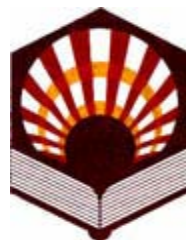


UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes

Departamento de Ingeniería Forestal



TESIS DOCTORAL

Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas

Autora: Ángela María Vásquez Correa

Directores: Dr. Esteban Alcántara Vara
Dr. Miguel Ángel Herrera Machuca

Córdoba (España), junio de 2010

TITULO: *Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas*

AUTOR: *Ángela María Vásquez Correa*

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2010
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es

ISBN-13: 978-84-693-8939-3

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes

Departamento de Ingeniería Forestal

Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas

Tesis Doctoral presentada por Ángela María Vázquez Correa, en satisfacción de los requisitos necesarios para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

La Doctoranda:



Fdo. Ángela María Vázquez Correa

Córdoba (España), Junio de 2010

Esteban Alcántara Vara, Catedrático de Universidad del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba, y Miguel Ángel Herrera Machuca, Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Córdoba,

AUTORIZAN A Doña Ángela María Vásquez Correa, Ingeniera Forestal, para la presentación del trabajo que con el título **“Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas”** ha sido realizado bajo su dirección como Tesis para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Córdoba (España), Junio de 2010.



Fdo. Esteban Alcántara Vara



Fdo. Miguel Ángel Herrera Machuca

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Esteban Alcántara Vara, que aún sin conocerme, depositó en mí toda su confianza, brindándome su constante orientación, estímulo y cariño. Sin él, la presente investigación no hubiera llegado a feliz término.

Al Dr. Miguel Ángel Herrera Machuca, por su apoyo, estímulo, cariño y disposición para hacer realidad este proyecto.

Al Maestro Universitario Álvaro Lema Tapias, por su gran cariño, constante estímulo y sugerencias realizadas al trabajo.

Al Profesor Jorge Andrés Pérez Zabala, por su invaluable ayuda para identificar y archivar las muestras botánicas de todas las especies colectadas, en el Herbario Gabriel Gutiérrez V. (MEDEL).

A los Ingenieros Forestales Jhon Byron Urrego del Departamento de Investigación de la División Forestal de Smurfit Kappa Cartón de Colombia, y Carlos Mario Ospina Penagos del Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafé) de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, por la invaluable contribución con el material para la realización de la presente investigación y por su constante interés y esfuerzo por profundizar en el conocimiento de estas fabulosas especies.

A los Ingenieros Forestales Harold Triana y Edison Isaza Ceballos de la Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá – Corpouraba; Juan Lázaro Toro y Marta Ligia Gómez de la Corporación autónoma regional del centro de Antioquia – Corantioquia; Nixon Cueva Márquez del Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas Cinoc; Fernando Berrio, Gerardo Vélez y Luís Alfonso Jaramillo de Cipreses de Colombia S.A.; César Urrego Acevedo de Empresas Públicas de Medellín; William Silva de Reforestadora el Guasimo S.A.; al señor Álvaro Posada; y a los guías Jairo Echavarría y Edismende Moreno; por su contribución para la ubicación y obtención de las diferentes especies.

A las estudiantes de Ingeniería Forestal Natalia Londoño, Ana María Moreno, Paola Andrea Ortiz y Diana Cristina Carvajal, por su participación en el desarrollo de esta investigación.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y su Director, el Profesor Rodolfo Parra Sánchez, por el apoyo y la oportunidad para continuar mis estudios.

A los profesores, laboratoristas, técnicos y personal de apoyo del Laboratorio de Productos Forestales LPF, por su extraordinaria amistad, paciencia y colaboración.

A la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes y a sus profesores, por la presente oportunidad y apoyo.

A todas las personas que colaboraron de una u otra forma en la elaboración de este trabajo, y que tienen sus nombres aquí omitidos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 La anatomía de la madera y su investigación.....	2
1.2 Anatomía de la madera de coníferas.....	5
1.3 Variabilidad de la madera.....	7
1.4 Familia Podocarpaceae	10
1.4.1 Géneros en Colombia	12
1.4.1.1 <i>Podocarpus</i>	12
1.4.1.2 <i>Prumnopitys</i>	15
1.4.1.3 <i>Retrophyllum</i>	17
2. ESTUDIO I: ANATOMÍA Y DENSIDAD DE LA MADERA DE ÁRBOLES DE PINO ROMERÓN (<i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilger) C.N. Page) DE OCHO AÑOS DE EDAD	19
2.1 Metodología.....	19
2.1.1 Área de estudio y obtención de muestras	19
2.1.2 Análisis de laboratorio.....	19
2.1.3 Análisis	23
2.2 Resultados y discusión	24
2.2.1 Variación del ancho de los anillos de crecimiento	24
2.2.2 Variación de la densidad aparente de la madera por tomografía axial computarizada (TAC).....	25
2.2.3 Variación de la densidad básica de la madera	30
2.2.4 Variación de las dimensiones de las traqueidas.....	35
2.2.5 Análisis de componentes principales.....	50
2.3 Conclusiones.....	53
3. ESTUDIO II: ANATOMÍA DE LA MADERA DE LAS PODOCARPÁCEAS COLOMBIANAS	55
3.1 Metodología.....	55
3.1.1 Áreas de estudio y obtención de muestras.....	55

3.1.2 Análisis de laboratorio.....	55
3.2 Resultados y discusión	58
3.2.1 Descripción de la madera de los individuos colectados	58
3.2.1.1 <i>Podocarpus oleifolius</i> (Municipio de Pensilvania)	58
3.2.1.2 <i>Podocarpus oleifolius</i> (Municipio de Caldas).....	61
3.2.1.3 <i>Podocarpus oleifolius</i> (Municipio de Yarumal).....	64
3.2.1.4 <i>Podocarpus oleifolius</i> (Municipio de Yolombo).....	67
3.2.1.5 <i>Podocarpus guatemalensis</i> (Municipio de Vigía del Fuerte).....	70
3.2.1.6 <i>Podocarpus guatemalensis</i> (Municipio de Yolombo).....	73
3.2.1.7 <i>Podocarpus magnifolius</i> (Municipio de Anorí)	76
3.2.1.8 <i>Prumnopitys montana</i> (Municipio de Belmira).....	79
3.2.1.9 <i>Prumnopitys montana</i> (Municipio de Murillo)	82
3.2.1.10 <i>Prumnopitys montana</i> (Municipio de Pensilvania)	85
3.2.1.11 <i>Prumnopitys harmsiana</i> (Municipio de Pereira)	88
3.2.1.12 <i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Municipio de Angostura)	91
3.2.1.13 <i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Municipio de Guatapé).....	94
3.2.2 Comparación entre especies	97
3.3 Conclusiones.....	104
3.4 Clave de identificación	106
4. CONCLUSIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	109

ANEXOS

Estudio I 119

Anexo 1. Variación axial y radial de la densidad aparente de la madera por tomografía axial computarizada (TAC) en cuatro radios de cada sección transversal, en árboles de pino romerón de la procedencia Mesitas del Colegio. AP. Altura del pecho..... 120

Anexo 2. Variación axial y radial de la densidad aparente (g/cm³) de la madera por tomografía axial computarizada (TAC) en cuatro radios de cada sección transversal, en árboles de pino romerón de la procedencia Jericó. AP. Altura del pecho..... 121

Anexo 3. Variación radial y axial de la densidad básica (g/cm³) de la madera en cada sección transversal, en árboles de pino romerón de las procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J). AP. Altura del pecho. 122

Anexo 4. Variación radial y axial de la morfología de las traqueidas I, en árboles de pino romerón de la procedencia Mesitas del Colegio (M). AP. Altura del pecho..... 123

Anexo 5. Variación radial y axial de la morfología de las traqueidas I, en árboles de pino romerón de la procedencia Jericó (J). AP. Altura del pecho. 124

Estudio II..... 126

Anexo 6. Características cuantitativas de la madera de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis. 127

Anexo 7. Características cuantitativas de la madera de las especies *Podocarpus guatemalensis* Standl. y *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N. E. Gray. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis. 128

Anexo 8. Características cuantitativas de la madera de las especies *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub. y *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis..... 129

Anexo 9. Características cuantitativas de la madera de la especie *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis. 130

FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial de <i>Podocarpus</i> (Tormo, 2007).....	13
Figura 2. Localización ensayo de procedencias de la especie <i>R. rospigliosii</i>	20
Figura 3. Secciones transversales obtenidas en cada individuo muestreado.....	21
Figura 4. Sección transversal con anillos de crecimiento delimitados.	21
Figura 5. Imagen de una sección transversal obtenida por Tomografía Axial Computarizada (TAC).....	22
Figura 6. Muestras diametrales utilizadas para determinar la variación de la densidad básica y las dimensiones de las traqueidas.	22
Figura 7. Submuestras utilizadas para determinar la densidad básica de la madera en dirección radial (médula-corteza), obtenidas de seccionar los radios a diferentes alturas del tronco.	22
Figura 8. Variación radial del ancho de los anillos de crecimiento (mm) en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	26
Figura 9. Variación radial de la densidad aparente (D_a) por tomografía axial computarizada (TAC), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	27
Figura 10. Variación axial de la densidad aparente (D_a) por tomografía axial computarizada (TAC), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %R, porcentaje de radio.....	31
Figura 11. Variación radial de la densidad básica (D_b), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	32
Figura 12. Variación axial de la densidad básica (D_b), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %R, porcentaje de radio.	34
Figura 13. Variación radial de la longitud de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	36
Figura 14. Variación radial del ancho de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y	

2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	37
Figura 15. Variación radial del diámetro del lumen de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	42
Figura 16. Variación radial del espesor de la pared de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.	43
Figura 17. Variación axial de la longitud de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.	46
Figura 18. Variación axial del ancho de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.	47
Figura 19. Variación axial del diámetro del lumen de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.	48
Figura 20. Variación axial del espesor de la pared de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.	49
Figura 21. Representación gráfica de las variables en cada componente principal.	51
Figura 22. Representación gráfica de las variables en cada componente principal, procedencia Jericó.	51
Figura 23. Representación gráfica de las variables en cada componente principal, en la procedencia Mesitas del Colegio.	52
Figura 24. Sitios de colección de las especies estudiadas.	57
Figura 25. Colección de maderas y muestras botánicas en campo.	57
Figura 26. Plano longitudinal tangencial de <i>P. oleifolius</i> (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas).	59
Figura 27. <i>P. oleifolius</i> (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Radios uniseriados. -7:	

Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm	60
Figura 28. Plano longitudinal tangencial de <i>P. oleifolius</i> (municipio de Caldas, departamento de Antioquia).	62
Figura 29. <i>P. oleifolius</i> (municipio de Caldas, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5 = 100 μm . .	63
Figura 30. Plano longitudinal tangencial de <i>P. oleifolius</i> (municipio de Yarumal, departamento de Antioquia).	65
Figura 31. <i>P. oleifolius</i> (municipio de Yarumal, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce y en la pared radial de las traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4 = 100 μm	66
Figura 32. Plano longitudinal tangencial de <i>P. oleifolius</i> (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia).	68
Figura 33. <i>P. oleifolius</i> (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Radios uniseriados. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4 y 5 = 100 μm	69
Figura 34. Plano longitudinal tangencial de <i>P. guatemalensis</i> (municipio de Vigía del Fuerte, departamento de Antioquia).	71
Figura 35. <i>P. guatemalensis</i> (municipio de Vigía del Fuerte, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Radios. -7: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm	72
Figura 36. Plano longitudinal tangencial de <i>P. guatemalensis</i> (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia).	74
Figura 37. <i>P. guatemalensis</i> (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5 y 6 = 100 μm	75
Figura 38. Plano longitudinal tangencial de <i>P. magnifolius</i> (municipio de Anorí, departamento de Antioquia).	77
Figura 39. <i>P. magnifolius</i> (municipio de Anorí, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas. -7: Trabécula. -8: Parénquima radial con paredes axiales y horizontales lisas. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6, 7 y 8 = 100 μm	78
Figura 40. Plano longitudinal tangencial de <i>P. montana</i> (municipio de Belmira, departamento de Antioquia).	80

Figura 41. <i>P. montana</i> (municipio de Belmira, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas y barras de sanio. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4,5 y 6 = 100 μm	81
Figura 42. Plano longitudinal tangencial de <i>P. montana</i> (municipio de Murillo, departamento del Tolima).....	83
Figura 43. <i>P. montana</i> (municipio de Murillo, departamento del Tolima). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas con toro bien definido. -7: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas y barras de sanio. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm	84
Figura 44. Plano longitudinal tangencial de <i>P. montana</i> (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas).	86
Figura 45. <i>P. montana</i> (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Radios uniseriados. -6: Traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5 y 6 = 100 μm . .	87
Figura 46. Plano longitudinal tangencial de <i>P. harmsiana</i> (municipio de Pereira, departamento de Risaralda).	89
Figura 47. <i>P. harmsiana</i> (municipio de Pereira, departamento de Risaralda). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas, punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas con toro bien definido. -6: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 = 100 μm	90
Figura 48. Plano longitudinal tangencial de <i>R. rospigliosii</i> (municipio de Angostura, departamento de Antioquia).	92
Figura 49. <i>R. rospigliosii</i> (municipio de Angostura, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Radio biseriado en parte. -7: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm	93
Figura 50. Plano longitudinal tangencial de <i>R. rospigliosii</i> (municipio de Guatapé, departamento de Antioquia).	95
Figura 51. <i>R. rospigliosii</i> (municipio de Guatapé, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Parénquima axial. -5: Punteaduras del campo de cruce. -6: Radio biseriado en parte. -7: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas. -8: Trabéculas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6, 7 y 8 = 100 μm	96

TABLAS

Tabla 1. Selección y dimensiones de los árboles de pino romerón.	20
Tabla 2. Número medio de anillos de crecimiento (correspondiente a cuatro determinaciones realizadas en distintos radios) a diferentes alturas: base, altura del pecho (AP), y 25, 50 y 75 % de la altura total.....	24
Tabla 3. Variación radial de la densidad aparente media de la madera por tomografía axial computarizada (TAC) en árboles de pino romerón de dos procedencias y tres clases de diámetro (CD).	28
Tabla 4. Variación axial de la densidad aparente media por tomografía axial computarizada (TAC) y del Índice de Uniformidad de la madera en árboles de pino romerón de dos procedencias y tres clases de diámetro (CD).....	29
Tabla 5. Variación radial de la densidad básica media de la madera en árboles de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.	33
Tabla 6. Variación axial de la densidad básica media de la madera en árboles de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.	35
Tabla 7. Variación radial de la longitud y ancho de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.	39
Tabla 8. Variación radial del diámetro del lumen y del espesor de la pared de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.	40
Tabla 9. Variación axial de la longitud y ancho de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias. AP, altura del pecho.	44
Tabla 10. Variación axial del diámetro del lumen y del espesor de la pared de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias. AP, altura del pecho.	45
Tabla 11. Valores y varianza para los componentes principales obtenidos en el análisis de la madera de árboles de pino romerón de ocho años de edad.....	50
Tabla 12. Resultado de las variables en cada componente principal.....	50
Tabla 13. Valores y varianza para los componentes principales obtenidos en el análisis de la madera de árboles de pino romerón de ocho años de edad, procedencia Jericó....	51
Tabla 14. Resultado de las variables en cada componente principal, procedencia Jericó.	51
Tabla 15. Valores y varianza para los componentes principales obtenidos en el análisis de la madera de árboles de pino romerón de ocho años de edad, procedencia Mesitas del Colegio.	52
Tabla 16. Resultado de las variables en cada componente principal, procedencia Mesitas del Colegio.	52

Tabla 17. Características de los sitios y árboles colectados. Para cada árbol se indica el Municipio, Departamento y altitud de colecta, además su altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP). 56

Tabla 18. Características cuantitativas de la madera de las especies *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb., *Podocarpus guatemalensis* Standl. y *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N. E. Gray. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis. 102

Tabla 19. Características cuantitativas de la madera de las especies *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub., *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub. y *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis. 103

RESUMEN

El Estudio I, consideró la variación de la densidad y las dimensiones de las traqueidas en la madera de dos procedencias de pino romerón (*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N. Page) de ocho años, en tres clases de diámetro. En cada procedencia se seleccionaron seis árboles, para cortar secciones transversales en la base, a la altura del pecho (AP) y a 25, 50 y 75% de la altura total. Se utilizó Tomografía Axial Computarizada (TAC) en cada sección, para determinar el límite de los anillos de crecimiento con base en los valores más altos de densidad, y la variación de su ancho. Esta metodología también fue utilizada para determinar la variación de la densidad aparente de la madera de médula a corteza entre 0-25, 25-50, 50-75, y 75-100%, y el Índice de Uniformidad medio para cada sección transversal. Posteriormente, de cada muestra se tomó una sección diametral para coleccionar, en su primera mitad, cuatro submuestras a 25, 50, 75 y 100% de la longitud del radio para determinar la densidad básica de la madera. En la segunda mitad se coleccionó material de los leños inicial y final en los anillos de crecimiento pares, para medir las dimensiones de las traqueidas. Los resultados obtenidos permitieron caracterizar la madera con respecto a la variación de sus características, así: (a) los anillos de crecimiento se presentaron, entre poco distintos a indistintos, con ausencia o incipiente formación de leño final; (b) la variación radial de las densidades aparente y básica presentó mayores valores próximos a la médula, que disminuyen hasta el 50% y se estabilizan o incrementan posteriormente, cerca a la corteza. Todas las dimensiones de las traqueidas presentaron incremento en dirección médula-corteza. Variación que muestra, de manera general, la formación de dos tipos de madera; la primera desde la médula hasta el octavo anillo de crecimiento, con aumentos progresivos y asociada con madera juvenil o juvenil interna. Cerca a la corteza, la madera presenta variaciones más graduales, lo que la asocia con madera de transición hacia la madera madura o juvenil externa; (c) la variación axial de las densidades aparente y básica mostró mayores valores en la base, disminución hasta la altura del pecho (AP) o el 25%, y aumento hasta el 25 ó 50%, para disminuir nuevamente hasta el 75% de la altura total. Las dimensiones de las traqueidas presentaron varias tendencias de variación axial: aumento de base a copa con una ocasional disminución entre el 50 y el 75% de la altura, valores constantes o disminución hasta el 25% y aumento posterior que permanece constante o disminuye de nuevo hacia la copa, aumento hasta la altura del pecho (AP) o el 25% y disminución posterior hasta el 75% final, o disminución hasta el 25 o 50 % de la altura y aumento hasta el 75 %; (d) la densidad aparente de la madera varió entre 0,44 y 0,64 g/cm³, sin diferencia entre las procedencias estudiadas, con media poblacional de 0,55 g/cm³. La densidad básica varió entre 0,33 y 0,40 g/cm³, con 0,37 g/cm³ para la procedencia Jericó y 0,36 g/cm³ para Mesitas del Colegio, y media poblacional de 0,36 g/cm³: El Índice de Uniformidad presentó un valor inferior para Jericó (137,68%) y superior para Mesitas del Colegio (153,37%); (e) el análisis de la variación de las características estudiadas, se mostró estrechamente relacionado y no permitió observar una diferencia marcada entre los árboles de las procedencias Jericó y Mesitas del Colegio.

En el Estudio II se realizó la descripción macro y microscópica de la madera de las seis especies de podocarpáceas existentes en territorio Colombiano pertenecientes a los géneros *Podocarpus*, *Prumnopitys* y *Retrophyllum*. La recolección de los ejemplares estudiados se realizó en bosques naturales, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Tolima, situados en la región Andina, en el centro-occidente del país. En cada localidad, se apeó un árbol de la especie allí encontrada y se coleccionó una troza de la

parte más baja en el tronco principal, de 60 a 80 cm de largo, además de sus muestras botánicas. Se seleccionaron y utilizaron los caracteres y dimensiones anatómicas microscópicas de la madera que ofrecían mejores elementos para la diferenciación de las seis especies, en la elaboración de una clave de identificación. Las características encontradas concuerdan con las reportadas por diversos autores para las mismas especies aquí estudiadas, para la familia, y para otras especies de los mismos géneros procedentes de otros lugares alrededor del mundo. Dada la notable homogeneidad entre las diferentes maderas, fueron sus caracteres cuantitativos los que brindaron una mejor posibilidad de diferenciación. Las maderas de las especies *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub y *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N. E. Gray, presentaron valores de densidad media seca al aire, superiores que en las restantes. Las diferencias entre estas dos especies se centraron en la altura de los radios, la abundancia de parénquima axial, la frecuencia de punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas axiales, el número medio de punteaduras en los campos de cruce y la frecuencia de campos con más de una punteadura. La ausencia de parénquima axial permitió diferenciar al *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub. La altura de los radios, la abundancia de parénquima axial y de punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas, la longitud de las traqueidas, el diámetro medio de las punteaduras del campo de cruce y la frecuencia de estos campos con una punteadura, fueron las características que permitieron encontrar pequeñas diferencias entre las especies *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page, *Podocarpus guatemalensis* Standl y *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb, con rangos de variación muy estrechos.

Palabras claves: Densidad, pino romerón, procedencia, traqueidas, variación radial y axial, anatomía de la madera, Podocarpaceae.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Con más de 200 millones de años de antigüedad, las podocarpaceas se encuentran hoy establecidas en una amplia variedad de ambientes, haciendo parte de la gran diversidad florística que caracteriza a los países tropicales andinos como Colombia, donde se encuentra representada por seis especies en tres de sus géneros.

El aprecio por sus maderas como materia prima para la construcción, ebanistería y elaboración de instrumentos musicales por parte de algunas comunidades locales que han efectuado un aprovechamiento no sostenible, los severos procesos de deforestación a los que han sido sometidas sus áreas de ocurrencia natural, su lento crecimiento y que frecuentemente prosperan en bosques mixtos sin su clara dominancia, han sido las causas de su disminución y pérdida en muchas regiones del país. Por esto, desde 1974 la Resolución 0316 (Instituto Nacional para el Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables y el Medio Ambiente, 1986), prohibió indefinidamente y a nivel nacional el aprovechamiento de las especies de pino colombiano, hoy incluidas en los listados nacionales de especies amenazadas (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2000).

Existen vedas vigentes establecidas por varias Corporaciones Autónomas Regionales (Corporación autónoma regional del centro de Antioquia, 2005; Toro, 2009), que prohíben el aprovechamiento del pino colombiano, chaquiro, pino romerón, pino hayuelo, pino chaquiro o pino amarillo, nombres comunes dados a las especies de los géneros *Podocarpus*, *Retrophyllum* y *Prumnopytis*. Sin embargo, su extracción se realiza de manera indiscriminada, dado que sus maderas, una vez aserradas se confunden, transportan y comercializan sin dificultad con nombres comunes alusivos a otras especies.

Esto se convierte en un enorme conflicto, dado que las autoridades ambientales facultadas para ejercer el control y seguimiento de los aprovechamientos forestales, no cuentan, por falta de estudios al respecto, con herramientas o con una institución especializada que ofrezca apoyo para diferenciar e identificar las especies una vez que la madera es transportada hacia los centros de distribución y comercialización.

Es también precario el conocimiento acerca del patrón de variación de las características de la madera en estas especies, intensamente estudiado para muchas otras alrededor del mundo y de crucial importancia en varias áreas de la investigación aplicada, como la silvicultura, la mejora genética y el procesamiento y utilización de este material que es necesario categorizar, ya que la dimensión y disposición de sus elementos anatómicos tienen gran influencia en sus propiedades (Zobel & Talbert, 1992; Marín, 1998; Burdon *et al.*, 2004).

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo central, contribuir al conocimiento de las características y propiedades de estas maderas, a través de dos estrategias. La primera consistió en caracterizar la madera de árboles de pino romerón de dos procedencias, determinando la variación de la densidad y de las dimensiones de sus traqueidas, con material procedente de una plantación experimental de pino romerón de distintas procedencias, primer ensayo de este tipo establecido en el país. En la segunda, se realizó por primera vez, la descripción macro y microscópica de las seis

especies colombianas, y se elaboro la primera clave de identificación basada en características de sus maderas, con el ánimo de ofrecer herramientas que contribuyan al control de su aprovechamiento no sostenible y posterior comercialización.

1.1 La anatomía de la madera y su investigación

A través de los años, el estudio de la anatomía de la madera se ha realizado con los más diversos objetivos.

Algunas investigaciones se han ocupado de realizar la descripción de las características anatómicas de la madera de especies poco conocidas o con características poco comunes, para diferenciarlas de otras muy parecidas, como en el caso de Heady & Evans (2005), que describieron por primera vez la madera de *Actinostrobus arenarius* C.A. Gardner (Cupressaceae), para compararla con otras especies del mismo género (*A. acuminatus* Parl. y *A. pyramidalis* Miq.), y así mismo, comparar las características de este género con las del género *Callitris*. Uetimane *et al.* (2009), estudiaron la madera de tres especies poco conocidas en Mozambique, con el objeto de generar información para su identificación y facilitar la introducción de las mismas en el mercado, a través de la selección de características anatómicas (porosidad, abundancia de poros, presencia de extractivos, espesor de la pared de las células del parénquima axial y radial) útiles para predecir importantes propiedades de la madera, como su densidad e impregnabilidad, que luego fueron confirmadas a través de mediciones directas.

Serdar *et al.* (2008), describieron la anatomía de la madera de *Flueggea anatolica* Gemici, especie endémica de Turquía y en peligro de extinción, para compararla con otras en la familia Phyllanthaceae, pudiendo concluir que posee características típicas, propias de esta familia.

García *et al.* (2009), realizan una completa revisión y discusión de la bibliografía existente en anatomía de la madera del género *Abies*, la que complementan con un detallado estudio de 33 especies, una subespecie y cuatro variedades, para encontrar, de manera general, que las especies estudiadas no mostraron diferencias diagnósticas, aunque es posible establecer diferencias entre grupos o especies a través de características cuantitativas y cualitativas. También Barbaros (2007), describió las características anatómicas en los anillos de crecimiento indentados de *Cedrus libani* A. Rich., con el objeto de caracterizar su madera.

Estudios en anatomía de maderas, también consideran la comparación de especies, para su identificación con fines filogenéticos. Es el caso de García & de Palacios (2009), al comparar 51 especies y seis géneros de la subfamilia Abietoideae (Pinaceae), para determinar la significancia sistemática de la estructura de la madera en este grupo, especialmente, la presencia de canales de resina normales y traumáticos y la estructura de los radios y del parénquima axial, características que ofrecen información filogenética.

Donaldson (2008), realizo una completa revisión acerca de la importancia de las características anatómicas, en este caso, el ángulo microfibrilar, el efecto de los factores medio ambientales sobre su variación, y su grado de heredabilidad entre especies o grupos de especies, logrando establecer que en coníferas, es mayor en la madera juvenil que en la madura, y mayor en la base de los árboles para decrecer con la altura e incrementarse ligeramente hacia la copa de los árboles. En latifoliadas, encontró el

mismo patrón, pero con menor variación y menores valores del ángulo micro fibrilar en la madera juvenil. Esta característica posee una significativa heredabilidad pero también es influenciada por los factores ambientales, se incrementa en madera de compresión y decrece en madera de tensión. En combinación con la densidad básica, el ángulo micro fibrilar muestra una fuerte relación con el módulo de elasticidad y la contracción longitudinal de las maderas.

Otros investigadores se han preocupado por establecer la relación entre la estructura anatómica de la madera y su variación, con las propiedades físicas y mecánicas de la misma. Es el caso de Yamashita *et al.* (2009), al trabajar en la determinación de las contracciones tangencial y radial de la madera en y entre árboles de *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don, la que encontraron afectada por el ángulo micro fibrilar, la densidad básica y las características de los anillos de crecimiento (densidad básica, porcentaje de leño final y ancho).

Bauch *et al.* (2006a), consideraron la evaluación de características anatómicas en *Podocarpus oleifolius* var. *macrostachyus* (Parl.) Buchholz & Gray, en Costa Rica, para encontrar un 93% de su madera formada por traqueidas, con longitud media de 4 mm y espesor de pared entre 2,5 y 4,5 μm ; contenidos de lignina entre 33,6 y 34,7%; de celulosa y hemicelulosas en proporciones típicas de otras coníferas, y bajos contenidos de extractivos que explican su moderada a baja resistencia al ataque de hongos. Densidad seca al aire entre 0,5 y 0,68 g/cm^3 y buenas propiedades de resistencia, que les permitieron recomendar la madera de esta especie para uso en exteriores, con la debida preservación.

Los tratamientos silviculturales, también han sido objeto de atención por parte de muchos investigadores. Jaakkola *et al.* (2006a), estudiaron el efecto de diferentes tratamientos de fertilización e intensidades de entresaca en el crecimiento y la densidad de la madera de *Picea abies* (L.) Karst. en Finlandia, comprobando que dichos tratamientos produjeron un significativo incremento del crecimiento radial en los árboles, pero mostraron un efecto muy pequeño en la densidad de la madera. Así mismo, Jaakkola *et al.* (2006b), analizaron el efecto de dos intensidades de entresaca en las dimensiones de las traqueidas de esta misma especie, para concluir que dichos tratamientos incrementaron la velocidad de crecimiento de los árboles, pero tuvieron muy poco efecto en la variación de las dimensiones de sus traqueidas.

El estudio del efecto de la intensidad de entresaca en el crecimiento y la densidad de la madera de *Picea abies* (L.) Karst., permitió observar que hubo incremento significativo del área basal, sin que la madera mostrara cambios marcados con respecto a su densidad (Jaakkola *et al.*, 2005).

Moglia *et al.* (2008), al estudiar la variabilidad radial en el leño de ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. de dos procedencias, pudieron concluir que ninguna de las variables estudiadas (frecuencia y diámetro de vasos, longitud de vasos y fibras, porcentaje de tejidos, tipos de vasos y radios), mostró diferencias significativas entre las mismas.

Los estudios en anatomía también permiten estudiar la dinámica del crecimiento, observando la actividad cambial y su variación con respecto a los factores medio ambientales. Fue lo que hicieron Thibeault-Martel *et al.* (2008), en el tallo y la raíz de

árboles de *Abies balsamea* (L.) Mill. y *Picea mariana* (Mill) B.S.P., para concluir que esta dinámica ocurre durante la primavera.

De igual forma, Bauch *et al.* (2006b), buscaron aumentar el poco conocimiento existente acerca del *P. oleifolius* var. *macrostachyus*, estudiaron su dinámica y cantidad de crecimiento anual en grandes altitudes, donde esta especie compite con otras latifoliadas. Evaluaron el ancho de los anillos de crecimiento y la morfología de las traqueidas que los conforman, para relacionarlas con los periodos del año en los que se dio más (abril a junio) o menos (julio a septiembre) crecimiento, analizando los factores ambientales reinantes.

El porcentaje y características de la madera juvenil de las diferentes especies, también ha sido una preocupación de investigadores como Tsuchiya & Furukawa (2009b), que estudiaron la variación radial del diámetro de los vasos, como una de las características más importantes para delimitar madera juvenil y madura en latifoliadas. Buscaron establecer una relación entre la edad de maduración del diámetro de los vasos y el crecimiento radial del tallo, para la que encontraron dos tipos de relación; una en la que la edad de maduración del diámetro de los vasos coincidió con la edad de máximo crecimiento radial, y otra en la que dicha edad de maduración coincidió con la edad en la que el incremento medio anual fue máximo.

Determinar la calidad de la madera en función del porcentaje de variación de las características del xilema ha sido el objeto de numerosas pesquisas, como la de Ishiguri *et al.* (2009), al estudiar la variación de características anatómicas (espesor de la pared de las fibras y porcentaje de vasos, fibras y parénquima) en cinco árboles de 13 años de *Paraserianthes falcataria* (L.) I.C. Nielsen, importante especie comercial en Indonesia, con el objeto de obtener información acerca de su calidad y relacionarla con su densidad básica. Fue así como encontraron que tanto el espesor de las paredes celulares de las fibras y de los vasos mostraron valores constantes en los primeros 10 cm desde la medula y un incremento posterior hacia la corteza, además de diferencias significativas en las características anatómicas estudiadas entre los cinco individuos muestreados, y que su densidad básica se vio afectada por el espesor de la pared de las fibras, pero no por el porcentaje de vasos y de fibras.

Aunque el movimiento lateral de agua y gas en el tronco de los árboles, es un importante asunto de discusión para entender su fisiología y para el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías de preservación de la madera, es muy poca la información disponible al respecto. Es por esto que Kitin *et al.* (2009), utilizaron la anatomía de la madera para estudiar el intrincado sistema de traqueidas, el área de punteaduras intertraqueales y los espacios intercelulares radiales en la madera de *C. japonica*, con el objeto de relacionar estas características, con la conductividad radial en el xilema, para encontrar que las punteaduras en las paredes radial y tangencial de las traqueidas poseen una conexión directa y pueden considerarse como una importante vía de transporte, diferente a los radios, para la conducción del agua a través de los anillos de crecimiento y desde el xilema hasta el cambium.

En muchos estudios, y en combinación con otras disciplinas relacionadas como la genética molecular y cuantitativa, la ecología y la silvicultura, la anatomía de la madera, al permitir conocer y evaluar la variación morfológica de la madera, ha

contribuido, de manera sustancial, al avance del conocimiento y manejo de su variabilidad en plantaciones forestales (Downes & Drew, 2008).

1.2 Anatomía de la madera de coníferas

Las coníferas, más antiguas y primitivas que las frondosas, poseen una constitución anatómica de la madera ó xilema más simple, menos especializada y con estructuras de menor tamaño, lo que hace que su descripción involucre un menor número de características, que al mismo tiempo, pueden resultar insuficientes para la identificación de las diferentes especies. El 90% o más de sus células se encuentran en sentido longitudinal, paralelas al eje de árbol.

A nivel macroscópico (simple vista o aumento de 5 a 10X), las coníferas presentan duramen de coloraciones marrón, roja, amarilla, blanca, combinación de estos colores, o bandas de mayor o menor intensidad en las mismas tonalidades. La diferencia de color entre el duramen y la albura, puede variar desde marcada a inexistente (IAWA Committee, 2004).

A escala microscópica (aumento de 50 a 1500X), presentan un xilema sin vasos, conformado en más del 90% por traqueidas, células alargadas unidas en sus extremos ahusados, sin perforación, y especializadas en funciones mecánicas y de conducción, y por esta razón denominadas elementos prosenquimatosos. Para cumplir la función conductora, las traqueidas poseen punteaduras en sus paredes, cuya forma, tipo y distribución, constituyen caracteres importantes en la descripción e identificación de las especies.

En las paredes de las traqueidas también pueden encontrarse engrosamientos helicoidales o en forma de Barras de Sanio, y en sus lúmenes, barras cilíndricas denominadas trabéculas, o inclusiones de resina que les dan el nombre de traqueidas resinosas.

Las diferencias en el espesor de las paredes celulares y el diámetro radial de las traqueidas axiales, es la característica que en coníferas delimita los anillos de crecimiento, que en su primera parte, están constituidos por células de paredes delgadas y amplios lúmenes que les dan una coloración más clara a nivel macroscópico, conocida como leño inicial o madera temprana. El leño final o madera tardía, en la última parte del anillo, con coloración más oscura debido a que sus células tienen paredes más gruesas y lúmenes más estrechos.

La madera también posee células isodiamétricas de paredes celulares delgadas, especializadas en el almacenamiento de sustancias y denominadas elementos parenquimatosos (García *et al.*, 2002), que se encuentran en menor cantidad y variedad en el xilema de las coníferas, llegando a estar ausentes en algunas especies. La presencia de parénquima axial, su distribución y las características de sus paredes transversales, convierten a estas células en elementos importantes para la identificación. Cuando el parénquima axial está presente, puede ser de tres tipos según su distribución: terminal o marginal (en el límite del anillo de crecimiento), metratraqueal o distribuido tangencialmente, y difuso (IAWA Committee, 2004).

También existen células de parénquima epitelial, que rodean los canales resiníferos o espacios intercelulares, en los que vierten dicho contenido. Estos canales pueden

encontrarse tanto longitudinal como transversalmente. La presencia o ausencia de canales y su localización son características útiles para la identificación de las especies.

El pequeño porcentaje de células que en el xilema de las coníferas se encuentra perpendicular al eje del árbol (dirección médula – corteza), se denominan células radiales o radios, y se caracterizan por ser muy delgados (uniseriados), constituidos por una sola línea de células. Se denominan radios homogéneos, cuando solo poseen células de parénquima, radios heterogéneos, cuando poseen parénquima y además traqueidas radiales, y radios fusiformes, cuando al ser heterogéneos, poseen además un canal de resina en su interior. La diversidad de este conjunto de células, y la morfología de sus paredes celulares, los convierten en importantes elementos de diagnóstico para la identificación de las especies.

De acuerdo con Greguss (1955), los tipos de radios descritos, responden a diversos estados evolutivos a través de los cuales han pasado hasta alcanzar su forma más compleja. Según esto, consideró en las coníferas tres grupos evolutivos, entre los cuales, las Podocarpaceae se ubican en el más primitivo, formado por las familias con radios homogéneos y paredes celulares delgadas y lisas.

Las traqueidas axiales se encuentran comunicadas con las células de parénquima radial, en secciones de sus paredes celulares denominadas campos de cruce, a través de punteaduras que constituyen uno de los caracteres de mayor valor diagnóstico en la identificación de las especies de coníferas (García *et al.*, 2002).

La madera de las diferentes especies de *Podocarpus*, género más abundante en su familia, presenta entre sus características organolépticas y macroscópicas: color uniforme amarillo a café claro; lustre bajo; olor y sabor no distintivos; livianas y suaves a moderadamente pesadas con densidad seca la aire entre 0,42 y 0,59 g/cm³; grano recto; textura fina a media; radios visibles con aumento de 5X y algunas veces a simple vista en la sección transversal; anillos de crecimiento distintos a indistintos, que en su caso están delimitados por el mayor espesor de la pared de las traqueidas en su parte final (Kribs, 1968; Mainieri, 1983).

Así mismo, Kribs (1968) considera que las diferentes especies de *Podocarpus* se caracterizan microscópicamente por la presencia de traqueidas con una fila de punteaduras, raramente dos, más numerosas en las paredes radiales; crásulas algunas veces presentes; parénquima abundante y difuso; radios uniseriados de hasta 40 células de altura, en promedio 1-15 células; traqueidas radiales ausentes; una a dos punteaduras en el campo de cruce, con aberturas ovales a lenticulares; canales resiníferos ausentes.

Greguss (1955), estableció como características macro y microscópicas comunes en el xilema de los géneros de Podocarpaceae, las siguientes:

- Anillos de crecimiento distintos a indistintos.
- Radios homogéneos con paredes lisas y delgadas, muy raramente punteadas parcialmente; de 5 a 6 de células de altura, que ocasionalmente pueden llegar hasta 50; uniseriados y esporádicamente con dos o tres células de ancho.
- Traqueidas axiales de contorno elíptico a circular y contenidos de resina.
- Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas bordeadas o simples

- Punteaduras en la pared radial de las traqueidas en una, dos y ocasionalmente tres filas.
- Engrosamientos espiralados ausentes.
- Canales de resina ausentes.
- Una punteadura por campo de cruce, y excepcionalmente dos o tres, de tipo podocarpoide o taxodioide.
- Parénquima axial con paredes horizontales delgadas y lisas.

García *et al.* (2002), reportan en varios géneros de la familia, punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide o taxodioide y en ocasiones piceoide, y ausencia de engrosamientos helicoidales en las traqueidas axiales. IAWA Committee (2004), establece además la presencia de parénquima axial difuso y punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide o taxodioide.

1.3 Variabilidad de la madera

La madera de un árbol presenta una amplia variación de sus características, que cambian individualmente de acuerdo con el género, la especie, la edad, la procedencia, y las condiciones de crecimiento, entre otras. Por esto, existe la necesidad de categorizarla, ya que la dimensión y disposición de sus elementos anatómicos tienen una gran influencia en sus propiedades (Burdon *et al.*, 2004).

La variabilidad de la madera entre árboles y dentro del mismo árbol ha sido intensamente estudiada para muchas especies alrededor del mundo. Frecuentemente la variabilidad es mayor dentro de un mismo árbol que entre los individuos de la misma especie que crecen en condiciones similares, y se presenta entre los anillos de crecimiento y en las direcciones radial y longitudinal (Zobel & van Buijtenen, 1989; Burdon *et al.*, 2004; Honjo *et al.*, 2005; Veenin *et al.*, 2005; Ishiguri *et al.*, 2005; Fan *et al.*, 2009; Tsuchiya & Furukawa, 2009a y 2009b).

Las características de las células del xilema, como las fibras y vasos en latifoliadas, o las traqueidas en coníferas, varían considerablemente, no sólo entre especies y árboles, sino también con la altura y la distancia radial en un mismo individuo. Independientemente de la altura en el tronco, las células más cortas se encuentran, usualmente, adyacentes a la médula (Honjo *et al.*, 2005).

La densidad básica es considerada una de las características más importantes en programas de mejoramiento genético (Zobel & Talbert, 1992) y es una de las más frecuentemente estudiadas para definir las propiedades mecánicas y analizar la calidad de una madera. Es una característica compleja, influenciada por el espesor de la pared celular y la proporción de los diferentes tejidos. Su variación ocurre entre especies, entre individuos de la misma especie y en un mismo árbol, y junto con la longitud de sus fibras, determinan su calidad y usos específicos (Castro *et al.*, 1993; Monteoliva *et al.*, 2005).

Panshin & de Zeeuw (1980), establecieron tres tipos de variación radial de la densidad media. El primero, que predomina en especies de maderas blandas y duras, con aumento progresivo, lineal o curvilíneo, de médula a corteza, que puede decrecer en árboles viejos, en la parte más externa. El segundo, con disminución desde la médula hasta los primeros anillos y posterior aumento hacia la corteza. El tercero, con disminución, recta o curvilínea, de médula a corteza.

Los patrones de variación permiten identificar una región central a lo largo del tronco, sobre cuya denominación existe amplia controversia, y que ha sido referida como madera juvenil debido al patrón de cambios en sus características, asociados con la actividad del cambium vascular durante ese período; se reconoce también como madera de copa, dado que su formación se encuentra asociada al tamaño de la misma, y a la cercanía de los procesos fisiológicos que tienen lugar en la copa viva del árbol; y como madera interna, pues se la encuentra en el cono central del tronco (Megraw, 1985; de Almeida, 1989; Zobel & van Buijtenen, 1989; Burdon *et al.*, 2004).

En una sección transversal, de acuerdo con el análisis del patrón radial de variación de las características anatómicas, utilizando métodos estadísticos y de interpretación visual, es posible establecer la presencia de tres tipos de madera: juvenil, de transición y madura (Alteyrac *et al.*, 2006), con límites difíciles de establecer a causa del cambio gradual en la estructura de la madera, en la que es posible encontrar una zona de madera juvenil para cada característica estudiada, pues estas se modifican de manera independiente dentro de un mismo individuo. También existen características que muestran de manera más precisa cada tipo de madera (Bhat *et al.*, 2001).

La madera juvenil es formada por un cambium juvenil, y su estructura anatómica cambia rápidamente con la edad cambial. La madera madura se forma luego que la longitud de las células cambiales fusiformes llegan a ser más o menos constantes, o se incrementan más lentamente (Tsuchiya & Furukawa, 2009a).

En coníferas, la delimitación entre estas maderas se ha hecho considerando principalmente, la variación radial de la longitud de las traqueidas, su componente más abundante y cuya longitud final es casi la misma que aquella de la célula cambial fusiforme de la cual se derivaron. Esto último, ha permitido que la longitud y diámetro de los vasos también se hayan utilizado en el caso de latifoliadas con porosidad difusa o en anillo, además de la longitud de las fibras, por su abundancia (Bailey, 1920; Kitin *et al.*, 1999).

La madera juvenil en coníferas se caracteriza por presentar menor densidad; traqueidas más cortas; menor porcentaje de leño final en los anillos de crecimiento; células con paredes más delgadas y lúmenes más amplios; menor contenido de celulosa; menor resistencia mecánica; mayor contracción longitudinal, originada por el mayor ángulo de depósito de las microfibrillas en la capa S2 de la pared secundaria, entre sus características más importantes (Panshin & de Zeeuw, 1980)

En latifoliadas, la madera juvenil presenta amplios anillos de crecimiento; fibras cortas; mayor ángulo de depósito de las microfibrillas en la capa S2 de la pared secundaria; vasos en menor cantidad, de menor diámetro y con paredes celulares más espesas. Cabe anotar, que en latifoliadas tropicales de anillo poroso, a diferencia de las coníferas o latifoliadas de zonas templadas, se observan solo pequeñas diferencias en la densidad y propiedades mecánicas entre la madera juvenil y madura, características que en algunos casos, permanecen constantes con la edad (Bhat *et al.*, 2001).

Muchos autores consideran el término madera interna como el más apropiado para referirse a la región central del tronco, y recomiendan restringir el término “madera juvenil”, tan ampliamente usado en el pasado, para denominar sólo a la madera cercana

a la médula en la parte inferior del tronco (Larson *et al.*, 2001; Amarasekara & Denne, 2002; Burdon *et al.*, 2004).

En el presente estudio, para tratar de hacer un uso adecuado de la terminología asociada, se hará referencia a la región central del tallo como madera juvenil o juvenil interna en la base, y como madera madura interna en la parte alta del mismo. La región periférica del tallo será denominada como madera madura o juvenil externa en la base y como madera madura externa en la parte media y alta del árbol.

La variación de la densidad de la madera con la altura del árbol, no presenta un modelo definido y ofrece informaciones contrastantes en las diferentes investigaciones (de Souza *et al.*, 1986).

Panshin & de Zeeuw (1980) presentan tres modelos de variación axial en un árbol. El primero con disminución uniforme hacia la copa; el segundo, con disminución hasta la mitad del fuste y aumento posterior hacia la copa; y finalmente, el tercero, con aumento desde la base hacia la copa, sin un patrón uniforme.

En el género *Eucalyptus*, de Souza *et al.* (1986), observaron de manera frecuente el segundo modelo, con disminución hasta el 50% de la altura y aumento posterior hasta la copa, pudiendo mostrar una nueva disminución cerca de esta última.

Es entonces muy claro, que una de las mayores diferencias de la madera con respecto a otros materiales es su gran variabilidad y complejidad, pues además de estas causas de variación internas, también el manejo silvicultural y las diferentes procedencias afectan el crecimiento y rendimiento, y en consecuencia el desarrollo del tronco y las propiedades de la madera, a través de la interacción entre el crecimiento de los árboles y las condiciones ambientales en las que se establecen. En la Industria forestal, donde incluso pequeños cambios en las propiedades de la madera pueden ser extremadamente importantes, existe la necesidad de una profunda comprensión de cómo los factores ambientales, la estructura del bosque y su manejo, afectan el crecimiento de los árboles dentro de un rodal y consecuentemente las características de la madera (Ikonen *et al.*, 2008).

Adicionalmente, no es posible asumir que las especies o procedencias tendrán las mismas características en sus maderas, cuando son cultivadas en un nuevo ambiente, lo que también hace necesaria su evaluación (Stanger, 2003).

Los estudios acerca de la procedencia de las especies, asociadas a la variación de la calidad de la madera, muestran que puede haber acentuadas variaciones de sus propiedades entre procedencias, o así mismo, que pueden no existir variaciones con respecto a las mismas. La tendencia predominante ha sido la presencia de una mayor variación entre árboles que entre procedencias, que a su vez, es mayor que la variabilidad entre especies (de Souza *et al.*, 1986).

Por ejemplo, en *Eucalyptus*, de Souza *et al.* (1986), encontraron diferencias altamente significativas de la densidad básica entre procedencias, con mayores valores en la clase de diámetro dominante, en la base y próximos a la copa de los árboles. De igual forma, Stanger (2003), evaluando la densidad de la madera en varias procedencias mexicanas

de *Pinus patula* Schlttdl. & Cham., encontró también diferencias significativas entre las mismas.

Pero Savva *et al.* (2002), al determinar la variación de ocho características anatómicas (ancho de los anillos de crecimiento, ancho y densidad de los leños inicial y final, densidades máxima y mínima y porcentaje de leño final) en 16 procedencias de *Pinus sylvestris* L. en Siberia central, observaron que el ancho y porcentaje de leño final y la densidad máxima presentaron una tendencia a decrecer con el incremento de la latitud de origen de las procedencias. Para muchas de las procedencias, la variabilidad de las características seleccionadas reflejó una clara influencia del clima, concluyendo que las condiciones climáticas determinaron el 85% de la variabilidad del crecimiento radial y de la densidad de la madera.

Así mismo, estudiando diferencias en la densidad básica de la madera, morfología de sus fibras, composición química y rendimiento de pulpa, en cuatro procedencias de nueve años de *Eucalyptus globulus* Labill., plantadas en tres sitios, pudieron concluir que ni las procedencias ni los sitios tuvieron un efecto significativo en la densidad de la madera, pero sí fueron causas de variación para la longitud de las fibras, el espesor de la pared celular, el diámetro del lumen, la cantidad de extractivos, y el rendimiento de la pulpa (Miranda & Pereira 2002).

No existe una relación directa entre crecimiento en diámetro y densidad de la madera. Muchos autores consideran que a mayor crecimiento radial, menor es la densidad y que existe una mayor variación de esta propiedad de la madera en las clases de menores diámetros, pero las investigaciones al respecto, no logran ser concluyentes (de Souza *et al.*, 1986).

Lo que resulta contradictorio, es precisamente que esta amplísima y muy complicada variación de las propiedades de la madera, es la que ofrece una mejor eficiencia en la selección y una mejor oportunidad para modificar tales características, hacia mayores o menores valores, en las siguientes generaciones.

1.4 Familia Podocarpaceae

Las gimnospermas se agrupan en la división XVI de Engler, dentro de la cual, la familia Podocarpaceae se clasifica en la Clase 2ª Coniferopsidos, en su Orden 2º Coniferales, que agrupa a las especies maderables más importantes. Toma su nombre del género *Podocarpus* (podós = pie, carpós = fruto), al que pertenecen el mayor número de sus especies (Marín, 1998; García *et al.*, 2002).

Su origen se remonta al Paleozoico, unos 220 millones de años atrás, y posteriormente, evolucionaron en toda la extensión del Mesozoico, cuando, con otras gimnospermas, fueron los vegetales dominantes en la tierra. Más tarde, con la súbita aparición y diversificación de las angiospermas en el Cretáceo, las coníferas arbóreas sufrieron una virtual eliminación de los trópicos y un decrecimiento en muchos otros ecosistemas terrestres. Hoy son dominantes sólo en grandes latitudes, en bosques subalpinos, en regiones áridas y en suelos pobres y mal drenados (Pereira, 1973; Marín, 1998; Coomes *et al.*, 2005).

Ocasionalmente sus fósiles han sido reportados en el hemisferio norte, lo que sugiere la dispersión de algunas especies hasta Lawrasia, pero es una familia esencialmente del hemisferio sur, en el antiguo supercontinente Gondwana que incluía a las actuales India, Australia, África, Sur América, Antártica, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia, Nueva Guinea y Madagascar, y que comenzó a fragmentarse hace más de 120 millones de años. Géneros compartidos entre Nueva Zelanda y Sur América (uno de ellos, *Prumnopitys*) sugieren su antigua y amplia distribución a través del sur de Gondwana. Posee una larga historia en la que ha demostrado su eficiente habilidad para competir y existir hasta nuestros días, cuando aún es parte importante de la vegetación (Pereira, 1973; Kelch, 1997; Hill & Brodrigg, 1999).

Tres grandes áreas de las regiones tropicales y del hemisferio sur se encuentran ocupadas por especies de la familia Podocarpaceae. La primera, comprende el Sur de Japón y China, Nepal, Sumatra hasta Australia, incluyendo a Tasmania y Nueva Zelanda, hasta el norte, en las Islas Fiji y Filipinas. La segunda, el Sur de África y Madagascar, hasta pocos grados al norte del Ecuador. Y la tercera, en América del Sur y Central hasta el norte, casi hasta el Trópico de Cáncer, incluyendo las Antillas. Su lugar de origen, se encuentra en la primera de estas áreas, donde está representado el mayor número de sus especies, particularmente en Nueva Caledonia (ocho géneros), Nueva Zelanda (ocho géneros) y Tasmania (cinco géneros). Presenta menor dispersión en Malasia y Sur América (Pereira, 1973; Kelch, 1997; Becerra *et al.*, 2002; Quinn & Price, 2003; Barker *et al.*, 2004).

En Sur América, los Andes, con abundantes ríos como vectores de diseminación, se convirtieron en el centro de dispersión de los géneros y especies de podocarpaceas, cuya migración hacia el norte se evidencia por la existencia de granos de polen fósil en el Caribe colombiano durante todo el Oligoceno, entre 24 y 36 millones de años atrás, y que luego continuo hacia Centroamérica, cuando se cerró la comunicación entre los océanos Atlántico y Pacífico, hace unos tres millones de años (Pereira, 1973; Dueñas, 1986; Duque, 1993).

Esta familia es la más diversa entre las coníferas, tanto morfológica como ecológicamente, con 18 a 19 géneros y 170 a 200 especies de árboles y arbustos siempre verdes. Los géneros *Podocarpus* L'Hér. ex Pers. y *Dacrydium* Sol. ex Forst., poseen el mayor número de especies y la mayor diversidad. El mayor número de especies de *Podocarpus* se encuentra en Sur América y en las Islas de Indonesia, estas últimas, también con la mayor diversidad de especies de los géneros *Dacrydium* y *Dacrycarpus* (Kelch, 1997; Barker *et al.*, 2004).

En Sur América existen los géneros *Lepidothamnus*, *Saxegothaea*, *Prumnopitys*, *Retrophyllum* y *Podocarpus*, este último representado por unas veinte especies, mientras que en Centroamérica solo existen cinco especies del género *Podocarpus* y una del género *Prumnopitys* (Marín, 1998; Becerra *et al.*, 2002).

La madera de las podocarpaceas es de excelente calidad, dada su alta durabilidad natural, lo que le ha dado, un buen valor comercial para construcción de casas, muebles y barcos. Posee densidad seca al aire por encima de 0,60 g/cm³; punteaduras uniseriadas en la pared radial de las traqueidas axiales; parénquima axial difuso frecuente en muchas especies; una a dos punteaduras por campo de cruce, tipo cupresoide o taxodioide; presencia de trabéculas y barras de sanio o crásulas; y radios homogéneos

con paredes axiales y horizontales delgadas y lisas (García *et al.*, 2002; IAWA Committee, 2004).

1.4.1 Géneros en Colombia

1.4.1.1 *Podocarpus*

Es el más importante, numeroso y ampliamente distribuido de la familia (Figura 1), con 105 a 107 especies desde Tasmania y Nueva Zelanda, hasta África y América, algunas de las cuales, se destacan por su gran tamaño y por la excelencia de su madera. En América y las islas del Caribe se encuentran más de 25 de sus especies, que en el continente se distribuyen en regiones montañosas desde los 20° de latitud norte en el Sur de México, hasta el Sur de Chile en los 49° de latitud sur (Record & Hess, 1943; de Laubenfels, 1985; Marín, 1998; Barker *et al.*, 2004). Pueden nombrarse:

P. reichei Buchholz et N. E. Gray, en México;
P. coriaceus Rich. & A. Rich., en República Dominicana, Guadalupe, Martinica, Trinidad, Montserrat, Santa Lucia y Puerto Rico;
P. hispaniolensis de Laubenfels y *P. aristulata* Parlatore, en Republica Dominicana;
P. purdieanus Hooker y *P. urbanii* Pilger, en Jamaica;
P. trinitensis Buchh. & Gray, en Trinidad;
P. ekmanii Urman, *P. angustifolius* Grises, *P. leonii* Carabia y *P. victorianus* Carabia, en Cuba;
P. pendulifolius Buchholz & Gray, en Venezuela;
P. lambertii KL. y *P. sellowii* KL., en Brasil;
P. glomeratus D. Don in Lambert., en los andes de Bolivia, Ecuador y Perú;
P. ingensis y *P. rusbyi*, en Bolivia
P. oleifolius, en América Central y occidente suramericano
P. parlatorei Pilger, en el sur de Perú, Bolivia y noroeste de Argentina
P. nubigena Lindl. y *P. saligna* D. Don, en Argentina y Chile
P. guatemalensis Standl., desde el sur de México hasta el norte de Sur América en Colombia y Venezuela
P. magnifolius J. Buchholz & N. E. Gray, desde Bolivia hasta Venezuela.
(Beard, 1944; Gert, 1949; Longwood, 1962; FAO, 1967; van der Slooten *et al.*, 1970; Mainieri & Pires, 1973; Rodríguez *et al.*, 1983; de Laubenfels, 1984; Torres, 1988; Lorenzi 1992; Rodríguez & Ruiz, 1996; Sánchez, 1997; Becerra *et al.*, 2002; García *et al.*, 2002; López & Montero, 2005; Contreras *et al.*, 2006; Araújo & Zenteno, 2006; Fra *et al.*, 2007; Unión mundial para la naturaleza, 2007;
<http://www.cites.es/citesapp/El+Convenio+CITES/ElConvenioCITES>).

Los nombres comunes más usados en América son: Yacca (Jamaica) sabina, sabina cimarrón (Cuba); bois lubin (Haití); ciprés, ciprés de montaña (Guatemala, Honduras); ciprecillo, cobola, lorito, cipresillo lorito (Costa Rica); caobilla (Puerto Rico); pino natural (Trinidad y Tobago); pino blanco (Panamá); chaquiro, chaquiro clavel, pino chaquiro, chaquito, pino, pino blanco, pino colorado, pino criollo, pino de pacho (Colombia) pino, castañeto, pinabete, pino aparrado, pino catañeto, pino de Castilla, pino romero, pino veti, granadillo (Venezuela); sisín sumí (Ecuador); pino del cerro, pino blanco, pino montano (Perú, Bolivia, Argentina) pinheirinho, pinho bravo, pinheiro bravo, pinheiro do mato, pinho brabo, atambu açu (Brasil); mañiu, pino amarillo, mañio hembra, mañio macho (Argentina); mañio de hojas largas, mañio de hojas punzantes,

mañío de la frontera, pino mañío, mañiú, mañío, manilihuan, lleúque, mañío chilote (Chile) (Gert, 1949; Longwood, 1962; Kribs, 1968; Mainieri & Pires, 1973; Rodríguez *et al.*, 1983; Lorenzi, 1992; Rodríguez & Ruiz, 1996; Hammel *et al.*, 2003; <http://www.cites.es/citesapp/EI+Convenio+CITES/EIConvenioCITES.htm>).



Figura 1. Distribución mundial de *Podocarpus* (Tormo, 2007).

Muchas especies se utilizan como ornamentales debido a su atractivo follaje. Su madera es utilizada localmente para postes de conducción (preservada), construcción, botes, pisos, revestimientos, muebles, gabinetes, tonelería para miel, talla, tornería, traviesas para ferrocarril, tablilla de entarimados, pulpa para papel, revestimiento de interiores, artículos deportivos, artesanías, embalaje para alimentos, chapas y contrachapados y mangos para herramientas. Adicionalmente, posee importantes cantidades de extractivos (Record & Hess, 1943; Kribs, 1968; van der Slooten *et al.*, 1970; Rodríguez *et al.*, 1983; Lorenzi, 1992; Becerra *et al.*, 2002; <http://www.cites.es/citesapp/EI+Convenio+CITES/EIConvenioCITES.htm>).

En Colombia este género está representado por tres especies.

P. oleifolius D. Don ex Lamb.

Sinonimia botánica

P. macrostachys Parl.,

P. macrostachyus Parl. in DC.,

P. monteverdeensis de Laub.,

P. oleifolius var. *costaricensis* J. Buchholz & N. E. Gray,

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

P. oleifolius var. *equadorensis* Silba,

P. oleifolius var. *trujilensis* Buchholz & N. E. Gray.

(Hammel *et al.*, 2003; Missouri Botanical Garden's VAST, 2009).

Conocido comúnmente como: Pino de cerro, pino de monte (Bolivia); saucecillo (Perú); romerillo blanco, romerillo azuceno, sisin (Ecuador); pino, pinarete, pinete (Venezuela); chaquiro, chaquiro liso, chaquiro indio, pino colombiano, pino chaquiro, pino criollo, ají, hayuelo, pino real, pino amarillo (Colombia); cipresillo blanco en (Costa Rica); ciprés de montaña, chilca, chilca real, ciprés y ciprés real (Honduras) ciprés (Guatemala y Honduras) (Longwood, 1962; Veillon, 1962; Molina, 1964; Pasaca, 1983; Zevallos,

1988; Benítez & Montesinos, 1988; Torres, 1988; Parent, 1989; van der Slooten *et al.*, 1970; Arévalo & Londoño, 2005; Araújo & Zenteno, 2006).

Se distribuye en América Central (sur de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Panamá) y occidente suramericano (Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia) (Longwood, 1962; van der Slooten *et al.*, 1970; JUNAC, 1981b; García *et al.*, 2002; Araújo & Zenteno, 2006). En Colombia se encuentra entre 1800 y 3700 m de altitud, en las cordilleras Central y Oriental (Torres, 1988).

Los caracteres organolépticos y macroscópicos de la madera son: Albura amarilla rojiza clara o de color crema y duramen amarillo rojizo o marrón pálido, con transición gradual de albura a duramen; anillos de crecimiento observables a simple vista o con aumento de 10x y distribución irregular; grano recto; veteados suaves; poco brillante; textura fina y uniforme; olor y sabor ausentes o no distintivos; traqueidas difícilmente visibles con aumento de 10x; parénquima moderadamente observable con aumento de 10x, abundante y difuso; radios visibles a simple vista en el plano longitudinal radial, inconspicuos en el plano transversal, no visibles en el plano longitudinal tangencial con aumento de 10x; densidad seca al aire entre 0,5 y 0,68 g/cm³ (van der Slooten *et al.*, 1970; JUNAC, 1981b; Bauch *et al.*, 2006a).

Los caracteres microscópicos de la madera son: Anillos de crecimiento poco o nada diferenciados; canales resiníferos axiales ausentes; traqueidas de sección cuadrada, de 640 a 870 por mm², hasta 900 por mm², longitud media (3 a 4 mm), espesor de pared entre 2,5 y 4,5 µm, diámetro medio de 40 a 45 µm; engrosamientos helicoidales ausentes; punteaduras areoladas de diámetro medio (8 a 10 µm), muy escasas en las paredes tangenciales; punteaduras areoladas en las paredes radiales, redondeadas de abertura circular y en filas uniseriadas y biseriadas, diámetro medio de 18 a 24 µm; crásulas fácilmente observables en el plano longitudinal radial; parénquima axial presente, disperso con contenidos de resina y paredes transversales lisas; radios uniseriados, bajos a muy bajos, de 0,15 a 0,21 mm y 1 a 7 células de altura, que pueden llegar hasta 20 células, en promedio 90 por mm², homogéneos, con células de paredes axiales y horizontales lisas y depósitos resiníferos; conductos resiníferos radiales y contenidos orgánicos e inorgánicos ausentes; punteaduras del campo de cruce tipo piceoides y/o cupresoide, de 1 a 2 por campo, con diámetro medio de 5 a 10 µm (van der Slooten *et al.*, 1970; JUNAC, 1981b; García *et al.*, 2002; Bauch *et al.*, 2006a).

Entre las propiedades de la madera, pueden mencionarse, que es moderadamente blanda y liviana (densidad seca al aire de 0,53 g/cm³ y básica de 0,46 g/cm³); fácil a moderadamente difícil de secar al aire, sin defectos; fácil de labrar con herramientas manuales y en procesos de maquinado, ofrece buen acabado; moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos con duración en uso exterior de 5 a 10 años. En baño caliente-frío con preservante oleosoluble, la albura y el duramen presentaron absorción alta (282 y 266 kg/m³, respectivamente) y penetración total, en vacío-presión con la misma sustancia, la albura y el duramen presentaron absorción alta (364 kg/m³) y penetración total, con sales hidrosolubles por este último método, tanto la albura como el duramen presentaron absorción alta (586 y 574 kg/m³, respectivamente) y penetración total. Otros autores la han calificado como una madera moderadamente difícil de tratar por los sistemas de vacío-presión o inmersión, donde la albura presenta retención de 100 a 150 kg/m³ y el duramen de 50 a 100 kg/m³ (van der Slooten *et al.*, 1970; Escobar & Rodríguez, 1995; Arévalo & Londoño, 2005).

La madera es utilizada para estructuras, pulpa, papel, cajas, fósforos, ebanistería, muebles, chapas decorativas, embalajes, encofrados, parquet, postes para líneas aéreas, talla, tableros de viruta y fibra, lápices, paneles, revestimiento de interiores, traviesas (van der Slooten *et al.*, 1970; JUNAC, 1981b; Escobar & Rodríguez, 1995).

P. guatemalensis Standl.

Sinonimia botánica

P. allenii Standl.,

P. guatemalensis var. *allenii* (Standl.) Buchholz & N. E. Gray,

P. guatemalensis var. *pinetorum* (Bartlett) Buchholz & N. E. Gray,

P. pinetorum Bartlett.

(Hammel *et al.*, 2003; Missouri Botanical Garden's VAST, 2009).

Conocido comúnmente como: Pino chaquiro, pino, pino colombiano, chaquiro (Colombia); pinotea (Panama) ciprecillo, pinillo (Costa Rica); ocotillo (Venezuela), ciprés, madera amarilla (Honduras Británica) (Longwood, 1962; López & Montero, 2005).

Se distribuye en Centroamérica, y es común en la zona atlántica, desde el sur de México hasta el norte de Sur América en Colombia y Venezuela, donde crece en tierras bajas con climas húmedos y muy húmedos, entre 50 y 1500 m de altitud y precipitaciones superiores a 2500 mm anuales. Es una especie escasa que crece siempre en lomas o áreas bien drenadas (Longwood, 1962; López & Montero, 2005). En Colombia se ha observado en altitudes entre 0-1100 m, en el Choco y la Amazonia (Mocoa - Putumayo, serranía El Churumbelo, medio Caquetá, sector de Araracuara). Fue posiblemente abundante en el valle medio del Magdalena, donde actualmente es escasa con tendencia a desaparecer (Torres, 1988; López & Montero, 2005).

La madera se considera fina, y es empleada para postes para líneas aéreas, construcción, traviesas, muebles, pisos, chapas para triples, cajas, cajones, formaletas, carpintería y ebanistería, fabricación de tablilla, tableros de viruta y de fibra, pulpa para papel y lápices. Se han determinado algunos usos potenciales como parquet, chapas decorativas, talla, paneles, revestimiento de interiores y encofrados, vigas, viguetas, marcos de escalera, paneles y montajes. Por su follaje lustroso los árboles pueden emplearse como ornamentales (López & Montero, 2005).

P. magnifolius J. Buchholz & N. E. Gray

Conocido comúnmente como: Pino indio, chaquiro, chaquiro dulce (Col.)

Se distribuye desde Bolivia hasta Venezuela y Panamá entre 400 y 1900 m de altitud. En Colombia se ha encontrado en el Darién, Caquetá, y algunas regiones de la cordillera Central. (Mainieri & Pires, 1973; Torres, 1988; Sánchez, 1997).

1.4.1.2 *Prumnopitys*

Aunque este género fue descrito en 1861, sólo hasta 1978 no se separó y diferenció del género *Podocarpus*. En la actualidad, muchos textos consideran sus especies en este último género, o como sus sinónimos (Mill & Quinn, 2001).

Las nueve especies actuales de *Prumnopitys* (Farjon, 2001), se encuentran distribuidas a ambos lados del Pacífico, lo que indica su origen en la flora Antártica, en el antiguo

supercontinente de Gondwana. Cuatro especies crecen en Australasia; dos en Nueva Zelanda (*P. taxifolia* (Banks & Sol. ex D. Don) de Laub. y *P. ferruginea* (G. Benn. ex D. Don) de Laub.), una en Australia (*P. ladei* (F.M. Bailey) de Laub.) y otra en Nueva Caledonia (*P. ferruginoides* (Compton) de Laub.). Cinco se distribuyen entre Sur y Centro América: *P. andina* (Poepp. & Endl.) de Laub. en Chile y Argentina, *P. montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub y *P. harmsiana* (Pilger) de Laub. de Venezuela a Bolivia, *P. exigua* de Laub. ex Silba en Bolivia y *P. standleyi* J. Buchholz & N.E. Gray en Costa Rica (Stockey & Frevel, 1997; Mill *et al.*, 2004).

Varias especies de *Prumnopitys* poseen maderas de excelente calidad para la construcción, aunque crecen lentamente y son sobreexplotadas en sus lugares de origen, y por ende, escasas. Los frutos de *P. andina* (Lleuque) son de agradable sabor y consumidos por los nativos americanos en Chile, el árbol es utilizado como ornamental (Mill & Quinn, 2001).

En Colombia este género está representado por dos especies.

P. montana (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.

Sinonimia botánica

Dacrydium distichum D. Don,

Nageia montana (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kuntze,

Podocarpus montanus (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Lodd. ex Britton,

P. montanus var. *densifolius* (Kunth) Buchholz & N.E. Gray,

P. montanus var. *meridensis* Buchholz & N.E. Gray,

P. taxifolius Kunth,

P. taxifolius var. *densifolius* Kunth,

Stachycarpus meridensis (Buchholz & N.E. Gray) Gaussen,

S. montana (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Gaussen,

S. taxifolia (Kunth) Tiegh,

Taxus montana Humb. & Bonpl. ex Willd.

(Missouri Botanical Garden's VAST, 2009).

Conocido comúnmente como: Pino, pino aparrado, pino de castilla, pino rojo (Venezuela); chaquiro, pino colombiano, pino rial, pino real, diomato, pino de montaña, pino rojo (Colombia); romerillo hembra (Perú); romerillo, romerillo colorado (Ecuador). (Schnee, 1973; Cheng & Sabogal, 1982; Pasaca, 1983; Parent, 1989).

Se distribuye de Venezuela a Bolivia, entre 1800 y 3100 m de altitud. En Colombia se encuentra en las cordilleras Central y Oriental y al sur del país, en altitudes entre los 1800 y 3200 m (Torres, 1988; Marín, 1998).

Los caracteres organolépticos y macroscópicos de la madera son: Albura blanco parduzca y duramen pardo amarillento; sin olor ni sabor; grano recto a oblicuo; textura fina; buen lustre; vetado medio; anillos de crecimiento poco visibles a simple vista (Aróstegui & Sato, 1970).

Su madera presenta tendencia a rajarse durante el secado; buenas características de trabajabilidad y fácil acabado; densidad seca al horno de 0,56 g/cm³ y básica de 0,53 g/cm³. Se utiliza para construcción estructural, carrocerías, encofrados, cubiertas de

naves y buques, carpintería y ebanistería, mangos de herramientas, pisos y durmientes (Aróstegui & Sato, 1970).

P. harmsiana (Pilg.) de Laub.
Sinonimia botánica
Podocarpus harmsianus Pilg.,
Podocarpus utilior Pilg.,
Stachycarpus harmsiana (Pilg.) Gaussen,
S. utilior (Pilg.) Gaussen
(Missouri Botanical Garden's VAST, 2009).

Conocido comúnmente como: Granadillo, pino (Venezuela); chaquiro, pino (Colombia); pino rojo (Bolivia); diablo fuerte, romerillo rojo (Perú) (Veillon, 1962; Torres, 1988; Acevedo & Kikata, 1994; Vaca, 2003; Araújo & Zenteno, 2006).

Se distribuye de Venezuela a Bolivia. En Colombia se encuentra en las cordilleras Central y Oriental entre 1600 y 2000 m de altitud (Torres, 1988).

Los caracteres organolépticos y macroscópicos de la madera son: Seca al aire, la albura es de color amarillo claro y el duramen rojizo; anillos de crecimiento no diferenciados; grano recto a oblicuo; textura fina y homogénea; brillo medio a elevado; veteados ausentes; densidad básica de 0,53 g/cm³; albura susceptible al ataque de insectos; traqueidas no visibles con aumento de 10x (Acevedo & Kikata, 1994).

Los caracteres microscópicos de la madera son: Sin parénquima axial; radios homogéneos, uniseriados, con altura de 15 a 450 µm; traqueidas con diámetro tangencial de 18 a 71 µm y espesor de la pared celular de 0,6 µm; punteaduras areoladas con abertura lenticular incluida; campos de cruce con punteaduras tipo taxodioide (Acevedo & Kikata, 1994).

1.4.1.3 *Retrophyllum*

Este género posee cinco especies: *R. minus* (Carrière) C.N. Page y *R. comptonii* (J. Buchholz) C.N. Page, endémicas de Nueva Caledonia; *R. vitiense* (Seem.) C.N. Page en Fiji, Nueva Guinea y otras islas de Indonesia y Milanesia; *R. piresii* (Silba) C.N. Page, reportada en la Sierra de Pacas Novos en Brasil; y *R. rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page, en la región tropical de Sur América, incluyendo a Colombia (Silba, 1983; Herbert *et al.*, 2002).

R. rospigliosii (Pilg.) C.N. Page
Sinonimia botánica
Podocarpus rospigliosii Pilg.,
Nageia rospigliosii (Pilg.) de Laub.,
Decussocarpus rospigliosii (Pilg.) de Laub.
(Missouri Botanical Garden's VAST, 2009).

Conocido comúnmente como: Pino laso, pinabete real, pinabete y pino real (Venezuela); ulcumano, saucecillo, romerillo blanco (Perú); romerillo fino, romerillo rojo (Ecuador); pino de monte (Bolivia); pino, pino hayuelo, pino romerón, pino de

pacho, pino silvestre, chaquiro crespo, chaquiro colorado (Colombia). (Veillon, 1962; JUNAC, 1981b; Zevallos, 1988; Torres, 1988; Acevedo & Kikata, 1994; Vaca, 2003).

Se distribuye en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En Colombia se encuentra en las cordilleras Central y Oriental, entre 1550 y 3750 m de altitud (Veillon, 1962; JUNAC, 1981a; Torres, 1988; Marín, 1998).

Los caracteres organolépticos y macroscópicos de la madera son: Albura crema amarillenta con transición abrupta a duramen rojo amarillento anaranjado, aunque en condición seca al aire, no se observa diferencia entre albura y duramen, ambos de color marrón amarillento; olor y sabor ausentes o no distintivos; anillos de crecimiento ausentes a ligeramente definidos por reducción del diámetro radial de las traqueidas, con transición gradual entre los leños inicial y final; grano recto; textura fina y brillo mediano; veteado suave en arcos superpuestos y bandas paralelas; liviana a moderadamente dura y pesada con densidad básica de 0.41 g/cm^3 ; susceptible al ataque de insectos; traqueidas y radios ligeramente visibles con aumento de 10x; parénquima invisible con aumento de 10x; sin canales resiníferos axiales ni radiales (JUNAC, 1981b; Acevedo & Kikata, 1994; León & Espinoza, 1997).

Los caracteres microscópicos de la madera son: Parénquima axial difuso y en bandas, con paredes transversales lisas, inclusiones resinosas; radios homogéneos, uniseriados (ocasionalmente biseriados), con altura de 1 a 27 células y de 83 a 304 μm ; traqueidas con diámetro tangencial entre 46 y 58 μm , espesor de pared celular de 3,7 μm , presencia de crásulas, trabéculas y engrosamientos espiralados, con punteaduras uniseriadas y biseriadas, opuestas con diámetro de 15 a 21,5 μm ; campo de cruce con punteaduras tipo taxodioide y cupresoide, de una a dos punteaduras por campo (JUNAC, 1981b; Acevedo & Kikata, 1994; León & Espinoza, 1997).

La madera es utilizada para pulpa y papel, muebles, revestimientos, chapas decorativas, ebanistería y construcción (JUNAC, 1981b; León & Espinoza, 1997).

2. ESTUDIO I: ANATOMÍA Y DENSIDAD DE LA MADERA DE ÁRBOLES DE PINO ROMERÓN (*RETROPHYLLUM ROSPIGLIOSII* (PILGER) C.N. PAGE) DE OCHO AÑOS DE EDAD

2.1 Metodología

2.1.1 Área de estudio y obtención de muestras

Las muestras se obtuvieron en un ensayo de procedencias de la especie *R. rospigliosii*, establecido por el Departamento de Investigación Forestal de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Colombia, en junio de 1998. Está localizado en el departamento del Cauca, municipio de Popayán, finca La Claridad (N 2°26'790", W 76°33'59" y 1.905 m de altitud), en bosque húmedo premontano (bh-P), precipitación promedio anual de 1.365 mm y temperatura media anual de 19,1°C, dos temporadas lluviosas, entre marzo y mayo y entre septiembre y diciembre (Holdridge, 1987), suelos con textura franco arcillosa, profundidad efectiva del primer horizonte entre 0 y 35 cm y drenaje de lento a moderadamente bien drenado (Figura 2).

Las plántulas se produjeron en vivero, a partir de semillas recolectadas de árboles en condiciones naturales en siete procedencias. La plantación se realizó con espaciamento de 3,5 x 3,5 m, con previa aplicación de herbicida, 70 g de N.P.K. (10-30-10) y 15 g de Bórax al 48%, en el fondo de hoyos de 40 x 40 x 40 cm. El diseño fue en parcelas con 16 árboles por procedencia, sorteadas en cuatro bloques en una superficie de ocho hectáreas y pendiente del 25%.

Se seleccionaron dos procedencias con la misma fecha de plantación: Mesitas del Colegio, en el departamento de Cundinamarca (bloques I, II, III y IV) y Jericó, en el departamento de Antioquia (bloques I, II y III). Con base en la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los individuos en las parcelas de ambas procedencias, se distribuyeron en tres clases de diámetro, con altura total y DAP medios. Para efectos prácticos, en adelante los árboles serán identificados por la inicial de su procedencia y un número, 1 y 2 para los dominantes, 3 y 4 para los intermedios y 5 y 6 para los dominados (Tabla 1).

En cada procedencia se seleccionaron seis árboles al azar, dos por clase diamétrica, en lo posible con tronco cilíndrico, recto, sin bifurcaciones u otros defectos, aunque fue casi imposible evitar la presencia de abundantes nudos y concavidades en el tronco de los individuos. De manera general puede observarse como los árboles de la procedencia Mesitas del Colegio presentaron mayor altura y DAP medios, que aquellos de la procedencia Jericó (Tabla 1). Después de su apeo, se midió la altura total y se cortaron cinco secciones transversales de 3 cm de espesor: en la base, a la altura del pecho (AP), y a 25, 50 y 75% de la altura total (Figura 3).

2.1.2 Análisis de laboratorio

Para determinar la variación del ancho de los anillos de crecimiento, las muestras se secaron al aire en condiciones de laboratorio hasta alcanzar un contenido de humedad entre el 15 y el 25%, y se pulieron con lijas desde grano 60 hasta 800 para resaltar el límite de los anillos de crecimiento. Se confirmó la presencia de anillos poco acentuados, lo que hizo realmente difícil la tarea de delimitarlos en las secciones

transversales a pesar de un cuidadoso y largo proceso de lijado de la madera. Fue necesario utilizar Tomografía Axial Computarizada (TAC) en cada sección transversal, para determinar su límite con base en los valores más altos de densidad.

Tabla 1. Selección y dimensiones de los árboles de pino romerón.

Clase	Árbol	Mesitas del Colegio		Jericó	
		DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)
Dominantes	1	24,9	9,04	23,3	7,10
	2	24,2	8,10	21,9	6,30
Intermedios	3	22,6	8,80	21,2	6,80
	4	21,5	7,50	20,2	7,40
Dominados	5	18,5	8,70	18,8	6,50
	6	17,8	6,90	14,8	6,30

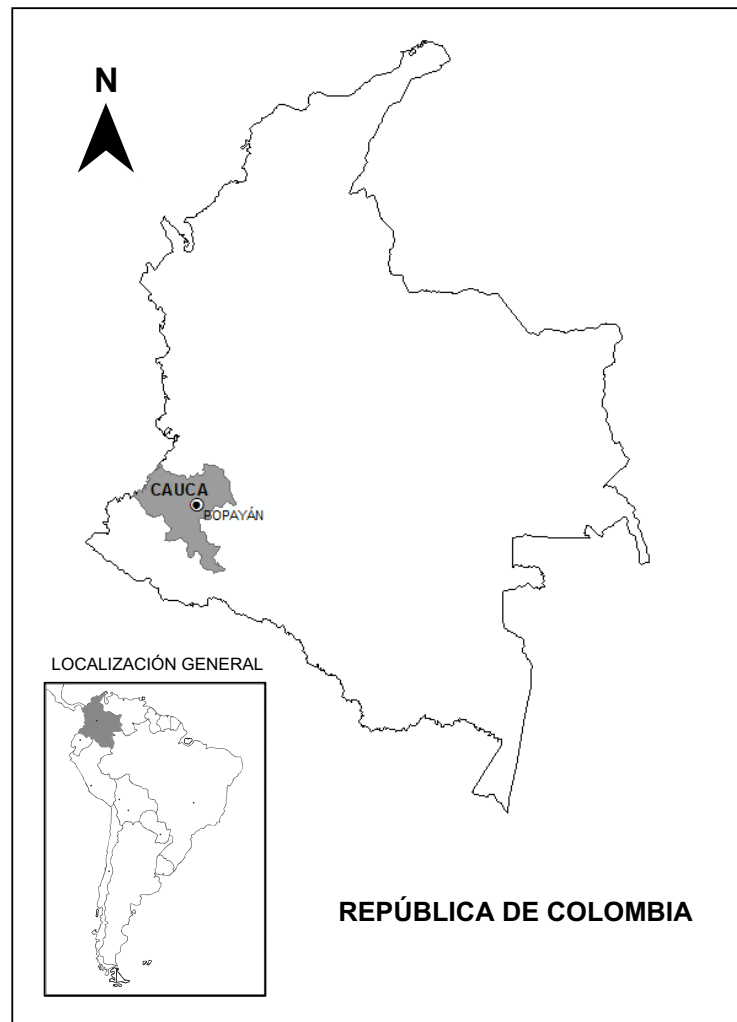


Figura 2. Localización ensayo de procedencias de la especie *R. rospigliosii*.



Figura 3. Secciones transversales obtenidas en cada individuo muestreado.

Se utilizaron de manera simultánea las secciones transversales y las gráficas con la variación de la densidad en cuatro radios, para marcar el límite de los anillos de crecimiento y verificar su estructura concéntrica, y no confundirlos con falsos anillos (Figura 4).



Figura 4. Sección transversal con anillos de crecimiento delimitados.

La densidad aparente de la madera fue determinada por tomografía axial computarizada (TAC), en cada sección transversal con contenidos de humedad entre 15 y 25% (Figura 5), en la Sección de Imaginología del Hospital Universitario San Vicente de Paúl de la ciudad de Medellín, en un tomógrafo General Electric modelo Pro-speed helicoidal con cortes transversales de 3 mm de espesor, tiempo de exposición de 2 segundos, corriente de 200 mA y voltaje 120 kv.

Se utilizaron tomografías de materiales de densidad conocida o phantom (agua, glicerina, plástico, etc.) tomadas en el mismo tomógrafo, para calibrar la escala de grises que maneja el programa ImageJ 1.36b, para obtener la densidad. Esto generó, para cada radio una curva en unidades de longitud y densidad (densitograma), que fue dividida en cuatro partes (cuartiles) de médula a corteza, de 0-25, 25-50, 50-75, y 75-100% de la longitud del radio. Luego se obtuvo el valor medio de la densidad en cada cuartil y los valores medios en cada altura muestreada.

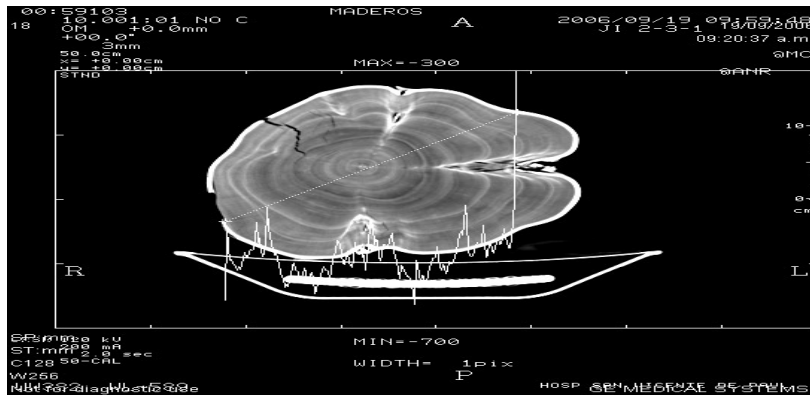


Figura 5. Imagen de una sección transversal obtenida por Tomografía Axial Computarizada (TAC).

Para determinar la densidad básica de la madera en cada sección transversal, se seleccionó una muestra diametral (Figura 6) para colectar, en su primera mitad, cuatro submuestras de médula a corteza, de 0-25, 25-50, 50-75, y 75-100% de la longitud del radio (Figura 7).



Figura 6. Muestras diametrales utilizadas para determinar la variación de la densidad básica y las dimensiones de las traqueidas.



Figura 7. Submuestras utilizadas para determinar la densidad básica de la madera en dirección radial (médula-corteza), obtenidas de seccionar los radios a diferentes alturas del tronco.

Esta densidad se determinó por el Método del Máximo Contenido de Humedad (Ecuación 1) (Foelkel *et al.*, 1983).

$$Db = \frac{1}{Mt / Ms - 0,346} \quad (1)$$

donde:

Db = densidad básica de la madera.

Mt = masa de las muestras completamente saturadas (conseguida al sumergirlas en agua y pesarlas sucesivamente hasta su estabilización o masa constante).

Ms = masa de las muestras absolutamente secas (conseguida al secarlas en estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, y pesarlas sucesivamente hasta su estabilización o masa constante).

La variación de las dimensiones de las traqueidas se determinó en la segunda mitad de las muestras diametrales (Figura 6), tomando material de los leños inicial y final en los anillos de crecimiento pares. Cuando no había leño final claramente formado, se tomó material de la parte final del anillo. A partir de este material se realizaron preparaciones no permanentes de macerados (Franklin, 1946), que se utilizaron para la medición de la longitud, ancho, diámetro del lumen y espesor de la pared de 25 traqueidas en cada muestra. Se usó un microscopio binocular Nikon, con lente ocular de escala graduada y preparación con escala micrométrica.

2.1.3 Análisis

La evaluación de los resultados se fundamentó en un diseño completamente al azar en arreglo factorial con siete factores principales: dimensión de las traqueidas, densidad aparente y básica de la madera, distancia radial, porcentaje de altura total, procedencia, y clases de diámetro, procesado en Statgraphics Plus versión 5.1. Debido a que los datos no siguieron una distribución normal, se utilizó el test de Kruskal-Wallis, además de la prueba de medias a partir del estadístico de Duncan a un nivel de confianza del 95%, estándar general utilizado en éste tipo de mediciones (Zobel & Talbert, 1992).

Los densitogramas (curvas en unidades de longitud y densidad) obtenidos en cuatro radios de cada sección transversal, para determinar la densidad aparente de la madera, también fueron utilizados para calcular el Índice de Uniformidad medio para cada sección transversal, de acuerdo con la metodología de Echols (1973), quien consideró la extensión y magnitud del cambio de la densidad en dirección radial, obtenida por densitometría de rayos X en intervalos de $0,05 \text{ g/cm}^3$. Para esto, multiplico por un factor de uno, el porcentaje de la frecuencia ó porcentaje de madera en los tres valores centrales (intervalo de densidad media, e intervalos superior e inferior). En los niveles sucesivos, por encima y por debajo del valor medio, utilizó un factor de multiplicación de dos hasta n, de acuerdo al número de incrementos de $0,05 \text{ g/cm}^3$ en la densidad.

Este proceso, le permitió observar que en una madera idealmente uniforme, la ponderación de los tres valores centrales da como resultado un valor de Índice de Uniformidad cercano o igual a 100, lo que indica mayor uniformidad en la dirección médula - corteza. Valores superiores, indican mayor heterogeneidad en la madera (Ecuación 2).

$$IU = \sum_{n=1}^n X_n * K_n \quad (2)$$

donde:

IU = Índice de Uniformidad (%).

X = frecuencia en porcentaje (ó porcentaje de madera) en cada clase de variación de la densidad (%).

K = factor de multiplicación (de uno hasta n), de acuerdo al número de incrementos de 0,05 g/cm³ en la densidad, con respecto al valor medio.

Se realizó un análisis de componentes principales, buscando reducir la información contenida en las P variables (dimensiones) originales, a un número menor, con nuevas dimensiones y un mínimo de pérdida de información.

2.2 Resultados y discusión

2.2.1 Variación del ancho de los anillos de crecimiento

En ninguna de las secciones transversales se observó presencia de duramen. Los anillos de crecimiento se presentaron, como regla general, entre poco distintos a indistintos, con ausencia o incipiente formación de leño final. Esto concuerda con lo encontrado para la especie *Podocarpus rospigliosii* Pilger por Arévalo & Londoño (2005), y con las observaciones de Schweingruber (1990), quién aclara que las especies de la familia Podocarpaceae en el subtropico o en grandes altitudes en el trópico, generalmente presentan anillos de crecimiento poco distintos a indistintos. Esta última característica, unida a la presencia de falsos anillos de crecimiento, abundantes en las muestras utilizadas en este estudio, son reportadas por Larson *et al.* (2001) como características de madera juvenil.

La disminución del número de anillos con la altura fue en general similar para todos los árboles (Tabla 2), siendo los valores más frecuentes: 9-10 anillos en la base, 8 anillos a la altura del pecho (AP) y 25% de altura total, 5 anillos al 50% y 4 anillos al 75%.

Tabla 2. Número medio de anillos de crecimiento (correspondiente a cuatro determinaciones realizadas en distintos radios) a diferentes alturas: base, altura del pecho (AP), y 25, 50 y 75 % de la altura total.

Clase árbol		Mesitas del Colegio					Jericó				
		base	AP	25%	50%	75%	base	AP	25%	50%	75%
Dominantes	1	9	8	8	6	4	10	9	8	5	4
	2	8	8	8	5	4	10	9	8	5	3
Intermedios	3	10	10	9	5	4	10	8	7	5	4
	4	9	8	8	6	4	10	8	8	5	4
Dominados	5	9	9	7	6	4	9	7	6	4	4
	6	9	8	8	7	4	8	6	6	5	3

En dirección radial, el ancho de los anillos fue variable incluso dentro del mismo árbol y a alturas próximas (Figura 8). No obstante, un patrón de variación que se repite con cierta frecuencia es el aumento al alejarse de la médula, seguido por disminución al aproximarse a la corteza, que también ha sido descrito por otros autores en pino de

Córcega (*Pinus nigra* var. *maritima* (Ait.) Melville) (Amarasekara & Denne, 2002). Ejemplos de este patrón de variación pueden verse en los siguientes árboles y alturas: M1 (50 y 75%), M2 (base y 50%), M3 (50%), M4 (AP), J1 (base y 50%), J2 (base y 25%), J3 (25%), J4 (AP), J5 (25%) y J6 (25%). Hay otros casos en que el patrón de variación es similar salvo por uno o dos anillos, por ejemplo: M1 (AP y 25%), M2 (25%), M3 (base y AP), M4 (base y 25%), J2 (AP), J4 (25%), J5 (AP) y J6 (AP). Finalmente hay casos como en M6 (base) y J6 (base) en que los cambios son continuos sin ninguna tendencia clara.

Esta alta variabilidad, unida a la presencia de anillos de crecimiento con transición muy gradual entre sus leños, hizo realmente difícil la tarea de delimitarlos, incluso utilizando Tomografía Axial Computarizada (TAC) para identificar su límite con base en los valores más altos de densidad.

2.2.2 Variación de la densidad aparente de la madera por tomografía axial computarizada (TAC)

El análisis de la variación radial de la densidad aparente, mostró una alta variabilidad y una tendencia predominante en los diferentes porcentajes de altura de los árboles de las tres clases de diámetro de ambas procedencias, con mayores valores próximos a la médula, disminución posterior en varios anillos y estabilización o incremento hacia la corteza. También se observaron valores estables de la densidad de médula a corteza, menor densidad en la médula con aumento hacia la corteza, o aumentos iniciales con disminución hacia la parte externa del tallo (Figura 9).

Los árboles de la procedencia Mesitas del Colegio presentaron disminución de su densidad aparente entre el 25 y 75%, y aumento final hasta el 100% de la distancia radial, sin diferencia significativa entre los diferentes porcentajes. Esta variación también se observa entre los valores medios de la población. Los árboles de la procedencia Jericó, presentaron mayores valores cerca de la médula y disminución hacia la corteza, con diferencia significativa al 25% de la distancia radial (Tabla 3).

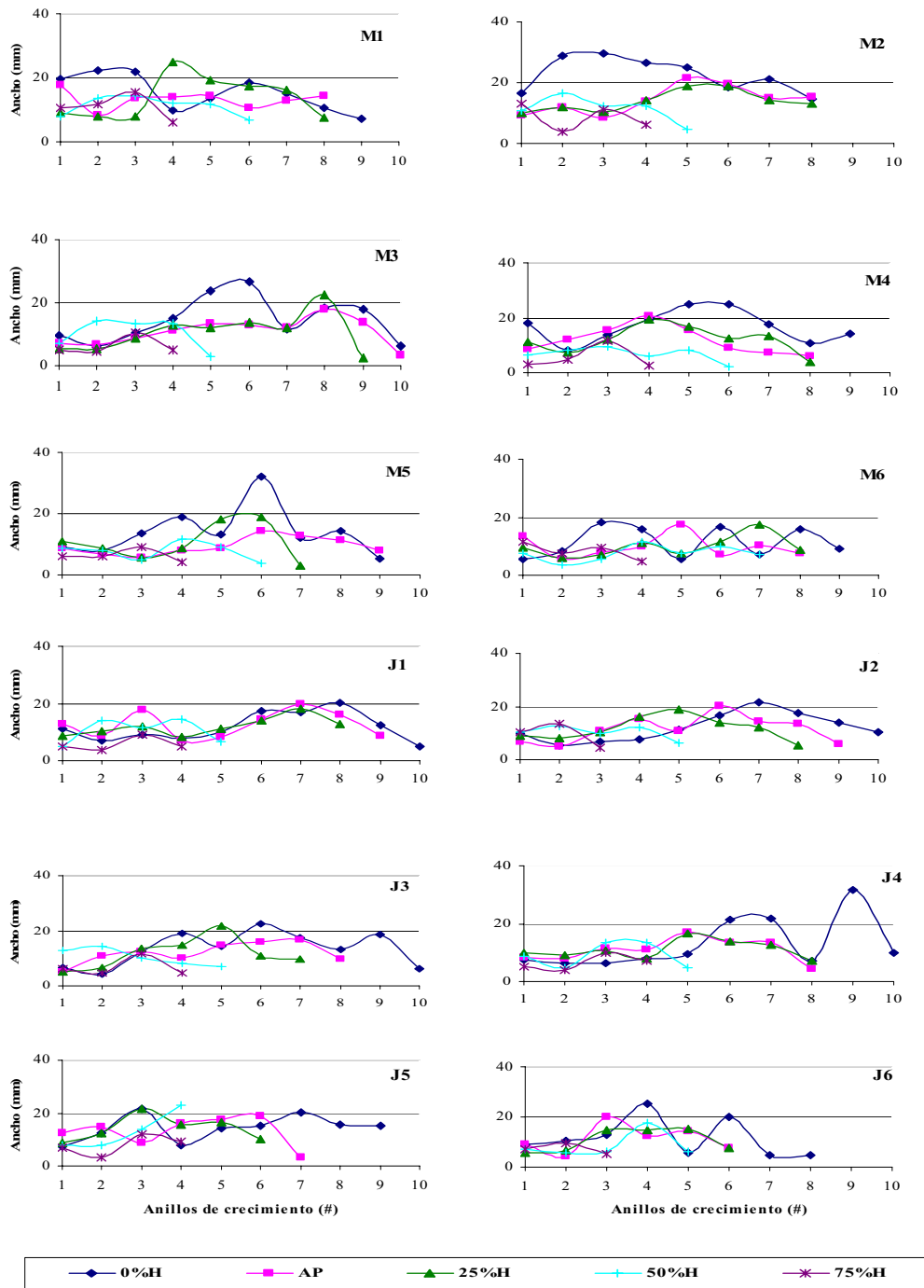


Figura 8. Variación radial del ancho de los anillos de crecimiento (mm) en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

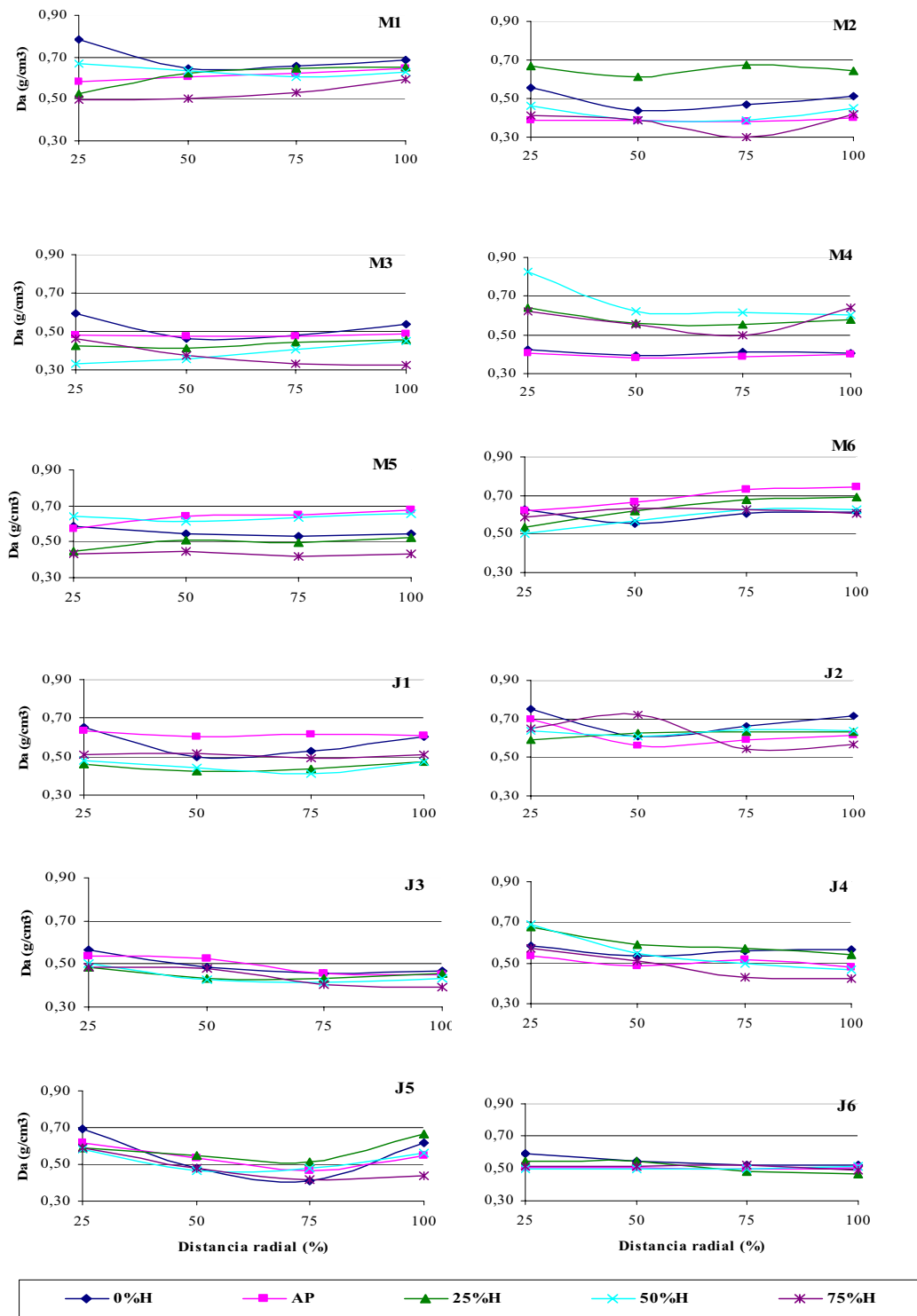


Figura 9. Variación radial de la densidad aparente (D_a) por tomografía axial computarizada (TAC), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

La densidad aparente media no presentó diferencia significativa entre las clases dominada (0,55 g/cm³) y dominante (0,56 g/cm³) de ambas procedencias, en las que fue superior a la obtenida para los árboles intermedios (0,53 g/cm³). Tampoco se observó diferencia significativa de la densidad aparente media entre las procedencias estudiadas, cuyo valor para la población fue de 0,55 g/cm³ entre 15 y 25% de contenido de humedad. Este resultado es inferior a 0,68 g/cm³, obtenido para la densidad seca al aire de *R. rospigliosii* (JUNAC, 1981a), y a 0,60 g/cm³, valor que de acuerdo con IAWA Committee (2004), es el límite para la densidad seca al aire (15% de contenido de humedad en regiones tropicales) por encima del cual se encuentra la densidad de las maderas de la familia Podocarpaceae. (Tabla 3).

Tabla 3. Variación radial de la densidad aparente media de la madera por tomografía axial computarizada (TAC) en árboles de pino romerón de dos procedencias y tres clases de diámetro (CD).

Característica	Árbol	Distancia radial (%)			
		25	50	75	100
Densidad aparente (g/cm ³)	M1	0,61	0,60	0,61	0,64
	M2	0,50	0,44	0,44	0,49
	M3	0,46	0,41	0,43	0,45
	M4	0,58	0,50	0,49	0,52
	M5	0,54	0,55	0,55	0,57
	M6	0,57	0,61	0,65	0,66
	Media Mesitas	0,54A	0,52A	0,53A	0,56A
	J1	0,55	0,50	0,50	0,53
	J2	0,67	0,62	0,61	0,63
	J3	0,51	0,47	0,43	0,44
	J4	0,61	0,53	0,52	0,50
	J5	0,62	0,50	0,46	0,57
	J6	0,53	0,52	0,50	0,50
Media Jericó	0,58A	0,52B	0,50B	0,53B	
Media total	0,56 A	0,52 B	0,52 B	0,54 AB	
Media CD	dominados	intermedios	dominantes		
	0,55 A	0,53 B	0,56 A		
Media procedencias	Mesitas del Colegio -		Jericó -		
	0,55 A		0,55 A		

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

El Índice de Uniformidad promedio presentó, a la altura del pecho, valores de 147,67% (procedencia Mesitas del Colegio) y de 130,41% (procedencia Jericó), ambos inferiores a los obtenidos por Arango (2004), en árboles de clones de *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden, *E. saligna* Sm. y *E. grandis* x *urophylla* de ocho años de edad, de 169,5; 186,5 y 193,0%, respectivamente (Tabla 4).

Estos valores, son también notoriamente inferiores a 223; 240 y 317 %, Índices de Uniformidad obtenidos por Echols (1973) a la altura del pecho en árboles de pino contorta (*Pinus contorta* Dougl. Ex. Loud.), pino blanco (*P. ponderosa* Dougl.Ex.Laws.) y pino de Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) con edades entre 55 y 101 años, procedentes de bosque natural en clima templado), los que enfatizan la heterogeneidad de la madera en árboles adultos, con mayor número de

anillos de crecimiento y traqueidas morfológicamente diferentes en cada tipo de leño, además de un mayor porcentaje de leño final, todas estas, características de madera madura, con elevada heterogeneidad en dirección médula- corteza, cuando se la compara con árboles jóvenes de pino romerón, de ocho años de edad, con mayor homogeneidad en la estructura anatómica y clara predominancia de madera juvenil.

Los árboles de la procedencia Jericó presentaron diferencias significativas entre sus valores de Índice de Uniformidad desde la base hasta la copa, mientras que estas diferencias no se presentaron entre los porcentajes de altura en los árboles de Mesitas del Colegio, ni para la población en general o sus diferentes clases de diámetro, pero se observan nuevamente entre ambas procedencias, con un valor inferior para Jericó (137,68%) y superior para Mesitas del Colegio (153,37%) (Tabla 4).

Los valores de la densidad aparente media en los diferentes porcentajes de altura mostraron disminución desde la base hasta la AP, aumento hasta el 25% y disminución final hasta el 75% de la altura total en los árboles de Mesitas del Colegio y mayores valores en la base con disminución hacia la copa en los árboles de la procedencia Jericó. Los valores medios para la población presentaron la misma variación que en Jericó y diferencia significativa solo al 75% de la altura total (Tabla 4).

Tabla 4. Variación axial de la densidad aparente media por tomografía axial computarizada (TAC) y del Índice de Uniformidad de la madera en árboles de pino romerón de dos procedencias y tres clases de diámetro (CD).

Característica	Árbol	Altura total (%)				
		Base	AP	25	50	75
	M1	0,69	0,61	0,61	0,63	0,53
	M2	0,49	0,39	0,65	0,42	0,38
	M3	0,52	0,48	0,43	0,39	0,37
	M4	0,41	0,39	0,58	0,67	0,58
	M5	0,55	0,63	0,49	0,64	0,43
	M6	0,60	0,69	0,63	0,58	0,61
Densidad aparente (g/cm ³)	Media Mesitas	0,54AB	0,53AB	0,57A	0,56A	0,48B
	J1	0,57	0,62	0,45	0,45	0,51
	J2	0,69	0,62	0,62	0,63	0,62
	J3	0,49	0,49	0,45	0,44	0,44
	J4	0,56	0,50	0,60	0,55	0,48
	J5	0,55	0,54	0,58	0,52	0,48
	J6	0,54	0,50	0,50	0,50	0,51
	Media Jericó	0,57A	0,55AB	0,53AB	0,52B	0,51B
	Media total	0,56 A	0,54 A	0,55 A	0,54 A	0,50 B
	Media Mesitas	148,94A	147,67A	156,62A	154,67A	158,92A
	Media Jericó	152,78A	130,41B	135,42AB	131,99B	137,83AB
Índice de uniformidad (%)	Media Total	150,86 A	139,04 A	146,02 A	143,33 A	148,38 A
	Media CD	dominados		intermedios		dominantes
		142,47A		142,53 A		151,58 A
	Media procedencias	Mesitas del Colegio			Jericó	
		153,37 A			137,68 B	

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

La variación axial de la densidad aparente de la madera (Figura 10) presento una alta variabilidad, con una tendencia más generalizada que muestra mayores valores en la base de los árboles, disminución hasta la altura del pecho (AP) o hasta el 25%, aumento hasta el 25 ó 50% de la altura total y una última disminución hasta el 75% de la misma. En algunos árboles se observaron otras tendencias de variación, con disminución constante de la densidad desde la base hasta la copa (M3), valores estables entre la base y la altura del pecho con aumento hasta el 50% y disminución hasta el 75% de la altura total (M4, J4), o incluso, disminución hasta el 25 o 50% y aumento hasta el 75% final (M6).

2.2.3 Variación de la densidad básica de la madera

La variación radial de la densidad básica mostró, al igual que la densidad aparente, una alta variabilidad y una tendencia predominante con mayores valores próximos a la médula y disminución posterior, seguida por la estabilización o por un nuevo incremento cerca a la corteza (Figura 11). Este tipo de variación coincide con la descrita para algunas Pinaceae (*Abies* sp., pino de Oregon (*P. menziesii*), *Tsuga* sp., *Picea* sp, abeto blanco americano (*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.) pino real (*Picea engelmannii* Parry ex. Engelm.)), Cupressaceae (*Cupressus* sp., cedro rojo del pacífico (*Thuja plicata* Donn ex D.Don)) y Taxodiaceae (ciprés americano (*Taxodium distichum* (L.) Rich.)) (Zobel & van Buijtenen, 1989; Jozsa & Middleton, 1994).

Dicho patrón de variación radial de la densidad media, coincide con el tercer tipo descrito por Panshin & de Zeeuw (1980), con disminución, recta o curvilínea, de médula a corteza, presente de manera común en especies como *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray bis) Parl., *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) Sell, *Fagus silvatica* H. Lév. y algunos híbridos del género *Populus* (Droppelmann, 2007). Sin embargo, también se encontraron otros patrones de variación, con aumento o disminución constante de la densidad en dirección a la corteza, o aumento inicial seguido de disminución hacia la parte externa del tallo (Figura 11). Al considerar valores medios, no se encontraron diferencias significativas entre procedencias, ni entre los diferentes porcentajes de la distancia radial (Tabla 5).

El valor medio de la densidad básica fue superior en los árboles de la clase dominada (0,37 g/cm³), seguida por la intermedia (0,36 g/cm³), y finalmente por la dominante (0,35 g/cm³), con diferencia significativa entre dominados y dominantes (Tabla 5). Amarasekara & Denne (2002), al trabajar con pino de Córsega (*Pinus nigra* var. *maritima* (Ait.) Melville) de tres clases de diámetro y 23 años, también encontraron valores de densidad mayores en los árboles dominados, aunque otros investigadores como Megraw (1985) y Zobel & van Buijtenen (1989), aseguran que las menores densidades se observan en los árboles de las clases de diámetro inferiores.

Los valores de densidad básica media, de 0,36 g/cm³ para la procedencia Mesitas del Colegio y 0,37 g/cm³ para Jericó (Tabla 5), son realmente bajos, si se los compara con 0,57 g/cm³, densidad básica reportada por JUNAC (1981b) en Ecuador, y con 0,41 g/cm³, valor obtenido por Acevedo & Kikata (1994) y Aróstegui & Sato (1970), para la misma especie en Perú. Esto probablemente se debe a la corta edad de los árboles utilizados en este estudio, con un altísimo porcentaje de madera juvenil interna, y a que los valores de densidad reportados en la literatura, se refieren generalmente a madera madura (IAWA Committee, 2004). El uso de metodologías diferentes para la

determinación de la densidad básica, también puede contribuir a discrepancias en los resultados.

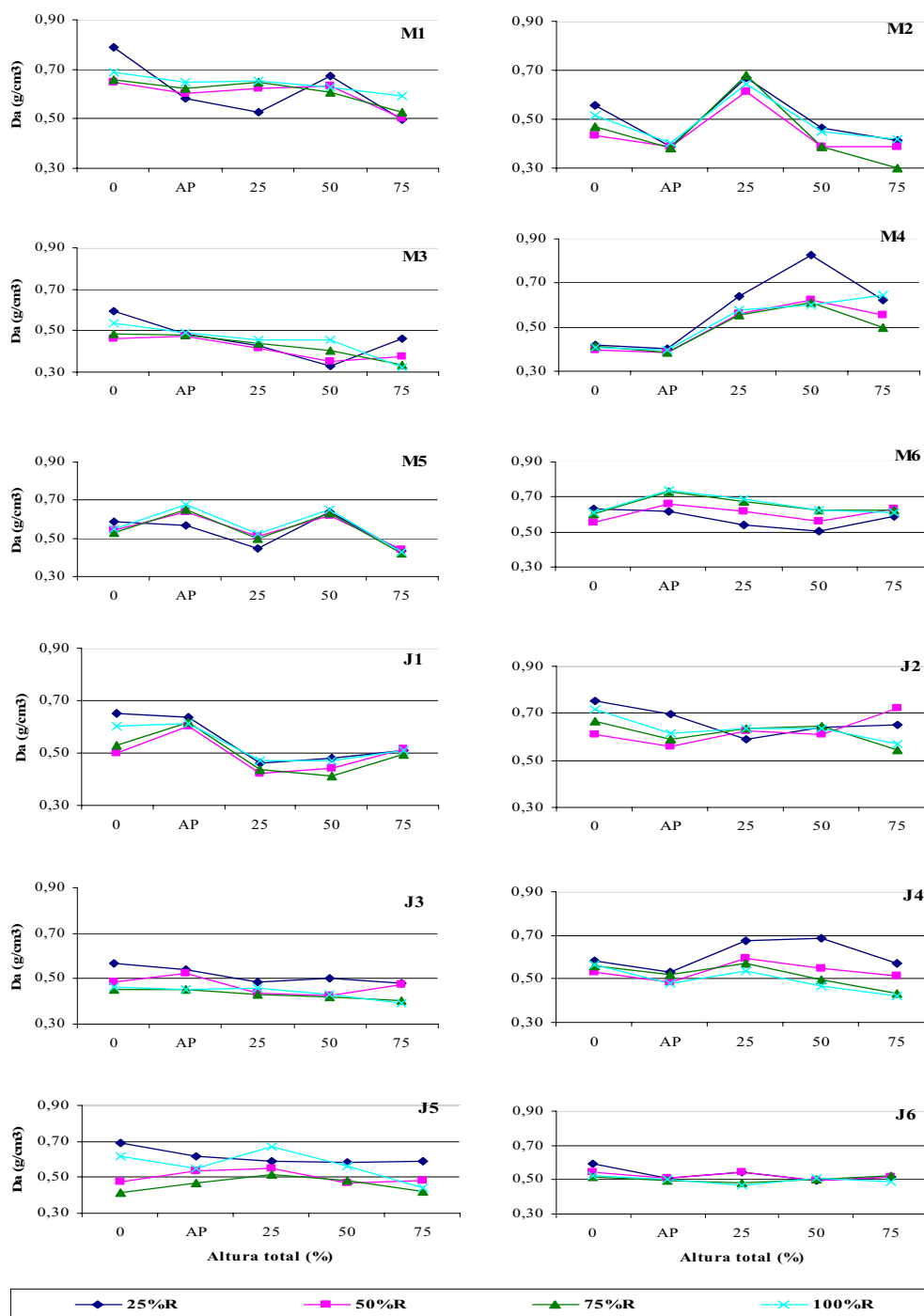


Figura 10. Variación axial de la densidad aparente (D_a) por tomografía axial computarizada (TAC), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %R, porcentaje de radio.

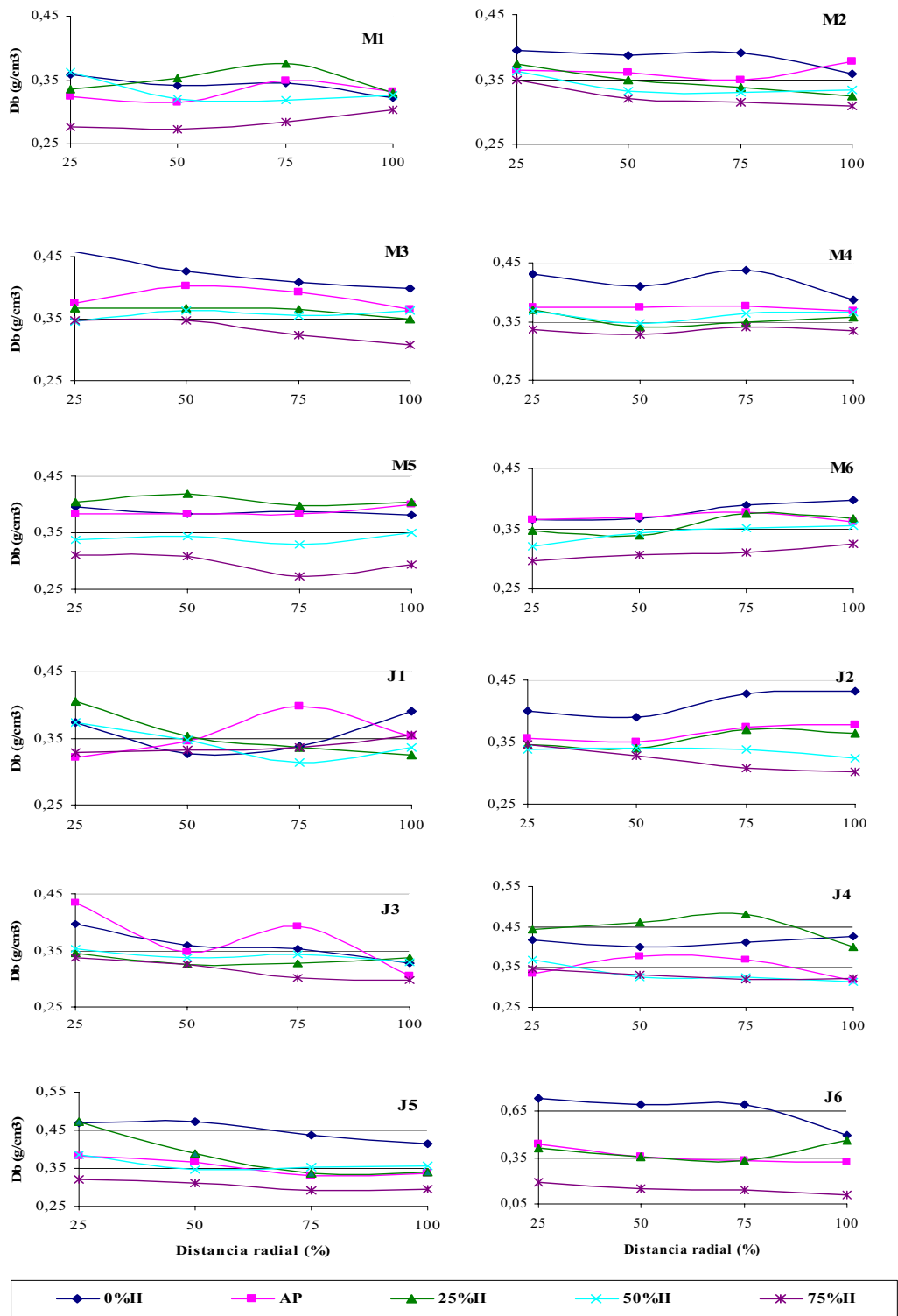


Figura 11. Variación radial de la densidad básica (Db), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

Tabla 5. Variación radial de la densidad básica media de la madera en árboles de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.

Característica	Árbol	Distancia radial (%)			
		25	50	75	100
Densidad básica (g/cm ³)	M1	0,33	0,32	0,33	0,32
	M2	0,37	0,35	0,34	0,34
	M3	0,38	0,38	0,37	0,36
	M4	0,38	0,36	0,37	0,36
	M5	0,37	0,37	0,35	0,37
	M6	0,34	0,34	0,36	0,36
	Media Mesitas	0,36A	0,35A	0,35A	0,35A
	J1	0,36	0,34	0,34	0,35
	J2	0,36	0,35	0,36	0,36
	J3	0,37	0,34	0,34	0,32
	J4	0,38	0,38	0,38	0,36
	J5	0,41	0,38	0,35	0,35
J6	0,46	0,40	0,38	0,36	
Media Jericó	0,39A	0,37A	0,36A	0,35A	
Media total	0,38 A	0,36 A	0,36 A	0,35 A	
Media CD	dominados	intermedios	dominantes		
	0,37 A	0,36 AB	0,35 B		
Media procedencias		Mesitas del Colegio	Jericó		
		0,36 A	0,37 A		

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

La variación axial de la densidad básica para la población (Figura 12), al igual que la densidad aparente, mostró una alta variabilidad y la misma tendencia generalizada, con mayores valores en la base de los árboles que disminuyen hasta la altura del pecho (AP) y en algunos casos hasta el 25%, variación que coincide con la reportada para varios géneros de Pinaceae (Panshin & de Zeeuw, 1980; Megraw, 1985; de Almeida, 1989; Zobel & van Buijtenen, 1989; Klock, 1989; Burdon *et al.*, 2004). Posteriormente se observa aumento de la densidad hasta el 25 o 50% de la altura total, y disminución final hacia el 75% de la misma.

En algunos árboles se observaron otras tendencias de variación, con disminución constante de la densidad desde la base hasta la copa (M2 y M6), o disminución hasta la altura del pecho (AP), nuevo aumento hasta el 25% y disminución final (J4 y J5).

Los árboles de ambas procedencias y de la población en general presentaron diferencias significativas, con mayores valores de densidad básica en la base y disminución hacia la copa (Tabla 6).

Al comparar los valores obtenidos para la densidad de la madera, es posible observar como la densidad aparente determinada entre 15 y 25% de contenido de humedad por Tomografía Axial Computarizada (TAC), se caracterizó por presentar mayores valores, entre 0,37 y 0,69 g/cm³, con una media poblacional de 0,55 g/cm³. La densidad básica obtenida por el Método del Máximo Contenido de Humedad, vario entre 0,15 y 0,65 g/cm³, con una media para la población de 0,36 g/cm³.

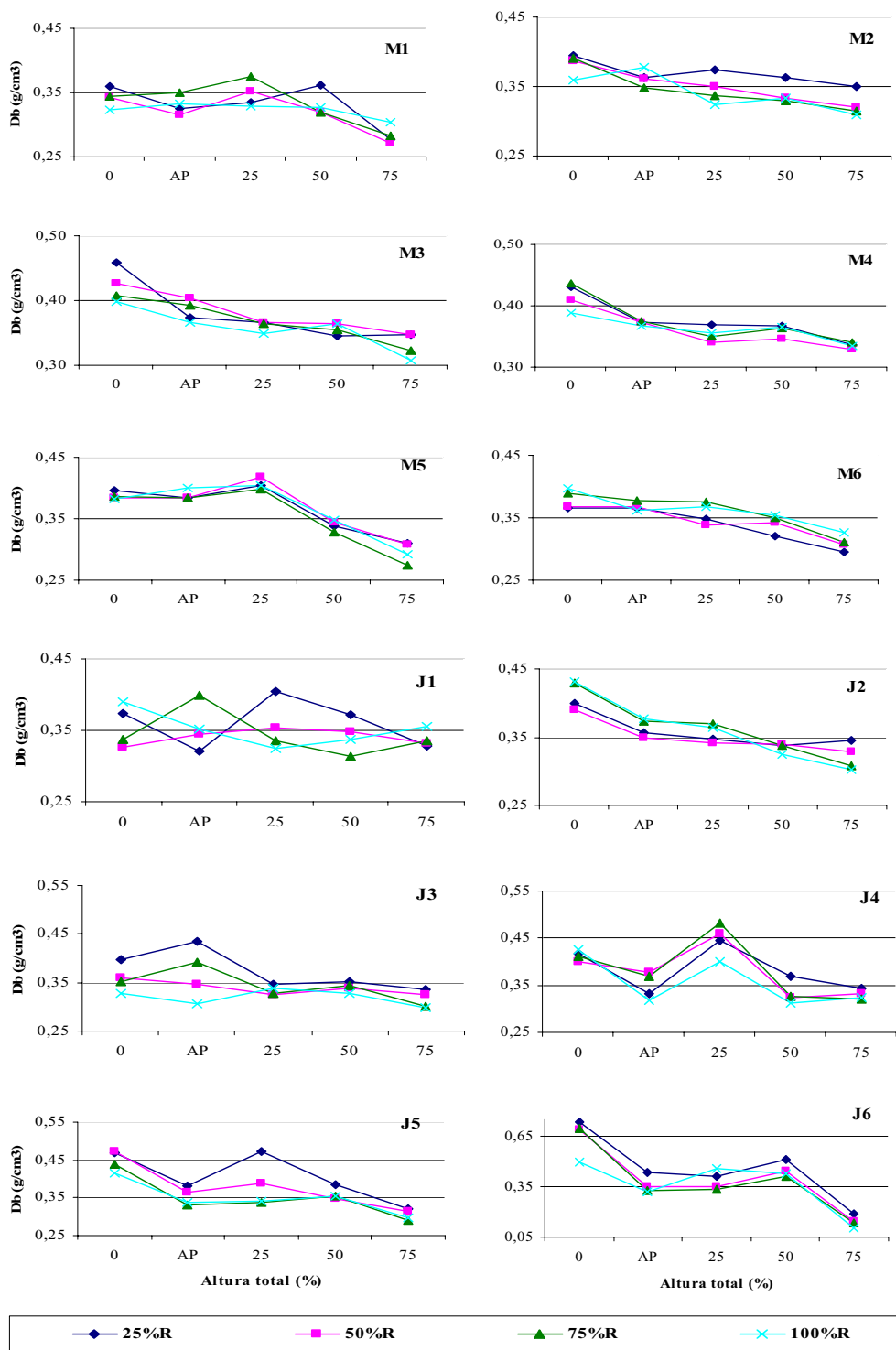


Figura 12. Variación axial de la densidad básica (Db), en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %R, porcentaje de radio.

Tabla 6. Variación axial de la densidad básica media de la madera en árboles de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.

Característica	Árbol	Base	Altura	total (%)		
			AP	25	50	75
	M1	0,34	0,33	0,35	0,33	0,28
	M2	0,38	0,36	0,35	0,34	0,32
	M3	0,42	0,38	0,36	0,36	0,33
	M4	0,42	0,37	0,35	0,36	0,34
	M5	0,39	0,39	0,41	0,34	0,30
	M6	0,38	0,37	0,36	0,34	0,31
Densidad	Media Mesitas	0,39A	0,37B	0,36B	0,35C	0,31D
básica	J1	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34
(g/cm ³)	J2	0,41	0,36	0,36	0,33	0,32
	J3	0,36	0,37	0,33	0,34	0,32
	J4	0,41	0,35	0,45	0,33	0,33
	J5	0,45	0,35	0,38	0,36	0,31
	J6	0,65	0,36	0,39	0,45	0,15
	Media Jericó	0,44A	0,36B	0,38B	0,36B	0,29C
	Media total	0,41 A	0,36 B	0,37 B	0,35 B	0,30 C

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

Estas diferencias pueden explicarse a partir de la gran sensibilidad que presenta el método de la Tomografía Axial Computarizada, que registró hasta los más mínimos detalles en la madera de las secciones transversales utilizadas, con abundancia de nudos, forma y anillos de crecimiento irregulares que fue imposible evitar en el trazado de los radios por este método, y que pudieron ayudar a sobrestimar los valores de esta propiedad.

Por otro lado, las muestras radiales utilizadas para determinar la densidad básica de la madera por el Método del Máximo Contenido de Humedad fueron seleccionadas para evitar al máximo la presencia de defectos, y aunque este método resulte extremadamente práctico para muestras pequeñas, nunca podrá ser tan sensible a las irregularidades y cambios en la madera como la Tomografía Axial Computarizada.

2.2.4 Variación de las dimensiones de las traqueidas

La variación radial de la longitud y ancho de las traqueidas en la madera de pino romerón, mostró incremento hasta el sexto u octavo anillo de crecimiento y disminución final hasta la corteza, en los diferentes porcentajes de altura y clases de diámetro de ambas procedencias (Figuras 13 y 14).

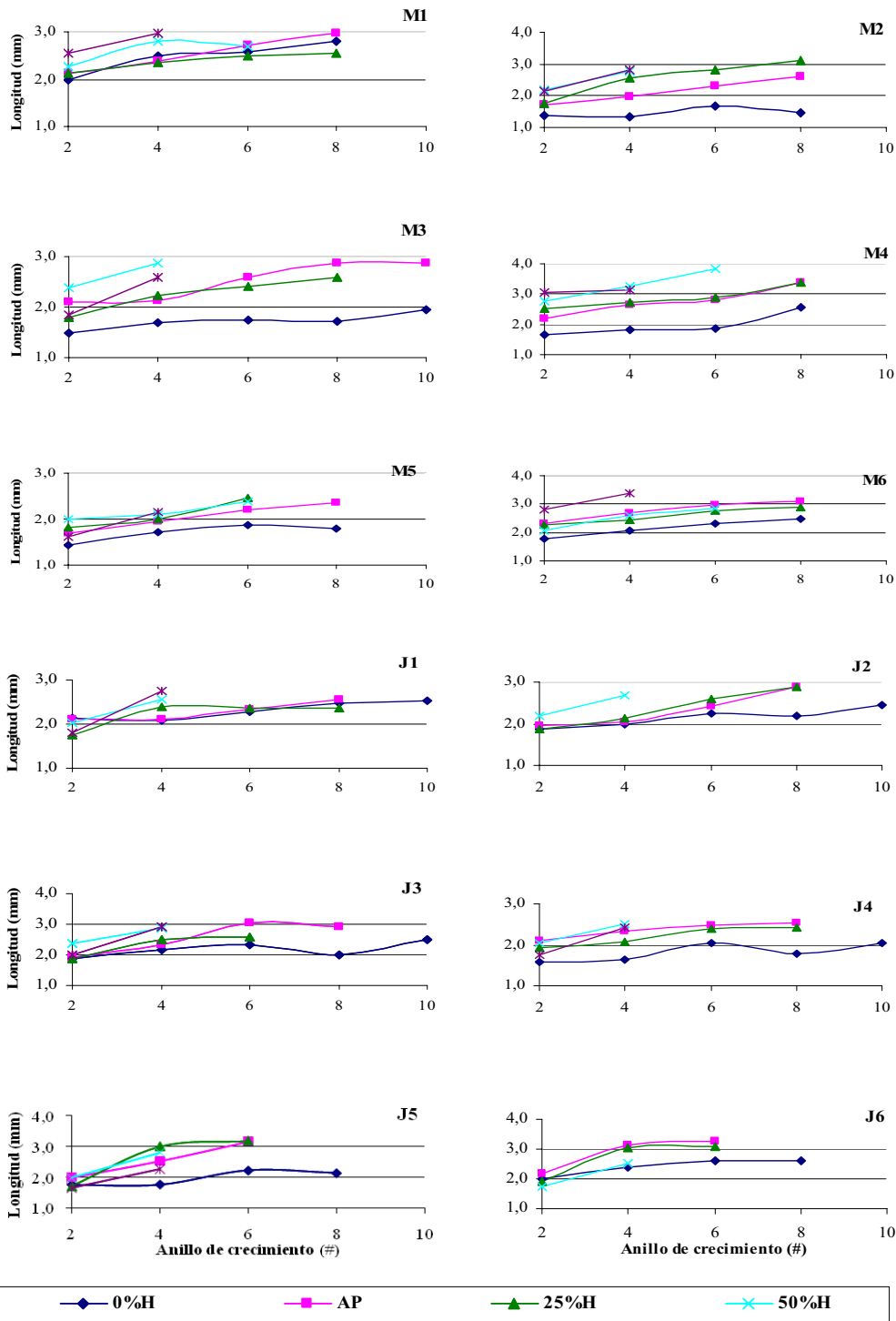


Figura 13. Variación radial de la longitud de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

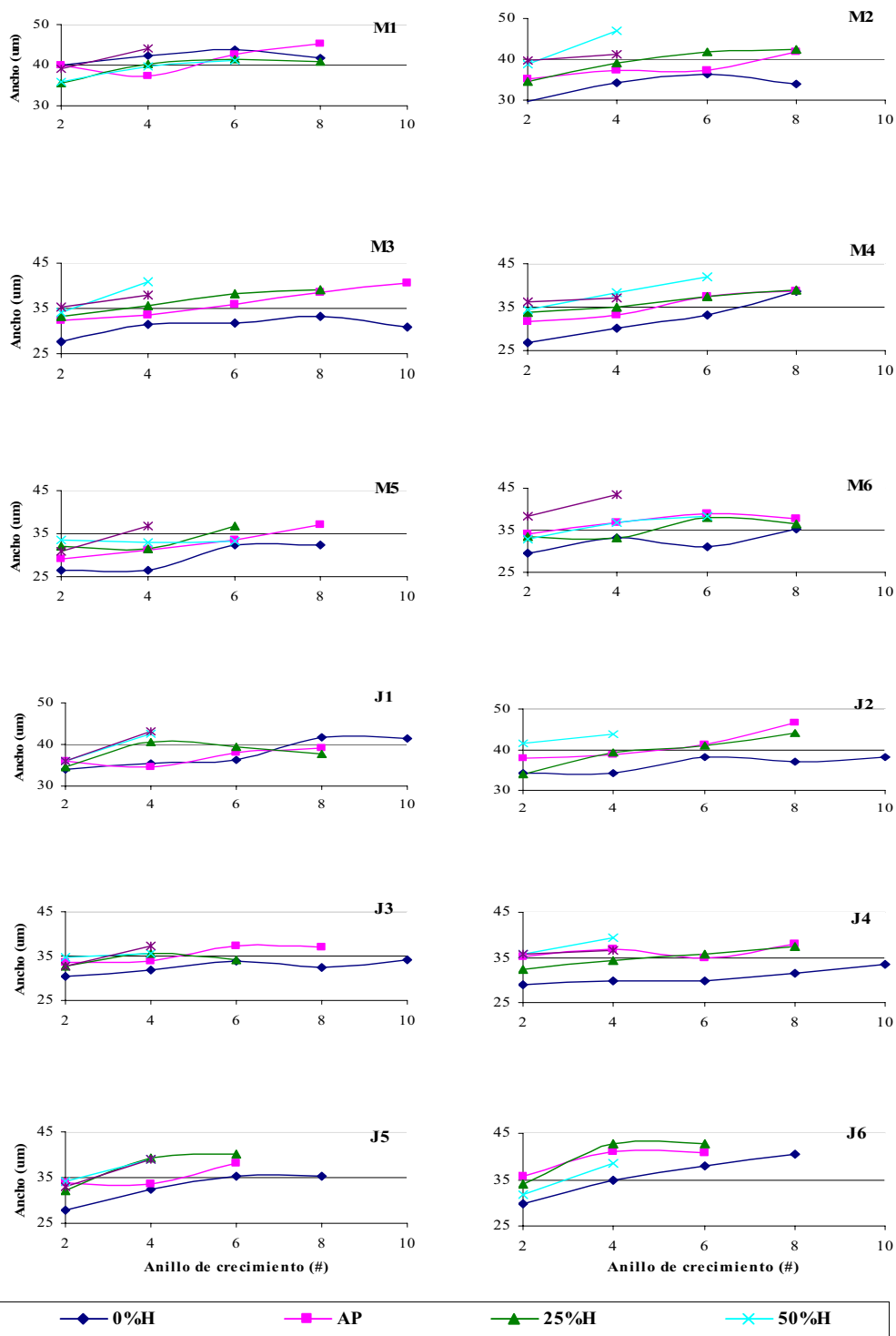


Figura 14. Variación radial del ancho de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

Este modelo de variación radial muestra, de manera general, la formación de dos tipos de madera; la primera desde la médula hasta el octavo anillo de crecimiento, caracterizada por aumentos progresivos y asociada con madera juvenil o juvenil interna. Luego, cerca a la corteza, la madera presenta variaciones más graduales, lo que permite asociarla con madera de transición hacia madera madura o juvenil externa (Zobel & van Buijtenen, 1989; Larson *et al.*, 2001; Burdon *et al.*, 2004). La delimitación de las maderas interna y externa, en los árboles de pino romerón de ocho años de edad, no está perfectamente definida, y posiblemente sea más clara en árboles de mayor edad.

La longitud mostró valores medios para la población, inferiores cerca a la médula (2,00 mm) y superiores cerca a la corteza (2,40 mm) (Tabla 7), lo que coincide con lo reportado por Larson *et al.* (2001), para pino de incienso (*Pinus taeda* L.) y por Jozsa & Middleton (1994) en un árbol de pino de Oregón de 50 años (*P. menziesii*), a la altura del pecho (AP), y a 20, 40, 60, y 80% de la altura total.

Se observó diferencia significativa entre la longitud de las traqueidas de los leños inicial (2,28 mm) y final (2,40 mm) y las clases de diámetro, entre las cuales, la intermedia presentó el mayor valor (2,43 mm), seguida por la dominada (2,34 mm) y finalmente por la dominante (2,32 mm). Las dos procedencias también presentaron diferencia significativa, con valor superior para Mesitas del Colegio (2,40 mm) e inferior para Jericó (2,33 mm). La longitud media para la población fue de 2,37 mm, que de acuerdo con IAWA Committee (2004), permite clasificar a las traqueidas como cortas (menos de 3 mm de longitud). (Tabla 7).

El ancho de las traqueidas presentó un valor medio para la población de 33,84 μm cerca a la médula y 36,61 μm cerca a la corteza, con diferencia significativa entre los anillos de crecimiento y los leños inicial (35,86 μm) y final (36,81 μm). La clase de diámetro dominante presentó el mayor ancho (39,42 μm) y diferencia significativa con las clases dominada (35,38 μm) e intermedia (35,37 μm). Las dos procedencias presentaron diferencia significativa, con mayor valor para Jericó (36,85 μm) y menor para Mesitas del Colegio (36,59 μm). El ancho medio de las traqueidas para la población fue de 36,72 μm . (Tabla 7).

La variación radial del diámetro del lumen y del espesor de la pared de las traqueidas mostró, de manera predominante, incremento hasta el octavo anillo y disminución final hasta la corteza, en los diferentes porcentajes de altura y clases de diámetro de ambas procedencias (Figuras 15 y 16).

El diámetro del lumen presentó un valor medio para la población de 28,58 μm , 26,22 μm en el anillo dos y 27,73 μm en el anillo 10, y diferencia significativa entre los mismos y entre los leños inicial (25,85 μm) y final (28,54 μm). Los árboles dominantes presentaron el mayor diámetro (30,49 μm) y diferencia significativa con los dominados (27,79 μm) e intermedios (27,45 μm). Entre las procedencias Mesitas del Colegio (28,54 μm) y Jericó (28,62 μm) no se observó tal diferencia (Tabla 8).

El espesor medio de la pared celular para la población fue de 4,08 μm , con diferencias significativas y menor valor para los árboles dominados (3,79 μm), seguido por los intermedios (3,96 μm) y finalmente, por los dominantes (4,48 μm), y entre los valores medios de las procedencias Jericó (4,12 μm) y Mesitas del Colegio (4,03 μm) (Tabla 8).

Tabla 7. Variación radial de la longitud y ancho de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.

Característica	Árbol	Anillo de crecimiento(#)				
		2	4	6	8	10
Longitud (mm)	M1	2,22	2,60	2,63	2,79	
	M2	1,77	2,18	2,06	2,02	
	M3	1,92	2,30	2,26	2,39	2,42
	M4	2,44	2,72	2,85	3,11	
	M5	1,72	1,99	2,24	2,08	
	M6	2,24	2,63	2,72	2,84	
	Media Mesitas	2,05A	2,40B	2,46B	2,54B	2,42B
	J1	1,97	2,38	2,32	2,47	2,52
	J2	2,01	2,21	2,42	2,65	2,45
	J3	2,02	2,55	2,65	2,46	2,49
	J4	1,88	2,25	2,31	2,25	2,03
	J5	1,82	2,49	2,86	2,14	
	J6	1,95	2,71	2,98	2,62	
	Media Jericó	1,94A	2,43BC	2,59D	2,43BC	2,37B
	Media Total	2,00A	2,42B	2,53C	2,49C	2,40B
	Media leño		leño inicial - 2,28 A		leño final - 2,40 B	
	Media CD	dominados	intermedios		dominantes	
	2,34 A	2,43 B		2,32 C		
Media procedencias		Mesitas del Colegio			Jericó	
		2,40 B			2,33 A	
Ancho (um)	M1	38,04	40,79	42,29	42,59	
	M2	34,28	39,09	38,23	36,81	
	M3	32,51	35,84	35,27	37,00	35,74
	M4	32,67	34,76	37,52	38,71	
	M5	30,44	31,74	33,95	34,78	
	M6	33,65	36,68	36,59	36,55	
	Media Mesitas	33,60A	36,48BC	37,31C	37,74C	35,74B
	J1	35,35	39,25	37,94	39,52	41,45
	J2	37,78	39,04	40,17	42,63	38,14
	J3	32,81	34,81	35,18	34,71	34,27
	J4	33,47	35,76	34,06	35,67	33,43
	J5	32,17	36,64	37,88	35,32	
	J6	32,93	38,69	40,49	40,57	
	Media Jericó	34,09A	37,37BC	37,62BC	38,07C	36,82B
	Media Total	33,84A	36,92BC	37,46CD	37,91D	36,61B
	Media leño		leño inicial - 35,86 A		leño final - 36,81 B	
	Media CD	dominados	intermedios		dominantes	
	35,38 A	35,37 A		39,42 B		
Media procedencias		Mesitas del Colegio			Jericó	
		36,59 B			36,85 A	

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

Tabla 8. Variación radial del diámetro del lumen y del espesor de la pared de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias.

Característica	Árbol	Anillo de crecimiento (#)				
		2	4	6	8	10
Diámetro lumen (um)	M1	29,59	31,83	33,14	33,07	
	M2	25,78	30,33	28,97	27,16	
	M3	25,63	28,45	27,57	29,01	27,91
	M4	25,28	26,79	28,98	30,13	
	M5	24,09	25,17	26,16	26,90	
	M6	26,78	29,23	28,36	28,09	
	Media Mesitas	26,19A	28,63BC	28,86BC	29,06C	27,91B
	J1	26,91	30,63	29,02	30,59	31,46
	J2	29,25	30,1	31,04	32,58	27,89
	J3	24,76	26,66	27,09	26,75	26,04
	J4	25,86	28,11	26,00	27,89	25,33
	J5	25,28	29,17	29,26	26,63	
	J6	25,42	30,14	32,00	31,25	
	Media Jericó	26,25A	29,14B	29,07B	29,28B	27,68C
	Media Total	26,22A	28,88B	28,97B	29,17B	27,73C
	Media leño	leño inicial - 25,85 A		leño final - 28,54 B		
	Media CD	dominados	intermedios		dominantes	
	27,79 A	27,45 B		30,49 C		
Media procedencias	Mesitas del Colegio			Jericó		
	28,54 A			28,62 A		
Espesor pared (um)	M1	4,22	4,48	4,57	4,79	
	M2	4,30	4,38	4,63	4,82	
	M3	3,44	3,70	3,85	3,99	3,92
	M4	3,69	3,98	4,27	4,29	
	M5	3,17	3,29	3,89	3,94	
	M6	3,44	3,73	4,12	4,23	
	Media Mesitas	3,71A	3,93B	4,22C	4,34C	3,92B
	J1	4,22	4,35	4,46	4,47	5,00
	J2	4,27	4,47	4,56	5,03	5,12
	J3	4,02	4,08	4,05	3,98	4,12
	J4	3,80	3,82	4,03	3,89	4,05
	J5	3,44	3,74	4,31	4,35	
	J6	3,76	4,28	4,24	4,66	
	Media Jericó	3,92A	4,12B	4,28C	4,40C	4,57D
	Media Total	3,81A	4,03B	4,25C	4,37D	4,44CD
	Media leño	leño inicial - 4,01 A		leño final - 4,14 B		
	Media CD	dominados	intermedios		dominantes	
	3,79 A	3,96 B		4,48 C		
Media procedencias	Mesitas del Colegio			Jericó		
	4,03 B			4,12 A		

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

En gimnospermas, la densidad de la madera varía en función del diámetro del lumen y del espesor de las paredes celulares, así, mientras que en las traqueidas del leño inicial el diámetro se incrementa y el espesor de la pared varía poco o permanece casi

constante, la cantidad de material leñoso por unidad de volumen decrece (Larson *et al.*, 2001; Cato *et al.*, 2006). En el presente trabajo, aunque se observaron diferencias significativas entre todas las dimensiones de las traqueidas de los leños inicial y final, con valores superiores para este último (Tablas 7 y 8), el análisis macroscópico de la madera mostró una diferencia poco acentuada, que indica la presencia de una alta proporción de madera de transición, con características morfológicas de ambos leños que cambian de manera extremadamente gradual y difusa (Larson *et al.*, 2001; Burdon *et al.*, 2004).

El diámetro medio del lumen para la población (28,58 μm) se encuentra entre 24 y 30 μm , rango establecido por García *et al.* (2002) para la especie *Retrophyllum minus* (Carrière) C.N. Page del sureste de Nueva Caledonia. Acevedo & Kikata (1994), trabajando con ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) Laubenfels) en Perú, reportaron valores superiores para el ancho (46 a 58 μm) e inferiores para el espesor de la pared de las células (3,7 μm), a los hallados en el presente estudio, de 36,34 μm y 4,08 μm , respectivamente.

La variación axial de todas las características estudiadas permitió observar varias tendencias: aumento de base a copa a veces con una pequeña disminución entre el 50 y el 75% de la altura total; valores constantes o disminución hasta el 25% con aumento posterior que permanece constante o disminuye de nuevo hacia la copa; aumento hasta la altura del pecho (AP) o el 25% de la altura y disminución posterior hasta el 75%; disminución hasta el 25 o 50 % de la altura, con aumento final hasta el 75 % (Figuras 17 a 20).

La longitud presentó valores medios para la población de 2,04 mm en la base y 2,37 mm en la copa, con un valor superior al 25% (2,45 mm) y diferencias significativas entre todas las alturas muestreadas. El ancho aumento de 33,91 μm en la base hasta 37,64 μm en la copa, sin diferencia significativa entre la altura del pecho (AP) y el 25 %, y entre el 50 y el 75 % de la altura total, respectivamente (Tabla 9).

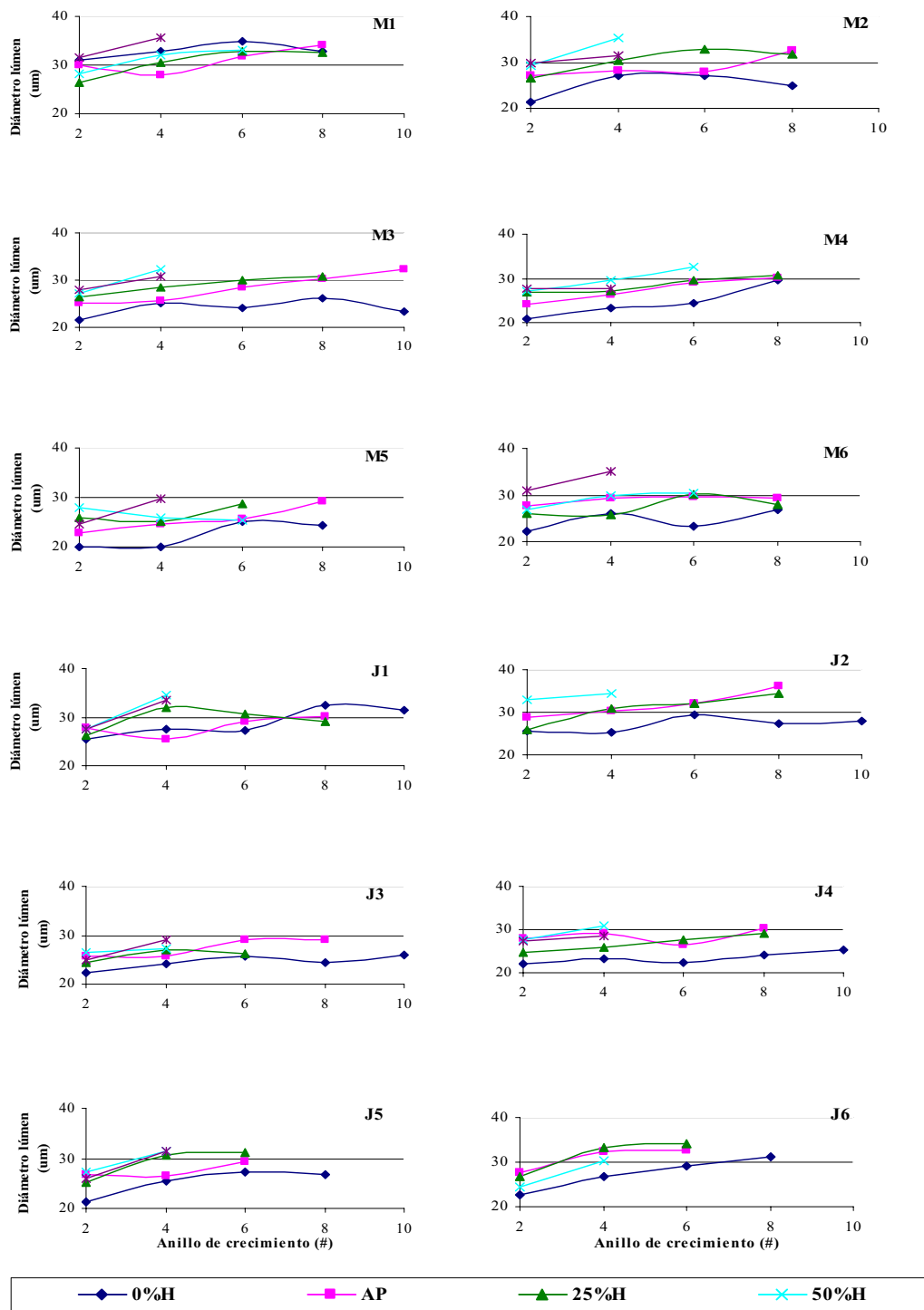


Figura 15. Variación radial del diámetro del lumen de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

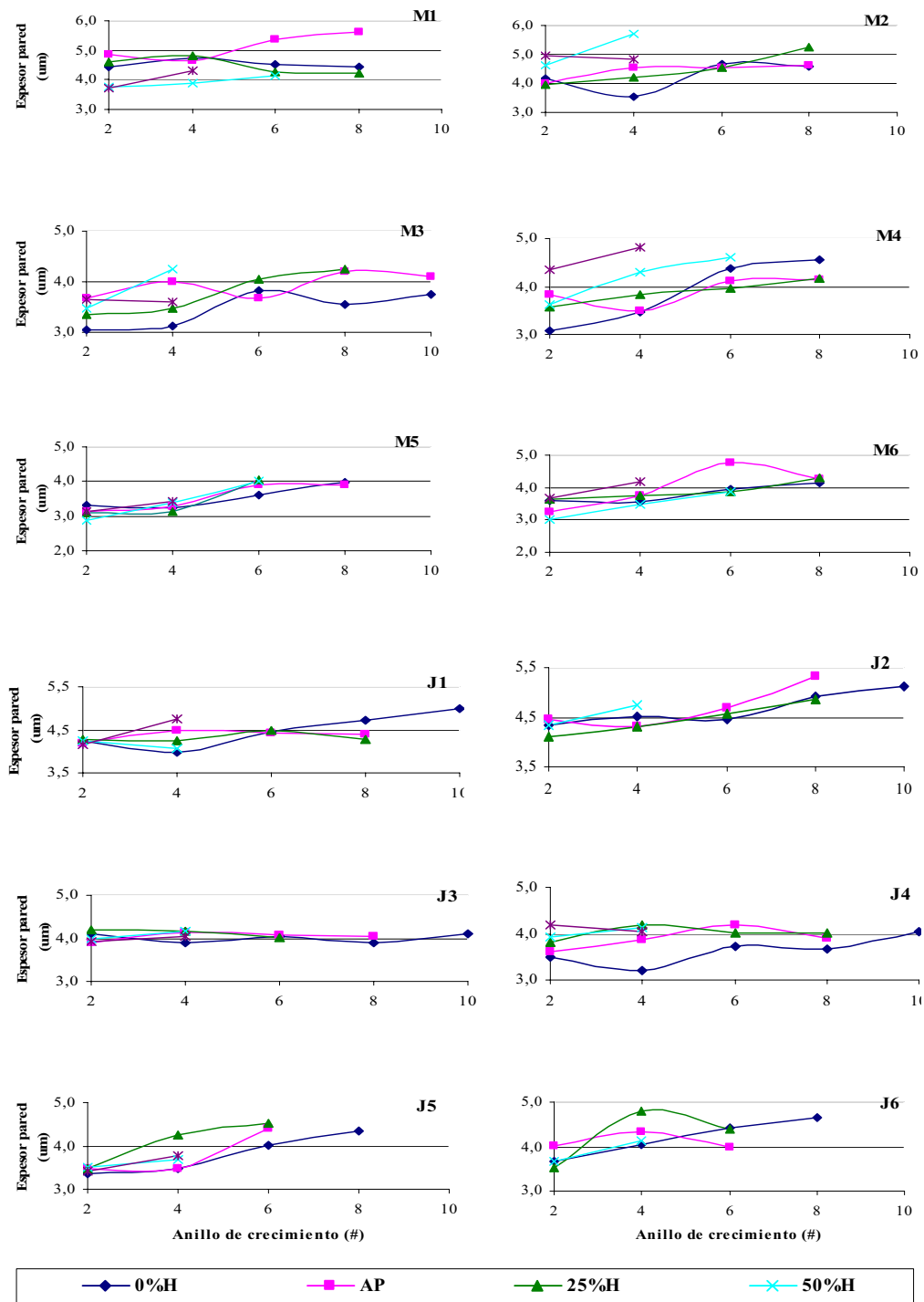


Figura 16. Variación radial del espesor de la pared de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; %H, porcentaje de altura total.

Tabla 9. Variación axial de la longitud y ancho de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias. AP, altura del pecho.

Característica	Árbol	Altura total (%)				
		Base	AP	25	50	75
Longitud (mm)	M1	2,50	2,57	2,40	2,58	2,76
	M2	1,48	1,48	2,56	2,54	2,48
	M3	1,72	2,51	2,29	2,68	2,22
	M4	2,04	2,75	2,88	3,28	3,09
	M5	1,72	2,08	2,16	2,17	1,89
	M6	2,19	2,77	2,58	2,55	3,10
	Media Mesitas	1,94A	2,36B	2,48C	2,63D	2,59D
	J1	2,30	2,31	2,21	2,35	2,29
	J2	2,14	2,39	2,36	2,48	2,15
	J3	2,17	2,55	2,35	2,69	2,48
	J4	1,81	2,37	2,28	2,32	2,09
	J5	2,00	2,65	2,65	2,39	1,96
	J6	2,33	2,86	2,68	2,20	1,94
	Media Jericó	2,13A	2,52B	2,42C	2,41C	2,15A
Media Total	2,04A	2,44BC	2,45C	2,52D	2,37B	
Ancho (um)	M1	41,93	41,31	39,66	38,93	41,62
	M2	33,57	33,57	39,46	43,53	40,11
	M3	30,96	36,21	36,79	38,15	36,62
	M4	32,95	35,22	36,33	38,22	36,75
	M5	29,69	33,21	33,91	33,28	33,75
	M6	32,41	36,96	35,28	36,29	40,99
	Media Mesitas	33,59A	36,08B	36,91C	38,07D	38,31D
	J1	37,77	37,15	38,12	40,03	39,54
	J2	36,48	41,75	39,57	42,91	41,33
	J3	32,56	35,47	34,19	35,21	35,03
	J4	30,66	36,17	35,94	37,77	36,14
	J5	32,96	35,56	37,17	36,58	35,97
	J6	35,02	39,16	39,70	35,84	33,81
	Media Jericó	34,24A	37,54CD	37,45BC	38,06D	36,97B
Media Total	33,91A	36,81B	37,18B	38,06C	37,64C	

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

El diámetro del lumen presentó valores medios para la población de 25,87 μm en la base y 29,59 μm en la copa, sin diferencia significativa entre los valores al 50 y 75 % de la altura. El espesor de la pared de las células fue de 4,02 μm en la base y en la copa, con diferencia significativa con las demás alturas muestreadas (Tabla 10).

Tabla 10. Variación axial del diámetro del lumen y del espesor de la pared de las traqueidas en madera de pino romerón de tres clases de diámetro y dos procedencias. AP, altura del pecho.

Característica	Árbol	Altura total (%)				
		Base	AP	25	50	75
Diámetro lumen (um)	M1	32,86	31,03	30,72	31,08	33,60
	M2	25,07	25,07	30,46	33,13	30,70
	M3	24,05	28,35	29,12	30,27	29,36
	M4	25,06	27,43	28,55	29,86	27,59
	M5	22,49	26,03	26,89	26,32	27,17
	M6	24,94	28,94	27,49	29,26	33,12
	MediaMesitas	25,75A	27,81B	28,87C	29,99D	30,26D
	J1	28,81	28,4	29,46	31,74	30,62
	J2	27,22	32,24	30,67	33,73	33,14
	J3	24,53	27,39	25,99	27,01	27,06
	J4	23,40	28,39	27,95	29,66	27,91
	J5	25,26	27,82	29,01	29,40	28,77
	J6	26,79	30,94	31,18	27,98	26,04
Media Jericó	26,00A	29,20B	29,04B	29,92C	28,92B	
Media Total	25,87A	28,50B	28,96C	29,95D	29,59D	
Espesor pared (um)	M1	4,53	5,14	4,47	3,93	4,01
	M2	4,25	4,25	4,49	5,30	4,70
	M3	3,46	3,93	3,83	3,94	3,63
	M4	3,95	3,89	3,89	4,18	4,58
	M5	3,59	3,59	3,51	3,48	3,29
	M6	3,74	4,01	3,89	3,52	3,94
	MediaMesitas	3,92A	4,14B	4,01B	4,06B	4,03B
	J1	4,48	4,38	4,33	4,24	4,46
	J2	4,63	4,76	4,45	4,59	4,09
	J3	4,02	4,04	4,09	4,09	3,98
	J4	3,63	3,89	3,99	4,05	4,11
	J5	3,85	3,87	4,08	3,59	3,6
	J6	4,11	4,11	4,26	3,93	3,89
Media Jericó	4,12A	4,18B	4,20B	4,08A	4,02C	
Media Total	4,02A	4,16B	4,11BC	4,07AC	4,02A	

* medias en una misma fila, seguidas de letras diferentes, presentan diferencia significativa comparadas por la prueba de Duncan al 95% de confianza.

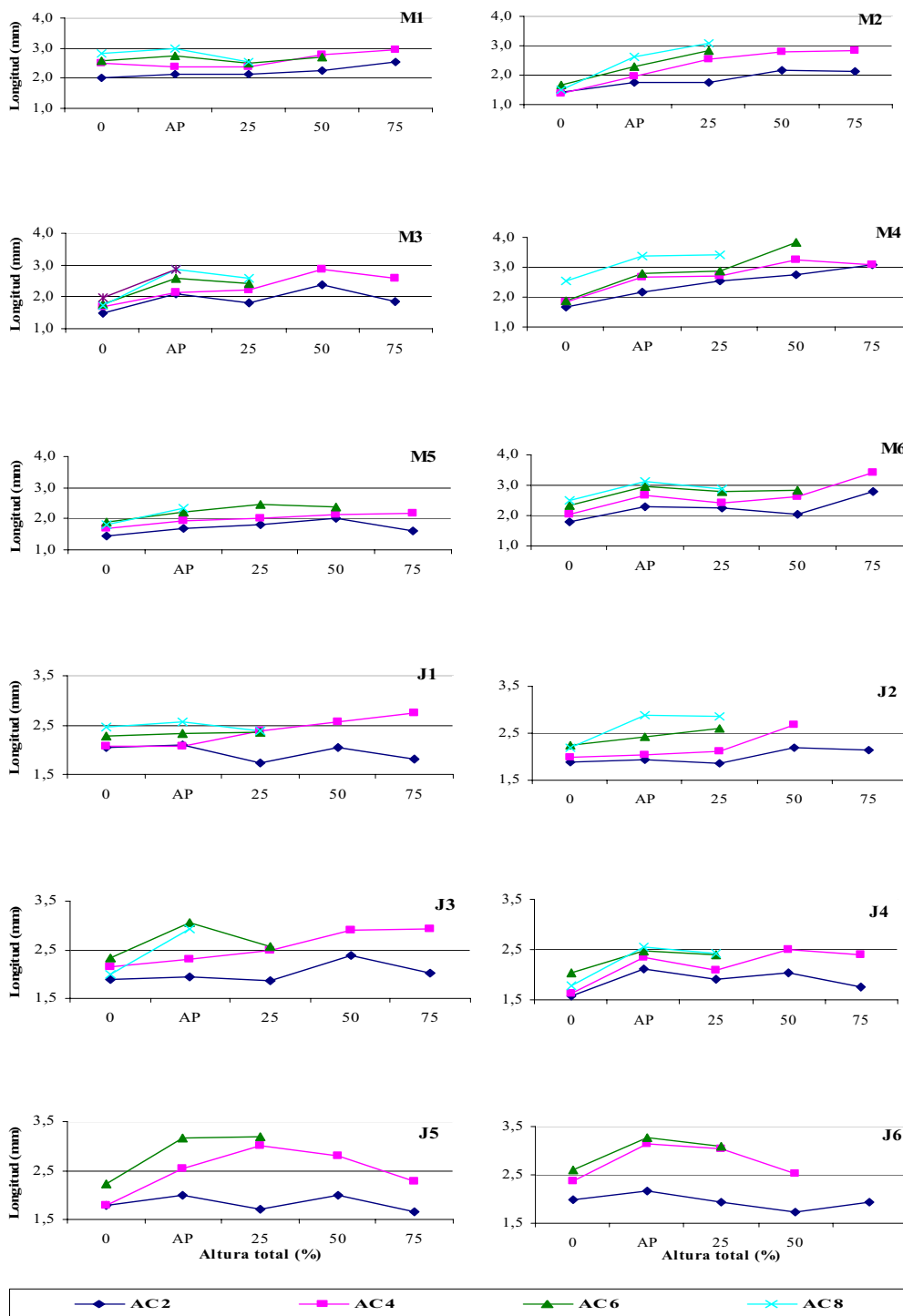


Figura 17. Variación axial de la longitud de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.

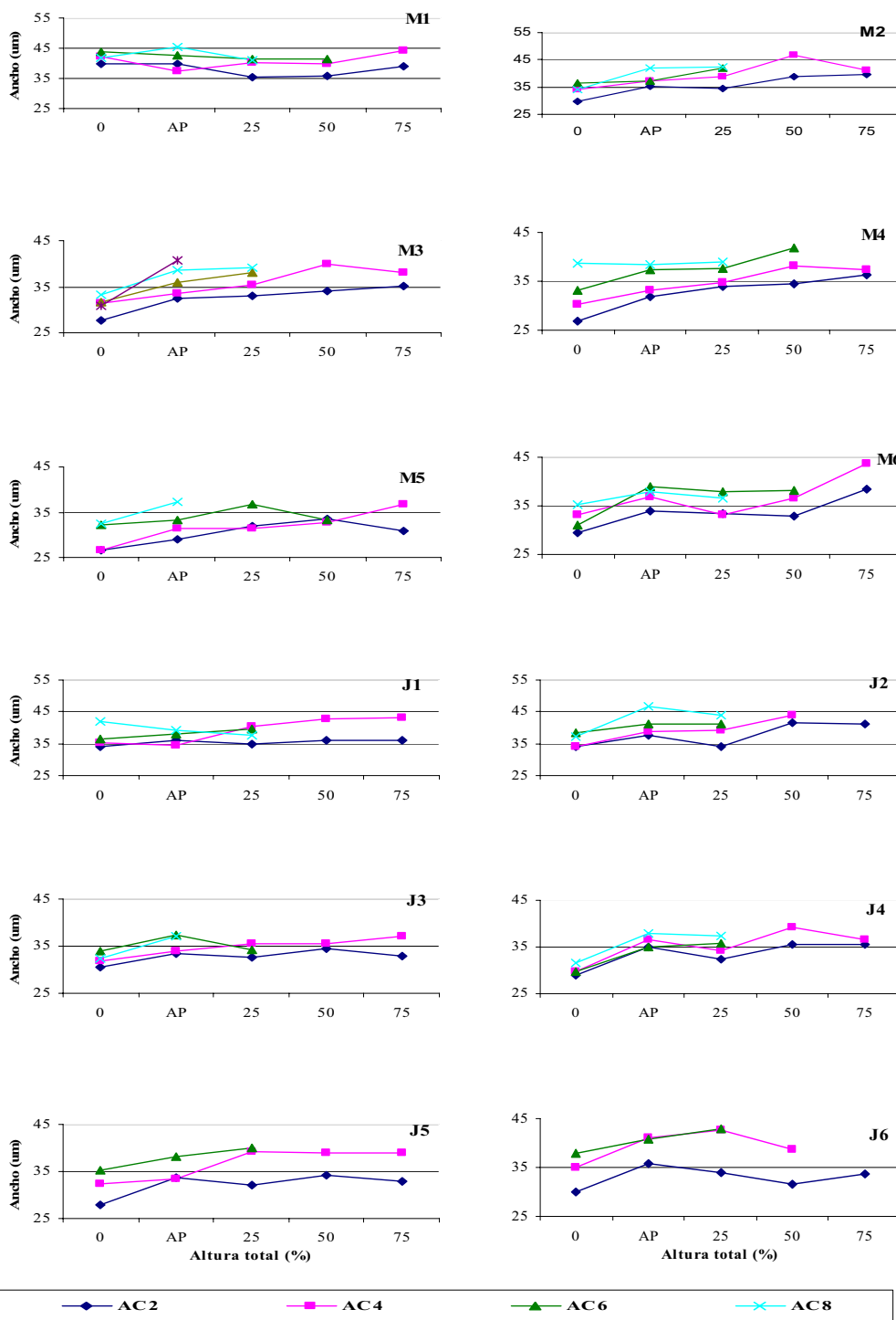


Figura 18. Variación axial del ancho de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.

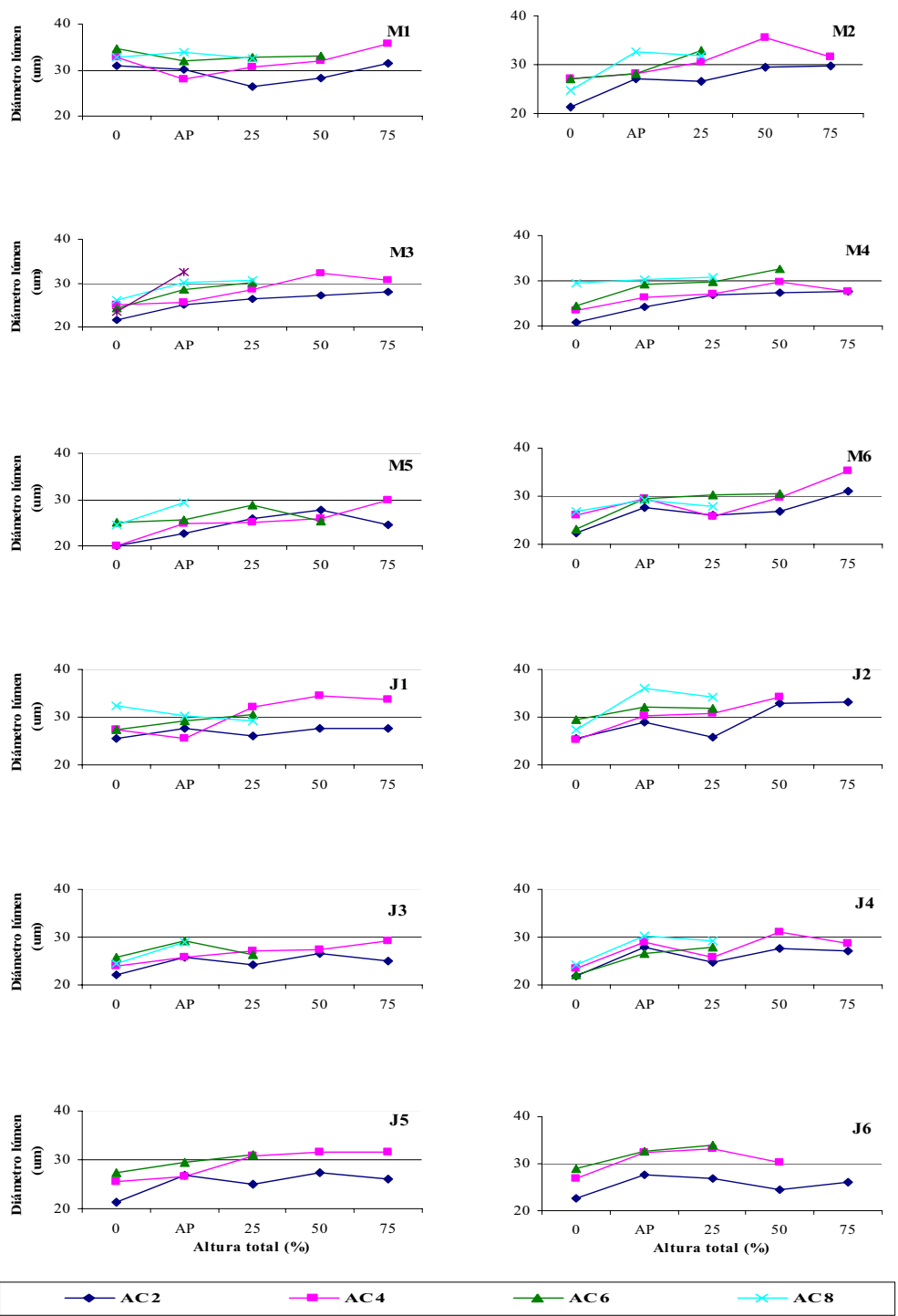


Figura 19. Variación axial del diámetro del lumen de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.

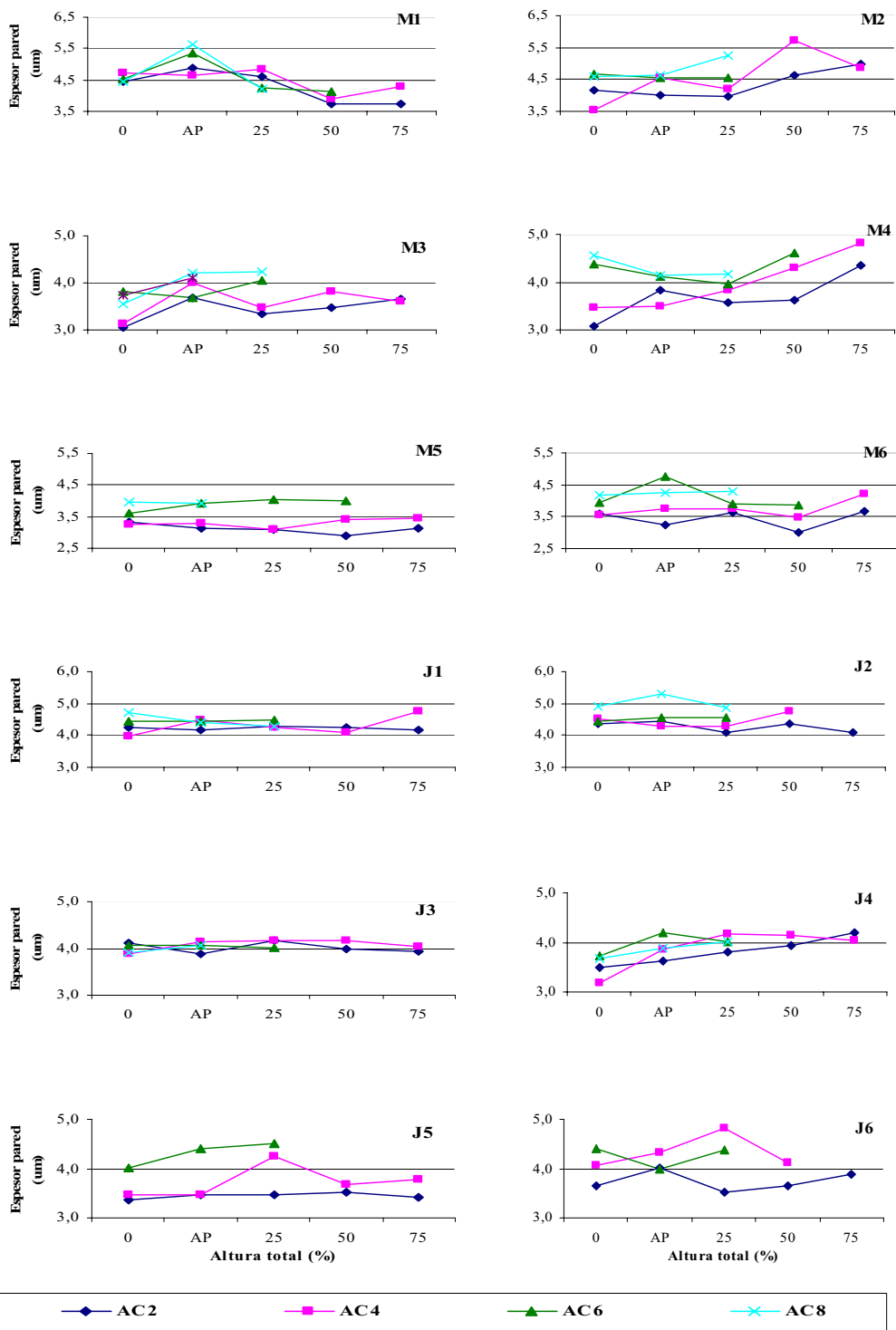


Figura 20. Variación axial del espesor de la pared de las traqueidas en árboles de pino romerón, procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J), clases de diámetro, dominante (1 y 2), intermedia (3 y 4) y dominada (5 y 6). AP, altura a nivel del pecho; AC, anillo de crecimiento.

2.2.5 Análisis de componentes principales

A partir del análisis de componentes principales con los valores medios de las variables: altura, densidad aparente, densidad básica, distancia radial y longitud de las traqueidas, fueron seleccionados los componentes principales uno, dos y tres, con valores mayores a uno que, que explican 81% de la variabilidad de los resultados (Tabla 11).

Tabla 11. Valores y varianza para los componentes principales obtenidos en el análisis de la madera de árboles de pino romerón de ocho años de edad.

Componente (#)	Valor	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	1,76	35	35
2	1,26	25	60
3	1,01	21	81
4	0,66	13	94
5	0,31	6	100

El componente principal uno que explica 35% de la variabilidad y contrasta la altura de los árboles (alto valor negativo) con la densidad básica (alto valor positivo), enfatiza la tendencia de variación axial encontrada para esta propiedad física de la madera, con mayores valores en la base de los árboles que disminuyen hasta la altura del pecho (AP), aumento posterior hasta el 25% de la altura total y disminución final hacia el 75% de la misma. El componente principal dos que explica 25% de la variabilidad y contrasta la distancia radial (médula – corteza) y la longitud de las traqueidas (altos valores positivos), confirma el incremento rápido de esta dimensión de las células en dirección a la corteza, en los diferentes porcentajes de altura de los árboles de pino romerón de las tres clases de diámetro de ambas procedencias (Tabla 12, Figura 21).

El componente principal tres que explica 21% de la variabilidad, presenta fuerte contraste entre la densidad aparente (alto valor positivo) y la distancia radial (valor negativo), que confirma la variación observada, con mayores valores de esta característica cerca de la médula y disminución posterior en varios anillos, en dirección a la corteza (Tabla 12, Figura 22).

Tabla 12. Resultado de las variables en cada componente principal.

Variable	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Densidad aparente (g/cm ³)	0,15	0,17	0,94
Altura (m)	-0,68	-0,09	0,04
Densidad básica (g/cm ³)	0,56	-0,24	0,06
Distancia radial (mm)	0,36	0,65	-0,33
Longitud traqueidas (mm)	-0,28	0,69	0,11

Al analizar de manera separada los árboles de las procedencias Jericó (Tablas 13 y 14, Figura 21) y Mesitas del Colegio (Tablas 15 y 16, Figura 22) con los valores medios de las mismas variables analizadas para la población, fueron seleccionados, en ambos casos, los componentes principales uno y dos con valores mayores a uno, que explican 65 y 67% de la variabilidad de los resultados, respectivamente.

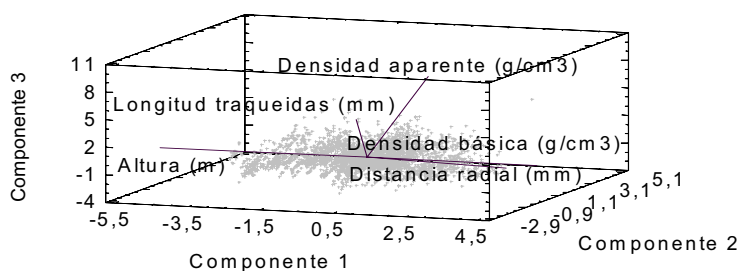


Figura 21. Representación gráfica de las variables en cada componente principal.

Tabla 13. Valores y varianza para los componentes principales obtenidos en el análisis de la madera de árboles de pino romerón de ocho años de edad, procedencia Jericó.

Componente (#)	Valor	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	1,76	35	35
2	1,48	30	65
3	0,83	17	82
4	0,58	12	94
5	0,34	6	100

Tabla 14. Resultado de las variables en cada componente principal, procedencia Jericó.

Variable	Componente 1	Componente 2
Densidad aparente (g/cm ³)	0,38	0,30
Altura (m)	-0,66	-0,13
Densidad básica (g/cm ³)	0,54	-0,18
Distancia radial (mm)	0,33	0,63
Longitud traqueidas (mm)	-0,12	0,68

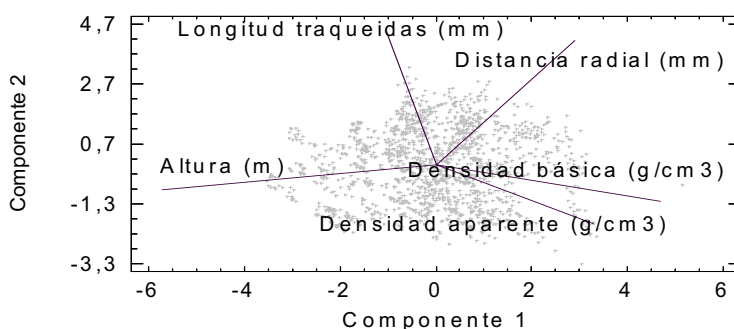


Figura 22. Representación gráfica de las variables en cada componente principal, procedencia Jericó.

Se observa, en el análisis de los resultados de cada procedencia, igual comportamiento que para la población. El componente principal uno que explica 35% de la variabilidad en la procedencia Jericó, y 42% en la procedencia Mesitas del Colegio, contrasta la altura de los árboles (altos valores positivos) y la densidad básica de la madera (altos valores negativos).

El componente principal dos que explica 30% de la variabilidad en la procedencia Jericó, y 25% en la procedencia Mesitas del Colegio, contrasta, al igual que para la población, la distancia radial (médula - corteza) y la longitud de las traqueidas (valores positivos). Este componente incluye además un contraste positivo entre estas variables y la densidad aparente, que enfatiza la estabilización o el incremento de esta propiedad física de la madera cerca a la corteza.

Estas relaciones no permiten observar una diferencia marcada entre las características de la madera de los árboles de pino romerón en las procedencias Jericó y Mesitas del Colegio.

Tabla 15. Valores y varianza para los componentes principales obtenidos en el análisis de la madera de árboles de pino romerón de ocho años de edad, procedencia Mesitas del Colegio.

Componente (#)	Valor	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	2,08	42	42
2	1,25	25	67
3	0,94	19	86
4	0,51	10	96
5	0,22	4	100

Tabla 16. Resultado de las variables en cada componente principal, procedencia Mesitas del Colegio.

Variable	Componente 1	Componente 2
Densidad aparente (g/cm ³)	-0,08	0,58
Altura (m)	-0,62	-0,24
Densidad básica (g/cm ³)	0,58	-0,08
Distancia radial (mm)	0,32	0,54
Longitud traqueidas (mm)	-0,41	0,55

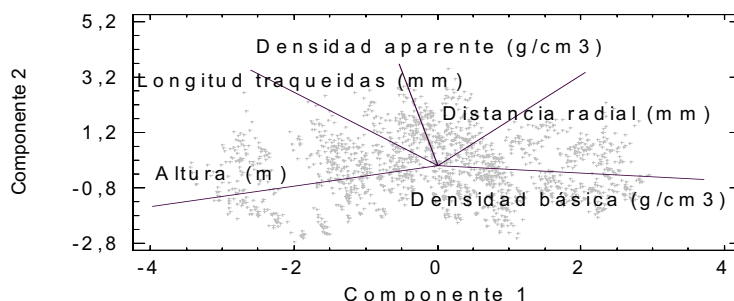


Figura 23. Representación gráfica de las variables en cada componente principal, en la procedencia Mesitas del Colegio.

2.3 Conclusiones

La selección de individuos en un programa de mejoramiento genético forestal frente a características de la madera, parte del conocimiento de su variación en los individuos y de los valores que éstos puedan alcanzar (Zobel & Talbert, 1992). El presente estudio permitió conocer la variación de la densidad y la morfología de las traqueidas en árboles de pino romerón y confirmar, que tanto en sentido radial como axial, coincide con la variación observada en otras coníferas de las familias Pinaceae, Cupressaceae y Taxodiaceae.

La variación radial de las densidades aparente y básica presentó mayores valores próximos a la médula, que disminuyen hasta el 50% y se estabilizan o incrementan posteriormente, cerca a la corteza. Todas las dimensiones de las traqueidas presentaron incremento en dirección médula-corteza.

Este modelo de variación radial muestra, de manera general, la formación de dos tipos de madera; la primera desde la médula hasta el octavo anillo de crecimiento, caracterizada por aumentos progresivos y asociada con madera juvenil o juvenil interna. Luego, cerca a la corteza, la madera presenta variaciones más graduales, lo que permite asociarla con madera de transición hacia la madera madura o juvenil externa (Zobel & van Buijtenen, 1989; Larson *et al.*, 2001; Burdon *et al.*, 2004). La delimitación de las maderas interna y externa, en los árboles de pino romerón de ocho años de edad, no está perfectamente definida, y posiblemente sea más clara en árboles de mayor edad.

La variación axial de las densidades aparente y básica mostró mayores valores en la base, con disminución hasta la altura del pecho (AP) o el 25%, y nuevo aumento hasta el 25 ó 50% de la altura total, para disminuir nuevamente hasta el 75% final.

Las dimensiones de las traqueidas presentaron varias tendencias de variación axial: aumento de base a copa que a veces muestra una pequeña disminución entre el 50 y el 75% de la altura; valores constantes o disminución hasta el 25% de la altura, con aumento posterior que permanece constante o disminuye de nuevo hacia la copa; aumento hasta la altura del pecho (AP) o el 25% de la altura y disminución posterior hasta el 75% final; o disminución hasta el 25 o 50 % de la altura, con aumento hasta el 75 %.

El análisis de componentes principales para las diferentes características enfatiza las tendencias de variación encontradas y no permite observar una diferencia marcada entre los árboles de las procedencias Jericó y Mesitas del Colegio.

Debido a que las especies de Podocarpaceae, y en este caso *R. rospigliosii*, se caracterizan por presentar anillos de crecimiento extremadamente difíciles de diferenciar, con incipiente formación de leño final, se recomienda en futuros estudios, trabajar por porcentajes de radio para determinar la variación de la morfología de las traqueidas.

La Tomografía Axial Computarizada (TAC) se muestra como una buena herramienta para determinar la variación de la densidad aparente en la madera, aunque se obtendrían mejores resultados en madera con una menor cantidad de defectos (nudos y concavidades en el tallo) y en especies con anillos de crecimiento más marcados,

condiciones que pudieron modificar los resultados encontrados en el presente estudio y elevar los valores obtenidos para esta propiedad, entre 0,44 y 0,64 g/cm³, con una media poblacional de 0,53 g/cm³, en comparación con la densidad básica obtenida por el Método del Máximo Contenido de Humedad, que vario entre 0,33 y 0,40 g/cm³, con una media para la población de 0,36 g/cm³

La densidad básica media de 0,36 g/cm³, fue similar a la reportada para madera juvenil de *Pinus radiata* D. Don por Droppelmann (2007), y permite recomendar la madera de los árboles estudiados para la elaboración de lápices, pulpa, papel, tableros aglomerados, palillos mondadientes, fósforos, cucharillas de helado, depresores linguales, juguetería infantil y similares.

Aunque la longitud media de las traqueidas en los árboles de pino romerón (2,37 mm), permite clasificarlas como cortas (IAWA Committee, 2004), este valor es ligeramente superior al reportado para *Podocarpus brasiliensis* D.J., entre 2,15 y 2,29 mm, con base en el cual, de Paula *et al.* (2000), recomiendan la madera de pequeñas dimensiones de esta última especie para la producción de celulosa.

En Colombia, recomendar este uso para la madera de las podocarpáceas, pondría a estas especies en franca desventaja con respecto a otras coníferas tropicales y subtropicales que ofrecen mejores rendimientos y crecimientos (Marín, 1998). Por tal razón, resultaría conveniente e interesante desarrollar sistemas silviculturales apropiados para rotaciones largas que permitan, en primer lugar, que estas especies conserven su lugar en el mercado de las maderas preciosas con la producción de volúmenes adecuados, y en segundo lugar, que se aprovechen las valiosas experiencias tenidas en algunas zonas del país, que consideran el uso de sombrío inicial y de podas tempranas para mejorar, de manera importante, el desarrollo de los árboles, la forma del tallo y la calidad de la madera.

Finalmente, el hecho de que estas especies sean apreciadas como elementos del paisaje y se las encuentre como árboles aislados, en cercos vivos y en algunas pequeñas plantaciones, y que sus maderas sean altamente apreciadas para construcción, ebanistería, instrumentos musicales, traviesas, puentes, talla, entre otros, permite considerar la posibilidad de incorporarlas, en pequeños volúmenes, al ingreso de los pequeños y medianos agricultores. Esto también permitiría obtener con mayor facilidad, en un futuro cercano, material de árboles de mayor edad, con el objeto de evaluar otras características de la madera como formación de duramen, durabilidad natural, trabajabilidad, propiedades mecánicas, etc.

3. ESTUDIO II: ANATOMÍA DE LA MADERA DE LAS PODOCARPÁCEAS COLOMBIANAS

3.1 Metodología

3.1.1 Áreas de estudio y obtención de muestras

La recolección de los ejemplares estudiados se realizó en bosques naturales, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Tolima. Estos departamentos están situados en la región Andina, en el centro-occidente del país, con una superficie de 99202 km², que representa el 8.7% del territorio nacional (Figura 23).

Esta zona posee un clima bastante variado, pues conjuga todos los elementos de la geografía nacional: mar, llanuras, montañas, altiplanos, páramos, ríos, ciénagas y bosques. Tiene un 80% de territorio montañoso con elevaciones que alcanzan los 5215 metros sobre el nivel del mar, pues se encuentra atravesada por los ramales Occidental y Central, de la cordillera de los Andes. La zona forma parte del eje cafetero, llamado así porque su crecimiento económico se deriva en gran parte de este producto.

En cada localidad visitada, se apeó un árbol de la especie allí encontrada y se colectó una troza de la parte más baja del tronco principal (Figura 24), de unos 60 a 80 cm de largo. Además se obtuvieron muestras botánicas que se depositaron en el Herbario Gabriel Gutiérrez Villegas (MEDEL) de la Universidad Nacional de Colombia y que han servido para la identificación de las diferentes especies con ayuda de expertos.

En la Tabla 17, se presentan datos de la procedencia y del tamaño de los 13 árboles muestreados. El número de árboles muestreados por especie varió entre 1 y 4, debido a dificultades para localizar o colectar árboles de algunas de las especies. La altitud de los sitios estuvo comprendida entre 45 y 3148 m. En cuanto al tamaño de los árboles, el diámetro a la altura del pecho estuvo comprendido entre 22,28 y 60,00 cm, y la altura total, entre 9,40 y 24,00 m.

3.1.2 Análisis de laboratorio

La madera se secó y procesó en el Laboratorio de Productos Forestales Héctor Anaya López de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Sus características organolépticas y macroscópicas se observaron a simple vista y con aumentos de 5 a 10x, en muestras de 10 x 20 x 2 cm, y con base en Coradin & Muñiz (1992) e IAWA Committee (2004). El color de la madera se describió con base en una Tabla Münsell para tejidos vegetales (Munsell Color Company, 1963). La densidad seca al aire (g/cm³) con un contenido de humedad entre el 12 y 15%, se determinó en 10 muestras de cada individuo, con base en COPANT (1972).

De cada muestra de madera se cortaron pequeños bloques de 2x1x1 cm orientados en tres planos de corte, que luego se sumergieron en agua por varios días, para proceder a la obtención de cortes finos con espesor entre 18 y 24 µm, en un micrótopo de guías Spencer. Estos cortes se perfilaron a un tamaño adecuado y se tiñeron con safranina alcohólica al 1% durante 10 min, para luego deshidratarlos en alcoholes al 75 y 96% y etanol absoluto, durante el mismo tiempo. Finalmente, se dejaron 15 min en tolueno para una completa fijación del colorante en los tejidos, y se realizó su montaje en

Bálsamo de Canadá, para llevarlos a la estufa a 60°C durante tres días (de Azambuja, 1962). Se obtuvieron entre 15 y 18 preparaciones permanentes por árbol, de las que se seleccionaron las 10 mejores para la descripción y medición de elementos microscópicos de acuerdo con Phillips (1948), García *et al.* (2002) e IAWA Committee (2004).

En cada preparación se realizaron 25 mediciones microscópicas del diámetro de las punteaduras tangenciales, radiales y del campo de cruce, y de la abundancia, por mm², de traqueidas, radios y parénquima axial. Además, se obtuvieron 50 mediciones de la altura de los radios (en número de células y en µm), número de punteaduras en el campo de cruce, y abundancia de punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas.

Además de las preparaciones con cortes, se realizaron 10 preparaciones no permanentes de macerados para cada individuo (Franklin 1946). En cada preparación se midió la longitud, ancho, diámetro del lumen y espesor de la pared de 25 traqueidas.

Las observaciones y mediciones se realizaron con ayuda de un microscopio binocular Nikon, con lente ocular de escala graduada y preparación con escala micrométrica.

Mediante estadística descriptiva, la densidad seca al aire y las características microscópicas, se expresaron en términos de su valor medio, desviación estándar, y valores mínimo y máximo (media ±DS (mín – máx)). En algunos casos también se determinó la frecuencia, en %, del conjunto de mediciones en diferentes rangos o intervalos, que se seleccionaron en base a la variación observada entre las seis especies.

Tabla 17. Características de los sitios y árboles colectados. Para cada árbol se indica el Municipio, Departamento y altitud de colecta, además su altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP).

Especie / Municipio	Departamento	Altitud (m)	Altura total (m)	DAP (cm)
<i>Podocarpus oleifolius</i>				
Pensilvania	Caldas	3007	18,00	46,00
Caldas	Antioquia	2510	11,00	30,00
Yarumal	Antioquia	2975	17,90	46,34
Yolombo	Antioquia	1455	15,30	42,00
<i>Podocarpus guatemalensis</i>				
Vigía del Fuerte	Antioquia	45	24,00	60,00
Yolombo	Antioquia	1084	11,97	22,28
<i>Podocarpus magnifolius</i>				
Anorí	Antioquia	1071	12,20	41,00
<i>Prumnopitys montana</i>				
Belmira	Antioquia	2969	11,70	30,24
Murillo	Tolima	3148	15,90	35,00
Pensilvania	Caldas	2829	21,00	51,00
<i>Prumnopitys harmsiana</i>				
Pereira	Risaralda	1483	16,20	25,00
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>				
Angostura	Antioquia	2312	9,40	25,60
Guatapé	Antioquia	1957	10,70	32,00

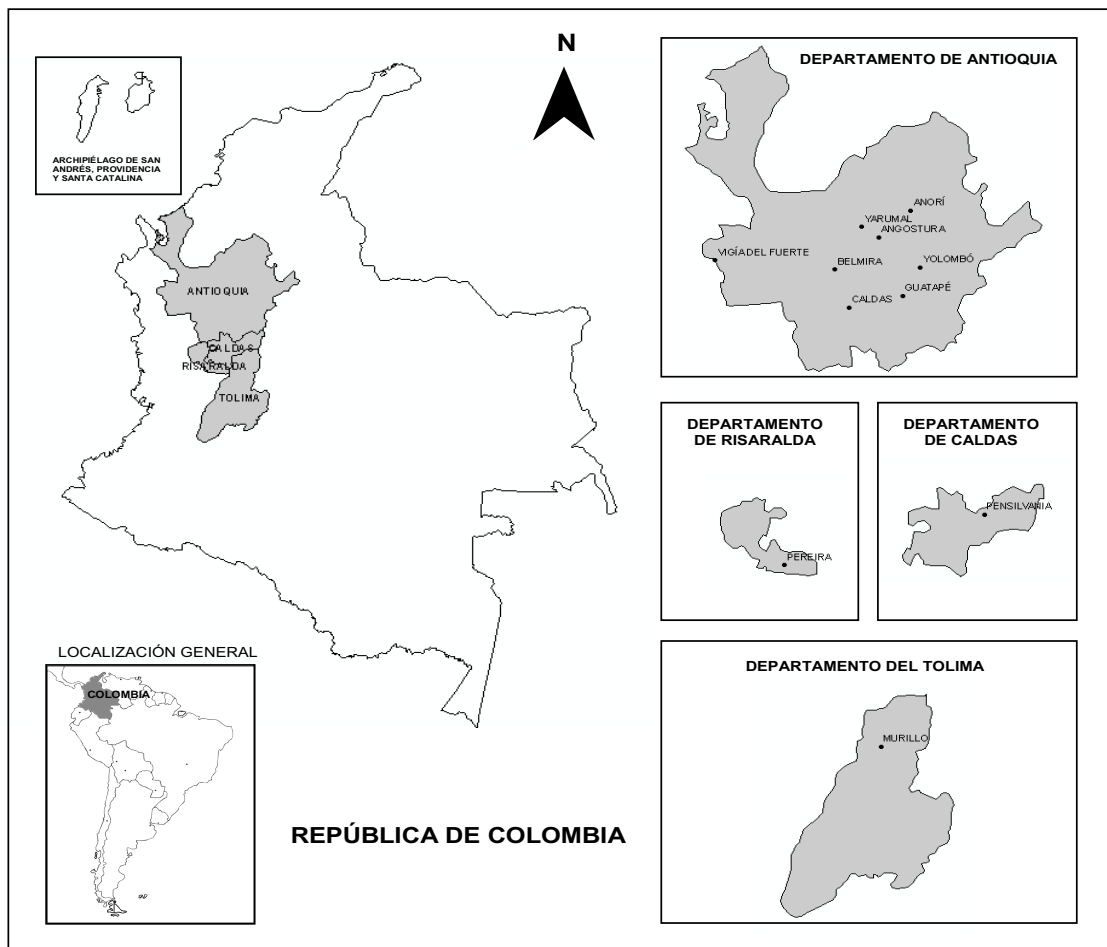


Figura 24. Sitios de colección de las especies estudiadas.



Figura 25. Colección de maderas y muestras botánicas en campo.

3.2 Resultados y discusión

3.2.1 Descripción de la madera de los individuos colectados

En los Anexos 6 a 9 se presentan tabulados los datos cuantitativos de cada uno de los árboles colectados.

3.2.1.1 *Podocarpus oleifolius* (Municipio de Pensilvania)

Departamento de Caldas

Vereda Quebrada Negra

Finca La Cecilia

Nombre común: Chaquiro

Fecha de recolección: 8 de Octubre de 2007

Zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo (bmh - MB)

Altitud: 3007 m

Coordenadas: 5° 23' 10" N, 75° 12' 22" W

Observaciones: Bosque primario semintervenido.

Dimensiones del árbol

Altura: 18,00 m

DAP: 46,00 cm

Observaciones: Árbol asociado con especies de la familia Lauraceae.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 26):

Albura café clara (2,5Y 8/4) con transición gradual a duramen café claro rosáceo a café amarillento (7,5YR 8/4); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura media; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos, satinado, bandas de coloración característica y mancha azul; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles a simple vista, con transición media a gradual entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,59 \pm 0,04$ ($0,55-0,66$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 27):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, con algunos espacios intercelulares, 1306 ± 108 (1100-1520) por mm², cortas, con longitud de $2,95 \pm 0,21$ (2,50-3,48) mm, ancho $34,99 \pm 4,59$ (27,30-46,20) μm , diámetro del lumen $25,66 \pm 3,75$ (18,90-35,70) μm , espesor de la pared celular $4,66 \pm 0,93$ (3,15-6,83) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales predominantemente uniseriadas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $13,61 \pm 1,03$ (11,55-15,75) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas y difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm² en el 2% de observaciones, diámetro de $12,10 \pm 1,25$ (9,45-14,70) μm ; parénquima axial con 79 ± 32 (30-150) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 93 ± 23 (50-130) por mm², muy bajos, con altura de $50,32 \pm 33,54$ (16,80-151,20) μm , y en número de células de 3 ± 2 (1-10), el 20% con más de cinco células de altura, uniseriados u ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoides, de

1±0 (1-2) por campo y 6% de los campos con más de una punteadura, diámetro de 8,74±0,72 (7,35-10,50) μm.



Figura 26. Plano longitudinal tangencial de *P. oleifolius* (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas).

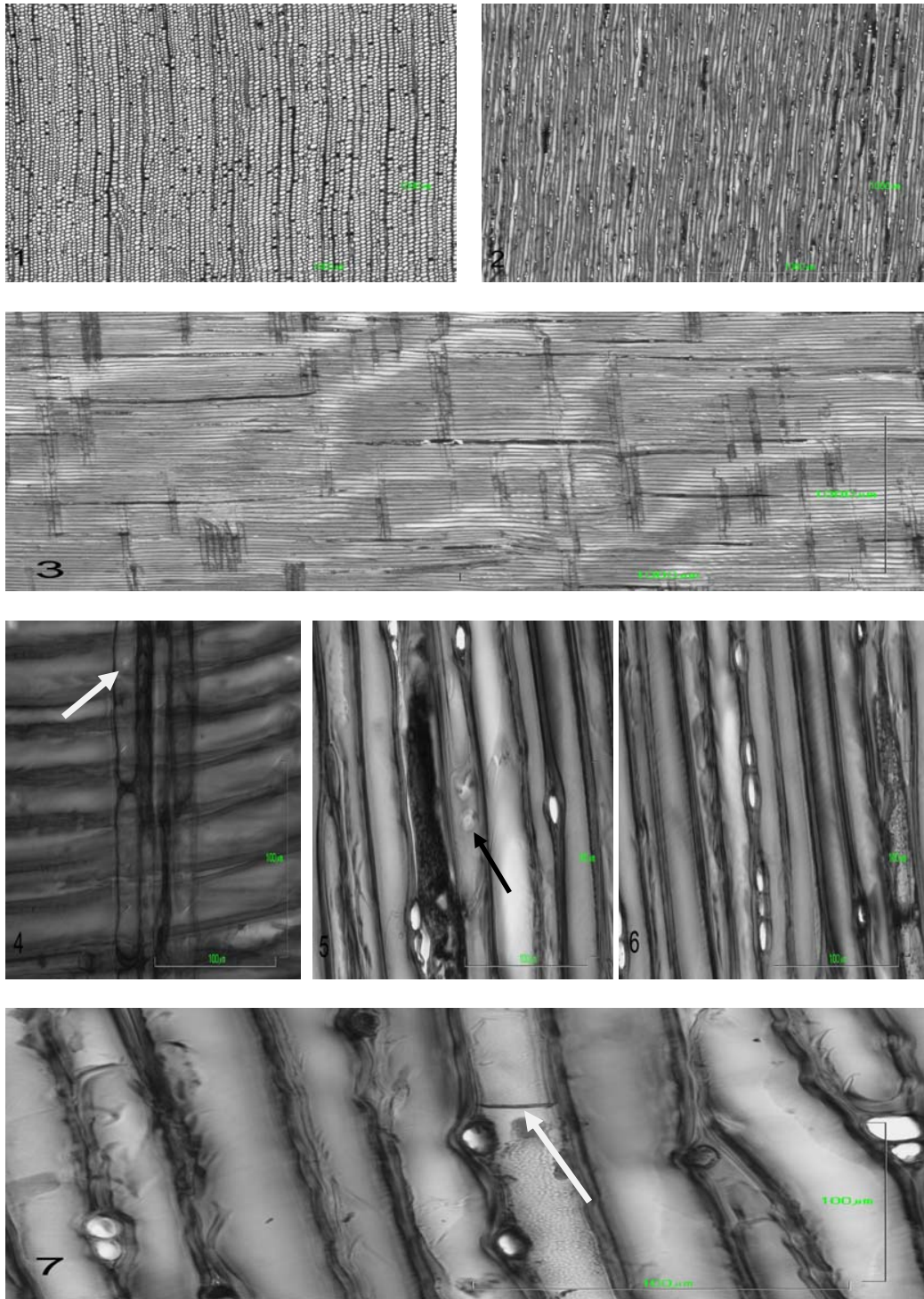


Figura 27. *P. oleifolius* (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Radios uniseriados. -7: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm .

3.2.1.2 *Podocarpus oleifolius* (Municipio de Caldas)

Departamento de Antioquia

Vereda El Roble

Nombres comunes: Chaquiro, chaquiro liso, chaquiro indio

Fecha de recolección: 15 de Julio de 2007

Zona de vida: Bosque húmedo premontano (bh – P)

Altitud: 2510 m

Coordenadas: 6° 6' 41" N, 75° 40' 29" W

Dimensiones del árbol

Altura: 11,00 m

DAP: 30,00 cm

Observaciones: Árbol recto y sano, asociado con robledales (*Quercus* sp.).

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 28):

Albura café clara rosácea a café amarillenta (7,5YR 8/4), sin presencia de duramen; brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de satinado, mancha azul y bandas de coloración característica; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,55 \pm 0,03$ ($0,49-0,60$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 29):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular, con algunos espacios intercelulares, 886 ± 123 (640-1160) por mm², cortas, con longitud de $2,64 \pm 0,25$ (2,02-3,25) mm, ancho $34,94 \pm 5,78$ (25,20-46,20) μ m, diámetro del lumen $24,36 \pm 5,56$ (16,80-33,60) μ m, espesor de la pared celular $5,29 \pm 1,40$ (3,15-7,35) μ m; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $18,14 \pm 1,34$ (16,80-21,00) μ m; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas y difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm² en el 14% de observaciones, diámetro de $10,92 \pm 2,35$ (8,40-16,80) μ m; parénquima axial con 66 ± 32 (0-120) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y resina, 99 ± 22 (40-140) por mm², muy bajos, con altura de $58,04 \pm 41,60$ (16,80-201,60) μ m, y en número de células de 3 ± 2 (1-10), el 14% con más de cinco células de altura, exclusivamente uniseriados; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, de 1 ± 0 (1-2) por campo y 24% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $8,48 \pm 1,42$ (6,30-10,50) μ m.



Figura 28. Plano longitudinal tangencial de *P. oleifolius* (municipio de Caldas, departamento de Antioquia).

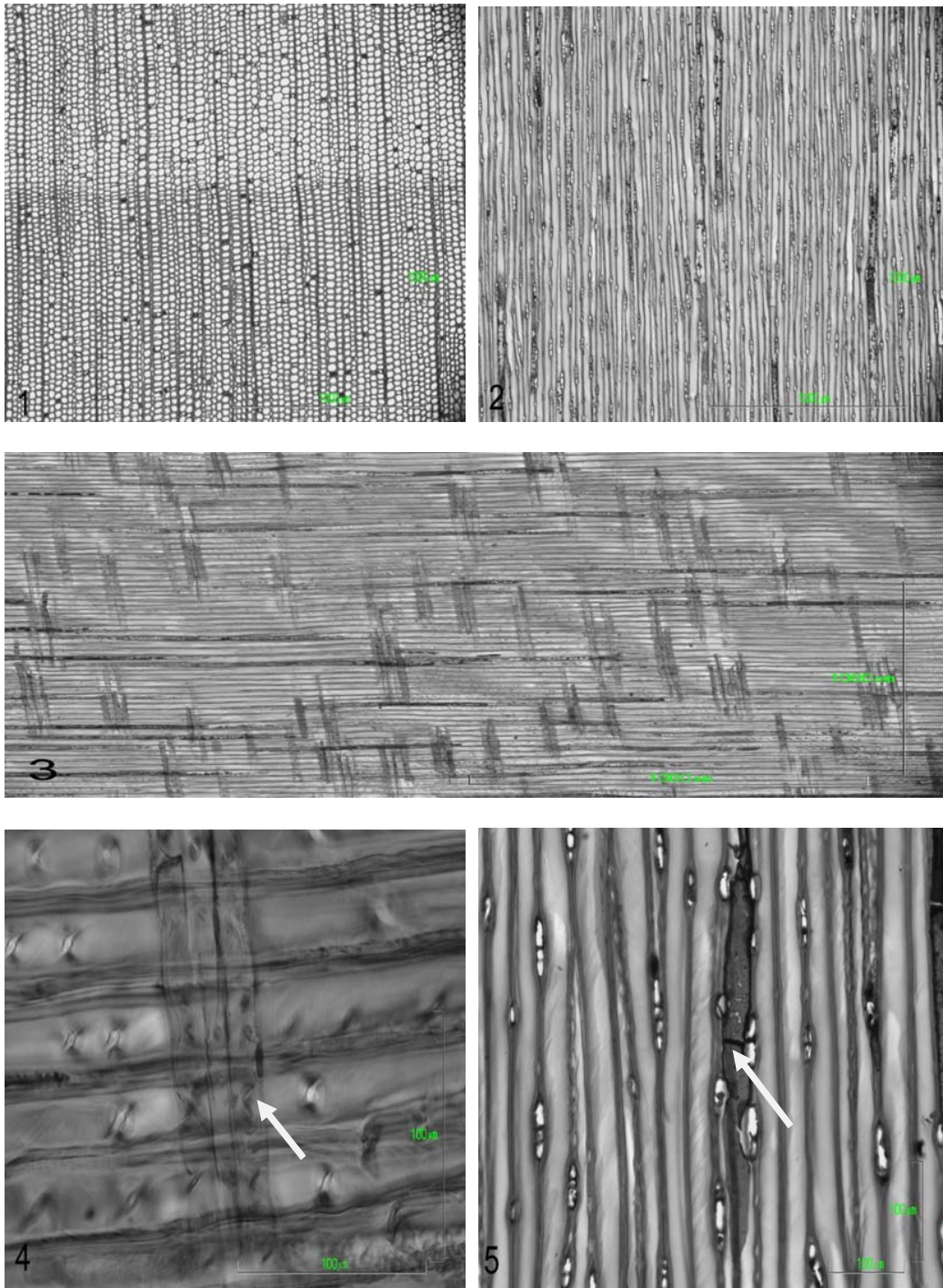


Figura 29. *P. oleifolius* (municipio de Caldas, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5 = 100 μm .

3.2.1.3 *Podocarpus oleifolius* (Municipio de Yarumal)

Departamento de Antioquia

Vereda El Corazón

Finca El Corazón (Cipreses de Colombia S.A.)

Nombres comunes: Chaquiro, chaquiro liso, chaquiro indio

Fecha de recolección: 14 de Agosto de 2007

Zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB)

Altitud: 2975 m

Coordenadas: 6° 54' 50" N, 75° 35' 19" W

Observaciones: Bosque secundario intervenido, rodeado por plantaciones.

Dimensiones del árbol

Altura: 17,90 m

DAP: 46,34 cm

Observaciones: Árbol inclinado, bifurcado en la parte alta.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 30):

Albura café clara (2,5Y 8/4) con transición gradual a duramen café claro rosáceo a café amarillento (7,5YR 8/4); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura media a fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos, satinado y bandas de coloración característica más clara; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles a simple vista, con transición media a gradual entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,57 \pm 0,02$ ($0,54-0,63$) g/cm^3 .

Caracteres microscópicos (Figura 31):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 913 ± 105 (690-1110) por mm^2 , medias, con longitud de $3,22 \pm 0,23$ (2,68-3,58) mm, ancho $39,19 \pm 4,54$ (31,50-47,25) μm , diámetro del lumen $29,23 \pm 4,42$ (21,00-37,80) μm , espesor de la pared celular $4,98 \pm 1,02$ (3,15-7,88) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales, uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida, sin toro bien definido, diámetro de $15,29 \pm 1,10$ (13,65-16,80) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, más de 20 punteaduras por mm^2 en el 18% de observaciones, diámetro de $13,10 \pm 2,27$ (9,45-16,80) μm ; parénquima axial de 62 ± 40 (0-160) células por mm^2 , difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y resina, 83 ± 21 (20-110) por mm^2 , muy bajos, con altura de $69,47 \pm 51,54$ (16,80-218,40) μm , y en número de células de 4 ± 3 (1-10), el 22% con más de cinco células de altura, exclusivamente uniseriados; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, de 1 ± 0 (1-2) por campo y 26% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $8,11 \pm 0,77$ (6,30-9,45) μm .



Figura 30. Plano longitudinal tangencial de *P. oleifolius* (municipio de Yarumal, departamento de Antioquia).

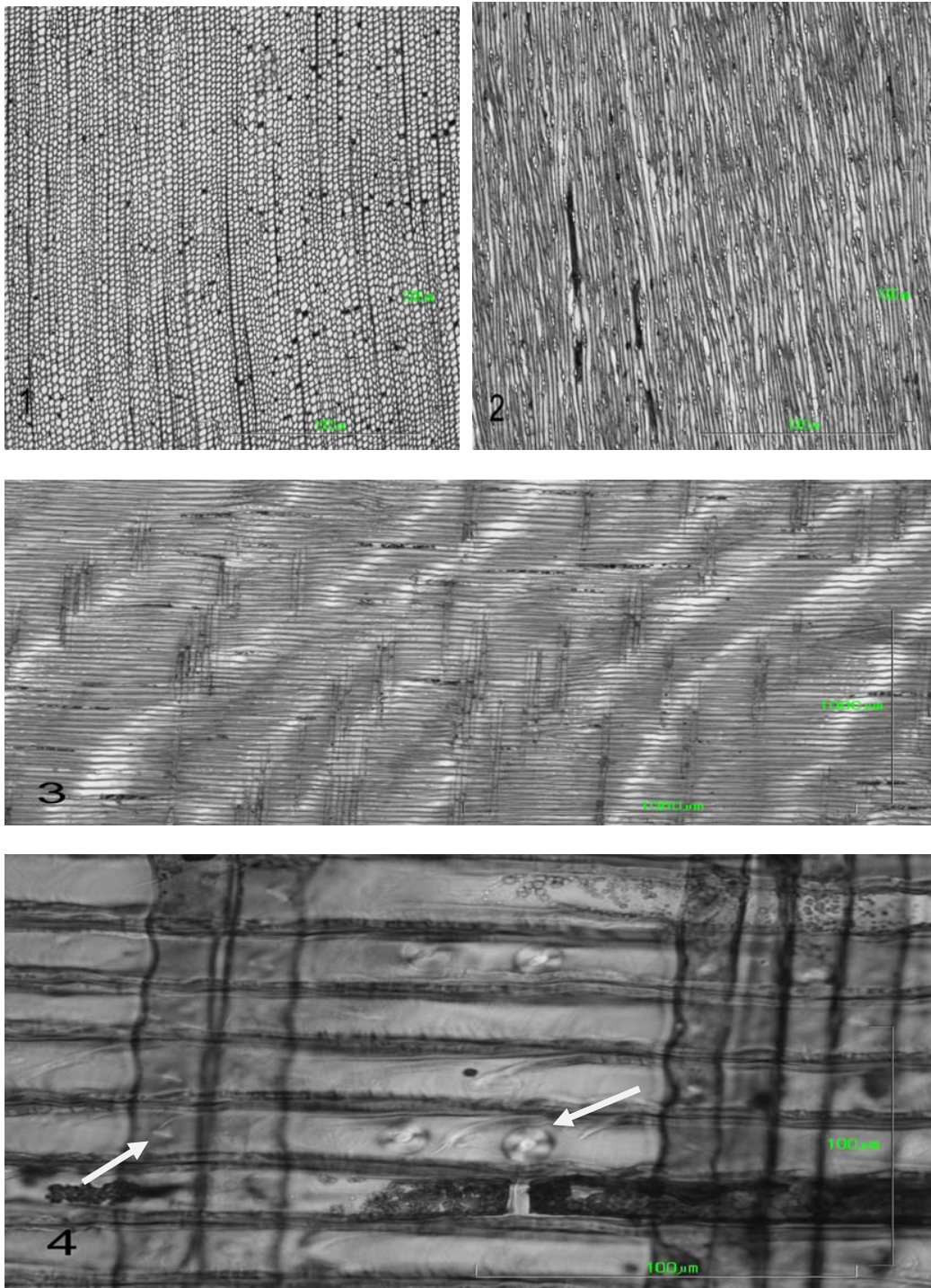


Figura 31. *P. oleifolius* (municipio de Yarumal, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce y en la pared radial de las traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4 = 100 μm .

3.2.1.4 *Podocarpus oleifolius* (Municipio de Yolombo)

Departamento de Antioquia
Vereda Cordillera de la Amelia
Finca La Carolina (Industrias Forestales Doña María)
Nombre común: Chaquiro
Fecha de recolección: 7 de Noviembre de 2007
Zona de vida: bosque húmedo premontano (bh – P)
Altitud: 1455 m
Coordenadas: 6° 39' 19" N, 75° 5' 10" W
Observaciones: pendiente fuerte.

Dimensiones del árbol

Altura: 15,30 m
DAP: 42,00 cm
Observaciones: árbol recto.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 32):

Albura de color café claro (2,5Y 8/4); sin presencia de duramen; brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura media; veteado moderadamente acentuado definido por satinado y bandas de coloración característica más oscura; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,55 \pm 0,01$ ($0,54-0,57$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 33):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular, 596 ± 107 (440-900) por mm², medias, con longitud de $4,28 \pm 0,55$ (3,25-5,40) mm, ancho $48,80 \pm 6,31$ (33,60-58,80) μm , diámetro del lumen $37,13 \pm 6,96$ (21,00-50,40) μm , espesor de la pared celular $5,84 \pm 1,49$ (2,10-8,40) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales, uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida, sin toro bien definido, diámetro de $15,54 \pm 1,36$ (12,60-16,80) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, más de 20 punteaduras por mm² en el 32% de observaciones, diámetro de $12,01 \pm 1,14$ (8,40-12,60) μm , parénquima axial de 71 ± 31 (20-140) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 62 ± 18 (20-80) por mm², medios, con altura de $90,38 \pm 68,90$ (21,00-361,20) μm , y en número de células de 6 ± 5 (1-23), el 38% con más de cinco células de altura, exclusivamente uniseriados; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, de 1 ± 0 (1-2) por campo y 22% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $8,57 \pm 0,58$ (8,40-10,50) μm .



Figura 32. Plano longitudinal tangencial de *P. oleifolius* (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia).

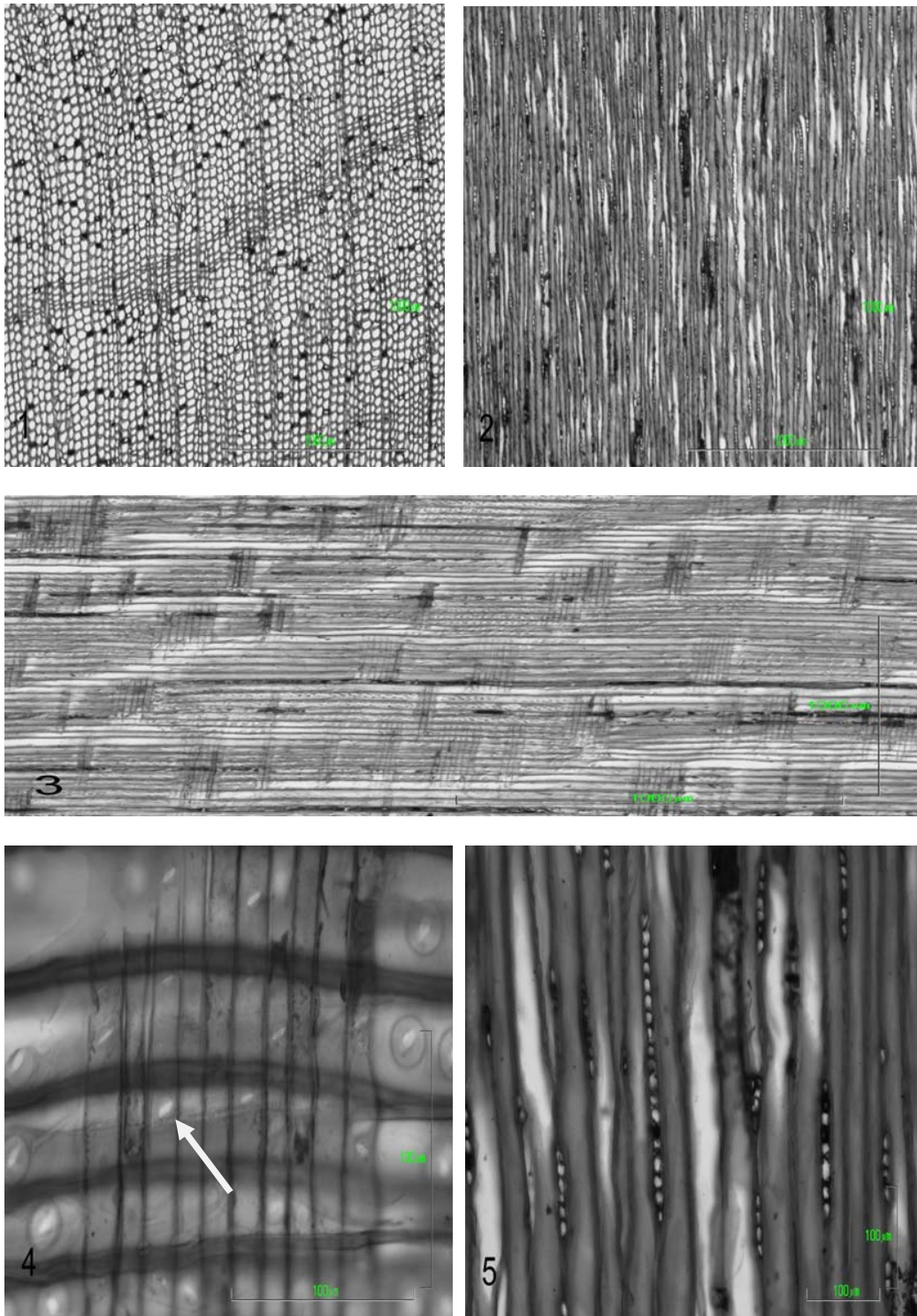


Figura 33. *P. oleifolius* (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Radios uniseriados. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 µm; para 4 y 5 = 100 µm.

3.2.1.5 *Podocarpus guatemalensis* (Municipio de Vigía del Fuerte)

Departamento de Antioquia

Corregimiento San Miguel (Quebrada Nipurdu – Paraje Jaramillo)

Nombre común: Pino chaquiro

Fecha de recolección: 2 de Agosto de 2007

Zona de vida: Bosque muy húmedo tropical (bmh – T)

Altitud: 45 m

Coordenadas: 6° 30' 18" N, 76° 43' 47" W

Observaciones: Bosque primario intervenido, terreno ondulado.

Dimensiones del árbol

Altura: 24,00 m

DAP: 60,00 cm

Observaciones: Árbol sano, recto, bifurcado en la parte superior.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 34):

Albura café clara a café amarillenta (7,5YR 8/2-8/4) con transición gradual a duramen marrón rojizo (7,5YR 6/4); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura media; veteado acentuado definido por la presencia de satinado y bandas de coloración característica más oscuras; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles a simple vista, con transición media a gradual entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,59 \pm 0,02$ ($0,56-0,64$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 35):

Traqueidas axiales con sección transversal poligonal a cuadrangular, 900 ± 121 (730-1280) por mm², medias, con longitud de $3,48 \pm 0,40$ (2,70-4,42) mm, ancho $38,64 \pm 3,39$ (32,55-46,20) μm , diámetro del lumen $28,06 \pm 3,49$ (22,05-35,70) μm , espesor de la pared celular $5,29 \pm 0,84$ (3,68-6,83) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $16,28 \pm 0,99$ (13,65-17,85) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, más de 20 punteaduras por mm² en el 16% de observaciones, diámetro de $10,48 \pm 3,07$ (5,25-14,70) μm ; parénquima axial de 70 ± 29 (20-140) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 108 ± 16 (80-140) por mm², muy bajos, con altura de $61,82 \pm 36,12$ (21,00-147,00) μm , y en número de células de 4 ± 2 (1-9), el 24% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoides, de 1 ± 0 (1-3) por campo y 26% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $9,16 \pm 0,94$ (7,35-10,50) μm .

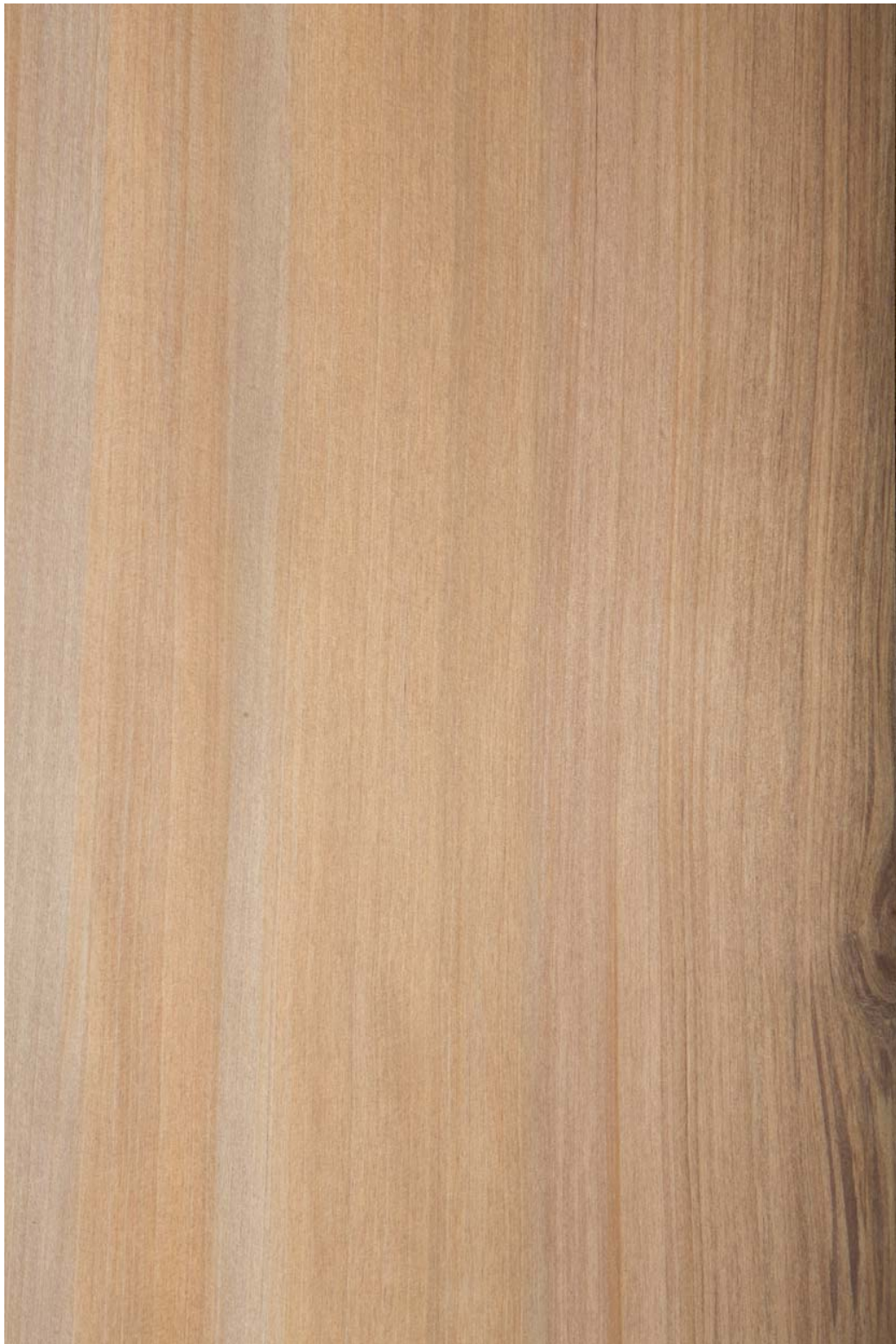


Figura 34. Plano longitudinal tangencial de *P. guatemalensis* (municipio de Vigía del Fuerte, departamento de Antioquia).

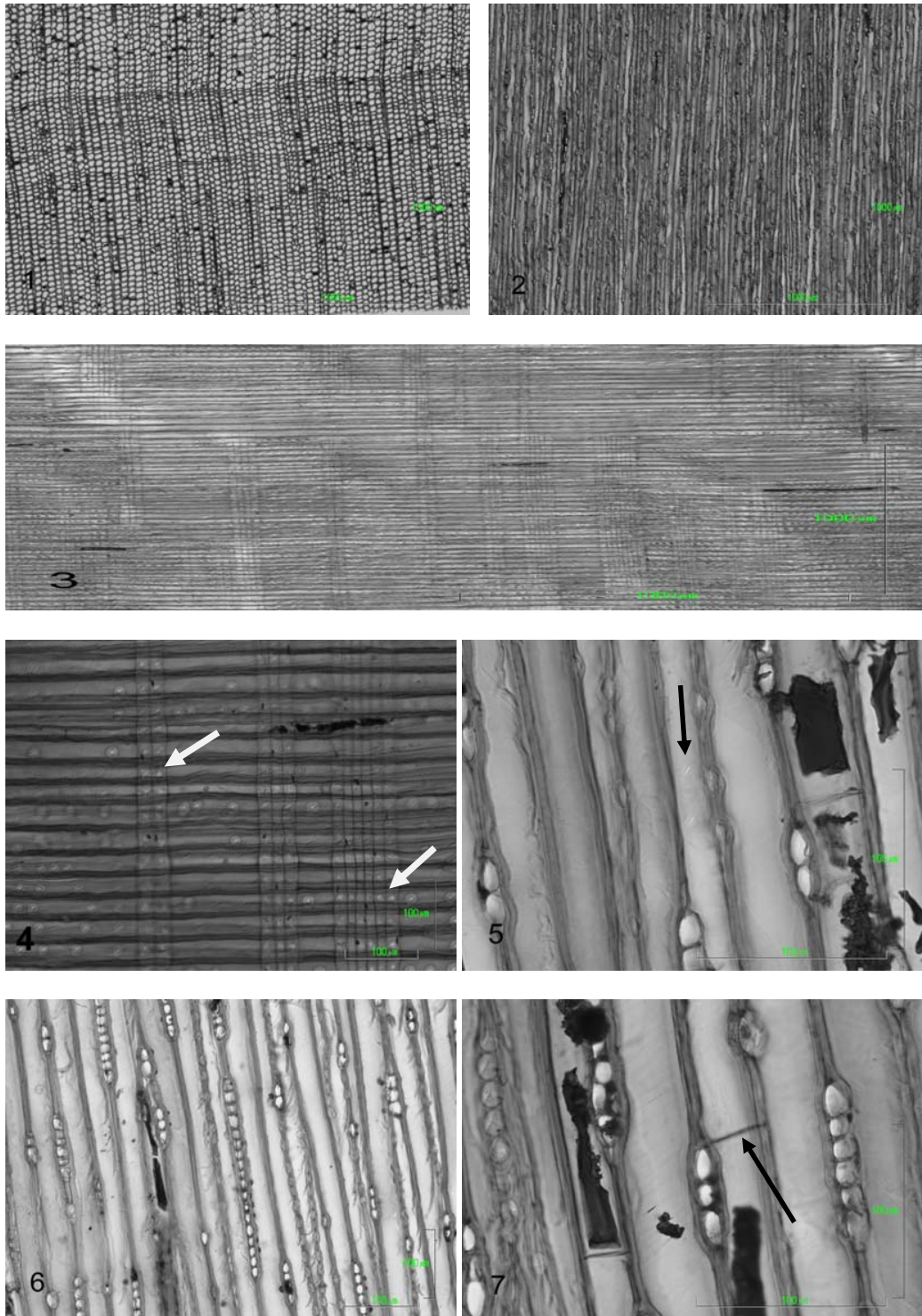


Figura 35. *P. guatemalensis* (municipio de Vigía del Fuerte, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Radios. -7: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm .

3.2.1.6 *Podocarpus guatemalensis* (Municipio de Yolombo)

Departamento de Antioquia

Vereda La Candelaria

Finca Santa Lucía (Empresas Públicas de Medellín)

Nombre común: Chaquiro

Fecha de recolección: 19 de Septiembre de 2007

Zona de vida: Bosque húmedo tropical (bh – T)

Altitud: 1084 m

Coordenadas: 6° 46' 26" N, 75° 5' 43" W

Observaciones: Bosque secundario intervenido, pendiente fuerte.

Dimensiones del árbol

Altura: 11,97 m

DAP: 22,28 cm

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 36):

Albura café clara a café amarillenta (7,5YR 8/4-8/6), sin presencia de duramen; brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos y bandas de coloración característica café amarillenta; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,57 \pm 0,06$ (0,50-0,65) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 37):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 820 ± 88 (640-980) por mm², medias, con longitud de $3,14 \pm 0,34$ (2,47-3,71) mm, ancho $36,37 \pm 5,68$ (25,20-50,40) μm , diámetro del lumen $26,71 \pm 5,41$ (16,80-42,00) μm , espesor de la pared celular $4,83 \pm 1,01$ (3,15-7,35) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $15,96 \pm 1,21$ (14,70-18,90) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas y difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm² en el 28% de observaciones, diámetro de $12,26 \pm 1,98$ (8,40-16,80) μm ; parénquima axial de 80 ± 35 (20-140) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 74 ± 23 (20-100) por mm², muy bajos, con altura de $77,78 \pm 62,88$ (21,00-315,00) μm , y en número de células de 4 ± 4 (1-20), el 28% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, de 1 ± 1 (1-2) por campo y 46% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $9,24 \pm 1,21$ (6,30-10,50) μm .



Figura 36. Plano longitudinal tangencial de *P. guatemalensis* (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia).

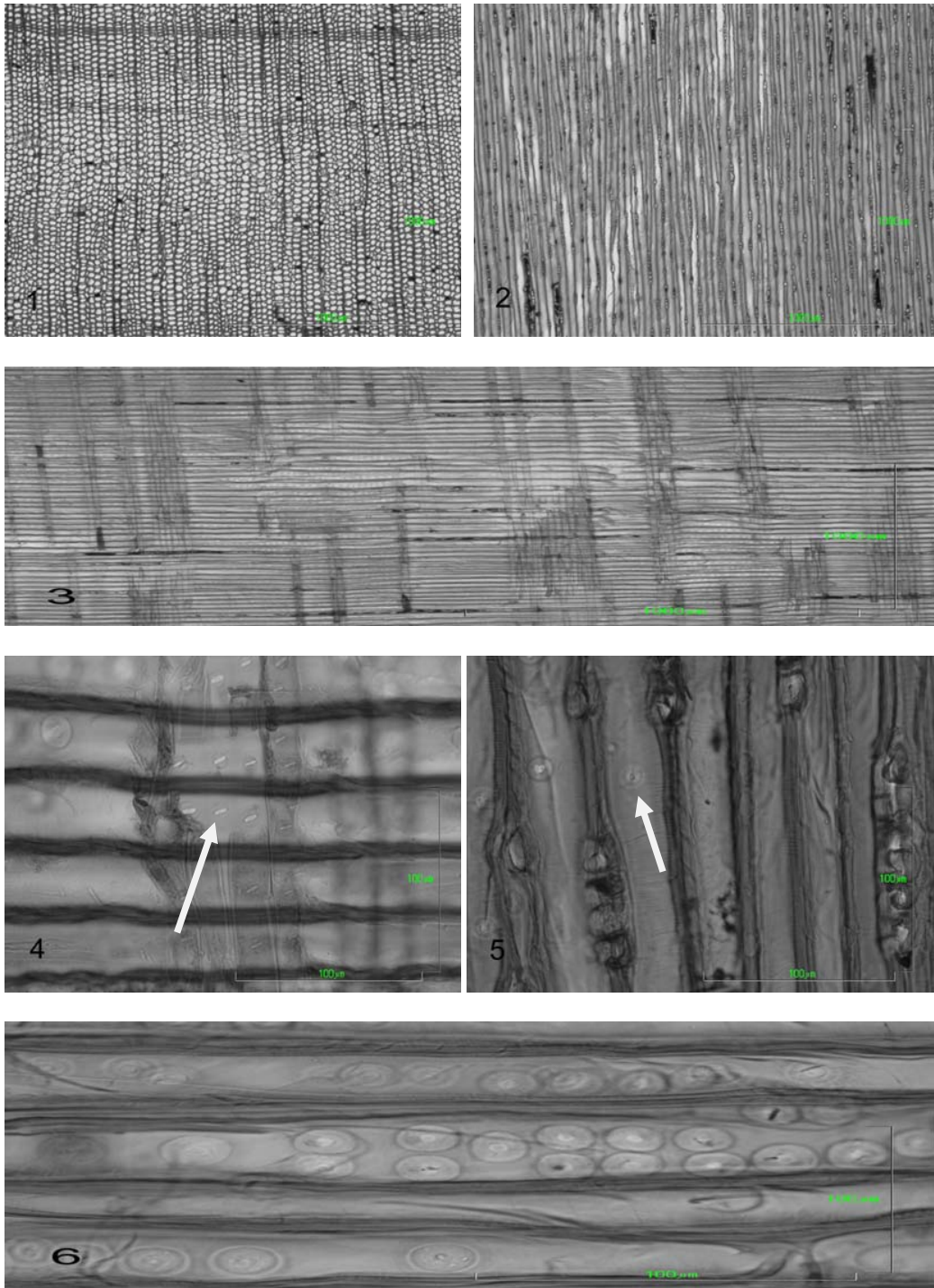


Figura 37. *P. guatemalensis* (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5 y 6 = 100 μm .

3.2.1.7 *Podocarpus magnifolius* (Municipio de Anorí)

Departamento de Antioquia

Vereda Cruces (26 Km de Anorí)

Finca La Piedra

Nombres comunes: Chaquiro, chaquiro dulce, pino indio

Fecha de recolección: 24 de Septiembre de 2007

Zona de vida: Bosque húmedo tropical (bh – T)

Altitud: 1071 m

Coordenadas: 7° 11' 27" N, 75° 3' 14" W

Observaciones: Bosque primario intervenido, pendiente fuerte.

Dimensiones del árbol

Altura: 12,20 m

DAP: 41,00 cm

Observaciones: Árbol inclinado.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 38):

Albura café clara (7,5YR 8/2) con transición gradual a duramen café amarillento (7,5YR 8/4); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura media; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos, satinado y bandas de coloración característica más oscuras; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles a simple vista, con transición media a gradual entre los leños inicial y final; parénquima axial visible solo con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,65 \pm 0,02$ ($0,61-0,67$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 39):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 812 ± 127 (550-1070) por mm², medias, con longitud de $4,05 \pm 0,72$ (2,99-5,69) mm, ancho $41,54 \pm 6,09$ (27,30-51,45) μm , diámetro del lumen $28,52 \pm 5,78$ (17,85-39,90) μm , espesor de la pared celular $6,51 \pm 2,01$ (2,63-9,98) μm ; trabéculas presentes; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $18,73 \pm 1,41$ (15,75-21,00) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, abundantes, con más de 20 punteaduras por mm² en el 67% de observaciones, diámetro de $14,24 \pm 1,90$ (11,55-17,85) μm ; parénquima axial de 45 ± 34 (0-110) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 67 ± 20 (40-110) por mm², muy bajos, con altura de $82,11 \pm 54,78$ (21,00-298,20) μm , y en número de células de 4 ± 3 (1-18), el 33% con más de cinco células de altura, exclusivamente uniseriados; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, de 2 ± 1 (1-3) por campo y 50% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $9,95 \pm 1,42$ (8,40-12,60) μm ; trabéculas presentes.



Figura 38. Plano longitudinal tangencial de *P. magnifolius* (municipio de Anorí, departamento de Antioquia).

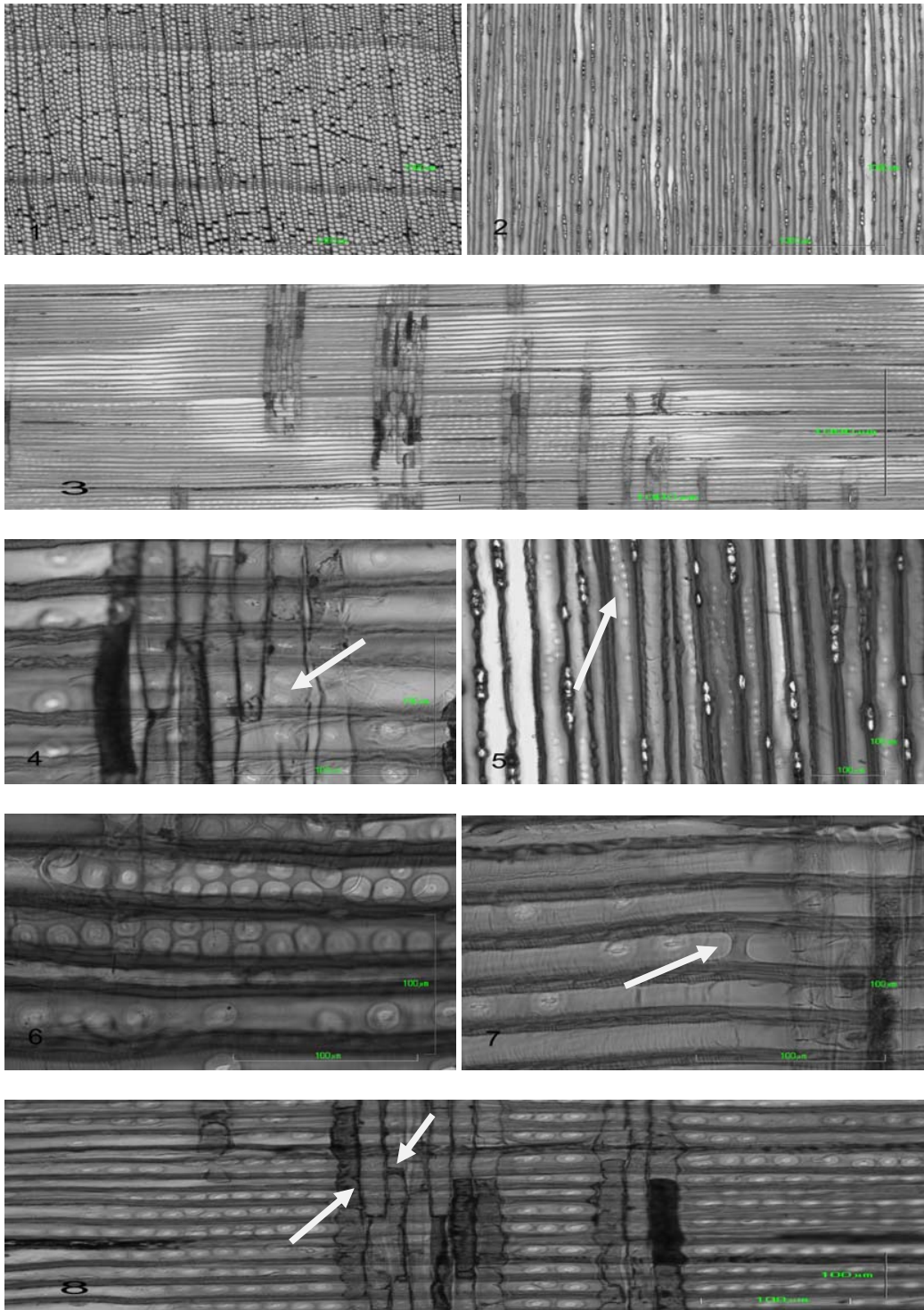


Figura 39. *P. magnifolius* (municipio de Anorí, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas. -7: Trabécula. -8: Parénquima radial con paredes axiales y horizontales lisas. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6, 7 y 8 = 100 μm .

3.2.1.8 *Prumnopitys montana* (Municipio de Belmira)

Departamento de Antioquia

Vereda Quebraditas

Finca Palenque (Corporación autónoma regional del centro de Antioquia- Corantioquia)

Nombre común: Diomato de tierra fría

Fecha recolección: 5 de Septiembre de 2007

Zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo (bmh - MB)

Altitud: 2969 m

Coordenadas: 6° 43' 1" N, 75° 40' 49" W

Observaciones: asociado con robledales (*Quercus* sp.) en relicto de bosque primario y terreno ondulado (zona de reserva natural).

Dimensiones del árbol

Altura: 11,70 m

DAP: 30,24 cm

Observaciones: Árbol bifurcado y florecido.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 40):

Albura café clara (7,5YR 8/4) con transición a duramen café amarillento a rojizo (7,5YR 7/6); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos y bandas de coloración característica rojiza en el duramen; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial indistinto con aumento de 5X; densidad seca al aire de $0,68 \pm 0,06$ ($0,58-0,76$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 41):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 1229 ± 185 (830-1650) por mm², cortas, con longitud de $2,90 \pm 0,24$ (2,50-3,35) mm, ancho $32,63 \pm 2,98$ (26,25-37,80) μm , diámetro del lumen $23,44 \pm 2,89$ (17,85-28,35) μm , espesor de la pared celular $4,60 \pm 0,70$ (3,15-5,78) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, acompañadas de barras de sanio, circulares con abertura interna circular e incluida, sin toro bien definido, diámetro de $14,28 \pm 0,80$ (12,60-15,75) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas y difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm² en el 8% de observaciones, diámetro de $12,35 \pm 1,40$ (10,50-14,70) μm ; parénquima axial muy escaso a ausente de 2 ± 6 (0-20) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 68 ± 15 (50-100) por mm², medios, con altura de $104,50 \pm 74,44$ (25,20-289,80) μm , y en número de células de 6 ± 4 (1-16), el 44% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, una por campo y 0% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $13,27 \pm 0,95$ (11,55-15,75) μm .



Figura 40. Plano longitudinal tangencial de *P. montana* (municipio de Belmira, departamento de Antioquia).

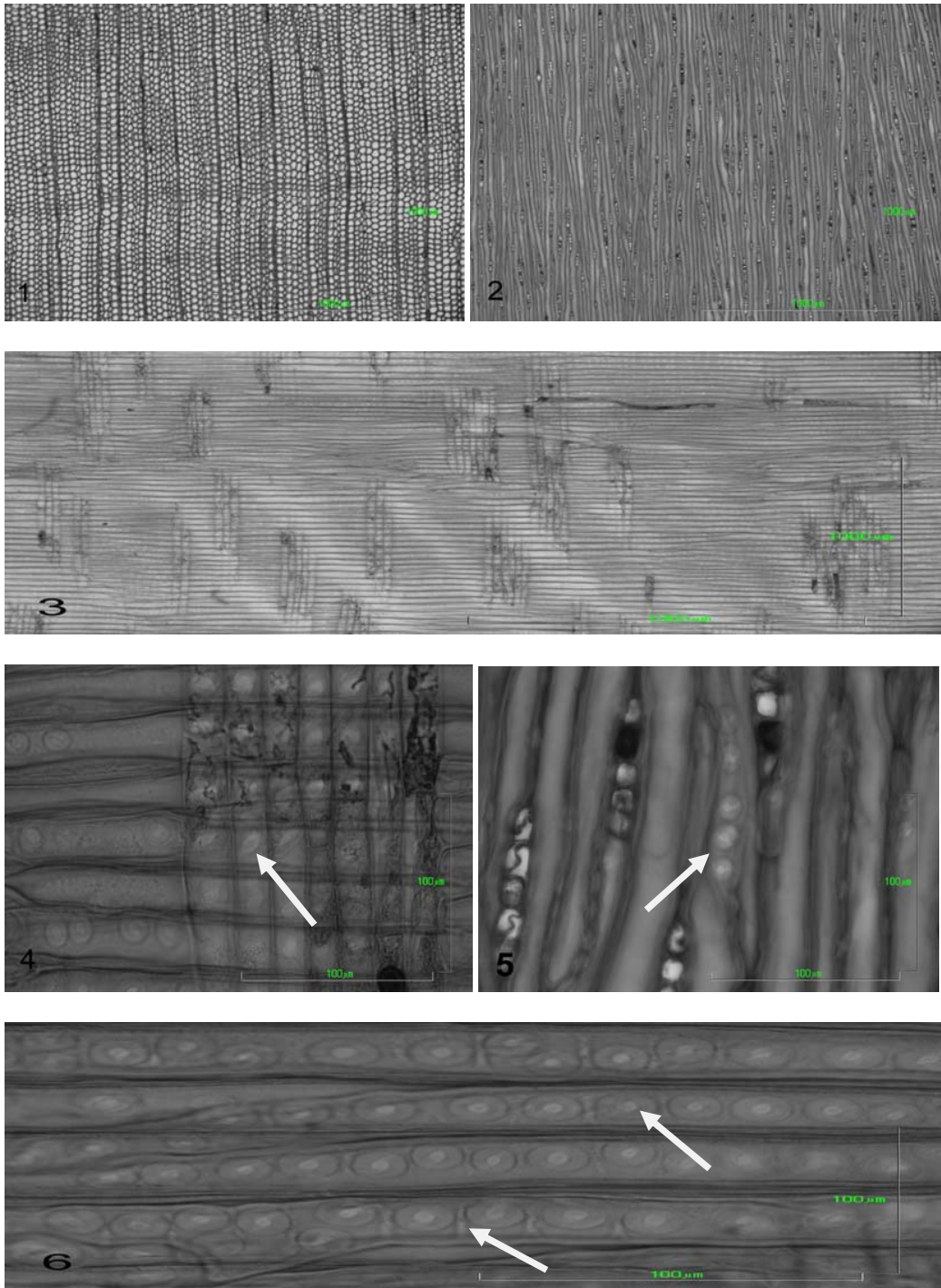


Figura 41. *P. montana* (municipio de Belmira, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas y barras de sanio. Escala para 1,2 y 3 = 1000 µm; para 4,5 y 6 = 100 µm.

3.2.1.9 *Prumnopitys montana* (Municipio de Murillo)

Departamento del Tolima

Vereda Sabana Larga

Finca Chamuscaos

Nombre común: Chaquiro

Fecha recolección: 4 de Diciembre de 2007

Zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB)

Altitud: 3148 m

Coordenadas: 4° 52' 37" N, 75° 11' 18" W

Observaciones: Relicto de bosque primario.

Dimensiones del árbol

Altura: 15,90 m

DAP: 35,00 cm

Observaciones: Árbol bifurcado.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 42):

Albura café clara (7,5YR 8/4) con transición a duramen café oscuro verdoso y en algunas partes rojizo (7,5YR 7/6); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de bandas de coloración característica verdes y rojizas; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento poco distintos a indistintos con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial indistinto con aumento de 5X; densidad seca al aire de $0,67 \pm 0,06$ (0,60-0,75) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 43):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 1285 ± 98 (1120-1460) por mm², medias, con longitud de $3,04 \pm 0,30$ (2,37-3,67) mm, ancho $34,44 \pm 4,31$ (29,40-46,20) μm , diámetro del lumen $22,55 \pm 3,71$ (15,75-31,50) μm , espesor de la pared celular $5,94 \pm 1,29$ (3,68-8,40) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, acompañadas por barras de sanio, circulares con abertura interna circular e incluida, sin toro bien definido, diámetro de $15,88 \pm 1,61$ (12,60-18,90) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas, con toro bien definido y difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm² en el 2% de observaciones, diámetro de $15,29 \pm 2,06$ (10,50-16,80) μm ; parénquima axial muy escaso a ausente de 4 ± 10 (0-40) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 72 ± 17 (30-110) por mm², medios, con altura de $93,07 \pm 60,46$ (21,00-369,60) μm , y en número de células de 5 ± 3 (1-18) y 38% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoides, de 1 ± 0 (1-2) por campo y 6% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $11,76 \pm 1,36$ (8,40-12,60) μm .



Figura 42. Plano longitudinal tangencial de *P. montana* (municipio de Murillo, departamento del Tolima).

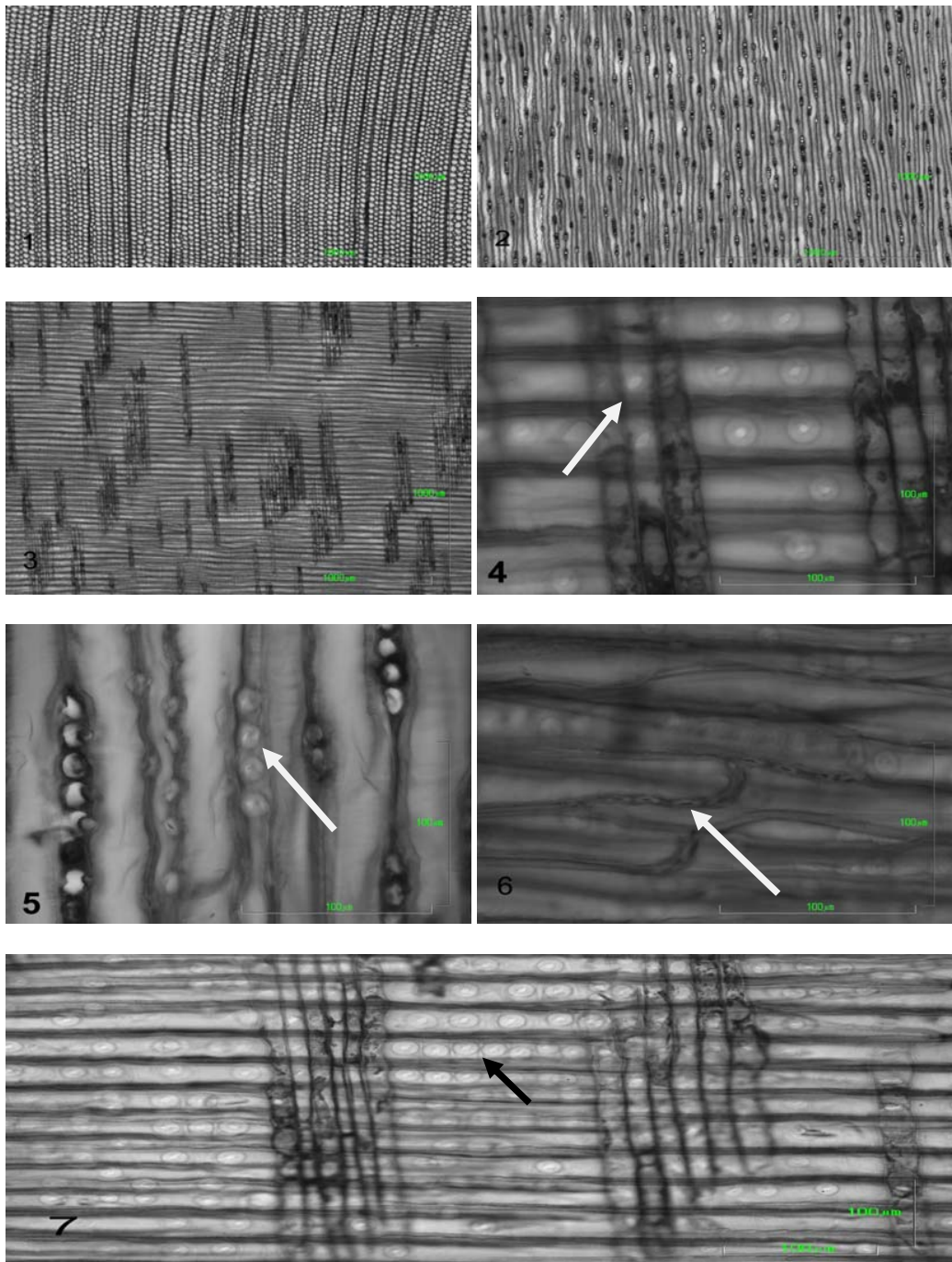


Figura 43. *P. montana* (municipio de Murillo, departamento del Tolima). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas con toro bien definido. -7: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas y barras de sanio. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm .

3.2.1.10 *Prumnopitys montana* (Municipio de Pensilvania)

Departamento de Caldas

Vereda Quebrada Negra

Finca La Cecilia

Nombre común: Pino rey

Fecha recolección: 8 de Octubre de 2007

Zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo (bmlh – MB)

Altitud: 2829 m

Coordenadas: 5° 23' 0.06" N, 75° 12' 8" W

Observaciones: Relicto de bosque primario.

Dimensiones del árbol

Altura: 21,00 m

DAP: 51,00 cm

Observaciones: Árbol asociado con especies de la familia Lauraceae.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 44):

Albura café clara (7,5Y 8/4) con transición a duramen café amarillento oscuro (7,5YR 7/6); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial indistinto con aumento de 5X; densidad seca al aire de $0,81 \pm 0,04$ ($0,75-0,86$) g/cm^3 .

Caracteres microscópicos (Figura 45):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 1362 ± 83 (1170-1510) por mm^2 , medias, con longitud de $3,03 \pm 0,25$ (2,63-3,61) mm, ancho $31,25 \pm 2,83$ (25,20-35,70) μm , diámetro del lumen $20,03 \pm 2,81$ (12,60-24,15) μm , espesor de la pared celular $5,61 \pm 0,78$ (3,68-6,83) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales predominantemente uniseriadas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $12,94 \pm 0,99$ (10,50-15,75) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas y difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm^2 en el 4% de observaciones, diámetro de $12,30 \pm 1,66$ (8,40-14,70) μm ; parénquima axial muy escaso a ausente de 6 ± 14 (0-60) células por mm^2 , difuso, con paredes transversales lisas; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 58 ± 16 (40-90) por mm^2 , medios, con altura de $102,40 \pm 72,29$ (21,00-310,80) μm , y en número de células de 6 ± 5 (1-24), el 50% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresóide, una por campo y 0% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $11,59 \pm 0,64$ (10,50-12,60) μm .



Figura 44. Plano longitudinal tangencial de *P. montana* (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas).

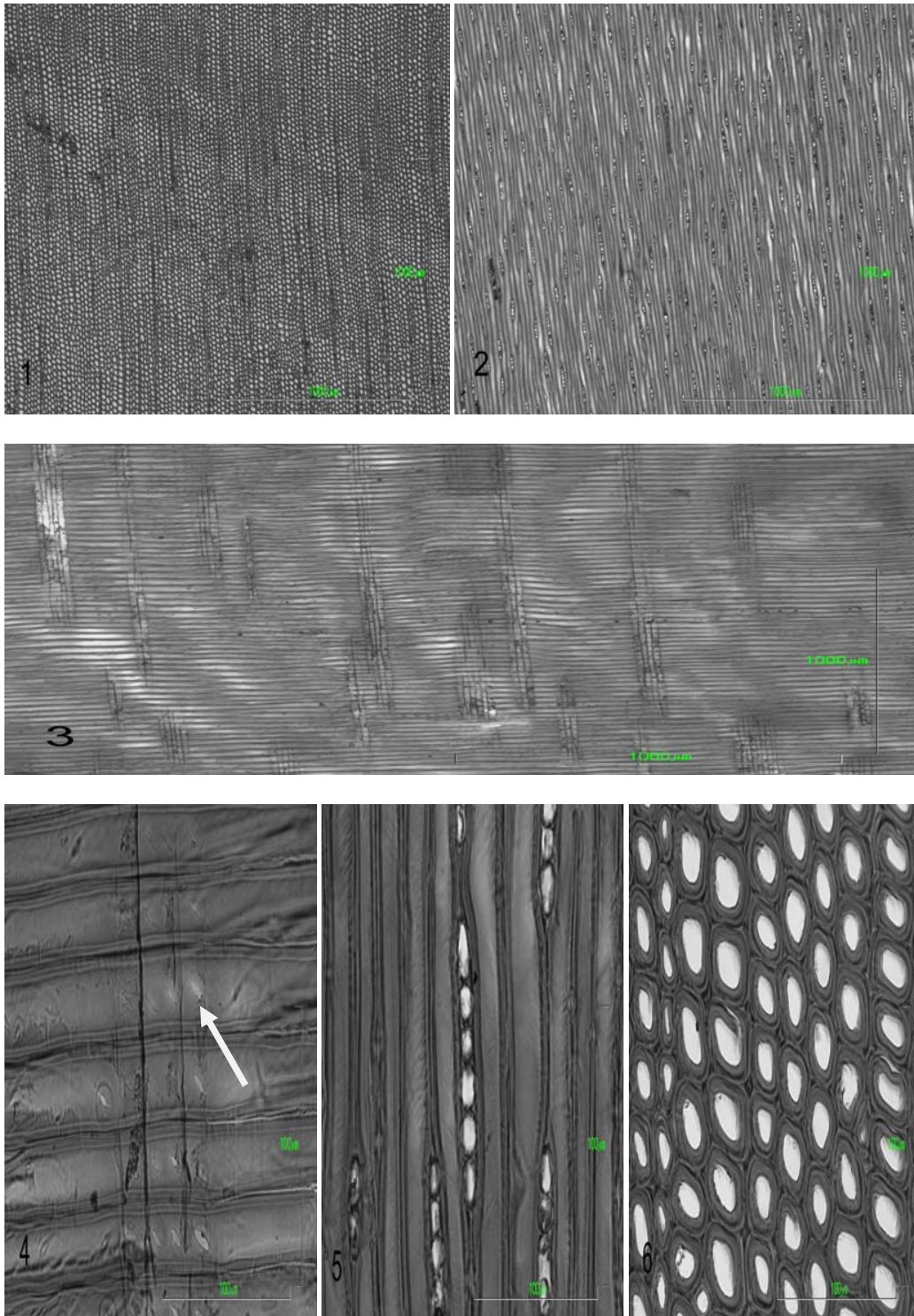


Figura 45. *P. montana* (municipio de Pensilvania, departamento de Caldas). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Radios uniseriados. -6: Traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 µm; para 4, 5 y 6 = 100 µm.

3.2.1.11 *Prumnopitys harmsiana* (Municipio de Pereira)

Departamento de Risaralda

Vereda El Cedral

Finca Estación hidrológica El Cedral (Aguas y Aguas de Pereira)

Nombres comunes: Chaquiro, pino colombiano

Fecha recolección: 10 de Noviembre de 2008

Zona de vida: bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB)

Altitud: 1483 m

Coordenadas: 4° 41' 45" N, 75° 31' 22" W

Observaciones: terreno ondulado.

Dimensiones del árbol

Altura: 16,20 m

DAP: 25,00 cm

Observaciones: árbol bifurcado en la parte superior.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 46):

Albura café clara a café amarillenta (7,5YR 8/4), con transición a duramen café amarillento a rojizo (7,5YR 7/6); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos, satinado y bandas de coloración característica rojiza en el duramen; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial indistinto con aumento de 5X; densidad seca al aire de $0,59 \pm 0,04$ ($0,55-0,64$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 47):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular, 1479 ± 261 (980-1940) por mm², cortas, con longitud de $2,88 \pm 0,46$ (2,08-3,77) mm, ancho $35,36 \pm 5,61$ (25,20–50,40) μm, diámetro del lumen $25,03 \pm 5,42$ (16,80-42,00) μm, espesor de la pared celular $5,17 \pm 1,84$ (2,10-8,40) μm, punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas, circulares con abertura interna circular, incluida o extendida, sin toro bien definido, diámetro de $13,52 \pm 1,06$ (12,60-14,70) μm; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, escasas, con toro bien definido y muy difíciles de observar, más de 20 punteaduras por mm² en el 0% de observaciones, diámetro de $11,76 \pm 1,47$ (8,40-12,60) μm; parénquima axial ausente; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y abundante resina, 46 ± 18 (20-80) por mm², medios, con altura de $123,73 \pm 89,05$ (21,00-462,00) μm, y en número de células de 7 ± 6 (1-28), el 52% con más de cinco células de altura, uniseriados y muy ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, de 1 ± 0 (1-2) por campo y 18% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $12,52 \pm 0,74$ (10,50-14,70) μm.



Figura 46. Plano longitudinal tangencial de *P. harmsiana* (municipio de Pereira, departamento de Risaralda).

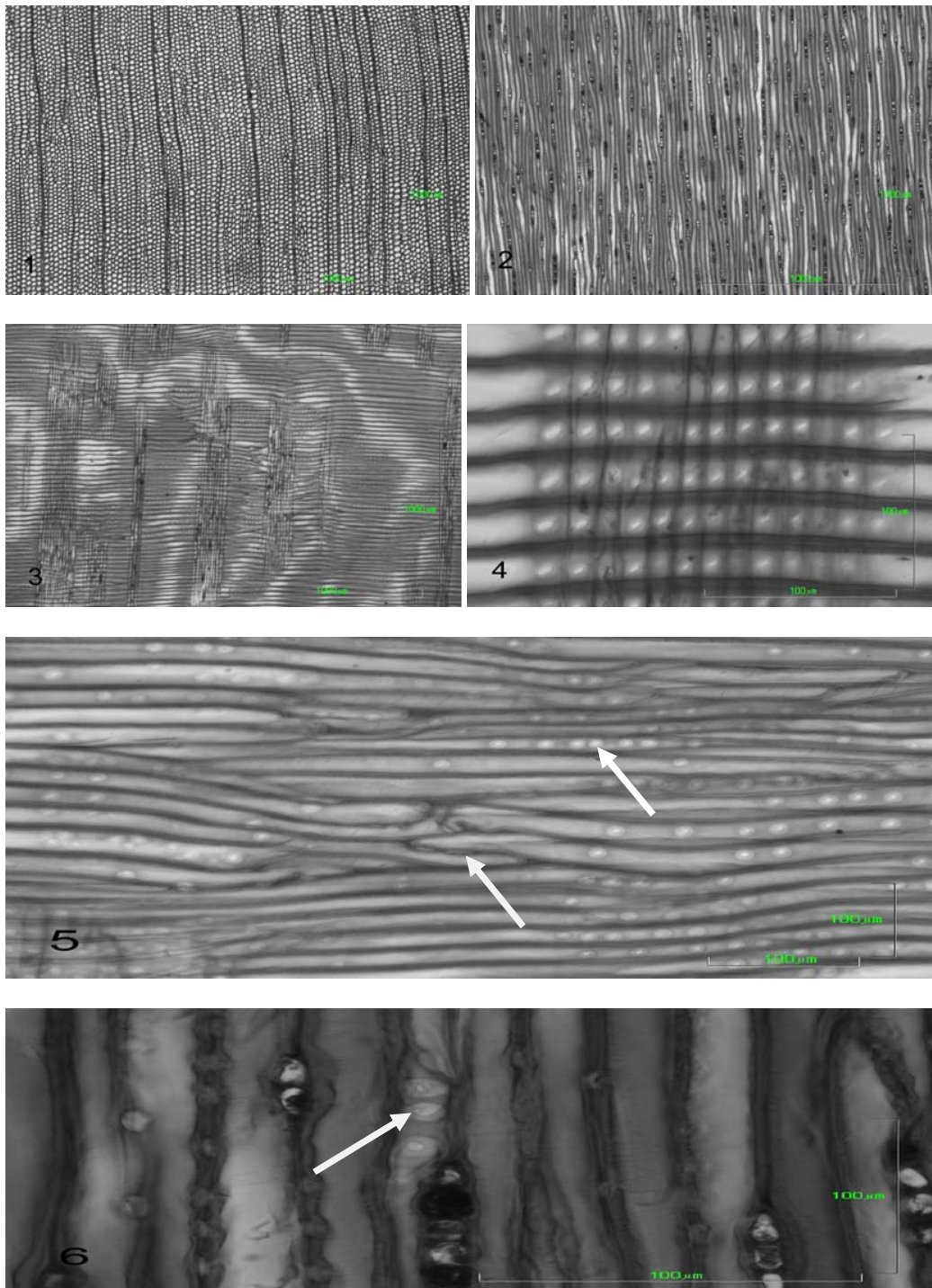


Figura 47. *P. harmsiana* (municipio de Pereira, departamento de Risaralda). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas, punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas con toro bien definido. -6: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 = 100 μm .

3.2.1.12 *Retrophyllum rospigliosii* (Municipio de Angostura)

Departamento de Antioquia

Vereda El Guasimo

Finca El Guasimo (Reforestadora el Guasimo S.A.)

Nombres comunes: Chaquiro colorado, chaquiro crespo

Fecha recolección: 10 de Agosto de 2007

Zona de vida: Bosque húmedo montano bajo (bh – MB)

Altitud: 2312 m

Coordenadas: 6° 51' 26" N, 75° 23' 11" W

Observaciones: Bosque secundario intervenido, pendiente fuerte.

Dimensiones del árbol

Altura: 9,40 m

DAP: 25,60 cm

Observaciones: Árbol inclinado y bifurcado en la parte alta.

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 48):

Albura café clara a café amarillenta (7,5YR 8/4), sin presencia de duramen; brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano ondulado; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos y bandas de coloración característica; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,54 \pm 0,05$ ($0,49-0,63$) g/cm³.

Caracteres microscópicos (Figura 49):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 1081 ± 138 (740-1280) por mm², cortas, con longitud de $2,97 \pm 0,29$ (2,47-3,64) mm, ancho $35,70 \pm 5,56$ (25,20-50,40) μm , diámetro del lumen $25,45 \pm 5,19$ (16,80-37,80) μm , espesor de la pared celular $5,12 \pm 1,30$ (2,10-7,35) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales predominantemente uniseriadas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $14,87 \pm 2,00$ (12,60-18,90) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, más de 20 punteaduras por mm² en el 30% de observaciones, diámetro de $11,17 \pm 2,40$ (8,40-16,80) μm ; parénquima axial de 49 ± 26 (0-100) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y resina, 86 ± 22 (40-120) por mm², muy bajos, con altura de $76,86 \pm 49,82$ (21,00-231,00) μm , y en número de células de 4 ± 3 (1-13), el 28% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, 1 ± 0 (1-2) por campo y 22% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $8,90 \pm 0,92$ (8,40-10,50) μm .



Figura 48. Plano longitudinal tangencial de *R. rospigliosii* (municipio de Angostura, departamento de Antioquia).

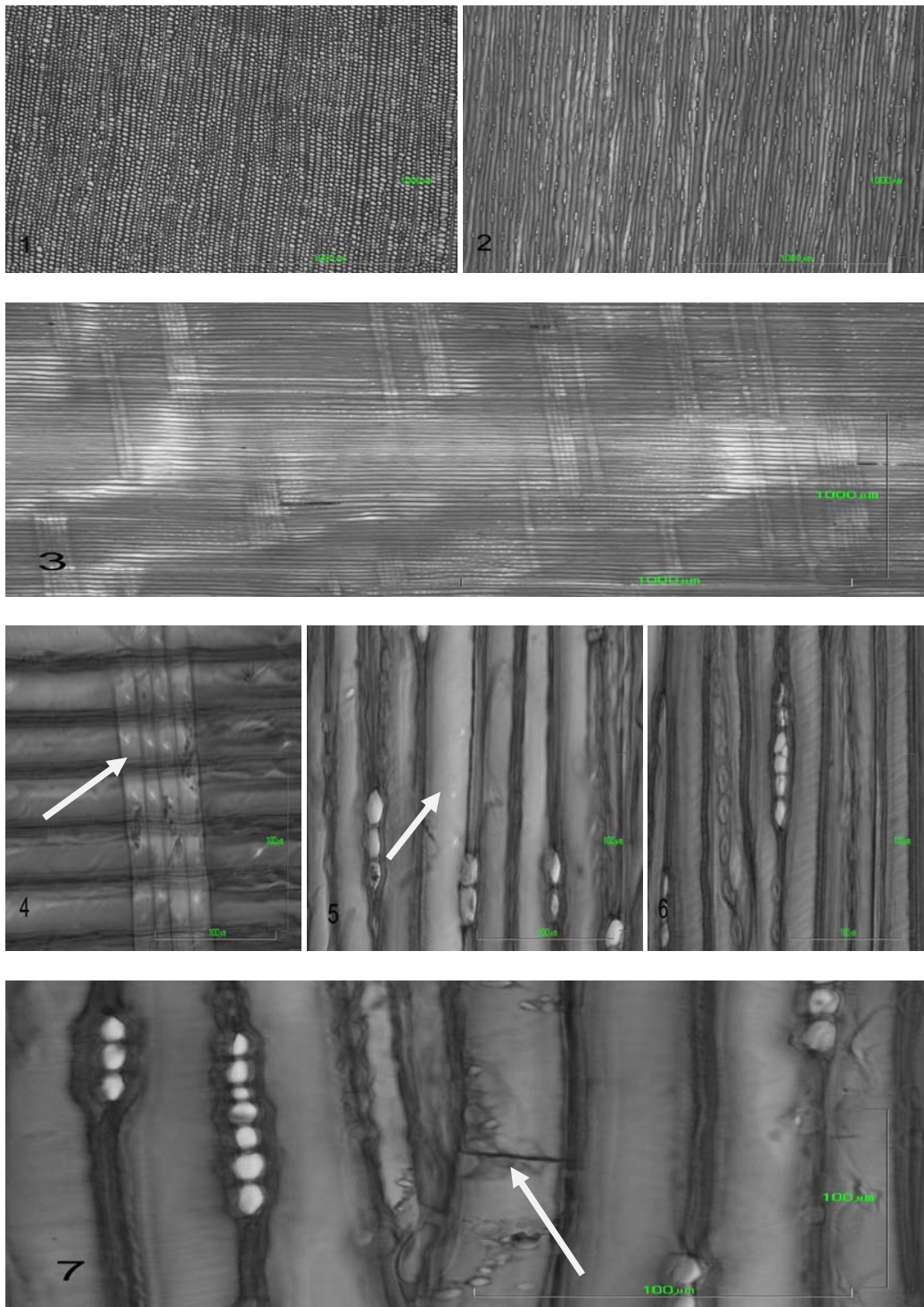


Figura 49. *R. rospigliosii* (municipio de Angostura, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Punteaduras del campo de cruce. -5: Punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas. -6: Radio biseriado en parte. -7: Parénquima axial con pared transversal lisa. Escala para 1,2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6 y 7 = 100 μm .

3.2.1.13 *Retrophyllum rospigliosii* (Municipio de Guatapé)

Departamento de Antioquia

Vereda Santa Rita

Finca Vertedero (Empresas Públicas de Medellín)

Nombre común: Chaquiro

Fecha recolección: 22 de Agosto de 2007

Zona de vida: Bosque húmedo montano bajo (bh – MB)

Altitud: 1957 m

Coordenadas: 6° 18' 12" N, 75° 9' 21" W

Observaciones: Terreno ondulado, bosque secundario intervenido.

Dimensiones del árbol

Altura: 10,70 m

DAP: 32,00 cm

Observaciones: Árbol inclinado

Caracteres organolépticos y macroscópicos (Figura 50):

Albura café clara (7,5YR 8/4) con transición gradual a duramen café claro amarillento (7,5YR 7/4); brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto; textura fina; veteado acentuado definido por la presencia de arcos superpuestos y bandas de coloración característica; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles con aumento de 5X, con transición muy gradual a imperceptible entre los leños inicial y final; parénquima axial difícil de observar con aumento de 5X, difuso; densidad seca al aire de $0,59 \pm 0,02$ ($0,54-0,62$) g/cm³ (Figura 49).

Caracteres microscópicos (Figura 51):

Traqueidas axiales con sección transversal cuadrangular a hexagonal, 888 ± 101 (740-1120) por mm², medias, con longitud de $4,19 \pm 0,59$ (3,28-5,30) mm, ancho $39,35 \pm 5,76$ (30,45-54,60) μm , diámetro del lumen $27,43 \pm 5,16$ (19,95-39,90) μm , espesor de la pared celular $5,96 \pm 1,21$ (4,73-8,93) μm ; punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna circular e incluida en el leño inicial y extendida en el leño final, sin toro bien definido, diámetro de $16,97 \pm 1,12$ (14,70-18,90) μm ; punteaduras presentes en la pared tangencial de las traqueidas axiales, más de 20 punteaduras por mm² en el 24% de observaciones, diámetro de $13,73 \pm 2,08$ (10,50-16,80) μm ; parénquima axial de 54 ± 22 (20-110) células por mm², difuso, con paredes transversales lisas y abundante resina; radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas y resina, 83 ± 16 (50-130) por mm², medios, con altura de $83,16 \pm 55,78$ (16,80-239,40) μm , y en número de células de 5 ± 4 (1-15), el 36% con más de cinco células de altura, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte; punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, 1 ± 0 (1-2) por campo y 18% de los campos con más de una punteadura, diámetro de $8,90 \pm 0,75$ (7,35-10,50) μm ; trabéculas presentes.



Figura 50. Plano longitudinal tangencial de *R. rospigliosii* (municipio de Guatapé, departamento de Antioquia).

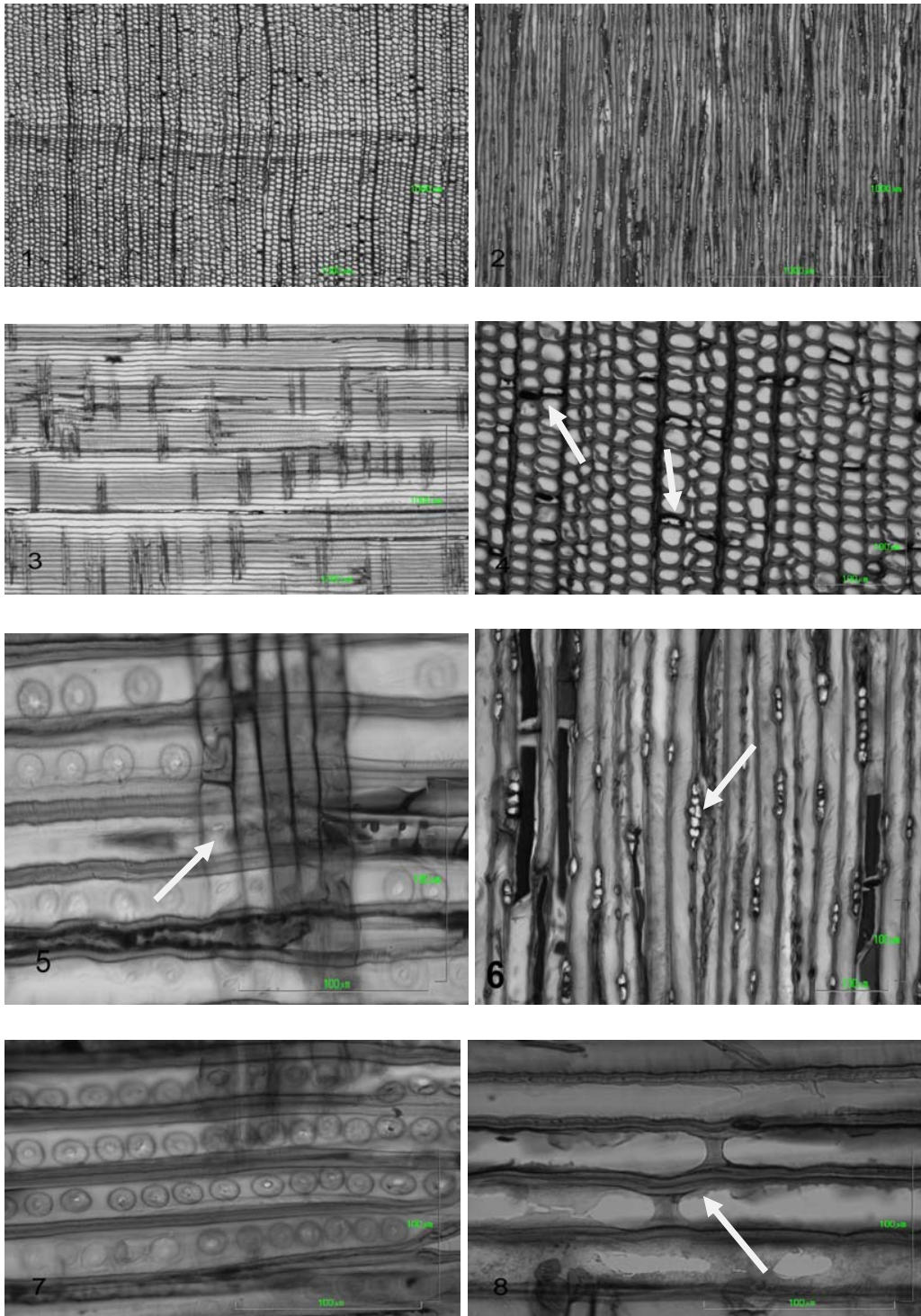


Figura 51. *R. rospigliosii* (municipio de Guatapé, departamento de Antioquia). -1-3: Cortes transversal, tangencial y radial. -4: Parénquima axial. -5: Punteaduras del campo de cruce. -6: Radio biseriado en parte. -7: Punteaduras en la pared radial de las traqueidas. -8: Trabéculas. Escala para 1, 2 y 3 = 1000 μm ; para 4, 5, 6, 7 y 8 = 100 μm .

3.2.2 Comparación entre especies

Características organolépticas y macroscópicas

La variación en las características organolépticas y macroscópicas observadas fue pequeña, lo que hace que la diferenciación entre las especies estudiadas sea realmente difícil con este nivel de aumento.

De manera general, estas características fueron: albura café clara con tonalidades rosáceas o amarillentas y duramen con tonalidades no uniformes y abundantes bandas de coloración café claras rosáceas o amarillentas a marrón rojizas o café oscuro verdoso; brillo moderado; olor y sabor imperceptibles; grano recto, entrecruzado u ondulado; textura de media a fina; veteados acentuados definidos por la presencia de satinado, arcos superpuestos, bandas de coloración claras u oscuras y mancha azul por ataque de hongos cromógenos; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; anillos de crecimiento visibles solo con aumento de 5X y en algunas ocasiones a simple vista; parénquima axial difuso, de indistinto a difícil de observar con aumento de 5X y ausente en *P. harmsiana*; ausencia de canales de resina axiales y radiales.

Sin embargo, podrían utilizarse para una identificación inicial, las coloraciones más oscuras en el duramen (de café oscuro a rojizo) y las mayores densidades de la madera de las especies *P. montana* y *P. magnifolius* (0,72 y 0,65 g/cm³). Adicionalmente, la mayor facilidad para observar el parénquima axial en *P. oleifolius*, *P. magnifolius* y *P. guatemalensis*, junto a la ausencia de parénquima axial en *P. harmsiana*.

Por otro lado, las características organolépticas y macroscópicas pueden servir para diferenciar las especies estudiadas de otras coníferas introducidas en el país, cuyas maderas se comercializan ampliamente y que pertenecen al género *Pinus* (con canales de resina axiales y radiales) y a la especie *Cupressus lusitanica* Mill (con olor intenso y característico y menor densidad).

Densidad seca al aire

La densidad seca al aire varió entre 0,56 g/cm³ en *R. rospigliosii*, y 0,72 g/cm³ en *P. montana* (Tablas 18 y 19).

Sólo los valores medios de *P. montana* (0,72 g/cm³) y *P. magnifolius* (0,65 g/cm³), coinciden con IAWA Committee (2004), que establece, en sentido amplio, densidades secas al aire por encima de 0,60 g/cm³ para Podocarpaceae. Por otra parte, los valores medios en *R. rospigliosii* (0,56 g/cm³), *P. oleifolius* (0,57 g/cm³), *P. guatemalensis* (0,58 g/cm³) y *P. harmsiana* (0,59 g/cm³), se encuentran en el intervalo de 0,42 a 0,59 g/cm³, establecido por Kribs (1968) para nueve especies del género *Podocarpus*.

El valor medio en *P. oleifolius* (0,57 g/cm³) es superior a 0,53 g/cm³, hallado por JUNAC (1981a) y Arévalo & Londoño (2005), y se encuentra en el intervalo de 0,50 a 0,68 g/cm³, encontrado por Bauch *et al.* (2006a) para *P. oleifolius* var. *macrostachyus* en Costa Rica. Así mismo, el valor medio para *R. rospigliosii* (0,56 g/cm³), es inferior a 0,68 g/cm³, densidad seca al aire reportada por JUNAC (1981a) y Arévalo & Londoño (2005).

Características microscópicas

Las características microscópicas mostraron una notable homogeneidad entre las especies estudiadas, aunque algunas características cuantitativas presentaron diferencias como se señala a continuación (Tablas 18 y 19).

Traqueidas axiales

Las traqueidas axiales presentaron sección transversal cuadrangular a hexagonal. Su número por mm² varió entre 812 (*P. magnifolius*) y 1479 (*P. harmsiana*). Por su longitud y de acuerdo con IAWA Committee (2004), se clasifican de cortas, en *P. montana* (2,99 mm) y *P. harmsiana* (2,88 mm), a medias en las especies restantes, con valores entre 3,27 mm (*P. oleifolius*) y 4,05 mm (*P. magnifolius*). Van der Slooten *et al.* (1970), también encontraron traqueidas de longitud media para *Prumnopitys standleyi* (3,94 mm) y *P. oleifolius* (3,36 mm), y Bauch *et al.* (2006a), lo hicieron para *P. oleifolius* var. *macrostachyus* (4 mm). La anchura varió entre 32,77 µm (*P. montana*) y 41,54 µm (*P. magnifolius*), el diámetro del lumen entre 22,01 µm (*P. montana*) y 29,10 µm (*P. oleifolius*). El espesor de la pared varió entre 5,06 µm (*P. guatemalensis*) y 6,51 µm (*P. magnifolius*), con un valor de 5,19 µm para *P. oleifolius*, superior al reportado por Bauch *et al.* (2006a) para *P. oleifolius* var. *macrostachyus* entre 2,5 y 4,5 µm.

Las traqueidas axiales presentaron punteaduras en la pared radial predominantemente uniseriadas y ocasionalmente opuestas, circulares con abertura interna incluida o extendida, acompañadas por crásulas o barras de sanio en *P. montana*. El diámetro medio de las punteaduras varió entre 13,52 µm (*P. harmsiana*) y 18,73 µm (*P. magnifolius*). Esta descripción concuerda en general con la de otros autores. IAWA Committee (2004), señala como condición más común en coníferas la presencia de punteaduras radiales uniseriadas, que pueden presentar toro. En los géneros de Podocarpaceae, Greguss (1955) observó punteaduras radiales opuestas en una, dos y ocasionalmente tres filas. García *et al.* (2002; 2004), describen punteaduras radiales uniseriadas, en ocasiones opuestas, en 17 especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*) y tres especies del género *Prumnopitys*. Kribs (1968), señala la presencia de punteaduras radiales en una fila y crásulas algunas veces presentes, en nueve especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. guatemalensis* y *P. oleifolius*). Van der Slooten *et al.* (1970), encontraron para *Prumnopitys standleyi* y *P. oleifolius*, punteaduras radiales areoladas en una fila y crásulas o barras de sanio fácilmente observables. JUNAC (1981b), establece para *P. oleifolius* y *R. rospigliosii*, presencia de crásulas o barras de sanio. Acevedo & Kikata (1994), describen punteaduras con abertura lenticular incluida en *R. rospigliosii* y *P. harmsiana*.

Las paredes tangenciales de las traqueidas axiales también presentaron punteaduras, aunque su abundancia, expresada en % de observaciones con más de 20 punteaduras por mm², varió mucho entre especies, de 0% (*P. harmsiana*) a 67% (*P. magnifolius*). El diámetro medio varió entre 11,37 µm (*P. guatemalensis*) y 14,24 µm (*P. magnifolius*). La presencia de punteaduras tangenciales se ha descrito previamente por Greguss (1955), en géneros de Podocarpaceae; por van der Slooten *et al.* (1970), en *P. standleyi* y *P. oleifolius*, indicando que son poco numerosas y conspicuas; y por García *et al.* (2002; 2004), en 16 especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*), tres del género *Prumnopitys* y en *Retrophyllum minus* (Carrière) C.N. Page, aunque estos últimos autores reportan su ausencia en *Podocarpus spinulosus* (Sm.) R. Br. ex Mirbel.

No se observaron engrosamientos espiralados en las traqueidas, ausencia señalada igualmente por García *et al.* (2002; 2004), para 17 especies de *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*), tres especies de *Prumnopitys* y *R. minus*; y por León & Espinoza (1997) en *R. rospigliosii*. En contraste, esta característica sí está descrita en *R. rospigliosii* (JUNAC, 1981b).

Se observaron trabéculas en las especies *R. rospigliosii* y *P. magnifolius*. Esta estructura también se ha descrito en *R. rospigliosii* por JUNAC (1981b) y por León & Espinoza (1997), y en *Podocarpus henkelii* Stapf ex Dallim. & A.B. Jacks., por García *et al.* (2002; 2004).

Parénquima axial

Salvo en *P. harmsiana*, en la que estuvo ausente, en las cinco especies restantes se observó parénquima axial difuso, con paredes transversales lisas y contenidos de resina, variando su abundancia desde cuatro (*P. montana*) hasta 75 células por mm² (*P. guatemalensis*).

IAWA Committee (2004), describe la presencia de parénquima axial difuso en muchas Podocarpaceae, y con paredes transversales lisas en *Podocarpus*. Greguss (1955), también señala la presencia de parénquima axial con paredes horizontales delgadas y lisas, como una característica común en géneros de Podocarpaceae. García *et al.* (2002; 2004), lo describen para 17 especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*), como parénquima disperso, metatraqueal disperso o metatraqueal terminal, con paredes transversales lisas (en 15 de ellas) y paredes lisas a ligeramente noduladas (en las dos restantes); en tres especies del género *Prumnopitys*, estos autores refieren también parénquima en distribución dispersa con paredes lisas a ligeramente noduladas en dos especies (*P. andina* (Poepp. & Endl.) de Laub. y *P. ferruginoides* (Compton) de Laub.) y parénquima ausente o escaso en *P. taxifolia* (Banks & Sol. ex D. Don) de Laub., finalmente, para *R. minus*, García *et al.* (2002; 2004), describen parénquima en distribución dispersa, con paredes transversales lisas. Coincidiendo con estos autores, las dos especies del género *Prumnopitys* estudiadas tuvieron parénquima axial muy escaso (*P. montana*) y ausente (*P. harmsiana*).

Acevedo & Kikata (1994), reportan parénquima difuso en *R. rospigliosii* y ausente en *P. harmsiana*. Kribs (1968), lo señala en nueve especies de *Podocarpus* (entre ellas *P. guatemalensis* y *P. oleifolius*), como difuso y abundante. JUNAC (1981b), establece para *P. oleifolius* y *R. rospigliosii*, parénquima difuso de escaso a abundante y van der Slooten *et al.* (1970), como ausente para *Prumnopitys standleyi* (J. Buchholz & N.E. Gray) de Laub. y como difuso con paredes terminales lisas para *P. oleifolius*.

Radios

Radios homogéneos, con parénquima de paredes axiales y horizontales lisas, con contenidos de resina en algunas especies, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte. Su abundancia varió entre 46 (*P. harmsiana*) a 91 radios por mm² (*P. guatemalensis*).

De acuerdo con IAWA Committee (2004), su altura media en número de células permite catalogarlos de muy bajos (hasta 4 células de altura) en todas las especies de *Podocarpus*, a medios (5 a 15 células de altura), en las especies de *Prumnopitys* y en *R. rospigliosii*. Los radios más altos y la mayor frecuencia (%) de radios con más de cinco

células de altura se registran en las dos especies de *Prumnopitys*, con altura media de seis células y 99,99 μm y 44% de radios con más de cinco células de altura en *P. montana*, y altura media de siete células y 123,73 μm , y 52% de radios con más de cinco células de altura en *P. harmsiana*.

Las características morfológicas de los radios, coinciden con las encontradas para *R. rospigliosii* y *P. harmsiana* por Acevedo & Kikata (1994); por Greguss (1955) para diferentes géneros de Podocarpaceae; por Kribs (1968), en nueve especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. guatemalensis* y *P. oleifolius*); por JUNAC (1981b), para *P. oleifolius* y *R. rospigliosii*, aunque con altura de 1 a 30 células para esta última especie. Van der Slooten *et al.* (1970), hallaron para *Prumnopitys standleyi* y *P. oleifolius*, el mismo tipo de radios, pero de mayor altura (1 a 35 y 1 a 25 células, respectivamente). De igual forma, García *et al.* (2002; 2004), describen radios homogéneos, uniseriados, en ocasiones parcialmente biseriados, con paredes axiales y horizontales lisas (a veces punteadas), para 17 especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*), tres especies del género *Prumnopitys* (*P. andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub., *P. ferruginoides* Compton) de Laub. y *P. taxifolia* (Banks & Sol. Ex D. Don) de Laub.) y para *R. minus*.

Punteaduras del campo de cruce

En todas las especies estudiadas se encontraron punteaduras del campo de cruce tipo cupresoide, cuyo diámetro varió entre 8,47 μm (*P. oleifolius*) y 12,52 μm (*P. harmsiana*). Su número y frecuencia de campos de cruce con más de una punteadura, fueron mayores en *P. magnifolius*, con media de dos punteaduras por campo de cruce, y 50% de campos de cruce con más de una punteadura. En el resto de las especies, la media fue de una punteadura por campo, y la frecuencia de campos de cruce con más de una punteadura varió entre 2% (*P. montana*) y 36% (*P. guatemalensis*).

El tipo de punteadura del campo de cruce establecido por IAWA Committee (2004) para especies de Podocarpaceae, es cupresoide o taxodioide, con una punteadura por campo. Van der Slooten *et al.*, (1970), encontraron punteaduras cupresoides y/o pinoides en *Prumnopitys standleyi* y piceoides y/o cupresoides en *Podocarpus oleifolius*, en ambas especies con una y ocasionalmente dos por campo.

García *et al.* (2002; 2004), indican una a dos punteaduras por campo de cruce, tipo cupresoide y en ocasiones piceoide, en 17 especies del género *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*); tipo cupresoide, en tres especies de *Prumnopitys*; de dos a tres punteaduras por campo, tipo taxodioide y en ocasiones cupresoide, en *R. minus*. Acevedo & Kikata (1994), describen para *R. rospigliosii* y *P. harmsiana*, punteaduras del campo de cruce tipo taxodioide, y JUNAC (1981b), establece para *P. oleifolius* y *R. rospigliosii*, tipo pinoide, de una a dos por campo. Una amplia diversidad en estas punteaduras es también descrita en varios géneros de Podocarpaceae por Orman & Reid (1946).

Canales resiníferos

No se observaron canales de resina axiales o radiales. Característica muy clara en Podocarpaceae, también descrita por Greguss (1955) en diferentes géneros; por Kribs, (1968), en nueve especies de *Podocarpus* (entre ellas *P. guatemalensis* y *P. oleifolius*); por JUNAC (1981b) en *P. oleifolius* y *R. rospigliosii*; por van der Slooten *et al.* (1970), en *Prumnopitys standleyi* y *P. oleifolius*; por García *et al.* (2002; 2004), en 17 especies

de *Podocarpus* (entre ellas *P. oleifolius*), tres especies de *Prumnopitys* y *R. minus*; y por León & Espinoza (1997), en *R. rospigliosii*.

Tabla 18. Características cuantitativas de la madera de las especies *Podocarpus oleifolius* D.Don ex Lamb., *Podocarpus guatemalensis* Standl. y *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N. E. Gray. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis.

Característica	Especies		
	<i>P. oleifolius</i>	<i>P. guatemalensis</i>	<i>P. magnifolius</i>
Densidad seca al aire (g/cm ³)	0,57 \pm 0,03 (0,49-0,66)	0,58 \pm 0,04 (0,50-0,65)	0,65 \pm 0,02 (0,61-0,67)
	N ^o /mm ²	925 \pm 277 (440-1520)	860 \pm 112 (640-1280)
	Categoría	Medias	Medias
Traqueidas	Largo (mm)	3,27 \pm 0,70 (2,02-5,40)	3,31 \pm 0,41 (2,47-4,42)
	Ancho (μ m)	39,48 \pm 7,75 (25,20-58,80)	37,51 \pm 4,77 (25,20-50,40)
	Diámetro lumen(μ m)	29,10 \pm 7,23 (16,80-50,40)	27,38 \pm 4,55 (16,80-42,00)
	E. pared (μ m)	5,19 \pm 1,29 (2,10-8,40)	5,06 \pm 0,95 (3,15-7,35)
Punteaduras radiales	Diámetro (μ m)	15,65 \pm 2,02 (11,55-21,00)	16,12 \pm 1,11 (13,65-18,90)
Punteaduras tangenciales	Frecuencia (%)	17% > 20/mm ²	22% > 20/mm ²
	Diámetro (μ m)	12,03 \pm 1,97 (8,40-16,80)	11,37 \pm 2,71 (5,25-16,80)
Parénquima axial	N ^o /mm ²	68 \pm 35 (0-160)	75 \pm 32 (20-140)
	N ^o /mm ²	84 \pm 25 (20-140)	91 \pm 26 (20-140)
	Categoría	Muy bajos	Muy bajos
Radios	Altura (μ m)	66,82 \pm 52,33 (16,80-361,20)	69,80 \pm 51,64 (21,00-315,00)
	Altura (n ^o células)	4 \pm 3 (1-23)	4 \pm 3 (1-20)
	Frecuencia (%)	24% > 5 células altura	26% > 5 células altura
Punteaduras campo de cruce	N ^o /campo cruce	1 \pm 0 (0-2)	1 \pm 1 (1-3)
	Frecuencia (%)	20% campos>1 punteadura	36% campos>1 punteadura
	Diámetro (μ m)	8,47 \pm 0,95 (6,30 – 10,50)	9,20 \pm 1,07 (6,30-10,50)
			50% campos>1 punteadura
			9,95 \pm 1,42 (8,40-12,60)

Tabla 19. Características cuantitativas de la madera de las especies *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub., *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub. y *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis.

Característica	Especies			
	<i>P. montana</i>	<i>P. harmsiana</i>	<i>R. rospigliosii</i>	
Densidad seca al aire (g/cm ³)	0,72 \pm 0,08 (0,58-0,86)	0,59 \pm 0,04 (0,55-0,64)	0,56 \pm 0,04 (0,49-0,63)	
	N ^o /mm ²	1292 \pm 139 (830-1650)	1479 \pm 261 (980-1940)	985 \pm 154 (740-1280)
Traqueidas	Categoría	Cortas	Cortas	Medias
	Largo (mm)	2,99 \pm 0,27 (2,37-3,67)	2,88 \pm 0,46 (2,08-3,77)	3,58 \pm 0,77 (2,47-5,30)
	Ancho (μ m)	32,77 \pm 3,64 (25,20-46,20)	35,36 \pm 5,61 (25,20-50,40)	37,53 \pm 5,90 (25,20-54,60)
	Diámetro lumen(μ m)	22,01 \pm 3,44 (12,60-31,50)	25,03 \pm 5,42 (16,80-42,00)	26,44 \pm 5,22 (16,80-39,90)
	E. pared (μ m)	5,38 \pm 1,11 (3,15-8,40)	5,17 \pm 1,84 (2,10-8,40)	5,54 \pm 1,31 (2,10-8,93)
Punteaduras radiales	Diámetro (μ m)	14,36 \pm 1,68 (10,50-18,90)	13,52 \pm 1,06 (12,60-14,70)	15,92 \pm 1,93 (12,60-18,90)
Punteaduras tangenciales	Frecuencia (%)	5% > 20/mm ²	0% > 20/mm ²	27% > 20/mm ²
	Diámetro (μ m)	13,37 \pm 2,22 (8,40-16,80)	11,76 \pm 1,47 (8,40-12,60)	12,45 \pm 2,57 (8,40-16,80)
Parénquima axial	N ^o /mm ²	4 \pm 10 (0-60)	Ausente	52 \pm 24 (0-110)
	N ^o /mm ²	66 \pm 17(30-110)	46 \pm 18 (20-80)	84 \pm 19 (40-130)
Radios	Categoría	Medios	Medios	Medios
	Altura (μ m)	99,99 \pm 69,05 (21,00-369,60)	123,73 \pm 89,05 (21,00-462,00)	80,01 \pm 52,71(16,80-239,40)
	Altura (n ^o células)	6 \pm 4 (1-14)	7 \pm 6 (1-28)	5 \pm 3 (1-15)
	Frecuencia (%)	44% > 5 células altura	52% > 5 células altura	32% > 5 células altura
Punteaduras campo de cruce	N ^o /campo cruce	1 \pm 0 (1-2)	1 \pm 0 (1-2)	1 \pm 0 (1-2)
	Frecuencia (%)	2% campos>1 punteadura	18% campos>1 punteadura	20% campos>1 punteadura
	Diámetro (μ m)	12,21 \pm 1,27(8,40-15,75)	12,52 \pm 0,74 (10,50-14,70)	8,90 \pm 0,83 (7,35-10,50)

3.3 Conclusiones

Las especies descritas se caracterizaron macroscópicamente por presentar albura y duramen café claro rosáceo o amarillento, en algunas especies con bandas de coloración marrón rojizas o café oscuro verdoso; olor y sabor imperceptibles; radios visibles solo con aumento de 5X en el plano transversal; parénquima axial ausente en *P. harmsiana* y difuso en las demás especies, de indistinto a difícil de observar con aumento de 5X; ausencia de canales de resina axiales y radiales.

La pequeña variación entre las características organolépticas y macroscópicas observadas, hace que la diferenciación entre las especies estudiadas sea realmente difícil con este nivel de aumento. Sin embargo, podrían utilizarse para una identificación inicial, las coloraciones más oscuras en el duramen (café oscuro a rojizo) y las mayores densidades (0,72 y 0,65 g/cm³) de la madera de las especies *P. montana* y *P. magnifolius*. Adicionalmente, en esta última especie y en *P. guatemalensis*, se presenta una mayor facilidad para observar el parénquima axial con aumento de 5X.

Así mismo, fue notable la homogeneidad entre las características microscópicas de las maderas de las diferentes especies, cuyos caracteres cuantitativos, brindaron una mejor posibilidad de diferenciación.

A nivel microscópico, las especies se caracterizaron por la ausencia de canales de resina axiales y radiales, punteaduras en la pared radial de las traqueidas axiales predominantemente uniseriadas; presencia de punteaduras en la pared tangencial de las traqueidas axiales; parénquima axial difuso con paredes transversales lisas (ausente en *P. harmsiana*); radios homogéneos, compuestos solo por células de parénquima radial, con paredes verticales y horizontales lisas, uniseriados y ocasionalmente biseriados en parte, de muy bajos (hasta 4 células de altura) a medios (de 5 a 15 células de altura); y punteaduras del campo de cruce tipo cupresoides.

Se encontraron diferencias cuantitativas en la descripción microscópica de las especies estudiadas. *P. magnifolius* presentó las traqueidas axiales de mayor longitud, las punteaduras radiales y tangenciales de mayor diámetro, la mayor abundancia de punteaduras tangenciales por mm², el mayor número de punteaduras por campo de cruce y la mayor frecuencia (%) de campos de cruce con más de una punteadura. *P. montana* presentó el mayor valor medio de densidad seca al aire, el menor número de células de parénquima axial por mm² entre las especies con dicho tejido, y la menor frecuencia (%) de campos de cruce con más de una punteadura.

P. harmsiana presentó la menor longitud de traqueidas y la mayor cantidad de las mismas por mm², ausencia de parénquima axial, la menor abundancia de punteaduras tangenciales por mm², los radios de mayor altura y la mayor frecuencia (%) de radios con más de cinco células de altura. Las especies de *Podocarpus* presentaron radios muy bajos (hasta 4 células de altura) a diferencia de las restantes, con radios medios (de 5 a 15 células de altura). Traqueidas con longitud media se presentaron en las especies de *Podocarpus* y en *R. rospigliosii*, mientras que en las especies del género *Prumnopitys* se observaron traqueidas cortas.

Algunos ejemplares se colectaron en altitudes diferentes a las reportadas en la literatura (Torres, 1988). Es el caso de *P. oleifolius*, reportado entre 1800 y 3700 m, y que en este estudio se colectó a 1455 m (municipio de Yolombo, departamento de Antioquia), y el caso de *P. harmsiana*, reportado entre 1600 y 2000 m, y colectado en este estudio a 1483 m de altitud (municipio de Pereira, departamento de Risaralda).

Las características microscópicas cuantitativas presentaron variabilidad entre ejemplares de la misma especie, probablemente relacionada con las diferentes condiciones de crecimiento y tamaño de los árboles (Anexos 6 – 9). La mayor variabilidad se observó entre el ejemplar de *P. oleifolius* colectado en el municipio de Yolombo y los ejemplares colectados en los municipios de Pensilvania, Caldas y Yarumal (Anexo 6). El árbol de Yolombo presentó radios de mayor altura, mayor frecuencia de radios con más de 5 células de altura, mayor longitud y anchura de traqueidas y menor número de traqueidas por mm². Es posible que dichas diferencias se deban, entre otros factores, a la altitud de muestreo de este ejemplar, análisis que tendrá que ser objeto de futuras investigaciones.

La descripción de la anatomía macro y microscópica de la madera de las seis especies estudiadas, permitió hallar características comunes a las encontradas por diversos autores para las mismas especies, para la familia y para otras especies de los mismos géneros procedentes de otros lugares alrededor del mundo.

En futuros estudios sería recomendable colectar un mayor número de ejemplares de las diferentes especies, especialmente de *P. guatemalensis*, *P. magnifolius* y *P. harmsiana*, descritas, en este estudio, a partir de uno o dos ejemplares, y por primera vez en el país. Esto permitiría obtener un muestreo más representativo y mayor claridad acerca de sus sitios de distribución, con la marcación de pequeños rodales para observar también su fenología y crecimiento.

3.4 Clave de identificación

La siguiente clave, elaborada para las seis especies de podocarpáceas existentes en territorio Colombiano, debe considerarse como una primera aproximación debido a la limitación en el número de árboles muestreados. La clave es dicotómica y utiliza números con dos divisiones (a y b). Además, por considerarse como los elementos más importantes en su diferenciación, solo se utilizan la densidad seca al aire, los caracteres anatómicos microscópicos cualitativos y cuantitativos de la madera, y la información sobre la altitud en la que ha sido reportada su presencia en Colombia, tanto en otros estudios como en este.

1. a. Madera con densidad media seca al aire igual o superior a $0,65 \text{ g/cm}^3$ 2
b. Madera con densidad media seca al aire inferior a $0,65 \text{ g/cm}^3$ 3

2. a. Más del 50% de las observaciones realizadas con más de 20 punteaduras tangenciales por mm^2 ; radios muy bajos (hasta 4 células de altura); parénquima axial con más de 20 células/ mm^2 ; valor medio de dos punteaduras por campo de cruce y más del 40% de los campos con más de una punteadura; se encuentra en altitudes entre 400 y 1900 m (Mainieri & Pires, 1973; Torres, 1988).....*P. magnifolius*
(Página 76; Figuras. 38 y 39)

- b. Menos del 50% de las observaciones realizadas con más de 20 punteaduras tangenciales por mm^2 ; radios medios (de 5 a 15 células de altura); parénquima axial con menos de 20 células/ mm^2 ; valor medio de una punteadura por campo de cruce y menos del 40% de los campos con más de una punteadura; se encuentra en altitudes entre 1800 y 3200 m (Torres, 1988; Marín, 1998)..... *P. montana*
(Páginas 79, 82 y 85; Figuras 40 a 45)

3. a. Radios medios (de 5 a 15 células de altura).....4
b. Radios muy bajos (hasta 4 células de altura).....5

4. a. Parénquima axial ausente; traqueidas cortas (menos de 3 mm); menos de 60 radios por mm^2 ; más del 45% de los radios con más de cinco células de altura.....*P. harmsiana*
(Página 89; Figuras 46 y 47)

- b. Parénquima axial presente; traqueidas medias (de 3 a 5 mm); más de 60 radios por mm^2 ; menos del 45% de los radios con más de cinco células de altura.... *R. rospigliosii*
(Páginas 91 y 94; Figuras 48 a 51)

5. a. Punteaduras del campo de cruce con diámetro medio inferior a $9 \mu\text{m}$; menos del 25% de los campos de cruce con más de 1 punteadura; menos del 20% de las observaciones con más de 20 punteaduras tangenciales por mm^2 ; se encuentra en altitudes entre 1800 y 3700 m (Torres, 1988), aunque en el presente estudio fue colectado a 1455 m de altitud.....*P. oleifolius*
(Páginas 58, 61, 64 y 67; Figuras 26 a 33)

b. Punteaduras del campo de cruce con diámetro medio superior a 9 μm ; más del 25% de los campos de cruce con más de 1 punteadura; mas del 20% de las observaciones con más de 20 punteaduras tangenciales por mm^2 ; se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1100 m de altitud (Torres, 1988).....*P. guatemalensis*
(Páginas 70 y 73; Figuras 34 a 37)

4. CONCLUSIONES

1. La detección de dificultades en el trabajo con la madera de pino romerón, con anillos de crecimiento extremadamente difíciles de diferenciar y presencia de nudos y concavidades en el tallo, ha permitido evaluar el muestreo y las metodologías utilizadas y recomendar modificaciones, en el empeño de mejorar la eficiencia y obtener mejores resultados en futuros estudios.
2. Se ha caracterizado la madera de árboles de pino romerón, confirmando que tanto la variación de la densidad como la de la morfología de sus traqueidas, coinciden en general con lo observado en otras coníferas de las familias Pinaceae, Cupressaceae y Taxodiaceae.
3. Se ha contribuido a aumentar el precario conocimiento acerca del patrón de variación y de los valores que pueden alcanzar las características de la madera de pino romerón (*R. rospigliosii*). Dicha información puede ser de utilidad en futuros programas de mejoramiento genético forestal. Propósito con el cual se estableció el primer y único ensayo de procedencias de esta especie en Colombia, que suministró el material para el presente estudio.
4. Se ha determinado que no existen diferencias marcadas en la variación y en los valores de las características de la madera de los árboles de las dos procedencias estudiadas. Debido a esto, se puede recomendar que futuros trabajos con estas procedencias se enfoquen en desarrollar sistemas silviculturales con rotaciones largas y producción de volúmenes adecuados, aprovechando valiosas experiencias tenidas en algunas zonas del país, que utilizan el sombrero inicial y las podas tempranas para mejorar, de manera importante, el desarrollo de los árboles y la forma del tallo.
5. Se ha realizado una completa descripción anatómica de la madera de las seis especies de podocarpáceas de Colombia, apreciando una notable homogeneidad en sus características organolépticas, macro y microscópicas, estableciendo la necesidad de utilizar caracteres cuantitativos para diferenciarlas, y elaborando la primera clave colombiana de identificación de sus maderas.
6. Se ha confirmado que las características anatómicas de la madera de las especies estudiadas, coinciden en general con las encontradas por diversos autores para las mismas especies, para la familia y para otras especies de los mismos géneros procedentes de otros lugares del mundo.
7. La descripción, por primera vez, de la anatomía de la madera de las seis especies de podocarpáceas colombianas, supone una buena herramienta para apoyar el trabajo de las autoridades ambientales en el control y seguimiento de los aprovechamientos forestales, y contribuye al conocimiento de la diversidad en el país, como un importante legado para la sociedad y las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO M.M. & KIKATA Y. 1994. Atlas de maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina Perú – Universidad de Nagoya Japón. 79–80.

ALTEYRAC J., A. CLOUTIER & S.Y. ZHANG. 2006. Characterization of juvenile wood to mature wood transition age in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) at different stand densities and sampling heights. *Wood Science Technology*. 40: 124 – 138.

AMARASEKARA, H. & DENNE, M.P. 2002. Effects of crow size on wood characteristics of Corcican pine in relation to definitions of juvenile wood, crow formed wood and core wood. *Forestry*. 75(1).

ARANGO, A.B. 2004. Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *urophylla*. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Departamento de Ciências Florestais. Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil. 132 p.

ARAÚJO M.A. & ZENTENO R.F. 2006. Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Editores: M. Moraes R., B. Ollgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 146-161.

ARÉVALO F.R.L. & LONDOÑO A.A. 2005. Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. Corporación Autónoma del Tolima. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. 102–110.

ARÓSTEGUI, V.A. & SATO, A. 1970. Propiedades físico–mecánicas y usos de dos especies de *Podocarpus* (*P. rospigliosii* Pilger; *P. montanus* var. *meridensis* Buchholz y Gray). *Revista Forestal del Perú*. 4(1–2): 3-11.

BAILEY, I.W. 1920. The cambium and its derivative tissues II. Size variations of cambial initials in gymnosperms and angiosperms. *American Journal of Botany*. 7: 355 – 367.

BARBAROS Y. 2007. Anatomy of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood with indented growth rings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. 49(1): 19-23.

BARKER, N.P., MULLER, E.M. & MILL, R.R. 2004. A yellowwood by any other name: molecular systematic and the taxonomy of *Podocarpus* and the Podocarpaceae in southern Africa. *South African Journal of Science*. (100): 629-632.

BAUCH J., KOCH G., PULS J., SCHWARZ T. & VOISS S. 2006a. Wood characteristics of *Podocarpus oleifolius* var. *macrostachyus* (Parl.) Buchholz and Gray native to Costa Rica: their significance for wood utilization. *Wood Science and Technology*. 40(1): 26-38.

BAUCH, J., QUIROS, L., NOLDT, G. & SCHMIDT, P. 2006b. Study on the wood anatomy, annual wood increment and intra-annual growth dynamics of *Podocarpus*

oleifolius var. *macrostachyus* from Costa Rica. Journal of Applied Botany and Food Quality-Angewandte Botanik. 80(1): 19-24.

BEARD J. S. 1944. The natural vegetation of the island of Tobago, British West Indies. Ecological Monographs. 14 (2).

BECERRA, J., FLORES, C., MENA, J., AQUEVEQUE, P., ALARCÓN, J., BITTNER, M., HERNÁNDEZ, V., HOENEISEN, M., RUIZ, E. & SILVA, M. 2002. Antifungal and antibacterial activity of diterpenes isolated from wood extractables of Chilean podocarpaceae. Laboratorio de Química de Productos Naturales. Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Universidad del Bío Bío. Chile.

BENÍTEZ, R. & MONTESINOS, J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: distribución, propiedades y usos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). Siguatepeque, Honduras. 216 p.

BHAT K.M., PRIYA P.B. & RUGMINI P. 2001. Characterisation of juvenile wood in teak. Wood Science and Technology. 34: 517 – 532.

BURDON, R.D., KIBBLEWHITE, R.P., WALKER, J.C.F., MEGRAW, R.A., EVANS, R. & COWN, D.J. 2004. Juvenile versus mature wood: a new concept, orthogonal to corewood versus outerwood, with special reference to *Pinus radiata* and *P. taeda*. Forest Science. 50(4): 399-415.

CASTRO DE F., WILLIAMSON, G.B. & MORAES, R. DE J. 1993. Radial variation in the wood specific gravity of *Joannesia princeps*: the roles of age and diameter. Biotropica 25(2): 176 – 182.

CATO, S., McMILLAN, L., DONALDSON, L., RICHARDSON, T., ECHT, C. & GARDNER, R. 2006. Wood formation from the base to the crown in *Pinus radiata*: gradients of tracheid wall thickness, wood density, radial growth rate and gene expression. Plant Molecular Biology. (60): 565-581.

CHENG, A. & SABOGAL, C. 1982. Resultados de un estudio fitosociológico en un bosque de *Podocarpus* – Cajamarca. Revista Forestal del Perú. 11(1-2): 101-115.

CITES (CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES). Apéndices I, II y III. 46 p. Consultada en mayo 2008. Disponible en: <http://www.cites.es/citesapp/EI+Convenio+CITES/ElConvenioCITES.htm>

CONTRERAS, M.R., LUNA, V.I. & ALCÁNTARA, A.O. 2006. La familia Podocarpaceae en el estado de Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. (77): 115-118.

CORADIN, V.T.R. & MUÑIZ, G.B. de. 1992. Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: II-Gimnospermae. IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Série Técnica 15. 19 p.

COPANT (COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS). 1972. Maderas. Método de determinación del peso específico aparente. Norma Panamericana Copant 461. 5 p.

COOMES, D.A., ALLEN, R.B., BENTLEY, W.A., BURROWS, L.E., CANHAM, C.D., FAGAN, L., FORSYTH, D.M., GAXIOLA-ALCANTAR, A., PARFITT, R.L., RUSCOE, W.A., WARDLE, D.A., WILSON, D.J. & WRIGHT, E.F. 2005. The hare, the tortoise and the crocodile: the ecology of angiosperm dominance, conifer persistence and fern filtering. *Journal of Ecology*. (93): 918-935.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA. 2005. Guía de decomisos de flora. CORANTIOQUIA. Medellín, Colombia. 24 p.

de ALMEIDA, F.F.M. 1989. Variação na madeira de *Pinus pinaster* Ait. Doutorado. Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. Portugal. 245 p.

de AZAMBUJA, D. 1962. Algumas considerações sobre as técnicas mais empregadas na anatomia das madeiras. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*. Rio de Janeiro. 14 (14): 181-202.

de LAUBENFELS, D.J. 1984. Un nuevo *Podocarpus* (Podocarpaceae) de la Española. *Moscosa*. (3): 149-150.

de LAUBENFELS, D.J. 1985. A taxonomic revision of the genus *Podocarpus*. *Blumea*. (30): 251-278.

de PAULA, J.E., GOMES, F.E. & PEIXOTO, A. 2000. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro. *Scientia Forestalis*. (58):73-89.

de SOUZA V. R., CARPIM M. A. & BARRICHELO L.E. 1986. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E.saligna*. *IPEF*. (33): 65-72.

DONALDSON, L. 2008. Microfibril angle: measurement, variation and relationships - a review. *IAWA Journal*. 29 (4): 345-386.

DOWNES, G. M. & DREW, D.M. 2008. Climate and growth influences on wood formation and utilisation. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*. 71(1): 155-167.

DROPPELMANN, F.F. 2007. Variación genética de la densidad de la madera en *Pinus radiata* D. Don. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. 92 p.

DUEÑAS, H. 1986. Geología y palinología de la formación Ciénaga de Oro, región Caribe colombiana. *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas*. Bogotá. (18): 1-51.

- DUQUE, H. 1993. Los foraminíferos de la cuenca del Atrato y la evolución del istmo de Panamá. Colombia Pacífico. Santafé de Bogotá. 872 p.
- ECHOLS, R.M. 1973. Uniformity of wood density assessed from X-rays of increment cores. *Wood Science and Technology*. 7(1): 34-44.
- ESCOBAR, O. & RODRÍGUEZ, J.R. 1995. Las maderas en Colombia. Grupo de Comunicaciones y Divulgación Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Regional Antioquia - Chocó. Fascículo 71. Medellín, Colombia.
- FAO (ORGANIZACIÓN DEL LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN). 1967. Seminario y viaje de estudio de coníferas latinoamericanas. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). 2ª Edición. México, D.F. 215-216.
- FAN Z-X., CAO, K-F. & BECKER, P. 2009. Axial and radial variations in xylem anatomy of angiosperm and conifer trees in Yunnan, China. *IAWA Journal*. 30(1): 1-13.
- FARJON A. 2001. World checklist and bibliography of conifers (2nd edn). Kew: Royal Botanic Gardens.
- FOELKEL, C.E.B., MILANEZ, A.F. & BUSNARDO, C.A. 1983. Método do máximo teor de umidade aplicado à determinação da densidade básica da madeira do eucalipto. *Silvicultura*. São Paulo. 8(28): 792-796.
- FRA, E. A., SALINAS, S. R.& PEREA, M. DEL V. 2007. Distribution of 'pine of the hill', *Podocarpus parlatorei* Pilqer (Podocarpaceae), in Catamarca province, Argentina. *Lilloa*. 44 (1-2): 99-105.
- FRANKLIN, G.L. 1946. A rapid method of softening wood for microtome sectioning. *Tropical Woods*. (88): 35-36.
- GARCÍA, E.L., DE PALACIOS, P., GUINDEO, C.A., GARCÍA, E.L., LÁZARO, I. D., GONZÁLEZ, F.L., RODRÍGUEZ, L.Y., BOBADILLA, M.I., FERNÁNDEZ G.F. & CAMACHO, A.A. 2002. Anatomía e identificación de maderas de coníferas a nivel de especie. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 421 p.
- GARCÍA E.L., de PALACIOS de P.P., GUINDEO C.A., GARCÍA F.F. 2004. Characterisation of the xylem of 352 conifers. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 13(3): 452-478.
- GARCÍA E.L., de PALACIOS P., GARCÍA F.F. & MORENO R. 2009. Wood anatomy of the genus *Abies*. A review. *IAWA Journal*. 30(3): 231 – 245.
- GARCÍA E. L. & de PALACIOS, P. 2009. Comparative wood anatomy in Abietoideae (Pinaceae). *Botanical Journal of The Linnean Society*. 160(2): 184-196.
- GERT, W.W. 1949. Maderas chilenas: contribución a su anatomía e identificación. Tucumán. 375 p.

GREGUSS, P. 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akadémiai Kiadó. Budapest.

HAMMEL, B.E., GRAYUM, M.H., HERRERA, C. & ZAMORA, N. 2003. Manual de plantas de Costa Rica. Volumen II. Gimnospermas y Monocotiledóneas. Silvia Troyo Ilustraciones. Costa Rica. 11-13.

HEADY R.D. & EVANS P.D. 2005. Wood anatomy of *Actinostrobus* (Cupressaceae). IAWA Journal. 26 (1):79-92.

HERBERT, J., HOLLINGSWORTH, P.M., GARDNER, M.F., MILL, R.R., THOMAS, P.I. & JAFFRÉ, T. 2002. Conservation genetics and phylogenetics of New Caledonian *Retrophyllum* (Podocarpaceae) species. New Zealand Journal of Botany. (40): 175-188.

HILL, R.S. & BRODRIBB, T.J. 1999. TURNER REVIEW No. 2. Southern conifers in time and space. *Australian Journal of Botany*. 47(5): 639-696.

HONJO K., FURUKAWA, I. & SAHRI, M.H. 2005. Radial variation of fiber length increment in *Acacia mangium*. IAWA Journal. 26(3): 339-352.

HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Instituto interamericano para la cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.

IAWA COMMITTEE. 2004. IAWA List of microscopic features for softwood identification. IAWA J. (25): 1-70.

IKONEN V., PELTOLA H., WILHELMSSON B. L., KILPELA A., NUUTINEN C. T. & KELLOMA S. 2008. Modelling the distribution of wood properties along the stems of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) as affected by silvicultural management. *Forest Ecology and Management* 256: 1356–1371.

INSTITUTO NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y EL MEDIO AMBIENTE (INDERENA). 1986. Código de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Nueva Gente, Bogotá. 99p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2000. Colombia megadiversa: cinco años explorando la riqueza de un país biodiverso. Instituto Humboldt, Santafé de Bogotá. 295 p.

ISHIGURI, F., KASAI, S., YOKOTA, S., IIZUKA, K. & YOSHIZAWA, N. 2005. Wood quality of sugi (*Cryptomeria japonica*) grown at four initial spacings. IAWA Journal. 26(3): 375-386.

ISHIGURI F., HIRAIWA T., IIZUKA K., YOKOTA S. PRIADI D. SUMIASRI N. & YOSHIZAWA N. 2009. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. IAWA Journal. 30(3): 343 – 352.

- JAAKKOLA, T., MAKINEN, H. & SARANPAA, P. 2005. Wood density in Norway spruce: changes with thinning intensity and tree age. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere*. 35 (7): 1767-1778.
- JAAKKOLA, T., MAKINEN, H. & SARANPAA, P. 2006a. Wood density of *Norway spruce*: Responses to timing and intensity of first commercial thinning and fertilisation. *Forest Ecology and Management*. 237 (1-3): 513-521.
- JAAKKOLA, T., MAKINEN, H., SAREN, M.P. & SARANPAA, P. 2006b. Does thinning intensity affect the tracheid dimensions of Norway spruce?. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*. 35 (11): 2685-2697.
- JOZSA, L.A. & MIDDLETON G.R. 1994. A discussion of wood quality attributes and their practical implications. Special Publication No.SP-34. Forintek Canada Corp. Vancouver.
- JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA) 1981a. Estudio integral de la madera para la construcción. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de 104 especies del grupo andino. Lima Perú. 53 p.
- _____ 1981b. Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino. Cali: Talleres Gráficos Carvajal S.A. 441 p.
- KELCH, D.G. 1997. The phylogeny of the Podocarpaceae based on morphological evidence. *Systematic Botany*. 22 (1): 113-131.
- KITIN, P., FUNADA R., SANO Y., BEECKMAN H. & OHTANI J. 1999. Variations in the lengths of fusiform cambial cells and vessel elements in *Kalopanax pictus*. *Annals of Botany*. 84: 621 – 632.
- KITIN P., FUJII T., ABE H. & TAKATA K. 2009. Anatomical features that facilitate radial flow across growth rings and from xylem to cambium in *Cryptomeria japonica*. *Annals of Botany*. 103(7):1145-1157.
- KLOCK, U. 1989. Qualidade da Madeira de *P. oocarpa* Shiede e *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- KRIBS, D.A. 1968. Commercial foreign woods on the american market. Dover publications, Inc. New York. 130-131.
- LARSON, P.R., KRETSCHMANN, D.E., CLARK, A. & ISEBRANDS, J.G. 2001. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. Gen.Tech.rep. FPL-GTR-129. Madison, WI: U.S.Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 42 p.
- LEÓN, W. & ESPINOZA de P.N. 1997. Trabéculas en *Decussocarpus rospigliossii* (Podocarpaceae). *Revista Forestal Venezolana*. 41(2): 105-108.

LONGWOOD, F.R. 1962. Present and potential commercial timbers of The Caribbean. Agriculture Handbook N° 207. U.S. Department of Agricultura. Washington, D. C. 95-96.

LÓPEZ C.R. & MONTERO G.M. 2005. Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D.C., Colombia. 64 laminas.

LORENZI, H. 1992. Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Editora Plantarum Ltda. Nova Odessa – SP. pág 293.

MAINIERI, C. & PIRES, J.M. 1973. O género *Podocarpus* no Brasil. Silvicultura São Paulo. (8): 1-24.

MAINIERI, C. 1983. Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. São Paulo – Brasil. 241 p.

MARÍN, V.A. 1998. Ecología y silvicultura de las Podocarpaceas andinas de Colombia. Departamento de Investigación Forestal. Smurfit Cartón de Colombia S.A. 143 p.

MEGRAW, R.A. 1985. Wood quality factors in loblolly pine. Atlanta, Tappi Press. 88p.

MILL, R.R. & QUINN, C.J. 2001. *Prumnopitys* andina reinstated as the correct name for 'lleuque', the Chilean conifer recently renamed *P. spicata* (Podocarpaceae). Taxon. 50(4): 1143-1154.

MILL, R.R., MÖLLER, M., GLIDEWELL, S.M., MASSON D. & WILLIAMSON, B. 2004. Comparative anatomy and morphology of fertile complexes of *Prumnopitys* and *Afrocarpus* species (Podocarpaceae) as revealed by histology and NMR imaging, and their relevance to systematics. Botanical Journal of the Linnean Society. (145): 295-316.

MIRANDA I. & PEREIRA H. 2002. Variation of pulpwood quality with provenances and site in *Eucalyptus globulus*. Annals of Forest Science. 59 (3): 283-291.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN'S VAST (VASCULAR TROPICOS). 2009. Nomenclatural database. W³ tropicos. Consultado en mayo 2008. Disponible en: <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>

MOGLIA J.G., BRAVO S. & GEREZ R. 2008. Anatomía comparada del leño de *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) de dos orígenes, ensayados en Santiago del Estero. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 43 (3-4).

MOLINA, A. 1964. Coníferas de Honduras. Ceiba. 10(1): 5-21.

MONTEOLIVA S., SENISTERRA G. & MARLATS R. 2005. Variation of Wood density and fiber length in six willow clones (*Salix* spp.). IAWA Journal 26(2): 197 – 202.

- MUNSELL COLOR COMPANY, INC. 1963. Munsell color charts for plant tissues. Segunda edición. Maryland, U.S.A. 17 fichas.
- ORMAN H.R. & REID J.S. 1946. Wood anatomy of New Zealand *Dacrydium* species. *New Zealand Journal of Forestry* 5: 215-219.
- PANSHIN, A.J. & de ZEEUW, C. 1980. Textbook of Wood technology. McGraw-Hill, New York. 404 p.
- PARENT, G. 1989. Guía de reforestación. Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI). 214 p.
- PASACA, V.E. 1983. Algunos nombres botánicos de la flora ecuatoriana. Centro de Capacitación e Investigación Forestal Luciano Andrade Marín de Conocoto. Quito, Ecuador. 132 p.
- PEREIRA, D.A. 1973. Tentativa para explicar a ocorrência de duas espécies de *Podocarpus* no Brasil. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (19-20): 199-215.
- PHILLIPS E.W.J. 1948. Identification of Softwoods by their microscopic structure. Forest Products Research Bulletin No. 22. Department of Scientific and Industrial Research, London.
- QUINN, C.J. & PRICE, R.A. 2003. Phylogeny of the Southern Hemisphere Conifers. Proc. Fourth International Conifer Conference. 129-136.
- RECORD, S. & HESS, R. 1943. Timbers of the new world. Yale University Press, London, United States of America. 24-26.
- RODRÍGUEZ, R.R.; MATTHEI, J.O. & QUEZADA, M.M. 1983. Flora arbórea de Chile. Universidad de Concepción. Concepción. 408 p.
- RODRÍGUEZ, R.R. & RUIZ, E.P. 1996. Guía de árboles para un curso de Dendrología: árboles en Chile; Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas concepción. 122 p.
- SÁNCHEZ, M. 1997. Catálogo preliminar comentado de la flora del medio Caquetá: estudios en la Amazonia colombiana XII. Tropenbos International. Santafé de Bogotá. 557 p.
- SAVVA, Y.V., SCHWEINGRUBER, F.H., KUZMINA, N.A. & VAGANOV, E.A. 2002. Sensitivity of diameter growth to annual weather conditions in Scots pine provenances at a Central Siberian location. *Silvae Genetica*. 51(2-3): 49-55.
- SCHNEE, L. 1973. Plantas comunes de Venezuela. 2ª ed. Universidad Central de Venezuela. Maracay – Venezuela. 806 p.

- SCHWEINGRUBER, F.H. 1990. Anatomie europäischer Hölzer. Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart.
- SERDAR, B., HAYDEN, W. J. & TERZIOGLU, S. 2008. Wood anatomy of *Flueggea anatolica* (Phyllanthaceae). IAWA JOURNAL. 29 (3): 303-310
- SILBA, J. 1983: A new specie of *Decussocarpus* de Laub. (Podocarpaceae) from Brazil. Phytologia. (54): 460-462.
- STANGER, K. T. 2003. Variation and genetic control of Wood properties in the juvenile core of *Pinus patula* grown in South Africa. Faculty of North Carolina state University. Departament of Forestry. Raleigh. 187 pg.
- STOCKEY R. A. & FREVEL B. J. 1997. Cuticle Micromorphology of *Prumnopitys Philippi* (Podocarpaceae). International Journal of Plant Sciences. 158(2):198-221.
- THIBEAULT-MARTEL M., KRAUSE C., MORIN H. & ROSSI S. 2008. Cambial activity and intra-annual xylem formation in roots and stems of *Abies balsamea* and *Picea mariana*. Annals of Botany.102 (5): 667-674.
- TORMO, M.R. 2007. Lecciones hipertextuales de botánica. Familia Podocarpaceae (Orden Coniferales). Consultado en mayo 2008. Disponible en: <http://www.unex.es/polen/LHB/gimnospermas/podocar2.htm>
- TORO, J.L. 2009. Estado del conocimiento de la flora silvestre en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. Corporación autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA. Medellín: CORANTIOQUIA. 432 pg.
- TORRES, J.H. 1988. Monografía N° 5: Podocarpaceae. Flora de Colombia. Imprenta Nacional. Bogotá. 75 p.
- TSUCHIYA R. & FURUKAWA I. 2009a. Radial variation in the size of axial elements in relation to stem increment in *Quercus serrata*. IAWA Journal. 30(1): 15-26.
- TSUCHIYA R. & FURUKAWA I. 2009b. Radial variation of vessel lumen diameter in relation to stem increment in 30 hardwood species. IAWA Journal. 30(3): 331 – 342.
- UETIMANE J. E., TERZIEV N. & DANIEL G. 2009. Wood anatomy of three lesser known species from Mozambique. IAWA Journal. 30(3): 277 – 291.
- UNIÓN MUNDIAL PARA LA NATURALEZA (UICN). 2007. Pasos hacia la equidad y la sustentabilidad. Informe de avance. Oficina Regional para América del Sur. Quito, Ecuador.
- VACA, M.S. 2003. Impacto de la tala selectiva en los bosques de *Podocarpus* de San Ignacio, Cajamarca – Perú. Lyonia. 5(2): 143-156.
- van der SLOOTEN, H.J., ACOSTA-CONTRERAS, I. & AAS. P.S. 1970. Maderas latinoamericanas. III. *Podocarpus standleyi*, *P. oleifolius*, *Drimys granadensis*, *Magnolia poasana* y *Didymopanax pittieri*. Revista Turrialba. 20(1): 105-106.

VEENIN T., FUJITA M., NOBUCHI T. & SIRIPATANADILOK S. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. IAWA Journal. 26(3): 353-361.

VEILLON J.P. 1962. Coníferas autóctonas de Venezuela: los *Podocarpus*. Con especial énfasis sobre las podocarpáceas de la región central del estado de Mérida-Venezuela. Universidad de los Andes, Mérida. 159 p.

YAMASHITA, K., HIRAKAWA, Y., NAKATANI, H. & IKEDA, M. 2009. Tangential and radial shrinkage variation within trees in sugi (*Cryptomeria japonica*) cultivars. Journal of wood science. 55(3): 161-168.

ZEVALLOS, P. 1988. Estudio dendrológico de las Podocarpáceas y otras especies forestales de Jaén y San Ignacio. Ed. Gráfica Bellido, Lima, Perú. 71 p.

ZOBEL, B.J. & TALBERT, J. 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa, Colombia. 545 p.

ZOBEL, B.J. & VAN BUIJTENEN, J.P. 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer-Verlag, Berlin. 216 p.

ANEXOS

ESTUDIO I

Anexo 1. Variación axial y radial de la densidad aparente de la madera por tomografía axial computarizada (TAC) en cuatro radios de cada sección transversal, en árboles de pino romerón de la procedencia Mesitas del Colegio. AP. Altura del pecho.

M1						M2					M3				
(%)	Base	AP	Altura total (%)			Base	AP	Altura total (%)			Base	AP	Altura total (%)		
			25	50	75			25	50	75			25	50	75
Radio 1															
25	0,77	0,61	0,59	0,70	0,50	0,51	0,44	0,74	0,49	0,46	0,57	0,49	0,44	0,34	0,40
50	0,59	0,56	0,63	0,71	0,53	0,37	0,44	0,65	0,41	0,46	0,45	0,51	0,42	0,40	0,33
75	0,60	0,60	0,69	0,62	0,47	0,41	0,44	0,73	0,40	0,28	0,48	0,51	0,47	0,43	0,30
100	0,68	0,75	0,69	0,61	0,58	0,40	0,40	0,85	0,45	0,44	0,51	0,53	0,45	0,45	0,33
IU (%)	200,54	250,66	170,00	159,38	149,63	175,29	153,25	221,28	150,00	189,47	142,21	118,65	111,38	132,18	124,59
Radio 2															
25	0,81	0,56	0,53	0,62	0,54	0,56	0,36	0,70	0,46	0,37	0,59	0,47	0,41	0,35	0,46
50	0,70	0,64	0,60	0,53	0,53	0,53	0,37	0,73	0,39	0,28	0,42	0,44	0,41	0,37	0,43
75	0,74	0,63	0,68	0,55	0,59	0,54	0,37	0,75	0,38	0,26	0,52	0,50	0,43	0,40	0,32
100	0,72	0,59	0,66	0,58	0,67	0,57	0,35	0,68	0,44	0,40	0,54	0,49	0,44	0,46	0,31
IU (%)	160,45	168,68	171,05	147,89	159,18	145,00	141,05	163,48	148,48	135,56	169,18	134,97	125,75	131,18	146,27
Radio 3															
25	0,78	0,57	0,48	0,76	0,47	0,59	0,39	0,63	0,48	0,40	0,61	0,50	0,42	0,33	0,43
50	0,60	0,62	0,61	0,68	0,49	0,37	0,39	0,49	0,36	0,44	0,49	0,49	0,41	0,33	0,38
75	0,67	0,70	0,57	0,66	0,55	0,42	0,32	0,61	0,40	0,28	0,45	0,45	0,44	0,44	0,35
100	0,67	0,71	0,61	0,69	0,58	0,47	0,46	0,56	0,50	0,35	0,51	0,45	0,48	0,47	0,31
IU (%)	209,78	208,28	163,76	193,98	140,58	184,65	158,80	207,69	148,60	164,15	162,94	132,20	117,90	152,63	143,42
Radio 4															
25	0,79	0,58	0,51	0,60	0,47	0,57	0,37	0,61	0,42	0,42	0,60	0,48	0,42	0,30	0,56
50	0,69	0,59	0,66	0,61	0,46	0,46	0,36	0,58	0,38	0,36	0,48	0,45	0,41	0,31	0,35
75	0,62	0,56	0,64	0,59	0,50	0,49	0,41	0,62	0,38	0,38	0,48	0,44	0,43	0,36	0,36
100	0,68	0,54	0,65	0,63	0,55	0,62	0,40	0,47	0,42	0,50	0,58	0,49	0,45	0,43	0,35
IU (%)	177,98	154,92	188,52	133,06	120,80	182,98	143,84	196,32	137,01	172,13	146,62	127,23	103,77	139,78	180,88
M4						M5					M6				
(%)	Base	AP	25	50	75	Base	AP	25	50	75	Base	AP	25	50	75
Radio 1															
25	0,42	0,45	0,53	0,76	0,53	0,59	0,57	0,45	0,64	0,44	0,61	0,63	0,55	0,51	0,57
50	0,40	0,42	0,43	0,72	0,54	0,56	0,66	0,50	0,63	0,47	0,55	0,70	0,65	0,55	0,58
75	0,41	0,39	0,45	0,70	0,24	0,52	0,65	0,51	0,65	0,45	0,65	0,70	0,75	0,63	0,54
100	0,37	0,41	0,47	0,56	0,37	0,55	0,67	0,50	0,73	0,46	0,55	0,66	0,78	0,66	0,57
IU (%)	104,85	116,67	150,28	222,97	252,78	115,69	132,85	112,40	125,30	104,81	166,14	135,66	201,53	135,38	130,95
Radio 2															
25	0,42	0,39	0,63	0,93	0,57	0,59	0,58	0,46	0,62	0,42	0,62	0,64	0,55	0,51	0,56
50	0,38	0,37	0,49	0,65	0,46	0,53	0,62	0,50	0,60	0,43	0,50	0,69	0,62	0,58	0,61
75	0,41	0,39	0,52	0,58	0,43	0,50	0,68	0,49	0,59	0,39	0,63	0,84	0,65	0,60	0,62
100	0,45	0,39	0,57	0,71	0,63	0,54	0,69	0,52	0,60	0,41	0,61	0,93	0,69	0,63	0,60
IU (%)	114,38	100,00	166,88	208,43	231,71	118,90	142,04	109,48	111,58	108,41	169,66	230,47	164,84	141,67	150,91
Radio 3															
25	0,44	0,39	0,62	0,82	0,59	0,60	0,56	0,44	0,64	0,44	0,63	0,60	0,53	0,50	0,63
50	0,40	0,37	0,52	0,67	0,55	0,54	0,65	0,53	0,60	0,45	0,58	0,68	0,58	0,54	0,71
75	0,41	0,38	0,54	0,63	0,68	0,57	0,64	0,50	0,64	0,41	0,56	0,73	0,61	0,63	0,69

100	0,39	0,39	0,51	0,55	0,92	0,58	0,67	0,57	0,64	0,43	0,64	0,75	0,61	0,60	0,63
IU (%)	108,89	100,00	178,88	222,22	275,00	107,95	155,81	136,89	128,09	121,36	153,25	158,62	126,59	152,20	146,72
Radio															
4															
25	0,41	0,38	0,77	0,79	0,81	0,58	0,57	0,44	0,66	0,43	0,65	0,60	0,52	0,49	0,59
50	0,39	0,37	0,80	0,44	0,67	0,53	0,63	0,51	0,63	0,42	0,58	0,58	0,63	0,58	0,62
75	0,42	0,37	0,70	0,54	0,65	0,53	0,63	0,50	0,65	0,43	0,57	0,66	0,70	0,63	0,64
100	0,41	0,39	0,75	0,59	0,65	0,51	0,68	0,50	0,64	0,42	0,64	0,63	0,66	0,63	0,63
IU (%)	105,67	100,00	166,24	242,86	189,19	113,56	150,34	113,74	110,42	124,55	137,95	129,17	190,23	136,76	150,91

Anexo 2. Variación axial y radial de la densidad aparente (g/cm³) de la madera por tomografía axial computarizada (TAC) en cuatro radios de cada sección transversal, en árboles de pino romerón de la procedencia Jericó. AP. Altura del pecho.

J1 (%)	Altura total (%)					J2 (%)	Altura total (%)					J3 (%)	Altura total (%)				
	Base	AP	25	50	75		Base	AP	25	50	75		Base	AP	25	50	75
Radio																	
1																	
25	0,69	0,63	0,48	0,48	0,53	0,77	0,68	0,58	0,64	0,69	0,57	0,53	0,49	0,51	0,45		
50	0,48	0,61	0,43	0,43	0,54	0,64	0,55	0,67	0,58	0,79	0,49	0,49	0,43	0,41	0,47		
75	0,53	0,61	0,47	0,41	0,46	0,70	0,54	0,60	0,64	0,56	0,47	0,47	0,42	0,42	0,41		
100	0,60	0,59	0,56	0,47	0,47	0,72	0,60	0,54	0,63	0,56	0,50	0,41	0,45	0,44	0,40		
IU (%)	172,97	105,08	135,92	113,51	111,36	160,50	140,44	142,44	130,00	194,74	123,44	137,04	108,39	122,12	105,17		
Radio																	
2																	
25	0,67	0,62	0,45	0,49	0,53	0,74	0,69	0,59	0,63	0,66	0,58	0,54	0,50	0,50	0,48		
50	0,52	0,60	0,41	0,46	0,54	0,63	0,55	0,55	0,61	0,75	0,49	0,52	0,43	0,43	0,45		
75	0,53	0,62	0,46	0,43	0,53	0,68	0,60	0,64	0,65	0,55	0,45	0,45	0,42	0,42	0,37		
100	0,64	0,63	0,48	0,50	0,58	0,73	0,67	0,72	0,64	0,60	0,45	0,51	0,45	0,44	0,38		
IU (%)	163,92	102,25	125,50	124,22	104,94	142,86	170,83	165,16	136,36	167,69	127,37	116,55	111,43	115,09	150,00		
Radio																	
3																	
25	0,62	0,65	0,44	0,46	0,52	0,75	0,68	0,59	0,64	0,61	0,53	0,54	0,48	0,49	0,50		
50	0,50	0,59	0,41	0,44	0,52	0,57	0,53	0,65	0,65	0,64	0,47	0,59	0,43	0,43	0,47		
75	0,52	0,63	0,41	0,40	0,45	0,60	0,58	0,67	0,65	0,51	0,45	0,48	0,43	0,41	0,40		
100	0,55	0,61	0,42	0,44	0,49	0,69	0,55	0,64	0,61	0,52	0,47	0,45	0,45	0,43	0,38		
IU (%)	132,38	114,50	114,29	104,79	105,81	175,19	148,60	132,14	125,71	128,99	110,89	147,20	108,89	104,59	125,69		
Radio																	
4																	
25	0,63	0,64	0,46	0,49	0,46	0,75	0,75	0,59	0,65	0,64	0,58	0,54	0,48	0,50	0,50		
50	0,50	0,60	0,43	0,43	0,47	0,60	0,62	0,63	0,61	0,70	0,49	0,49	0,45	0,44	0,53		
75	0,55	0,61	0,41	0,41	0,53	0,67	0,63	0,62	0,64	0,56	0,45	0,42	0,46	0,41	0,42		
100	0,62	0,61	0,43	0,47	0,50	0,73	0,64	0,63	0,67	0,58	0,45	0,44	0,49	0,42	0,42		
IU (%)	136,36	109,73	111,70	117,68	103,45	150,77	159,57	131,06	113,68	150,75	127,37	142,68	114,04	115,63	140,00		
J4 (%)						J5 (%)					J6 (%)						
Base						Base					Base						
AP						AP					AP						
25						25					25						
50						50					50						
75						75					75						
Radio						Radio					Radio						
1						1					1						
25	0,55	0,55	0,67	0,72	0,54	0,63	0,60	0,58	0,58	0,58	0,57	0,50	0,57	0,49	0,48		
50	0,52	0,52	0,53	0,59	0,50	0,44	0,53	0,56	0,44	0,52	0,53	0,45	0,50	0,48	0,51		
75	0,59	0,58	0,53	0,55	0,45	0,45	0,48	0,52	0,46	0,38	0,54	0,47	0,49	0,47	0,45		
100	0,58	0,53	0,50	0,50	0,45	0,69	0,57	0,67	0,51	0,39	0,53	0,48	0,49	0,50	0,45		
IU (%)	119,82	118,55	161,49	167,05	107,79	243,46	147,28	145,70	141,67	187,76	103,90	105,11	132,63	100,00	100,00		
Radio						Radio					Radio						
2						2					2						
25	0,59	0,50	0,69	0,71	0,56	0,70	0,67	0,56	0,57	0,65	0,61	0,53	0,51	0,47	0,55		
50	0,52	0,47	0,59	0,61	0,49	0,45	0,56	0,50	0,48	0,43	0,56	0,48	0,50	0,49	0,51		
75	0,55	0,50	0,62	0,50	0,43	0,35	0,51	0,48	0,47	0,39	0,53	0,51	0,47	0,59	0,50		
100	0,57	0,47	0,57	0,46	0,42	0,58	0,56	0,59	0,58	0,43	0,52	0,47	0,47	0,56	0,58		
IU (%)	117,10	109,20	157,86	197,12	151,65	288,56	160,92	156,55	151,69	191,49	119,48	105,34	117,53	142,42	142,20		
Radio						Radio					Radio						
3						3					3						
25	0,61	0,55	0,66	0,69	0,59	0,70	0,61	0,62	0,61	0,55	0,60	0,50	0,56	0,50	0,52		
50	0,57	0,48	0,65	0,50	0,52	0,51	0,51	0,60	0,47	0,52	0,54	0,47	0,46	0,46	0,54		
75	0,59	0,47	0,57	0,47	0,43	0,41	0,44	0,55	0,50	0,47	0,50	0,47	0,45	0,46	0,52		
100	0,57	0,45	0,59	0,46	0,42	0,50	0,50	0,72	0,60	0,52	0,50	0,49	0,49	0,49	0,57		
IU (%)	121,39	119,21	152,74	189,42	148,86	198,14	170,62	167,97	146,15	163,64	140,40	104,00	121,10	105,48	102,86		

4

25	0,59	0,53	0,68	0,64	0,60	0,74	0,58	0,61	0,57	0,59	0,60	0,51	0,52	0,52	0,51
50	0,52	0,46	0,59	0,49	0,54	0,51	0,53	0,53	0,47	0,45	0,54	0,59	0,46	0,57	0,52
75	0,52	0,52	0,57	0,48	0,42	0,44	0,44	0,51	0,50	0,44	0,51	0,56	0,45	0,52	0,48
100	0,55	0,47	0,50	0,45	0,40	0,68	0,56	0,69	0,56	0,41	0,55	0,55	0,49	0,54	0,46
IU (%)	109,52	119,12	153,03	157,78	168,13	271,88	161,11	168,87	145,63	150,98	108,97	114,88	113,68	100,00	104,00

Anexo 3. Variación radial y axial de la densidad básica (g/cm³) de la madera en cada sección transversal, en árboles de pino romerón de las procedencias Mesitas del Colegio (M) y Jericó (J). AP. Altura del pecho.

		Altura total (%)						Altura total (%)					
		M1	Base	AP	25	50	75	M2	Base	AP	25	50	75
Radio (%)	25		0,36	0,33	0,34	0,36	0,28		0,39	0,36	0,37	0,36	0,35
	50		0,34	0,31	0,35	0,32	0,27		0,39	0,36	0,35	0,33	0,32
	75		0,34	0,35	0,37	0,32	0,28		0,39	0,35	0,34	0,33	0,31
	100		0,32	0,33	0,33	0,33	0,30		0,36	0,38	0,32	0,33	0,31
M3								M4					
Radio (%)	25		0,46	0,37	0,37	0,35	0,35		0,43	0,37	0,37	0,37	0,34
	50		0,43	0,40	0,37	0,36	0,35		0,41	0,37	0,34	0,35	0,33
	75		0,41	0,39	0,36	0,35	0,32		0,44	0,38	0,35	0,36	0,34
	100		0,40	0,37	0,35	0,36	0,31		0,39	0,37	0,36	0,37	0,33
M5								M6					
Radio (%)	25		0,40	0,38	0,40	0,34	0,31		0,37	0,37	0,35	0,32	0,30
	50		0,38	0,38	0,42	0,34	0,31		0,37	0,37	0,34	0,34	0,31
	75		0,39	0,38	0,40	0,33	0,27		0,39	0,38	0,37	0,35	0,31
	100		0,38	0,40	0,40	0,35	0,29		0,40	0,36	0,37	0,35	0,33
J1								J2					
Radio (%)	25		0,37	0,32	0,40	0,37	0,33	Base	AP	25	50	75	
	50		0,33	0,35	0,35	0,35	0,33		0,40	0,36	0,35	0,34	0,35
	75		0,34	0,40	0,34	0,31	0,34		0,39	0,35	0,34	0,34	0,33
	100		0,39	0,35	0,32	0,34	0,36		0,43	0,37	0,37	0,34	0,31
J3								J4					
Radio (%)	25		0,40	0,43	0,35	0,35	0,34		0,42	0,33	0,44	0,37	0,34
	50		0,36	0,35	0,32	0,34	0,33		0,40	0,38	0,46	0,32	0,33
	75		0,35	0,39	0,33	0,34	0,30		0,41	0,37	0,48	0,33	0,32
	100		0,33	0,31	0,34	0,33	0,30		0,43	0,32	0,40	0,31	0,32
J5								J6					
Radio (%)	25		0,47	0,38	0,47	0,38	0,32		0,73	0,44	0,41	0,51	0,19
	50		0,47	0,37	0,39	0,35	0,31		0,69	0,35	0,35	0,44	0,15
	75		0,44	0,33	0,34	0,35	0,29		0,69	0,33	0,33	0,41	0,14
	100		0,42	0,34	0,34	0,36	0,30		0,50	0,32	0,46	0,43	0,11

Anexo 4. Variación radial y axial de la morfología de las traqueidas I, en árboles de pino romerón de la procedencia Mesitas del Colegio (M). AP. Altura del pecho.

Altura total (%)	Anillo	Long. (mm)	Ancho (um)	D.Lumen(um)	E.Pared(um)	Long. (mm)	Ancho (um)	D.Lumen(um)	E.Pared(um)	
M1 - Base	2	2,00	39,86	31,00	4,43	M2	1,40	29,74	21,38	4,18
	4	2,51	42,38	32,93	4,73		1,36	34,11	27,05	3,53
	6	2,59	43,85	34,78	4,54		1,67	36,37	27,01	4,69
	8	2,82	41,79	32,89	4,46		1,48	34,06	24,87	4,60
AP	2	2,13	39,86	30,12	4,87	1,73	35,07	27,05	4,01	
	4	2,39	37,34	28,03	4,66	1,97	37,34	28,27	4,54	
	6	2,73	42,63	31,88	5,38	2,30	37,17	28,06	4,56	
	8	2,98	45,24	33,98	5,63	2,61	41,96	32,68	4,64	
25	2	2,13	35,54	26,34	4,60	1,76	34,61	26,67	3,97	
	4	2,37	40,28	30,62	4,83	2,56	38,98	30,54	4,22	
	6	2,51	41,41	32,91	4,25	2,83	41,96	32,89	4,54	
	8	2,56	40,91	32,47	4,22	3,10	42,30	31,75	5,27	
50	2	2,27	35,74	28,27	3,74	2,19	38,64	29,40	4,62	
	4	2,79	39,78	31,96	3,91	2,78	46,87	35,45	5,71	
	6	2,70	41,29	33,01	4,14					
75	2	2,56	39,02	31,58	3,72	2,13	39,78	29,82	4,98	
	4	2,97	44,23	35,62	4,31	2,84	41,29	31,59	4,85	
M3 - Base	2	1,48	27,64	21,55	3,05	M4	1,67	26,88	20,75	3,07
	4	1,69	31,33	25,07	3,13		1,84	30,24	23,31	3,47
	6	1,75	31,79	24,15	3,82		1,86	33,26	24,49	4,39
	8	1,73	33,18	26,08	3,55		2,55	38,60	29,48	4,56
	10	1,96	30,87	23,39	3,74					
AP	2	2,11	32,42	25,07	3,68	2,19	31,79	24,11	3,84	
	4	2,12	33,56	25,54	4,01	2,66	33,22	26,25	3,49	
	6	2,59	35,83	28,48	3,68	2,79	37,34	29,11	4,12	
	8	2,87	38,64	30,24	4,20	3,38	38,51	30,24	4,14	
	10	2,88	40,61	32,42	4,10					
25	2	1,79	33,10	26,42	3,34	2,53	33,89	26,75	3,57	
	4	2,23	35,49	28,52	3,49	2,71	34,86	27,17	3,84	
	6	2,42	38,18	30,07	4,05	2,89	37,55	29,61	3,97	
	8	2,58	39,19	30,70	4,24	3,40	39,02	30,66	4,18	
50	2	2,39	34,15	27,17	3,49	2,75	34,52	27,26	3,63	
	4	2,87	40,82	32,34	4,24	3,25	38,22	29,61	4,31	
	6					3,85	41,92	32,72	4,60	
75	2	1,84	35,24	27,93	3,65	3,06	36,25	27,55	4,35	
	4	2,59	38,01	30,79	3,61	3,13	37,25	27,64	4,81	
M5 - Base	2	1,44	26,54	19,91	3,32	M6	1,79	29,45	22,26	3,59
	4	1,71	26,59	20,12	3,23		2,05	33,18	26,08	3,55
	6	1,88	32,26	25,03	3,61		2,34	31,17	23,26	3,96
	8	1,81	32,38	24,44	3,97		2,49	35,28	26,97	4,16
AP	2	1,69	29,02	22,76	3,13	2,30	34,06	27,55	3,26	
	4	1,95	31,29	24,74	3,28	2,68	36,92	29,40	3,76	
	6	2,21	33,39	25,58	3,91	2,96	39,06	29,53	4,77	
	8	2,35	37,17	29,36	3,91	3,12	37,84	29,32	4,27	
25	2	1,83	32,05	25,83	3,11	2,26	33,39	26,13	3,64	
	4	2,01	31,50	25,20	3,15	2,42	33,27	25,75	3,76	
	6	2,47	36,83	28,73	4,05	2,78	37,93	30,16	3,89	
	8					2,89	36,54	27,98	4,29	

50	2	2,01	33,60	27,85	2,88	2,06	32,97	26,92	3,03
	4	2,12	32,80	26,00	3,40	2,61	36,71	29,74	3,49
	6	2,39	33,31	25,28	4,01	2,84	38,22	30,49	3,86
75	2	1,61	30,83	24,57	3,13	2,81	38,39	31,04	3,68
	4	2,16	36,67	29,78	3,44	3,40	43,60	35,20	4,20

Anexo 5. Variación radial y axial de la morfología de las traqueidas I, en árboles de pino romerón de la procedencia Jericó (J). AP. Altura del pecho.

Altura total (%)	Anillo	Long. (mm)	Ancho (um)	D.Lumen(um)	E.Pared(um)	Long. (mm)	Ancho (um)	D.Lumen(um)	E.Pared(um)	
J1 - Base	2	2,14	33,89	25,41	4,24	J2 1,87	34,23	25,54	4,35	
	4	2,08	35,41	27,43	3,99		1,99	34,27	25,24	4,52
	6	2,28	36,29	27,38	4,45		2,23	38,26	29,36	4,45
	8	2,47	41,83	32,38	4,73		2,20	37,17	27,34	4,91
	10	2,52	41,45	31,46	5,00		2,45	38,14	27,89	5,12
AP	2	2,11	36,08	27,72	4,18	1,96	37,80	28,90	4,45	
	4	2,12	34,57	25,58	4,49	2,05	38,77	30,16	4,31	
	6	2,33	38,01	29,15	4,43	2,43	41,20	32,09	4,69	
	8	2,56	39,02	30,24	4,39	2,88	46,75	36,12	5,31	
25	2	1,74	34,69	26,12	4,28	1,86	33,94	25,75	4,10	
	4	2,39	40,53	32,05	4,24	2,12	39,36	30,75	4,31	
	6	2,36	39,52	30,53	4,49	2,59	41,04	31,96	4,56	
	8	2,37	37,72	29,15	4,28	2,87	43,97	34,27	4,85	
50	2	2,04	36,12	27,64	4,24	2,19	41,62	32,93	4,35	
	4	2,56	42,63	34,48	4,07	2,67	43,76	34,27	4,75	
75	2	1,82	35,95	27,64	4,16	2,15	41,33	33,14	4,10	
	4	2,76	43,13	33,60	4,77					
J3 - Base	2	1,89	30,45	22,22	4,11	J4 1,58	28,90	21,92	3,49	
	4	2,15	31,84	24,07	3,89		1,64	29,74	23,35	3,19
	6	2,34	33,94	25,83	4,06		2,04	29,70	22,22	3,74
	8	1,99	32,30	24,49	3,91		1,78	31,54	24,20	3,68
	10	2,49	34,27	26,04	4,12		2,04	33,43	25,33	4,06
AP	2	1,93	33,48	25,71	3,89	2,11	35,03	27,81	3,61	
	4	2,32	33,94	25,66	4,14	2,34	36,71	28,98	3,87	
	6	3,05	37,34	29,19	4,08	2,48	34,94	26,54	4,20	
	8	2,93	37,13	29,02	4,06	2,55	38,01	30,24	3,89	
25	2	1,87	32,68	24,32	4,18	1,92	32,26	24,66	3,81	
	4	2,50	35,45	27,13	4,16	2,08	34,27	25,91	4,18	
	6	2,57	34,27	26,25	4,01	2,40	35,77	27,77	4,01	
	8					2,43	37,47	29,23	4,03	
50	2	2,40	34,60	26,59	4,00	2,04	35,58	27,72	3,93	
	4	2,89	35,62	27,30	4,16	2,51	39,23	30,96	4,14	
75	2	2,02	32,85	24,99	3,93	1,77	35,62	27,23	4,20	
	4	2,94	37,22	29,13	4,04	2,41	36,67	28,61	4,03	
J5 - Base	2	1,77	27,93	21,21	3,36	J6 1,98	29,90	22,60	3,65	
	4	1,78	32,38	25,45	3,47		2,37	34,90	26,80	4,05
	6	2,23	35,36	27,34	4,01		2,60	37,88	29,06	4,41
	8	2,14	35,32	26,63	4,35		2,62	40,57	31,25	4,66
AP	2	2,00	33,77	26,84	3,47	2,18	35,74	27,72	4,01	
	4	2,53	33,43	26,50	3,47	3,14	40,99	32,34	4,33	
	6	3,16	38,18	29,36	4,41	3,26	40,74	32,76	3,99	
25	2	1,71	32,00	25,07	3,47	1,92	33,94	26,88	3,53	
	4	3,01	39,14	30,66	4,24	3,03	42,76	33,14	4,81	
	6	3,19	40,11	31,08	4,52	3,09	42,84	34,06	4,39	
50	2	1,98	34,27	27,26	3,51	1,73	31,71	24,40	3,65	

	4	2,80	38,89	31,54	3,68	2,52	38,60	30,37	4,12
75	2	1,65	32,89	26,04	3,42	1,94	33,81	26,04	3,89
	4	2,27	39,06	31,50	3,78				

ESTUDIO II

Anexo 6. Características cuantitativas de la madera de la especie *Podocarpus oleifolius* D.Don ex Lamb. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis.

Característica	Procedencia			
	Municipio: Pensilvania Departamento: Caldas	Municipio: Caldas Departamento: Antioquia	Municipio: Yarumal Departamento: Antioquia	Municipio: Yolombo Departamento: Antioquia
Densidad seca al aire (g/cm ³)	0,59±0,04 (0,55-0,66)	0,55±0,03 (0,49-0,60)	0,57±0,02 (0,54-0,63)	0,55±0,01 (0,54-0,57)
N°/mm ²	1306±108 (1100-1520)	886±123 (640-1160)	913±105(690-1110)	596±107 (440-900)
Categoría	Cortas	Cortas	Medias	Medias
Largo (mm)	2,95±0,21 (2,50-3,48)	2,64±0,25 (2,02-3,25)	3,22±0,23 (2,68-3,58)	4,28±0,55 (3,25-5,40)
Ancho (µm)	34,99±4,59 (27,30-46,20)	34,94±5,78 (25,20-46,20)	39,19±4,54 (31,50-47,25)	48,80±6,31 (33,60-58,80)
Diámetro lumen (µm)	25,66±3,75 (18,90-35,70)	24,36±5,56 (16,80-33,60)	29,23±4,42 (21,00-37,80)	37,13±6,96 (21,00-50,40)
E. pared (µm)	4,66±0,93 (3,15-6,83)	5,29±1,40 (3,15-7,35)	4,98±1,02 (3,15-7,88)	5,84±1,49 (2,10-8,40)
Punteaduras radiales	13,61±1,03 (11,55-15,75)	18,14±1,34 (16,80-21,00)	15,29±1,10 (13,65-16,80)	15,54±1,36 (12,60-16,80)
Frecuencia (%)	2% > 20/mm ²	14% > 20/mm ²	18% > 20/mm ²	32% > 20/mm ²
Diámetro (µm)	12,10±1,25 (9,45-14,70)	10,92±2,35 (8,40-16,80)	13,10±2,27 (9,45-16,80)	12,01±1,14 (8,40-12,60)
Parénquima axial	79±32 (30-150)	66±32 (0-120)	62±40 (0-160)	71±31 (20-140)
N°/mm ²	93±23 (50-130)	99±22 (40-140)	83±21 (20-110)	62±18 (20-80)
Categoría	Muy bajos	Muy bajos	Muy bajos	Medios
Altura (µm)	50,32±33,54 (16,80-151,20)	58,04±41,60 (16,80-201,60)	69,47±51,54 (16,80-218,40)	90,38±68,90 (21,00-361,20)
Altura (n° células)	3±2 (1-10)	3±2 (1-10)	4±3 (1-10)	6±5 (1-23)
Frecuencia (%)	20% > 5 células altura	14% > 5 células altura	22% > 5 células altura	38% > 5 células altura
N°/ campo cruce	1±0 (1-2)	1±0 (1-2)	1±0 (1-2)	1±0 (1-2)
Frecuencia (%)	6% campos>1	24% campos>1	26% campos>1	22% campos>1
Punteaduras campo de cruce	punteadura	punteadura	punteadura	punteadura
Diámetro (µm)	8,74±0,72 (7,35-10,50)	8,48±1,42 (6,30-10,50)	8,11±0,77 (6,30-9,45)	8,57±0,58 (8,40-10,50)

Anexo 7. Características cuantitativas de la madera de las especies *Podocarpus guatemalensis* Standl. y *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N. E. Gray. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis.

Característica	Procedencia	
	<i>P. guatemalensis</i>	<i>P. magnifolius</i>
	Municipio: Vigía del Fuerte Departamento: Antioquia	Municipio: Yolombo Departamento: Antioquia
Densidad seca al aire (g/cm ³)	0,59 \pm 0,02 (0,56-0,64)	0,57 \pm 0,06 (0,50-0,65)
N ^o /mm ²	900 \pm 121 (730-1280)	820 \pm 88 (640-980)
Categoría	Medias	Medias
Traqueidas	Largo (mm) 3,48 \pm 0,40 (2,70-4,42)	3,14 \pm 0,34 (2,47-3,71)
	Ancho (μm) 38,64 \pm 3,39 (32,55-46,20)	36,37 \pm 5,68 (25,20-50,40)
	Diámetro lumen (μm) 28,06 \pm 3,49 (22,05-35,70)	26,71 \pm 5,41 (16,80-42,00)
	E. pared (μm) 5,29 \pm 0,84 (3,68-6,83)	4,83 \pm 1,01 (3,15-7,35)
Punteaduras radiales	Diámetro (μm) 16,28 \pm 0,99 (13,65-17,85)	15,96 \pm 1,21 (14,70-18,90)
	Frecuencia (%) 16% > 20/mm ²	28% > 20/mm ²
Punteaduras tangenciales	Diámetro (μm) 10,48 \pm 3,07 (5,25-14,70)	12,26 \pm 1,98 (8,40-16,80)
Parénquima axial	N ^o /mm ² 70 \pm 29 (20-140)	80 \pm 35 (20-140)
	N ^o /mm ² 108 \pm 16 (80-140)	74 \pm 23 (20-100)
Categoría	Muy bajos	Muy bajos
Radio	Altura (μm) 61,82 \pm 36,12 (21,00-147,00)	77,78 \pm 62,88 (21,00-315,00)
	Altura (n ^o células) 4 \pm 2 (1-9)	4 \pm 4 (1-20)
	Frecuencia (%) 24% > 5 células altura	28% > 5 células altura
Punteaduras campo de cruce	N ^o /campo cruce 1 \pm 0 (1-3)	1 \pm 1 (1-2)
	Frecuencia (%) 26% campos > 1 punteadura	46% campos > 1 punteadura
	Diámetro (μm) 9,16 \pm 0,94 (7,35-10,50)	9,24 \pm 1,21 (6,30-10,50)
		50% campos > 1 punteadura
		9,95 \pm 1,42 (8,40-12,60)

Anexo 8. Características cuantitativas de la madera de las especies *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub. y *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis.

Característica	Procedencia		Municipio: Pereira Departamento: Risaralda
	<i>P. montana</i>	<i>P. harmsiana</i>	
Densidad seca al aire (g/cm ³)	Municipio: Belmira Departamento: Antioquia	Municipio: Pensilvania Departamento: Caldas	Municipio: Pereira Departamento: Risaralda
N°/mm ²	0,68 \pm 0,06 (0,58-0,76)	0,67 \pm 0,06 (0,60-0,75)	0,59 \pm 0,04 (0,55-0,64)
Categoría	1229 \pm 185 (830-1650)	1285 \pm 98 (1120-1460)	1479 \pm 261 (980-1940)
Largo (mm)	Cortas	Medias	Cortas
Traqueidas	2,90 \pm 0,24 (2,50-3,35)	3,04 \pm 0,30 (2,37-3,67)	2,88 \pm 0,46 (2,08-3,77)
Ancho (μ m)	32,63 \pm 2,98 (26,25-37,80)	34,44 \pm 4,31 (29,40-46,20)	35,36 \pm 5,61 (25,20-50,40)
Diámetro lumen (μ m)	23,44 \pm 2,89 (17,85-28,35)	22,55 \pm 3,71 (15,75-31,50)	25,03 \pm 5,42 (16,80-42,00)
E. pared (μ m)	4,60 \pm 0,70 (3,15-5,78)	5,94 \pm 1,29 (3,68-8,40)	5,17 \pm 1,84 (2,10-8,40)
Punteaduras radiales	Diámetro (μ m)	14,28 \pm 0,80 (12,60-15,75)	12,94 \pm 0,99 (10,50-15,75)
Frecuencia (%)	8% > 20/mm ²	2% > 20/mm ²	4% > 20/mm ²
Punteaduras tangenciales	Diámetro (μ m)	12,35 \pm 1,40 (10,50-14,70)	12,30 \pm 1,66 (8,40-14,70)
Parénquima axial	N°/mm ²	2 \pm 6 (0-20)	6 \pm 14 (0-60)
N°/mm ²	68 \pm 15 (50-100)	72 \pm 17 (30-110)	46 \pm 18 (20-80)
Categoría	Medios	Medios	Medios
Altura (μ m)	104,50 \pm 74,44 (25,20-289,80)	93,07 \pm 60,46 (21,00-369,60)	123,73 \pm 89,05 (21,00-462,00)
Altura (n°células)	6 \pm 4 (1-16)	5 \pm 3 (1-18)	7 \pm 6 (1-28)
Frecuencia (%)	44% > 5 células altura	38% > 5 células altura	52% > 5 células altura
N°/campo cruce	1	1 \pm 0 (1-2)	1 \pm 0 (1-2)
Frecuencia (%)	0% campos > 1 punteadura	6% campos > 1 punteadura	18% campos > 1 punteadura
Diámetro (μ m)	13,27 \pm 0,95 (11,55-15,75)	11,76 \pm 1,36 (8,40-12,60)	12,52 \pm 0,74 (10,50-14,70)

Anexo 9. Características cuantitativas de la madera de la especie *Retrophyllum rospigiosii* (Pilg.) C.N. Page. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar, con valores mínimos y máximos entre paréntesis.

Característica	Procedencia	
	Municipio: Angostura Departamento: Antioquia	Municipio: Guatapé Departamento: Antioquia
Densidad seca al aire (g/cm ³)	0,54 \pm 0,05 (0,49-0,63)	0,59 \pm 0,02 (0,54-0,62)
N°/mm ²	1081 \pm 138 (740-1280)	888 \pm 101 (740-1120)
Categoría	Cortas	Medias
Largo (mm)	2,97 \pm 0,29 (2,47-3,64)	4,19 \pm 0,59 (3,28-5,30)
Ancho (µm)	35,70 \pm 5,56 (25,20-50,40)	39,35 \pm 5,76 (30,45-54,60)
Diámetro lumen (µm)	25,45 \pm 5,19 (16,80-37,80)	27,43 \pm 5,16 (19,95-39,90)
E. pared (µm)	5,12 \pm 1,30 (2,10-7,35)	5,96 \pm 1,21 (4,73-8,93)
Punteaduras radiales	Diámetro (µm) 14,87 \pm 2,00 (12,60-18,90)	16,97 \pm 1,12 (14,70-18,90)
Frecuencia (%)	30% > 20/mm ²	24% > 20/mm ²
Punteaduras tangenciales	Diámetro (µm) 11,17 \pm 2,40 (8,40-16,80)	13,73 \pm 2,08 (10,50-16,80)
Parénquima axial	N°/mm ² 49 \pm 26 (0-100)	54 \pm 22 (20-110)
N°/mm ²	86 \pm 22 (40-120)	83 \pm 16 (50-130)
Categoría	Muy bajos	Medios
Altura (µm)	76,86 \pm 49,82 (21,00-231,00)	83,16 \pm 55,78 (16,80-239,40)
Altura (n° células)	4 \pm 3 (1-13)	5 \pm 4 (1-15)
Frecuencia (%)	28% > 5 células altura	36% > 5 células altura
Punteaduras campo	N°/campo cruce 1 \pm 0 (1-2)	1 \pm 0 (1-2)
Frecuencia (%)	22% campos > 1 punteadura	18% campos > 1 punteadura
Diámetro (µm)	8,90 \pm 0,92 (8,40-10,50)	8,90 \pm 0,75 (7,35-10,50)