton Press.
- Huerta C., J. (1963). Anatomía de la madera de 12 especies de coníferas mexicanas. *Boletín Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. No. 8. México. 53p.
- IAWA Committee. (1964). *Multilingual glossary of terms used in wood anatomy*. Committee on Nomenclature. Verlagsanstalt, Suiza: International Association of Wood Anatomists.
- IAWA. 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25 (1), 1-70.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). Anuario estadístico y geográfico del estado de Durango, 2014. México: Autor.
- Jane, F. W. (1970). *The structure of wood*. Londres: Adam & Charles Black.
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*. Nueva York y Londres: McGraw-Hill Book Company.
- Kollmann, F. P. y Coté Jr., W. A. (1968). *Principles of wood science and technology*. Vol. I. Solid Wood. Nueva York, EUA: Springer-Verlag.
- Kraus, J. E., de Sousa, C., Rezende, H., Vecchi, C. y Luque, R. (1998). Astra blue and basic fuchsin staining of plants materials. *Biotechnic & Histochemistry*, 73 (5), 235-243.
- Mancera V., O. (1956). *Contribución al conocimiento de la anatomía microscópica de algunas especies de pinos mexicanos*. Tesis de licenciatura. Instituto de Investigaciones Forestales.
- Martínez, M. (1948). *Los pinos mexicanos* (2ª ed). México: Botas.
- Munsell Color. (1990). *Munsell Soil color charts*. Baltimore, Maryland: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation.
- Olvera C., P. (1981). Estudio anatómico de la madera de siete especies del género *Pinus*. *Boletín Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. No. 71. México.

- Olvera C., P. (1985). Descripción anatómica de la madera de siete especies del género *Pinus*. *Boletín Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. No. 126. México. 73p.
- Panshin, A. J. y de Zeeuw, C. (1970). *Textbook of wood technology*. Vol. I. Nueva York, USA: McGraw-Hill Book Company.
- Peterson, R. L., Peterson, C. A. y Melville, L. H. (2008). *Teaching plant anatomy through creative laboratory exercises*. Ottawa, Canadá: NRC Press.
- Richardson, D. M. (1998). Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge, R.U.: Cambridge University Press.
- Robles F., F. (1980). Usos estructurales de la madera en México. *La Madera y Su Uso en la Construcción* No.5. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos.
- Romero A., C., de la Paz-Pérez O., C. y Corral L., G. (1978). Características anatómicas y fisicomecánicas de ocho especies de coníferas de Baja California Norte. *Boletín Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. No.57. México.
- Ruíz, D. (1968). *Anatomía de la madera de cinco especies de pinos mexicanos*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ruzin, S. E. (1999). *Plant microtechnique and microscopy*. Oxford University Press.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México: Limusa.
- Sandoval Z., E. (2005). Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. *Cuadernos* 38. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Shaw, G. (1978). Los pinos de México. (Trad. T. Moncayo y G. González). *Serie Técnica Reforestación* 15. Comisión Forestal de Michoacán, México. (Original en inglés, 1909).
- Tortorelli, L. (1956). *Maderas y bosques argentinos*. Buenos Aires: ACME.
- Tsoumis, G. (1969). *Wood as raw material. Source, structure, chemical, composition, growth, degradation and identification*. Londres: Pergamon Press.
- Vidal I, J. (1962). *El pino y algunas especies de interés económico*. México: UTHEA.
- Wangaard, F. F. (1981). *Wood: its structure and properties*. Pennsylvania State University.
- Ziegler, H. (1964). Storage, mobilization and distribution of reserve material in trees. En M. Zimmermann (Ed.), *The formation of wood in forest trees* (303-320). Nueva York: Academic Press.

Manuscrito recibido el 10 de diciembre de 2015.
Aceptado el 11 de noviembre de 2016.

Este documento se debe citar como:
De la Paz-Pérez O., C. y Dávalos-Sotelo, R. (2016) Anatomía de la madera de seis especies de *Pinus* (Pinaceae) del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*, 22 (3), 113-132.