



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**Factibilidad Tecnológica de Aprovechamiento para
Tableros Aglomerados de 16 Especies de Maderas
del Edo. de Tamaulipas, México**

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado
de Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

Presenta:

FERMÍN CORREA MÉNDEZ



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Texcoco, Edo. de México
Abril 2006.



DIRECCION GENERAL DE CIENCIAS FORESTALES

**Factibilidad tecnológica de aprovechamiento para tableros aglomerados
de 16 especies de maderas del Edo. de Tamaulipas, México**

Tesis realizada por **Fermín Correa Méndez** bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:


M. C. Mario Fuentes Salinas

ASESOR:


Dra. Amparo Borja De la Rosa

ASESOR:


M. C. Alejandro Corona Ambriz

Chapingo, Texcoco, Edo. de México, Abril de 2006.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, al CONACYT y a la División de Ciencias Forestales por haberme brindado sus servicios en apoyo a mi formación.

Al **M. C. Mario Fuentes Salinas** por las facilidades otorgadas para la consulta de su bibliografía, por su instrucción, tiempo dedicado y atención para el debido cumplimiento de esta tesis.

A la **Dra. Amparo Borja De la Rosa** por la accesibilidad a utilizar el equipo de trabajo y la proporción de material requerido para la presente investigación. Así como la gran visión y aportación hacia este trabajo.

Al **M. C. Alejandro Corona Ambriz**, ya que sin su ayuda en la parte estadística se hubiera dificultado más el análisis de los resultados, gracias por su disposición.

Al M.C. Enrique Guízar Nolasco, por el gran aporte con la identificación de las 16 spp. Es de agradecer al Ing. Alejandro Rosas por proporcionar las rodajas y muestras botánicas. A Francisco Pérez por su colaboración en el trabajo de laboratorio.

También quiero agradecer el apoyo y amistad a mis profesores, laboratoristas, empleados, compañeros y amigos; a quienes por cuestión de espacio no han sido nombrados.

DEDICATORIAS

Con mucho cariño a mí esposa *Margarita Soria Pérez*, por la paciencia de esperarme durante la estancia en esta etapa de mí formación académica y por el sacrificio de no estar juntos.

A mí hijo *César Gael Correa Soria*, a quién lo quiero mucho y por que es un motivo a que continúe preparándome académica y personalmente.

A mis padres *José Antonio Correa García* y *Dominga Méndez González*, por su palabras alentadoras y apoyo que siempre me han brindado.

A mis hermanos *Fidel* y *Raúl*, por todo lo que compartimos y por el gran aprecio que siento por ellos.

A todos mis amigos y amigas, por su amistad.

A *Dios* por permitirme cumplir con este sueño.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el 08 de abril de 1979, en Ario de Rosales, Michoacán. En el período 1985-1991 cursó la primaria en la Escuela "24 de Febrero", ubicada en el ejido "La Cebadilla", Mpio. de Ario de Rosales, Mich. De 1991-1994, realizó sus estudios de Secundaria en la Escuela Secundaria Técnica "CECADEJ-1" (Centro de Capacitación y Desarrollo para la Juventud), de Tacámbaro, Mich. Fue Instructor Comunitario CONAFE (Consejo Nacional de Fomento Educativo), en la sede de Tacámbaro, Mich. de 1994-1995. En ese mismo año ingresa al nivel medio superior en la preparatoria "Lic. Eduardo Ruíz", dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en Uruapan, Mich., egresando en 1998. Posteriormente, estudió en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera dependiente de la misma Universidad, egresando en el año 2003, con el título de Ingeniero en Tecnología de la Madera, presentando el tema de tesis titulado "Determinación de las características físicas y mecánicas de la madera de mango (*Mangifera Indica* L.)". En enero de 2004, inició sus estudios de Postgrado en la Universidad Autónoma Chapingo en el Programa de Ciencias Forestales.

**FACTIBILIDAD TECNOLÓGICA DE APROVECHAMIENTO PARA TABLEROS
AGLOMERADOS DE 16 ESPECIES DE MADERAS DEL EDO. DE TAMAULIPAS, MÉXICO**

**THE TECHNOLOGICAL FEASIBILITY OF EXPLOITING SIXTEEN SPECIES OF TREES
FROM THE STATE OF TAMAULIPAS, MEXICO TO MANUFACTURE PARTICLE AND FIBER
BOARDS**

Fermín Correa Méndez¹ y Mario Fuentes Salinas²

RESUMEN

Se estudiaron 16 maderas de la selva baja caducifolia del Ejido "Subida de Palmas", Municipio de Casas, Tamaulipas, con el propósito de determinar la posibilidad de usarlas para fabricar tableros aglomerados, siendo: *Myrcianthes fragrans*, *Phoebe tampicensis*, *Casimiroa pringley*, *Acacia berlandieri*, *Drypetes lateriflora*, *Esenbeckia berlandieri*, *Lysiloma divaricata*, *Robinsonella discolor*, *Sapindus saponaria*, *Harpalyce arborescens*, *Wimmeria concolor*, *Krugiodendrom ferreum*, *Ebanopsis ebano*, *Pithecellobium pallens*, *Zanthoxylum fagara* y *Cordia boissieri*. Con los valores obtenidos y su análisis, se consideró que de manera individual 11 especies pueden ser aptas para la fabricación de tableros de partículas de densidad media. Haciendo mezclas de maderas, pueden aprovecharse hasta 12 especies en tableros de las mismas densidades. En lo que respecta a tableros de fibras duros y extraduros, se considera que se pueden fabricar con todas las maderas a partir de iguales porcentajes.

PALABRAS CLAVE: Tableros de partículas, tableros de fibras, densidad básica, razón de compresión, selva baja caducifolia.

ABSTRACT

Sixteen species of wood taken from the season tropical forest in 'Subida de Palmas', in the municipality of Casas in the state of Tamaulipas were studied to determine the possibility of using them for manufacturing particle and fiber boards. These were: *Myrcianthes fragrans*, *Phoebe tampicensis*, *Casimiroa pringley*, *Acacia berlandieri*, *Drypetes lateriflora*, *Esenbeckia berlandieri*, *Lysiloma divaricata*, *Robinsonella discolor*, *Sapindus saponaria*, *Harpalyce arborescens*, *Wimmeria concolor*, *Krugiodendrom ferreum*, *Ebanopsis ebano*, *Pithecellobium pallens*, *Zanthoxylum fagara* and *Cordia boissieri*. The individually obtained values and their analysis showed that 11 species were suitable for manufacturing medium density particle boards. If a combination of wood were used, up to 12 species can be used to make boards of the same density. Extra hard fiberboards can be manufactured with all the species when used in equal proportions.

KEY WORDS: Particle boards, fiber boards, specific gravity, compression ratio, season tropical forest

1 Tesista

2 Director

1 Thesis writer

2 Thesis director

ÍNDICE

	Capítulo	Pág.
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	4
3.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1	Tableros de partículas	5
3.1.1	Clasificación de los tableros de partículas	5
3.1.2	Propiedades de las maderas que influyen en la fabricación de tableros de partículas.....	7
3.1.2.1	Densidad básica de la madera	8
3.1.2.1.1	Influencia de la densidad básica de la madera en la razón de compresión.....	9
3.1.2.1.2	Influencia de la densidad básica de la madera en la resistencia del tablero	10
3.1.2.1.3	Efecto de la mezcla de especies de madera en el proceso de fabricación del tablero	11
3.1.2.1.4	Influencia de la densidad básica de la madera en la relación de adhesivo	12
3.1.2.1.5	Relación secado del tablero - densidad y extractivos de la madera	13
3.1.2.2	Influencia del duramen y la albura sobre las propiedades físicas y mecánicas del tablero	13
3.1.2.3	Relación geometría de las partículas – Superficie Específica	14

3.1.2.4	Influencia de la densidad del tablero en cuanto al hinchamiento y la absorción de agua	14
3.1.2.5	Relación pH – madera	15
3.1.2.6	Características organolépticas.....	21
3.2	Tableros de fibras	21
3.2.1	Clasificación de los tableros de fibras.....	22
3.2.2	Algunos aspectos químicos de la fabricación de tableros de fibras	23
3.2.2.1	Estructura y química de las células de la madera.....	24
3.2.2.2	Reacciones químicas en la fabricación de tableros de fibras.....	25
3.2.3	Materia prima	28
3.2.3.1	Resistencia de la fibra	28
3.2.3.2	Morfología de la fibra	29
3.2.3.3	Maderas suaves - maderas duras	31
3.2.3.4	Especies individuales y mezclas.....	32
4.	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	33
5.	DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO	35
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	52
6.1	MATERIALES	52
6.1.1	Equipo de campo	52

6.1.2	Equipo de laboratorio.....	52
6.2	MÉTODOS.....	53
6.2.1	Metodología de campo	53
6.2.2	Metodología de laboratorio	53
6.2.2.1	Caracterización macroscópica.....	55
6.2.2.2	Elaboración de material disociado	56
6.2.2.2.1	Medición de las dimensiones de las fibras	56
6.2.2.2.2	Tamaño de muestra	57
6.2.2.2.3	Índices de calidad de pulpa de las fibras de madera.....	58
6.2.2.3	Evaluación de las densidades de las maderas.....	60
6.2.2.3.1	Densidad superior al PSF.....	61
6.2.2.3.2	Densidad normal (D_h)	61
6.2.2.3.3	Densidad anhidra (D_o)	62
6.2.2.3.4	Densidad básica (D_b).....	63
6.2.2.4	Agrupación de especies respecto a su densidad básica	63
6.2.2.5	Densidad Promedio Ponderada.....	64
6.2.2.6	Relación volumen de madera – volumen de tablero.....	65
6.2.2.7	Razón de Compresión	67
6.2.2.8	Superficie Específica	68
6.2.2.9	Determinación del pH	69
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	70
7.1	Proporción de albura y duramen.....	70
7.2	Características macroscópicas	74

7.3	Fibras.....	82
7.3.1	Dimensiones de las fibras de maderas.....	82
7.3.2	Índices de calidad de las fibras de madera.....	91
7.3.2.1	Coeficiente de Rigidez.....	92
7.3.2.2	Relación de Runkel.....	94
7.3.2.3	Coeficiente de Flexibilidad.....	96
7.3.2.4	Coeficiente de Peteri.....	98
7.4	Densidades de las 16 maderas.....	100
7.5	Tableros de partículas utilizando maderas individuales.....	107
7.5.1	Razón de Compresión.....	107
7.5.2	Relación volumen de madera-volumen de tablero.....	109
7.5.3	Superficie Específica.....	111
7.6	Tableros de partículas utilizando mezclas de maderas.....	113
7.6.1	Grupos de especies de madera.....	113
7.6.2	Superficie Específica de las partículas en los grupos de maderas.....	125
7.7	Tableros de fibras duros y extraduros.....	127
7.8	pH de las 16 especies de maderas.....	137
8.	CONCLUSIONES.....	141
9.	LITERATURA CITADA.....	144
10.	ANEXOS.....	147

LISTA DE TABLAS

No.	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los tableros de partículas (Poblete, 2001)	6
Tabla 2. pH de la madera de 5 especies mexicanas (Rutiaga, 2001)	16
Tabla 3. pH de 30 maderas (Fengel, 1989).....	17
Tabla 4. pH obtenidos por Torelli, (1982) en 43 maderas	18
Tabla 5. Clasificación de los tableros de fibra respecto a su densidad	22
Tabla 6. Clasificación de los tableros de fibras de acuerdo con el proceso (Poblete, 1987).....	23
Tabla 7. Medidas comerciales de los tableros de fibra (Poblete, 1987)	23
Tabla 8. Especies forestales objeto de estudio	35
Tabla 9. Proporción de corteza, albura y duramen	71
Tabla 10. Características anatómicas macroscópicas: color e hilo de las 16 maderas	80
Tabla 11. Dimensiones de las fibras de las 16 maderas	83
Tabla 12. Longitud de las fibras de las 16 especies de maderas	85
Tabla 13. Diámetro de las fibras de las 16 especies de maderas	86
Tabla 14. Diámetro del lumen de las fibras de las 16 especies de maderas.....	88
Tabla 15. Espesor de pared de las fibras de las 16 especies de maderas	90
Tabla 16. Coeficiente de Rigidez de las fibras de las 16 especies de maderas	92

Tabla 17. Relación de Runkel de las fibras de las 16 especies de maderas.....	94
Tabla 18. Coeficiente de flexibilidad de las fibras de las 16 especies de maderas	96
Tabla 19. Coeficiente de Peteri de las fibras de las 16 especies de maderas ..	99
Tabla 20. Densidades de las 16 especies de maderas	102
Tabla 21. Densidad normal (Dh) de las 16 especies de maderas.....	105
Tabla 22. Densidad básica (Db) y sus medidas de tendencia central de las 16 especies de maderas	106
Tabla 23. Razones de Compresión (RC) para la fabricación de tableros de partículas de diferente densidad con especies individuales	108
Tabla 24. Volumen de madera (m ³) con especies individuales, requerido para fabricar 1 m ³ de tablero de densidad media.....	110
Tabla 25. Superficie Específica (m ² /100 g) de las partículas	112
Tabla 26. Análisis de varianza	113
Tabla 27. Grupos de especies de acuerdo a su densidad básica	114
Tabla 28. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 400 kg/m ³ de densidad.....	116
Tabla 29. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 450 kg/m ³ de densidad.....	117

Tabla 30. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 500 kg/m ³ de densidad.....	118
Tabla 31. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 550 kg/m ³ de densidad.....	119
Tabla 32. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 600 kg/m ³ de densidad.....	120
Tabla 33. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 650 kg/m ³ de densidad.....	121
Tabla 34. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 700 kg/m ³ de densidad.....	122
Tabla 35. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 750 kg/m ³ de densidad.....	123
Tabla 36. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 800 kg/m ³ de densidad.....	124

Tabla 37. Superficie Específica ($\text{m}^2/100\text{g}$) de las partículas en los grupos de las especies de maderas.....	126
Tabla 38. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 850 kg/m^3 de densidad.....	128
Tabla 39. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 900 kg/m^3 de densidad.....	130
Tabla 40. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 950 kg/m^3 de densidad.....	131
Tabla 41. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1000 kg/m^3 de densidad.....	132
Tabla 42. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1050 kg/m^3 de densidad.....	133
Tabla 43. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1100 kg/m^3 de densidad.....	134

Tabla 44. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1150 kg/m ³ de densidad.....	135
Tabla 45. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1200 kg/m ³ de densidad.....	136
Tabla 46. Valor del pH en las 16 maderas estudiadas	138
Tabla 47. Valores del pH en diferentes maderas	138

LISTA DE FIGURAS

No.	Pág.
Fig. 1. Localización del ejido Subida de Palmas	34
Fig. 2. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Pimientilla	36
Fig. 3. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Magüira.....	37
Fig. 4. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Zapotillo	38
Fig. 5. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Guajillo.....	39
Fig. 6. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Reventón	40
Fig. 7. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Limoncillo.....	41
Fig. 8. a) Árbol derribado y b) Muestra botánica de Rajador.....	42
Fig. 9. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Malva	43
Fig. 10. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Jaboncillo.....	44
Fig. 11. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Chicharrilla.....	45
Fig. 12. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Volantín.....	46
Fig. 13. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Hueso de tigre	47
Fig. 14. a) Muestra botánica y b) Madera de ébano.....	48
Fig. 15. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Tenaza.....	49
Fig. 16. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Uña de gato	50
Fig. 17. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Nacahua	51
Fig. 18. Diagrama para la marcación de las muestras	54
Fig. 19. Rodaja de madera marcada de <i>Myrcianthes fragrans</i> (pimientilla)	55

Fig. 20. Fibra de madera de <i>Myrcianthes fragrans</i> (pimientilla), a) para medir la longitud de la fibra y b) para medirle el diámetro	57
Fig. 21. a) Obtención del peso y b) El volumen de las probetas de madera	61
Fig. 22. Potenciómetro y medición del pH de la madera	69
Fig. 23. Rodajas de madera de a) pimientilla, b) magüira, c) zapotillo, d) guajillo, e) reventón, f) limoncillo, g) rajador, h) malva, i) jaboncillo, j) chicharrilla, k) volantín, l) hueso de tigre, m) ébano, n) tenaza, ñ) uña de gato y o) nacahua.....	70
Fig. 24. Madera de pimientilla mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad.....	74
Fig. 25. Madera de magüira mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad..	74
Fig. 26. Madera de zapotillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad.....	75
Fig. 27. Madera de guajillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad ...	75
Fig. 28. Madera de reventón mostrando a) duramen y b) porosidad.....	75
Fig. 29. Madera de limoncillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad.....	76
Fig. 30. Madera de rajador mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad ...	76
Fig. 31. Madera de malva mostrando a) duramen y b) porosidad.....	76
Fig. 32. Madera de jaboncillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad.....	77

Fig. 33. Madera de chicharrilla mostrando a) albura, b) porosidad y c)	
duramen	77
Fig. 34. Madera de volantín mostrando a) duramen y b) porosidad	77
Fig. 35. Madera de hueso de tigre mostrando a) albura, b) duramen y c)	
porosidad.....	78
Fig. 36. Madera de ébano mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad.....	78
Fig. 37. Madera de tenaza mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad....	78
Fig. 38. Madera de uña de gato mostrando a) albura, b) duramen y c)	
porosidad.....	79
Fig. 39. Madera de nacahua mostrando a) duramen y b) porosidad.....	79
Fig. 40. Representación de la longitud de las fibras de las 16 maderas	
estudiadas	85
Fig. 41. Representación del diámetro de las fibras de las 16 maderas	87
Fig. 42. Representación del diámetro del lumen de las fibras de las 16	
maderas	89
Fig. 43. Representación del espesor de pared de las fibras de las 16	
maderas	91
Fig. 44. Representación del Coeficiente de Rigidez de las fibras de las 16	
maderas	93
Fig. 45. Representación de la Relación de Runkel de las fibras de las 16	
maderas	95

Fig. 46. Representación del Coeficiente de Flexibilidad de las fibras de las 16 maderas	97
Fig. 47. Representación del Coeficiente de Peteri de las fibras de las 16 maderas	100
Fig. 48. Representación de las densidades de las 16 maderas	104
Fig. 49. Representación de la densidad básica de las 16 maderas	107
Fig. 50. Representación de los valores del pH de las 16 maderas	140

TABLA DE ANEXOS

No.	Pág.
ANEXO 1. CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA EL TIPO DE HILO	148
ANEXO 2. TAMAÑO DE MUESTRA Y CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS DE LAS MADERAS	148
ANEXO 3. CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA LAS DENSIDADES DE LA MADERA	151

1. INTRODUCCIÓN

El Noreste de la República Mexicana se caracteriza por poseer una amplia variedad de vegetación, entre las que se encuentran el mezquital, bosque de encino y pino, matorral, selva baja espinosa y selva baja caducifolia. El estado de Tamaulipas cuenta con estas riquezas forestales, sin embargo, la falta de conocimiento de las características de las maderas que allí vegetan, obligan al poseedor del recurso a producir actualmente sólo postes para cercado y carbón vegetal. La obtención de estos pocos productos se da por las condiciones que presenta el arbolado de la región, como son: una conformación muchas veces bifurcada, con diámetros normalmente de delgados a medianamente gruesos, en su mayoría no muy altos, ya que algunas especies se encuentran mezcladas con matorrales, además de que su dureza es variable. La producción de postes para cercado y carbón vegetal ha conllevado a la baja en el precio en la temporada de baja demanda de los mismos, no dejando otra opción que vender a precio bajo.

Con la finalidad de aprovechar el arbolado a nivel industrial, antes de iniciar algún proyecto y considerar todos los rubros que intervienen como son: maquinaria, equipo, recursos humanos, terreno, obra civil, demanda de energía, servicios, etc.; se debe, en primer término, considerar la factibilidad y seguridad de disposición de la materia prima.

Al respecto, según ECOFOREST, (2004), el ejido "Subida de Palmas" cuenta con una superficie de 1, 572-00-00 hectáreas, de las cuales 1, 050-00-00 se

encuentran bajo manejo forestal, con especies comunes tropicales de la selva baja con una remoción total autorizada para cada anualidad de 4500 m³ rta (metros cúbicos rollo total árbol). Dentro de esas especies se identifican a: *Myrcianthes fragrans* (pimientilla), *Phoebe tampicensis* (magüira), *Casimiroa pringley* (zapotillo), *Acacia berlandieri* (guajillo), *Drypetes lateriflora* (reventón), *Esenbeckia berlandieri* (limoncillo), *Lysiloma divaricata* (rajador), *Robinsonella discolor* (malva), *Sapindus saponaria* (jaboncillo), *Harpalyce arborescens* (chicharrilla), *Wimmeria concolor* (volantín), *Krugiodendrom ferreum* (hueso de tigre), *Ebanopsis ebano* (ébano), *Pithecellobium pallens* (tenaza), *Zanthoxylum fagara* (uña de gato) y *Cordia boissieri* (nacahua), entre otras.

Así entonces, surge la necesidad de buscar alternativas de uso en otros productos y lo primordial, conocer las características de la materia prima principal (madera) que se pueda requerir para la fabricación de esos productos. Debido al volumen maderable autorizado para este ejido "Subida de Palmas" y circundantes (Piedras negras, San Antonio el grande, El nogalito, y otros), pertenecientes al municipio de Casas, Tamps. y en general para la región de los municipios contiguos (Jiménez, Abasolo, Soto la marina, Aldama, González, Llera, Victoria, Güemez, Padilla, entre otros), que cuentan con importantes recursos maderables de las especies citadas; tratando de aprovechar al máximo esas especies, desde el fuste hasta las ramas, se consideró necesario realizar un estudio tecnológico de factibilidad en la región para aprovecharlas en la posible fabricación de tableros de partículas o en tableros de fibras, y sí es posible en ambos tipos.

Se considera que las características y propiedades que más influyen en la fabricación de tableros de partículas respecto a la madera son: color, hilo, densidad básica y pH. En cuanto a los tableros de fibras, los parámetros que más influyen en cuanto a la madera son: color, longitud de las fibras y la interrelación entre sus dimensiones, densidad básica y pH.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer las características y propiedades básicas de la madera de 16 especies del ejido "Subida de Palmas", Mpio. de Casas, Tamaulipas, que influyen en la fabricación de tableros aglomerados y determinar su posible utilización.

Objetivos específicos

- Describir las características anatómicas macroscópicas: color e hilo de las 16 especies maderables
- Conocer la longitud de fibra, diámetro de lumen y grosor de pared celular en las 16 maderas
- Determinar los valores de densidad superior al Punto de Saturación de la Fibra (PSF), normal, anhidra y básica de las 16 maderas
- Conocer el nivel del pH en las mismas maderas
- Evaluar las combinaciones posibles de maderas que, en base a sus características y propiedades tecnológicas, sean las adecuadas para la fabricación de tableros aglomerados

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Tableros de partículas

Un tablero aglomerado de partículas es la unión ordenada de partículas de madera y aglutinante, mediante un método controlado de producción (Salinas, 2000). Este tipo de tablero utiliza la madera que ha sido maquinada para obtener partículas que conservan generalmente la estructura original de la madera, y que pueden ser obtenidas por diferentes métodos de corte que dan como resultado diferentes formas de partícula. Estas partículas son encoladas, después de darles las dimensiones adecuadas y la forma, así como el control de humedad, calor y presión (Zamudio, 1979).

El desarrollo de los tableros de partículas se inicia a principios del siglo XX. En 1941 se construye la primera fábrica de tableros en Bremen (Alemania); y hasta el año 1946 nunca se enfocó la problemática de la fabricación de tableros de partículas con rigurosidad científica. La búsqueda de respuestas por medio del método científico fue iniciada por Wilhelm Klauditz en 1946, (Poblete, 2001).

3.1.1 Clasificación de los tableros de partículas

Los tableros de partículas se pueden clasificar de acuerdo al tipo de prensado, al tipo de adhesivo a utilizar, a la estructura que presenten sus capas y a la densidad de los tableros a producir. Cabe indicar que existen otras formas de

clasificar este tipo de tableros, sin embargo, se consideran principales las que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los tableros de partículas (Poblete, 2001)

Clasificación	Descripción
Según el tipo de prensado	PRENSADO PLANO: Se reconocen por tener las partículas de madera en posición horizontal, paralelas a la superficie del tablero. EXTRUIDOS: Se reconocen por tener las partículas perpendiculares a la superficie del tablero.
Por el tipo de adhesivo	TABLEROS PARA INTERIORES: Comúnmente fabricados con el adhesivo Ureaformaldehído. TABLEROS PARA EXTERIORES: Se fabrican con un adhesivo resistente a condiciones de alta humedad (Fenolformaldehído, Diisocianato)
Por la estructura de las capas	TABLEROS DE UNA CAPA (MONOCAPA): Las partículas no están estratificadas en capas. TABLEROS DE TRES O MÁS CAPAS (MULTICAPA): Constituidos por dos capas externas, denominadas "caras", de partículas pequeñas y una o varias capas centrales (siempre en número impar) de partículas más grandes, comúnmente llamadas "alma". TABLEROS GRADUALES: Presentan un cambio gradual de tamaño de las partículas de muy pequeñas en la superficie a grandes en el centro.
Por densidad	 AISLANTES: Con densidades entre 250 y 400 kg/m³ DE DENSIDAD MEDIA: Con densidades entre 400 y 800 kg/m³ DE ALTA DENSIDAD: Con densidades mayores a 800 kg/m³

Las medidas comerciales en que se fabrican según Salinas, (2000), son las siguientes:

Espesores:

2, 3, 4.5, 5.5, 7.5, 9, 10, 10.5, 12, 14, 16, 17.5, 19, 21, 25, 30 y 38 mm

Anchos:

0.91, 1.22 y 1.83 m

Largos:

1.83, 2.44, 3.05, 3.66, 4.27, 4.88, 7.32 y medidas especiales, en metros.

3.1.2 Propiedades de las maderas que influyen en la fabricación de tableros de partículas

Cabe indicar que en lo referente a las características y propiedades de las maderas que tienen influencia en la fabricación de tableros de partículas, se tienen varias referencias que analizan estos aspectos. Debido a la flexibilidad en el abastecimiento, la gama de materias primas es muy amplia, existiendo procesos donde se incorporan desechos lignocelulósicos. Sin embargo, al cambiar el tipo de materia prima se provocan cambios en el proceso y en las propiedades del tablero. El variar el tipo de madera trae consigo una alteración de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de esta materia prima y por lo tanto se altera el proceso de producción en general. Si se quisiera definir el tipo de materia prima ideal, se tendrían los siguientes aspectos, como los más importantes (Poblete, 2001):

- Composición química compatible con el proceso, especialmente en los requerimientos de pH del adhesivo
- Densidad óptima para el corte, secado y compactación de la estera o colchón de partículas, lo ideal entre 350 - 450 kg/m³
- Emplear especies de fibra larga, ya que permiten una mejor transmisión de las propiedades de la madera al tablero
- Madera de color claro, facilita las terminaciones y recubrimientos
- Buen estado sanitario, madera sana, lo que evita pérdidas

Respecto al uso de latifoliadas como materia prima en la fabricación de tableros de partículas, Vital *et al.*, (1974), señalan que técnicamente es posible hacer tableros de partículas de muchas especies de madera en casi cualquier forma, a pesar de todas las cualidades del tablero y consideraciones económicas. Un mayor problema al utilizar maderas duras (particularmente maderas duras tropicales), es el gran número de especies encontradas sobre un área dada del bosque. El uso de mezclas de muchas especies para hacer tableros de partículas, así como otros productos de madera podría ser una respuesta parcial para utilizar los bosques tropicales.

3.1.2.1 Densidad básica de la madera

Ninguna propiedad es conocida, que indique sola y definitivamente la utilidad de especies de madera como una materia prima para la fabricación de tableros de partículas. Sin embargo, la densidad de la madera es considerada la variable

más importante en las especies que afectan las propiedades del tablero (Vital *et al.*, 1974).

Confirmando el importante efecto de la densidad, Vital *et al.*, (1974) indican que la densidad de la madera influye en el consumo de adhesivo, la cantidad de partículas a ser consolidadas y por consiguiente, influye en la resistencia mecánica y la lisura de la superficie del tablero. Así mismo, Poblete, (2001), señala que las maderas más livianas requieren de menor energía para cortarlas, secarlas y transportarlas durante el proceso de transformación.

3.1.2.1.1 Influencia de la densidad básica de la madera en la razón de compresión

La densidad de la madera afecta directamente, junto con la compactación del colchón, a la densidad final del tablero. Una variación en la densidad de la madera, obliga a un ajuste en la compactación del colchón si se desea mantener constante la densidad final del tablero. Sin embargo, las características de los tableros producidos con diferentes densidades de madera y grado de compactación serán distintas, aun cuando la densidad del tablero permanezca constante (Poblete, 2001).

En otras palabras, si se desea llegar a una determinada densidad final del tablero usando dos especies de diferente densidad, la especie de menor densidad deberá ser comprimida en una proporción mayor que la especie de densidad más alta, o dicho de otra forma, el volumen de madera a incluir en un

tablero, de densidad dada, es inversamente proporcional a la densidad de la especie. Por esta razón al incluir especies de menor densidad se requiere de una mayor compactación y por lo tanto se logra un mayor contacto entre las partículas con un mejoramiento en la eficiencia del adhesivo (Poblete, 2001).

Como una forma de relacionar la densidad de la madera con la densidad del tablero se determina la Razón de Compresión (RC), que corresponde al cociente entre la densidad del tablero y la densidad de la madera (Poblete, 2001).

Debido a que una mayor compresión permite un mejor contacto entre las partículas y una mayor eficiencia del adhesivo, la razón de compresión siempre debe ser mayor a 1. Cuando la razón de compresión es menor a 1, el tablero tiene una densidad menor a la de la madera utilizada y no habrá compactación del material. En general, es recomendable lograr valores de RC entre 1.5 y 2.2 (Poblete, 2001).

3.1.2.1.2 Influencia de la densidad básica de la madera en la resistencia del tablero

Los tableros de partículas hechos de especies de densidad más baja tienen una resistencia a la flexión, modulo de elasticidad y resistencia a la tensión más alta. Puede parecer ilógico que una madera de baja densidad (ej. pino) produce un tablero de partículas con resistencia más alta comparada a una madera de más alta densidad (ej. encino). La razón de esto radica en el hecho de que un peso

dado de partículas de especies de madera con peso ligero ocupa un volumen más grande que el mismo peso de partículas similares de una madera densa (Moslemi, 1974). Este mismo autor señala que, para una misma densidad de tablero, un incremento en la densidad de la materia prima provoca una disminución en todas las propiedades del tablero. Si un tablero es hecho con 60 % de haya (densidad básica de 0.68 g/cm^3) y 40 % de pino (densidad básica de 0.43 g/cm^3), la mezcla tendrá una densidad combinada de $0.4 (0.43) + 0.6 (0.68) = 0.58 \text{ g/cm}^3$. Se indica entonces que, para hacer un tablero de igual resistencia a la flexión que un tablero de partículas de pino con una densidad de 0.56 g/cm^3 , la densidad del tablero mezclado debería ser incrementada hasta 0.62 g/cm^3 .

3.1.2.1.3 Efecto de la mezcla de especies de madera en el proceso de fabricación del tablero

Normalmente las plantas productoras de tableros de partículas trabajan con un abastecimiento mixto. En estos casos en el patio de madera se encuentran especies diferentes con densidades distintas. Al momento de ingresar los materiales a la fabricación del tablero se debe conocer la proporción en que participan, de tal forma que se pueda calcular la Densidad Promedio Ponderada (DPP) de una mezcla de especies (Poblete, 2001).

Las mezclas de especies de madera con diferentes densidades se comportan de acuerdo a su densidad promedio. Mezclando especies de madera con

densidad alta y baja, prácticamente no hay problemas. Cuando es usada una separación por aire, por ejemplo, las partículas cortadas de la madera de baja densidad tenderán a volar más lejos que las partículas de las maderas más densas. El uso de maderas duras no únicamente involucra bajo costo y alto rendimiento, sino que además requieren más baja compresión que las maderas suaves para producir una densidad de tablero dada (Moslemi, 1974).

3.1.2.1.4 Influencia de la densidad básica de la madera en la relación de adhesivo

La densidad tiene una influencia significativa no únicamente sobre las propiedades del producto, sino también en el proceso. Cuando los volúmenes de madera son comprimidos a las dimensiones de un tablero, ocurre un contacto relativo más alto para la madera de baja densidad (debido a una razón de compresión más grande) que para la madera de densidad alta; resultando una unión de adhesivo mejor entre las partículas. El contacto de las partículas más grandes fomenta mejor la eficiencia de la resina; un factor particularmente crítico en los tableros de baja densidad. Hay una cantidad esparcida de adhesivo más grande por unidad de área de superficie sobre partículas más densas, pero un contacto relativo más alto en las partículas más ligeras es el factor de control para las propiedades de resistencia del tablero de densidad media. Para el tablero de partículas de alta densidad, el adhesivo esparcido por unidad de área de superficie de las partículas será el factor de control en la resistencia del tablero (Moslemi, 1974).

3.1.2.1.5 Relación secado del tablero - densidad y extractivos de la madera

Un factor que provoca un secado no uniforme es la variación de la densidad del material. Al variar la densidad de la madera, se afecta la capacidad de evaporación del secador por lo que los sistemas de alimentación deben ser controlados. La presencia de extraíbles de la madera también afecta al secador. Al secar maderas ricas en resinas se debe realizar una limpieza del equipo con mayor frecuencia (Moslemi, 1974).

3.1.2.2 Influencia del duramen y la albura sobre las propiedades físicas y mecánicas del tablero

El efecto de la madera de duramen y de albura sobre las propiedades físicas y mecánicas del tablero, se nota claramente en el trabajo de Poblete, (2001); quien determinó las propiedades de los tableros fabricados con mezclas de duramen y albura de *Acacia melanoxylon* de la zona de Valdivia, Chile. Confeccionaron tableros de 16 mm de espesor con densidades variables entre 650 kg/m³ y 700 kg/m³, empleando como adhesivo ureaformaldehído, sin aditivos. Observaron que en el caso de la resistencia a la flexión, tanto en su módulo de elasticidad como en el de rotura, al aumentar la proporción de madera de duramen se mejora notoriamente la resistencia del tablero. En el caso del hinchamiento y de la absorción de agua ocurre algo parecido, pero en forma menos notoria.

3.1.2.3 Relación geometría de las partículas – Superficie Específica

La geometría de la partícula, largo, ancho y espesor, determina la superficie específica del material que se debe recubrir con el adhesivo. La superficie específica depende fundamentalmente de la densidad de la madera y del espesor, ya que si se reduce el espesor se provoca un aumento mayor de la superficie que si se conserva el espesor y se aumenta el largo de la partícula.

Dicho lo anterior, se aclara este asunto mencionando que los cambios que se puedan dar en el ancho y largo de la partícula, tienen un efecto casi nulo sobre la superficie del material, mientras que variaciones en el espesor y densidad provocan cambios inversos en la superficie.

En cuanto al efecto de la densidad, basta con decir que al disminuir la densidad se tendrá un número mayor de partículas por unidad de peso. Cuando cambia la superficie específica de las partículas, se provoca un cambio en las condiciones de distribución del adhesivo (Poblete, 2001).

3.1.2.4 Influencia de la densidad del tablero en cuanto al hinchamiento y la absorción de agua

En un trabajo realizado por Poblete (2001), a modo de control, verificó las propiedades físicas hinchamiento y absorción de agua, luego de una inmersión en agua a 20 °C por 2 horas. En cuanto al hinchamiento comprobó que esta propiedad no se relaciona con la densidad del tablero, al menos en el rango

estudiado de 400-800 kg/m³. Referente a la absorción de agua a través de análisis estadísticos comprobó que a medida que aumenta la densidad disminuye la absorción de agua.

3.1.2.5 Relación pH – madera

El conocimiento del valor del pH de la madera es fundamental en su utilización, producción y uso de numerosos productos de ella en combinación con otros materiales. La madera con bajo valor del pH puede causar corrosión a los metales y daños a la maquinaria e instrumentos, es por esto que la madera para embalajes de ciertos metales, debe ser seleccionada cuidadosamente. La acidez es un factor muy importante en la corrosión de los clavos y otros medios de unión que están en contacto con la madera en condiciones desfavorables, por lo tanto debería tenerse cuidado, cuando se usen en estructuras de madera. Se ha confirmado que los ácidos orgánicos tienen generalmente más influencia en la corrosión de las herramientas, que los ácidos inorgánicos del mismo valor de pH y que una alta acidez o alto contenido de ciertos componentes fenólicos en madera verde, puede causar desgaste acelerado en los cortadores y afectar la matriz del carburo de tungsteno. El pH de la madera varía dentro de las mismas especies y es de esperarse que varíe entre las diferentes localizaciones ecológicas (Torelli, 1982).

En atención al pH de la madera, es también importante su relación con el pulpeo, la producción de tableros de partículas y tableros de fibras, así como en la plastificación (Fengel, 1989).

En la Tabla 2, se muestran algunos valores de pH de duramen y albura para la madera de cinco especies.

Tabla 2. pH de la madera de 5 especies mexicanas (Rutiaga, 2001)

Especie	Duramen	Albura
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4.6	5.5
<i>Manilkara zapota</i>	5.5	-
<i>Swetia macrophylla</i>	5.3	-
<i>Cedrela odorata</i>	5.3	-
<i>Quercus laurina</i>	4.6	5.9
Media	5.06	
Máximo	5.5	
Mínimo	4.6	

Fengel (1989) presenta en la Tabla 3, 30 valores del pH para nueve maderas de zonas templadas con un rango que va de débil a moderadamente ácido (3.3 – 6.4), y los de veintiún maderas tropicales que presentan un rango de ácido débil hasta alcalino débil (3.7 – 8.2). Menciona que la reacción ácida de la mayoría de las maderas es causada por ácidos libres y grupos de ácidos los cuales son fáciles de dividir, por ejemplo, el ácido acético y el grupo acetil, respectivamente.

Torelli, (1982), también hizo un gran aporte a los valores del pH de 43 maderas, que son presentados en la Tabla 4.

Tabla 3. pH de 30 maderas (Fengel, 1989)

No.	Especie	pH de la madera
1	<i>Larix decidua</i>	4.3
2	<i>Picea abies</i>	5.3
3	<i>Pinus resinosa</i>	6.0
4	<i>Pinus sylvestris</i>	5.1
5	<i>Pinus strobus</i>	4.9
6	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.3
7	<i>Tsuga canadiensis</i>	5.5
8	<i>Acer saccharum</i>	5.1
9	<i>Betula papyrifera</i>	5.5
10	<i>Betula verrucosa</i>	4.8
11	<i>Carpinus betulus</i>	5.2
12	<i>Fagus grandifolia</i>	5.5
13	<i>Fagus sylvatica</i>	5.4
14	<i>Fraxinus excelsior</i>	5.8
15	<i>Populus spec.</i>	5.8
16	<i>Quercus alba</i>	4.1
17	<i>Quercus petraea</i>	3.9
18	<i>Quercus rubra</i>	4.2
19	<i>Tilia spec.</i>	5.2
20	<i>Ulmus spec.</i>	6.4
21	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	8.0
22	<i>Gossypiospermum praecox</i>	6.9
23	<i>Lophira procera</i>	4.7
24	<i>Mansonia altissima</i>	4.3
25	<i>Ochroma lagopus</i>	6.7
26	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	3.7
27	<i>Schinopsis balansae</i>	4.3
28	<i>Zorrea spec.</i>	4.7
29	<i>Tectona grandis</i>	5.1
30	<i>Terminalia superba</i>	8.2
Media		5.3
Máximo		8.2
Mínimo		3.3

Tabla 4. pH obtenidos por Torelli, (1982) en 43 maderas

No.	Especie de madera	Valor de pH	
1	<i>Alchornea latifolia</i>	5.4	N.P.
2	<i>Ampelocera hottlei</i>	5.8	6.8
3	<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	4.7	5.1
4	<i>Blepharidium mexicanum</i>	5.6	N.P.
5	<i>Brosimum alicastrum</i>	5.6	5.7
6	<i>Bursera simaruba</i>	5.5	5.9
7	<i>Calophyllum brasiliense</i>	5.4	5.5
8	<i>Cordia alliodora</i>	5.5	5.9
9	<i>Cymbopetalum penduliflorum</i>	6.9	N.P.
10	<i>Dendropanax arboreus</i>	6.1	6.2
11	<i>Dialium guianense</i>	4.7	5.5
12	<i>Dipholis stevensonii</i>	5.1	N.P.
13	<i>Guarea glabra</i>	4.6	6.1
14	<i>Guatteria anomala</i>	6.3	6.6
15	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	5.2	6.0
16	<i>Lonchocarpus hondurensis</i>	5.9	6.0
17	<i>Manilkara zapota</i>	4.9	5.2
18	<i>Misanteca pekii</i>	4.9	5.0
19	<i>Nectandra</i>	5.4	5.5
20	<i>Pachira aquatica</i>	6.2	6.3
21	<i>Pithecellobium arboreum</i>	5.2	6.1
22	<i>Pithecellobium leucocalyx</i>	5.4	5.8
23	<i>Platymiscium af. Yucatanum</i>	4.4	5.6
24	<i>Poulsenia armata</i>	5.9	6.4
25	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	5.5	6.0
26	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>	6.1	6.6
27	<i>Pterocarpus hayesii</i>	4.8	5.6
28	<i>Quercus anglohondurensis</i>	3.7	4.1
29	<i>Quercus skinneri</i>	3.9	4.7
30	<i>Schizolobium parahybum</i>	5.0	5.2
31	<i>Sebastiana longicuspis</i>	5.2	5.4
32	<i>Sickingia salvadorensis</i>	5.9	6.3
33	<i>Simarouba glauca</i>	5.3	5.5
34	<i>Spondias mombin</i>	5.2	5.6
35	<i>Swartzia cubensis</i>	4.9	5.2
36	<i>Sweetia panamensis</i>	4.3	5.0
37	<i>Swietenia macrophylla</i>	5.0	5.3
38	<i>Talauma mexicana</i>	6.1	6.3
39	<i>Terminalia amazonia</i>	4.3	4.4
40	<i>Vatairea lundellii</i>	4.7	5.9
41	<i>Vitex gaumeri</i>	5.8	5.9
42	<i>Vochysia hondurensis</i>	4.9	5.2
43	<i>Zuelania guidonia</i>	6.1	6.6
N.P. = No presentó		Media	5.48
		Máximo	6.9
		Mínimo	3.7

Son varios los investigadores que destacan la importancia del valor del pH en la fabricación de tableros de partículas. Poblete, (2001), señala que es importante contar con partículas de madera con un valor de pH uniforme. Además, indica que el uso de partículas con pH alcalino neutraliza al ácido catalizador del adhesivo, por lo que este no fraguara del todo.

Los extraíbles de la madera determinan el valor del pH y la capacidad de equilibrio de ionización y a través de estas propiedades influyen sobre el proceso de encolado (Poblete, 2001). Este efecto de los extraíbles se debe a que las reacciones químicas que ocurren durante el fraguado de los adhesivos convencionales (urea y fenolformaldehído) siguen su curso óptimo con un determinado rango de valor de pH. Para ureaformaldehído el valor fluctúa entre 3 y 3.5 (Poblete y Zarate, 1991). De esta forma y dependiendo del tipo de adhesivo, la presencia de extraíbles que alteran el pH, puede retardar, acelerar o simplemente inhibir el proceso de fraguado. El valor de pH de una especie está dado por la mayor o menor cantidad de ácidos que están presentes como compuestos accesorios (Poblete, 2001).

Con respecto a los rangos del pH de las maderas usadas en la fabricación de tableros de partículas, la mayoría tiene valores de pH que varían entre 2 y 5. Son escasas las especies que poseen un pH mayor a 7 y que puedan dar problemas en la fabricación de tableros de partículas (Poblete, 2001).

Por otro lado, Johns y Niazi (1980), determinaron el tiempo de gelificación de una mezcla de harina de madera con adhesivo. Habiendo controlado el pH de la madera, determinaron que existe una alta correlación entre el valor de pH de la madera y la velocidad de fraguado del adhesivo.

Poblete, (2001) fabricó tableros con tepa y acidificó el medio con un catalizador, cloruro de amonio (NH_4Cl). En este trabajo la madera registró un pH de 6.4. El efecto conseguido al aumentar la cantidad de catalizador fue notorio mejorándose las propiedades físicas y mecánicas del tablero. Lo contrario ocurrió en otro estudio realizado por este mismo autor, quien obtuvo un valor de pH de 3.23 y 4.22 para *Quercus sp* y *Pinus sylvestris*, los cuales fraguan bajo condiciones de pH ácido con ureaformaldehído; por lo que agregó un catalizador (NH_4Cl) que ocasionó una disminución en las propiedades mecánicas flexión y tracción perpendicular al plano del tablero. En otras palabras, el catalizador no sólo no mejoró el proceso de fraguado, sino que su efecto fue negativo.

Finalmente, se debe advertir que las condiciones de secado afectan a la madera provocando cambios físicos y químicos en ella. Normalmente se produce una acidificación de la madera que afecta el fraguado del adhesivo (Poblete, 2001).

3.1.2.6 Características organolépticas

Las características organolépticas de las especies no tienen gran importancia ni efecto sobre la tecnología de transformación, pero sí en lo referente al aspecto final del tablero; tal como ocurre con la madera sólida, la importancia de estas características está dada por aspectos estéticos que pueden influir sobre las posibilidades de comercialización de los tableros.

En general se prefieren especies de color claro ya que, por la tonalidad más clara que dan al tablero, requieren de menos trabajo y consumo de pinturas al ennoblecer las superficies. Lo anterior no impide que el material destinado a las capas centrales, almas, pueda ser de un tono oscuro. Cuando se trata de paneles que posteriormente serán enchapados con un material que no deje traslucir el color del sustrato, por ejemplo chapas de madera, el color del tablero no tiene importancia.

Se descartan aquellas especies de olor desagradable. Las características organolépticas, brillo, veteado, textura e hilo podrían tener importancia al producir tableros con partículas muy grandes (tableros de hojuelas y OSB), (Poblete, 2001).

3.2 Tableros de fibras

Un tablero de fibras es una lámina de fibras de madera aglomeradas y comprimidas, se obtiene separando y mezclando las fibras mediante un proceso mecánico (Salinas, 2000).

La estructura de la madera de estos tableros es completamente alterada hasta reducirla a fibras en una forma parecida a lo que se hace para obtener la pulpa de madera para papel o cartón. En estos productos se aprovechan las propiedades naturales adhesivas de las fibras y el arreglo o disposición de las mismas (Zamudio, 1979).

La industrialización de los tableros aglomerados de fibras comenzó después del año 1910 en USA. En el año 1926, fue fundada la firma Masonite, aplicando un sistema de disolución de las fibras desarrollado por W. A. Mason. Pocos años después fue desarrollado otro proceso de desfibración por el ingeniero sueco A. Asplund (Poblete, 1987).

3.2.1 Clasificación de los tableros de fibras

La clasificación de los tableros de fibras se puede hacer por la densidad y por el proceso que se lleve a cabo para su elaboración. Así entonces, la clasificación por densidad del tablero es la que se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de los tableros de fibra respecto a su densidad

Tipo	Densidad (g/cm³)
No comprimidos	
Aislante semirígido	0.02 a 0.15*
Aislante rígido	0.15 a 0.40*
Comprimidos	
Media o intermedia	0.40 a 0.80**
Duros	0.80 a 1.20**
Extraduros	1.20 a 1.45**
* (Zamudio, 1979) ** (Echenique y Robles, 1993)	

Con respecto al procedimiento utilizado en el transporte de las fibras y la formación del tablero, se distinguen tres procesos mismos que se pueden ver en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de los tableros de fibras de acuerdo con el proceso (Poblete, 1987)

Proceso	Humedad de las fibras %
Húmedo	100 – 120
Semiseco	12 – 45
Seco	5 – 10

Las medidas comerciales de los tableros de fibra son las que se encuentran en la Tabla 7.

Tabla 7. Medidas comerciales de los tableros de fibra (Poblete, 1987)

	Dimensiones	Tipo de tablero
Espesor (mm)	3, 3.5, 4, 5, 6, 7 y 8	Duro
	8 -34	Aislante
Ancho (cm)	122, 152 y 183	
Largo (cm)	244, 488 y 540	

3.2.2 Algunos aspectos químicos de la fabricación de tableros de fibras

Los procesos de pulpeo usados en la fabricación de tableros de fibra son mecánicos y termomecánicos, no son agregados químicos para el propósito de disolver el agente de unión natural. Sin embargo, un numero de reacciones químicas importantes ocurren durante la etapa de pulpeo y durante las etapas de fabricación posteriores (Suchsland, 1990).

3.2.2.1 Estructura y química de las células de la madera

En las coníferas, las traqueidas son las más importantes en la pulpa. En las maderas duras el tipo de célula importante es la fibra, es similar a la traqueida de la madera suave, de pared gruesa, larga y con terminaciones punteadas. Las células de parénquima y vasos de las maderas duras se rompen fácilmente en el proceso de pulpeo y producen mucha fracción fina en la pulpa. La construcción de las capas de la pared celular y la organización de las capas tienen, por supuesto, una relación importante en las propiedades de resistencia de fibras individuales, las cuales reflejarán el comportamiento de la madera sólida y productos derivados de ella (tableros de fibra). Las células en su arreglo natural dentro de la madera sólida están unidas por una capa de material cementante amorfo llamada, la lamina media. Es esta unión la que debe ser rota en los procesos de pulpeo, por algún medio químico o mecánico (Suchsland, 1990).

Por otro lado, los mayores componentes químicos de la madera son: celulosa, hemicelulosas, lignina y una muy pequeña fracción de extractivos. La molécula de celulosa es el bloque de construcción de las fibrillas en las paredes celulares. La resistencia de la fibra de la madera y la insolubilidad de la celulosa en agua derivan del orden de la molécula y de su longitud (Suchsland, 1990).

La lignina es un polímetro tridimensional construido de unidades de fenilpropano y por lo tanto de naturaleza aromática (Suchsland, 1990). En los procesos de tableros de fibras, la lignina contribuye en el desarrollo de la unión de la fibra en la prensa caliente.

3.2.2.2 Reacciones químicas en la fabricación de tableros de fibras

La mayoría de las reacciones químicas en los procesos de tableros de fibras ocurren durante la etapa de pulpeo, en las cuales las uniones de las fibras son rotas; y en la prensa caliente, en la cual, los tableros son consolidados y son formadas las uniones (Suchsland, 1990). Entre esas reacciones están la hidrólisis, condensación y pirólisis.

Hidrólisis, es la reacción química en la cual el agua reacciona con los compuestos de la madera, para formar una o más nuevas sustancias. La hidrólisis reduce la longitud de la cadena o el tamaño de las moléculas. Ésta incrementa la solubilidad. La hidrólisis ácida (hidrólisis en presencia de ácidos catalizadores), es una reacción muy importante en la fabricación de tableros de fibras. En los procesos de pulpeo causa un rompimiento y una posterior pérdida de hemicelulosas. La acidez necesaria para la reacción de hidrólisis es desarrollada por la formación simultánea de ácido acético y fórmico de los carbohidratos de la madera (Suchsland, 1990).

La condensación es una reacción química en la cual dos o más moléculas se combinan, con la eliminación del agua. La condensación es así, el inverso exacto de la hidrólisis. Una reacción de condensación importante en la fabricación de tableros de fibra es el curado de las resinas fenólicas, las cuales son agregadas a las fibras como encolantes en los procesos secos. Ésta reacción toma lugar al elevar la temperatura, desarrollando una red tridimensional formando una unión permanente entre las fibras. Reacciones de condensación similares pueden ocurrir entre los componentes de la pared celular en la prensa caliente, resultando uniones de fibra sin el beneficio de adhesivos de resina (Suchsland, 1990).

Pirolisis es una degradación térmica de la sustancia madera, afectada por un rompimiento químico de los diferentes constituyentes de la madera sólida. El grado en el cual la pirolisis afecta la madera y el índice en el cual ocurre, depende principalmente de la temperatura en la cual la reacción toma lugar, la cantidad de aire presente, y el tiempo de las reacciones seguidas. El resultado más obvio de la pirolisis de la madera es la pérdida de peso, Suchsland, (1990), indicó que la pérdida de peso de la madera y sus mayores componentes es relativamente menor que en la fabricación de tableros de fibras a temperaturas que no excedieron los 300 °C (572 °F). Las hemicelulosas, representadas por xilosas, son los componentes menos estables de la madera, considerando a la celulosa prácticamente inafectada. La lignina se descompone gradualmente a temperaturas por abajo de los 148.9 °C (300 °F).

En los procesos de tableros de fibras, la pirolisis ocurre en la prensa caliente y durante el tratamiento con calor del tablero terminado. Además de la degradación de los productos por hidrólisis en la etapa de pulpeo, también lo hace en la prensa caliente, con la posterior formación de productos de condensación, los cuales se cree son responsables de la decoloración de la madera a altas temperaturas. La separación pirolítica de hemicelulosas, las cuales son particularmente higroscópicas, reducen la absorción de agua (Suchsland, 1990). Durante el prensado y durante el tratamiento con calor, la descarga de volátiles presenta un problema de contaminación del aire.

Respecto al pH y su control hay que considerar que el agua pura es neutra y tiene un valor de pH de 7. La madera es ligeramente ácida, esto significa que si una pieza de madera es sumergida en agua, el pH de el agua se convierte más ácido (Suchsland, 1990). En la fabricación de tableros de fibra, el control del pH es particularmente importante en la adición y fijación de químicos sobre las fibras que reducen la absorción de agua y mejoran la unión de las fibras. Ceras son usadas para mejorar la resistencia al agua; resinas fenólicas y aceites secantes son agregados como encolantes. Para el propósito de acelerar el prensado, ajustadores de pH (catalizadores) son agregados en muchos casos para ajustar la resina antes de la aplicación.

Sí las superficies de las fibras no están contaminadas, pueden ser unidas para que la distancia entre ellas sea reducida al rango de sus fuerzas, entonces la adhesión es posible sin el uso de un adhesivo. Tal adhesión es muy importante

en la fabricación del papel y en tableros aislantes. Los adhesivos de resinas tales como urea-formaldehído y fenol-formaldehído son solidificados por reacciones químicas, provocadas ya sea por un cambio en el pH o por aplicación de calor, o por ambos. Las resinas de fenol-formaldehído son usadas en la fabricación de tableros duros, las resinas de urea-formaldehído en la fabricación de tableros MDF ("Medium Density Fiberboard"). En ambos casos la reacción química ocurre en el prensado. Las resinas de fenol-formaldehído forman líneas de impermeabilidad; las resinas de urea-formaldehído una resistencia al agua considerable, pero no son considerados adhesivos tipo exterior (Suchsland, 1990).

3.2.3 Materia prima

Los resultados de los experimentos de laboratorio parecen indicar que un tablero de fibras puede ser hecho de casi cualquier materia prima lignocelulósica (Suchsland, 1990). Sin embargo, por su relativa abundancia y disponibilidad, la madera es la materia prima más importante para fabricar tableros de fibras, teniendo importancia las características de las fibras de la misma como se indicia a continuación.

3.2.3.1 Resistencia de la fibra

La resistencia a la tensión de la fibra es importante en el desarrollo de la resistencia del papel y del tablero. Sin embargo, el efecto es muy limitado. Aunque, la resistencia a la tensión de fibras individuales es muy alto

(Suchsland, 1990), únicamente una fracción de ellas es utilizada en la configuración estructural de una hoja de papel o un tablero de fibras. Esto es cierto, a causa de que el área total de adhesión no puede transmitir el esfuerzo a cizalle requerido para tensionar la fibra hasta su límite, también a causa del tamaño del área total de cizalle o por la calidad de la unión.

En tableros de fibras de baja y media densidad, las fallas ocurren predominantemente en la unión, sin embargo, en tableros de altas densidades las fallas ocurren en la fibra. Esto refleja un contacto más íntimo entre las fibras de alta densidad y una posible modificación de las características de la fibra, bajo condiciones severas existentes en la prensa (Suchsland, 1990).

3.2.3.2 Morfología de la fibra

La morfología de la fibra es la forma y estructura de la fibra. La relación dimensional es la más importante en el desarrollo de las propiedades de las hojas, que son las propiedades mecánicas reales de la fibra. La longitud de la fibra, por ejemplo, tiene un fuerte efecto sobre la resistencia al rasgado del papel. Esto es explicado por el número más grande de las áreas de adhesión en la hoja; también afecta la formación de la hoja, ésta tiene la tendencia a rendir en la producción de las hojas, con una estructura más abierta y un volumen más alto, que con fibras cortas.

Las fibras más cortas son mucho más adecuadas para desarrollar orientaciones de fibra verticales o en componente z, que las fibras más largas. Las fibras más largas, además, darían un alineamiento artificial en una de las dimensiones principales del tablero por medios mecánicos o eléctricos.

El espesor de la pared celular, el cual está directamente relacionado a la densidad de la madera, afecta las propiedades de la hoja indirectamente. Si las paredes celulares son delgadas, la fibra puede colapsarse, y esto en combinación con una flexibilidad mayor de la fibra de pared delgada, dará un contacto más íntimo y por lo tanto una mejor unión interfibrilar. Esto será reflejado en una resistencia más alta al doblado y en una densidad menor de la hoja o el tablero.

Si las paredes celulares son gruesas, las células no podrían colapsarse y reducirá la flexibilidad de la fibra, bajará la resistencia al doblado y aumentará la densidad de la hoja o del tablero. En el caso de los tableros de fibras, con la excepción de los tableros aislantes, la densidad del tablero es determinada por el grado de compactación del colchón en la prensa. Una alta densidad de la madera, generalmente resulta en un volumen más bajo en el suministro de fibra al colchón en una densidad de tablero dado y en una más baja razón de compresión.

Las razones de compresión altas con bajas densidades de la madera promueven un contacto más íntimo entre las fibras. Esto es por las propiedades

de resistencia de los tableros duros, al menos cuando son formados en seco, son influenciados negativamente por la densidad de la madera y por la densidad del tablero (Suchsland, 1990).

La morfología de la fibra tiene también un importante comportamiento en la formación del colchón húmedo. Las fibras más largas drenan el agua más rápidamente, permitiendo velocidades en línea más rápidas. Las fibras más largas son además más adecuadas para formar grupos en el proceso de formación, lo cual puede resultar en pequeñas distorsiones de superficie, especialmente en tableros duros de alta densidad. Las fibras más largas promueven el desarrollo de la resistencia en colchones en húmedo y secados, lo cual es importante en el manejo del colchón a alta velocidad (Suchsland, 1990).

3.2.3.3 Maderas suaves - maderas duras

En general, las maderas duras son para hacer tableros duros (proceso húmedo) y las maderas suaves para hacer tableros aislantes (Suchsland, 1990). La ventaja de las maderas duras es la fibra más corta, lo cual produce menos puntos o manchas de densidad alta debido a una distribución desigual en el proceso de formación húmedo. Por otro lado, los componentes del suministro consisten de elementos de fibra muy cortos (finos) que promueven el desarrollo de puntos o zonas de alta densidad, debido a que resisten el drenaje del agua. Las maderas suaves requieren más energía en el proceso de pulpeo, en los

procesos termomecánicos, las maderas suaves necesitan ciclos de vaporización más largos que las maderas duras. Las maderas duras son más pesadas, pero el ciclo de cocimiento es más corto. Las maderas suaves y las maderas duras deben por lo tanto ser manejadas separadamente. El contenido de volátiles tiende a ser más alto en las maderas suaves que en las maderas duras. Otras maderas duras tienen que ser usadas en mezclas requiriendo ir acorde a los programas de pulpeo o ciclos de pulpeo separado y en una mezcla posterior de pulpas. Mantener la uniformidad de la mezcla en esos casos llega a ser un elemento de control de calidad importante. Los tableros duros y los tableros de densidad media formados en seco, son menos sensitivos a las características de las especies, que los tableros formados en húmedo (Suchsland, 1990).

3.2.3.4 Especies individuales y mezclas

Debido a que la mayoría de las especies de maderas duras no se encuentran en rodales puros, los suministros con especies de madera dura individuales son usados rara vez. Las maderas duras no pueden ser mezcladas indiscriminadamente, aunque, a causa de la posible incompatibilidad en el proceso de pulpeo y otros elementos del proceso; algunas maderas duras son aceptables únicamente cuando son mezcladas con otras (Suchsland, 1990).

4. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El ejido Subida de Palmas se localiza en el municipio de Casas, se puede llegar a través de la carretera Ciudad Victoria-Soto la Marina a la altura del Km 69, se toma una brecha de terracería por donde se puede llegar al ejido "Subida de Palmas", Municipio de Casas, Tamaulipas (ver Figura 1). El predio de referencia se encuentra localizado dentro de las coordenadas: 23° 37' 00" y 23° 33' 58" latitud Norte y 98° 32' 00" y 98° 35' 40" longitud Oeste, teniendo una altitud media sobre el nivel del mar de 300 a 500 m. Dicho ejido puede ser localizado sobre las cartas topográficas con claves F14-B22 "El Sabinito" editada por INEGI en escala 1:50,000. Los municipios cercanos son: Mante, Padilla, Tampico, Xicoténcatl, Altamira, González, Abasolo, Jiménez, Aldama, Gómez Farias, Soto la Marina, Llera, Victoria, Güemez, Cruillas, San Fernando, San Nicolás, San Carlos, Villagrán, Mainero y Hidalgo (ECOFORREST, 2004).

El clima es seco, semiseco, muy cálido y cálido; con regímenes de lluvias en verano, con una temperatura media anual de 22 a 24 °C, con una frecuencia de granizadas de 0 a 1 día y heladas de 0 a 20 días.

A este ejido "Subida de palmas", lo cruzan dos ríos: el río Soto la Marina y Arroyo grande, y una región hidrológica conocida como "Golfo Norte"; tal como se muestra en la Figura 1.



Fig. 1. Localización del ejido Subida de Palmas¹

¹ INEGI, (Internet)

5. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO

El tipo de vegetación existente en el ejido corresponde a Selva Baja Caducifolia, se caracteriza por ser heterogénea y por tener algunos árboles espinosos. El rango de altura de los árboles es de 6 a 10 m. Los diámetros más frecuentes se encuentran entre los 5 a 20 cm; muchos se ramifican ampliamente y se desarrollan con fustes torcidos.

Entre las especies arbóreas del ejido las de mayor interés son las 16 que se indican en la Tabla 8.

Tabla 8. Especies forestales objeto de estudio

No.	Nombre común	Nombre científico ²
1	Pimientilla	<i>Myrcianthes fragrans</i> (S W.) McVaugh var. <i>fragrans</i>
2	Magüira	<i>Phoebe tampicensis</i> Mez
3	Zapotillo	<i>Casimiroa pringley</i> (S. Wats.) Engl.
4	Guajillo	<i>Acacia berlandieri</i> Benth.
5	Reventón	<i>Drypetes lateriflora</i> (Sw.) Drug et Urban
6	Limoncillo	<i>Esenbeckia berlandieri</i> Baill.
7	Rajador	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) Macbride
8	Malva	<i>Robinsonella discolor</i> Rose & E. G. Baker ex Rose
9	Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i> L.
10	Chicharrilla	<i>Harpalyce arborescens</i> A. Gray
11	Volantín	<i>Wimmeria concolor</i> Schlecht. & Cham.
12	Hueso de tigre	<i>Krugiodendrom ferreum</i> (Vahl) Urban
13	Ebano	<i>Ebanopsis ebano</i> (Berl.) Britton & Rose
14	Tenaza	<i>Pithecellobium pallens</i> (Benth.) Standley
15	Uña de gato	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L) Sarg.
16	Nacahua	<i>Cordia boissieri</i> A. DC.

² Determinación taxonómica realizada en el Herbario CHAP, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, por el M.C. Enrique Guízar Nolasco

5.1 *Myrcianthes fragans* (S W.) McVaugh var. *Fragrans*. Myrtaceae

1) Pimientilla (Pimientillo). Tamps. Árbol de 10 a 25 m de altura y 60 cm de d.a.p. (diámetro a la altura del pecho), (Costa Rica); corteza externa parda, exfoliándose en placas largas y delgadas, exponiendo una corteza interna amarillenta; ramitas pardo amarillentas o café rojizas; hojas lustrosas, verde oscuro, de elípticas a ovadas, de 3 a 8.1 cm de largo, ancho de 1 a 3.5 cm y aromáticas; inflorescencias pubescentes, con 3 a 7 flores; frutos amarillo-verdosos, globosos, diámetro de 8 a 12 mm, lisos y de una semilla. (Tamps., Sin., S. L. P., Ver., Gro., Chis., Yuc. y Q. Roo), (Sánchez, 1990).

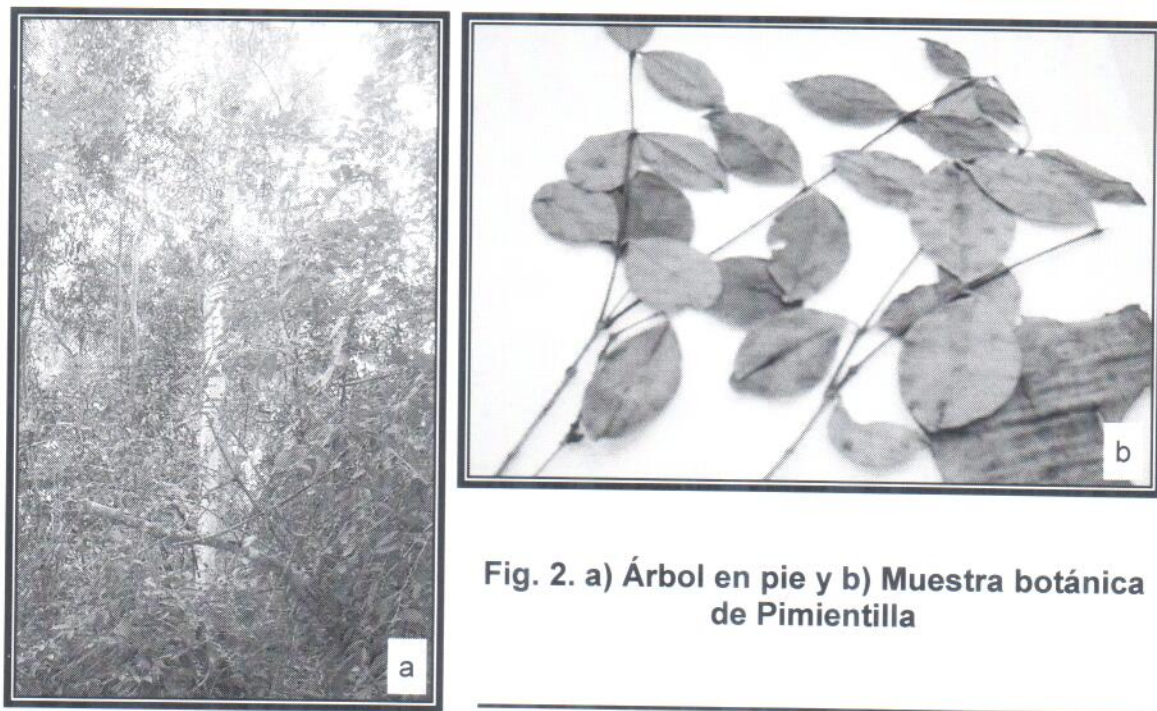


Fig. 2. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Pimientilla

5.2 *Phoebe tampicensis* (Meisn.) Mez. Lauráceae

2) **Magüira (Tzenojte).** (Lengua huasteca, Sureste de S. L. P.). Árbol de 6 a 10 m de hojas linear lanceoladas, de 6 a 11 cm, brillantes; flores en panículas; perianto de 6 segmentos; con nueve estambres fértiles; fruto drupáceo de 1.5 a 2 cm. Tamaulipas y San Luís Potosí. (Rzedowski), (Martínez, 1979).

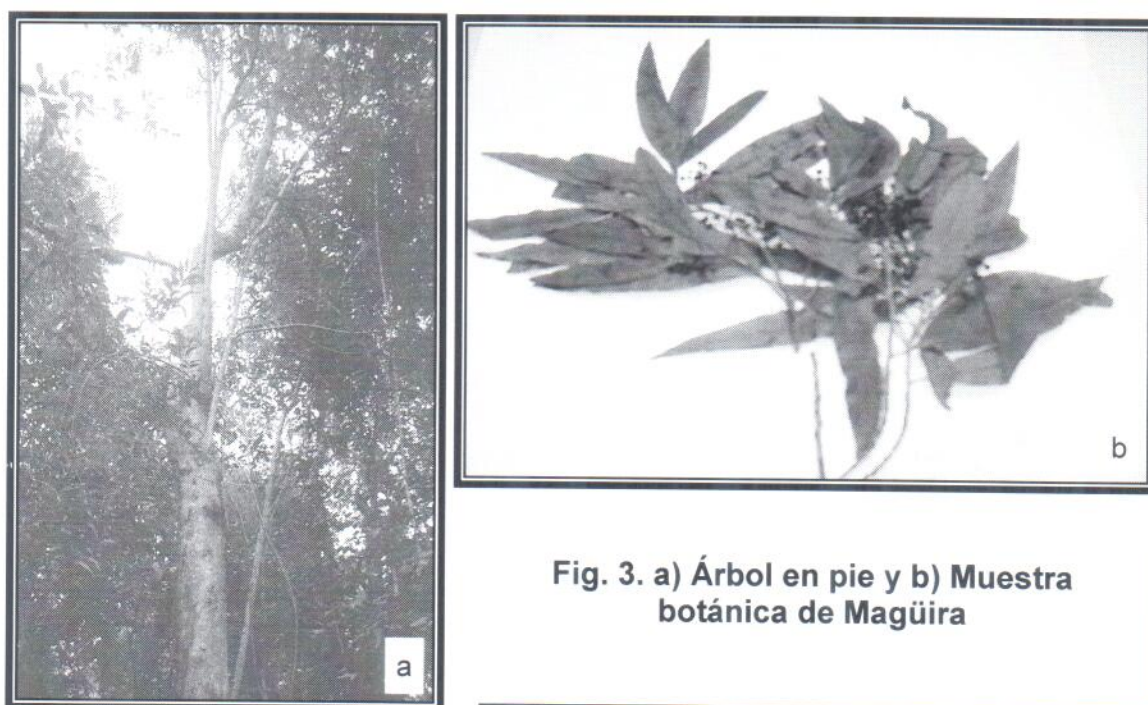


Fig. 3. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Magüira

5.3 *Casimiroa pringley* Wats.) Engl. Rutáceae

3) Zapotillo. (Región de Guadalcázar, S. L. P.). Arbusto o arbolillo de 3 a 5 m; hojas compuestas de 2 a 3 hojuelas obovadas o elípticas, lisas y enteras, flores amarillo-verdosas; fruto oval o globoso de 1.2 a 1.8 cm de ancho con semillas de 10 a 12 mm. Durango, Nuevo León y San Luís Potosí. (Rzedowski), (Martínez, 1979).



Fig. 4. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Zapotillo

5.4 *Acacia berlandieri* Benth. Leguminosae

4) Guajillo. (Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León). Arbusto de 1 a 4.5 m pubescente espinoso, con las espinas cortas; hojas pinadas, con las hojuelas numerosas, lineares o linear-oblongas; flores en cabezuelas; estambres numerosos; fruto, una vaina de 9 a 16 cm, aterciopelado-pubescente. Coahuila a Veracruz y Querétaro. (Standley), (Martínez, 1979).

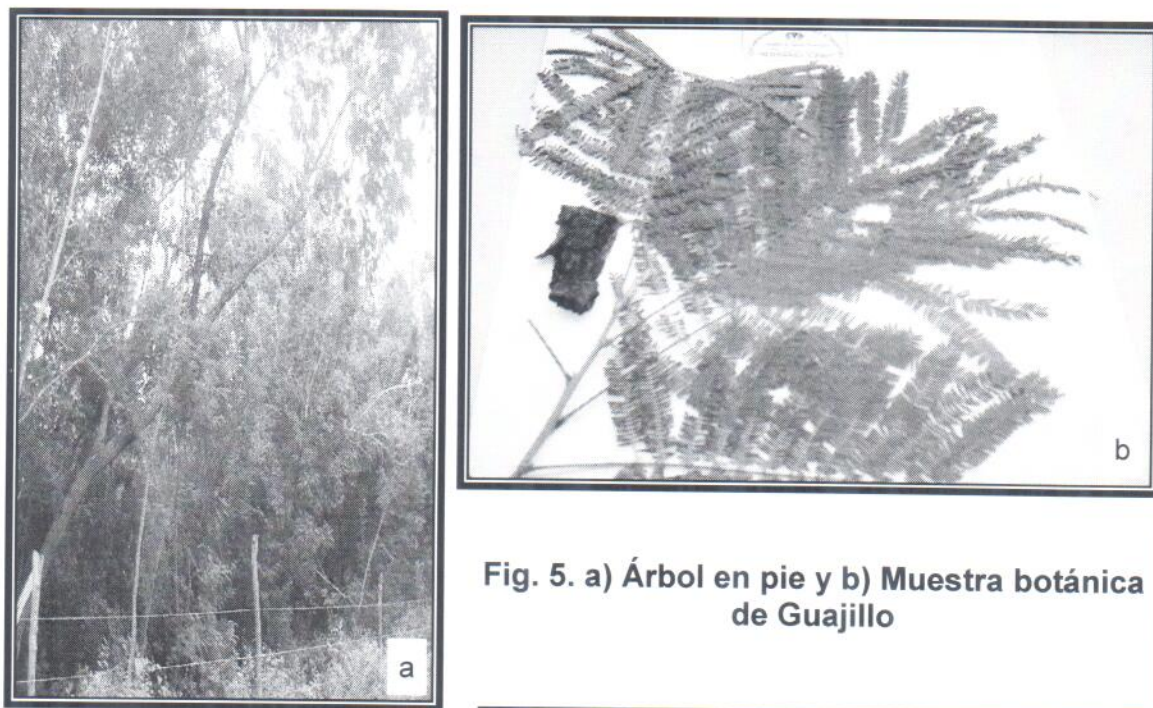


Fig. 5. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Guajillo

5.5 *Drypetes lateriflora* (Swartz) Drug & Urban. Euphorbiaceae

5) Reventón. Árbol de hasta 12 m de altura y 25 cm de diámetro. Hojas simples, alternas, ovado-lanceoladas u ovadas, de 7 x 2 a 12 x 4 cm, margen entero, agudas a corto acuminadas, base aguda a muy obtusa y usualmente asimétrica. Especie dioica. Flores densamente fasciculadas, estaminadas de 8 mm de ancho, con 4 estambres. Drupa subglobosa de 1 cm de largo, densamente tomentulosa. Crece en bosque tropical caducifolio y subperenifolio en altitudes desde 150 a 890 msnm. Tamps., S. L. P., Qro., Hgo., Ver. y Chis.; (Standley y Steyermark, 1958).



Fig. 6. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Reventón

5.6 *Esenbeckia berlandieri* Baill. Rutáceae

6) **Limoncillo (Jopoy).** (Tamaulipas). Árbol de 4.5 a 6 m, de hojas alternas compuestas de 3 a 5 folíolos, de 4 a 17 cm, con puntos glandulosos; flores pequeñas, en panículas; fruto, una cápsula. Tamaulipas, Veracruz, Guerrero y San Luís Potosí. (Standley), (Martínez, 1979).



Fig. 7. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Limoncillo

5.7 *Lysiloma divaricata* (Jacq.) Macbride. Leguminosae

7) Rajador (Mauto). (Baja California y Sonora). Arbusto o árbol de 3 a 18 m con hojas bipinadas, compuestas de 6 a 13 pares de pinas y éstas con numerosas hojuelas de 7 mm; flores en cabezuelas globosas y blancas; fruto, una vaina de 9 a 15 cm. La corteza es tanante. Baja California y Sonora a Veracruz y Oaxaca. (González Ortega), (Martínez, 1979).



Fig. 8. a) Árbol derribado y b) Muestra botánica de Rajador

5.8 *Robinsonella discolor* Rose & E. G. Baker. Malvaceae

8) Malva (Jonote). Árbol hasta de 15 m de altura; caducifolio; las ramitas jóvenes puberulentas pero pronto glabrescentes; flores en racimos con pétalos de 8 a 12 mm de largo, de color blanco, con floración de enero a abril; semillas de 2.5 mm de largo, diminutamente pubescentes. Méx., Tamps., S. L. P., Gto., Qro., Hgo., y Ver., (Fryxell, 1993).

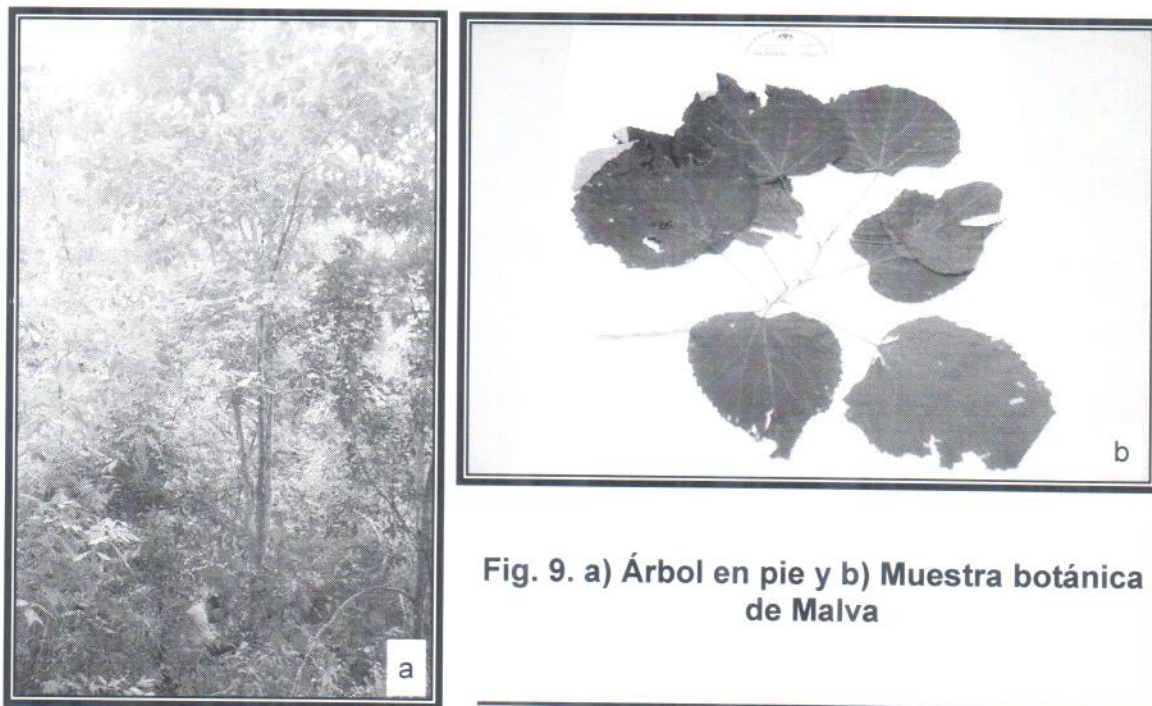


Fig. 9. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Malva

5.9 *Sapindus saponaria* L. Sapindaceae

9) Jaboncillo. Árbol hasta de 30 m de hojas pinadas con 5 a 17 hojuelas linear-lanceoladas u oblongas de 5 a 18 cm, asimétricas; flores blanquecinas de 4 mm, en panículas; fruto globoso de 1 a 1.5 cm con pulpa translúcida que contiene saponina. Común en climas cálidos y semicálidos. (Ramírez y Alcocer), (Martínez, 1979).

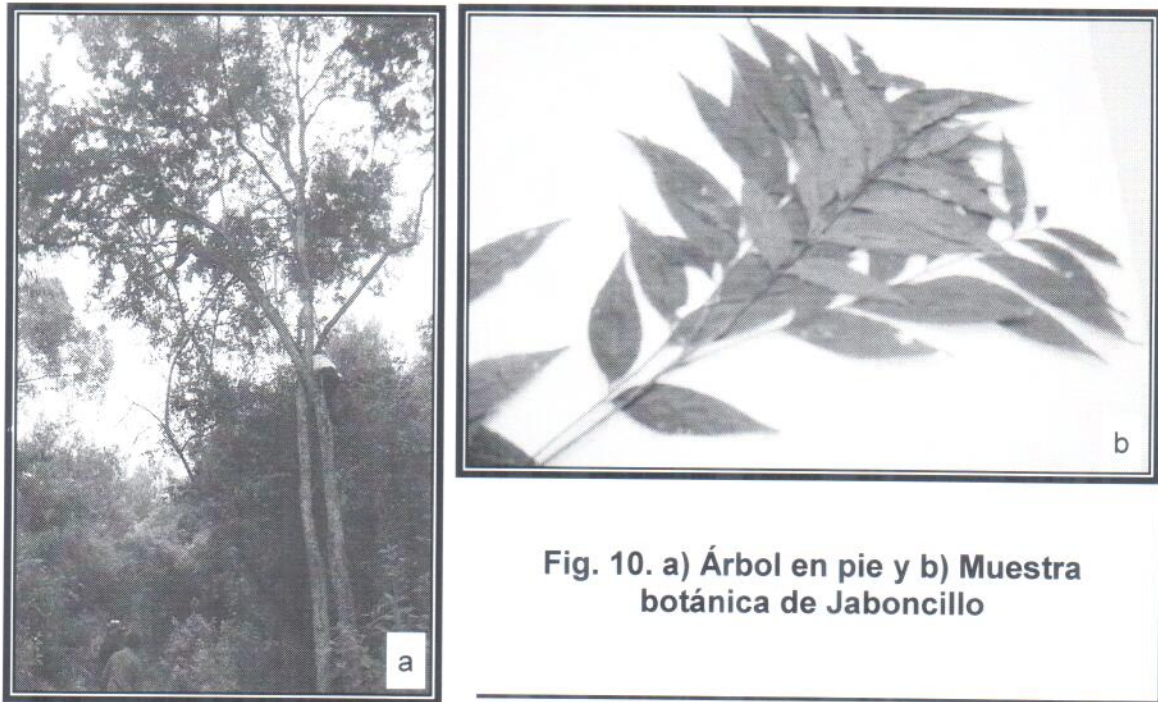


Fig. 10. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Jaboncillo

5.10 *Harpalyce arborescens* Gray.- Leguminosae

10) Chicharrilla (Quebracho). (SE. de San Luís Potosí). Arbusto o arbolillo de hojas compuestas con 7 a 11 hojuelas ovales o redondeado ovales, de 2.5 a 3 cm, lisas debajo; flores papilionadas, en racimos; vaina ancha y corta, de dos valvas. San Luís Potosí, Veracruz y Hidalgo. (Rzedowski), (Martínez, 1979).

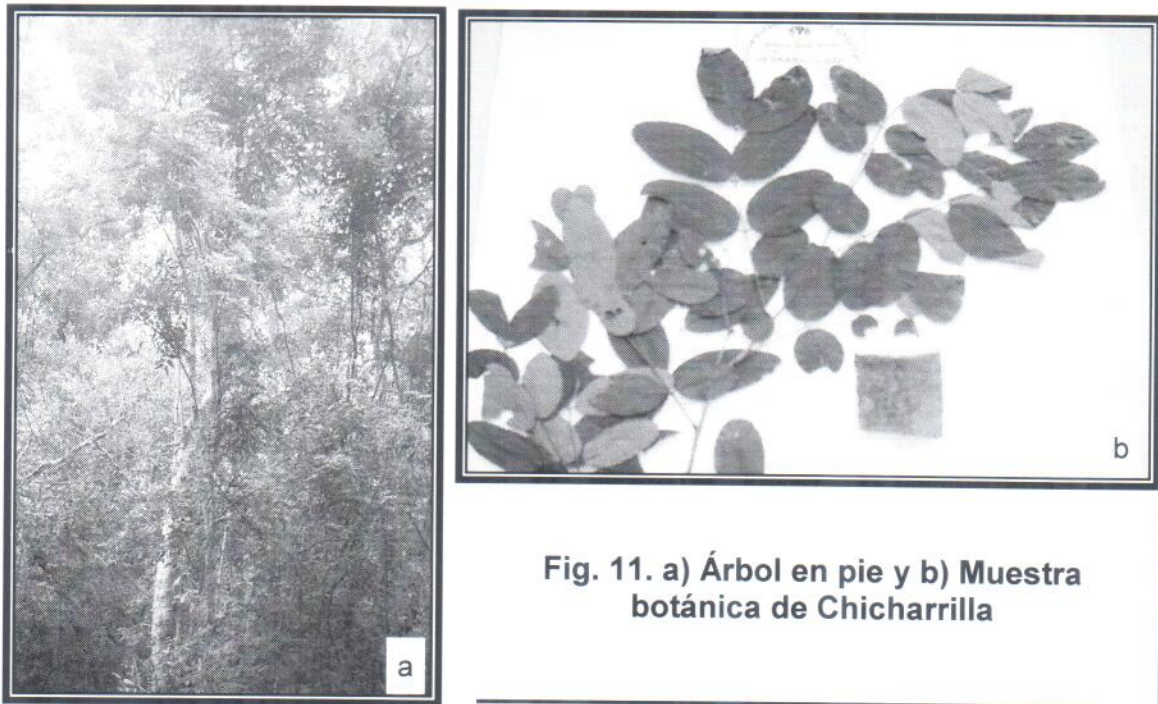


Fig. 11. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Chicharrilla

5.11 *Wimmeria concolor* Schl. Et Cham.- Celastráceae

11) Volantín (Pimientilla). Tamaulipas. Arbolillo o árbol hasta de 12 m con hojas alternas, ovadas a lanceolado-ovadas de 4 a 6 cm, crenado-aserradas; flores pentámaras; fruto samaroide de 2 a 3 cm con 3 alas. Tamaulipas, San Luís Potosí y Veracruz. (Standley), (Martínez, 1979).

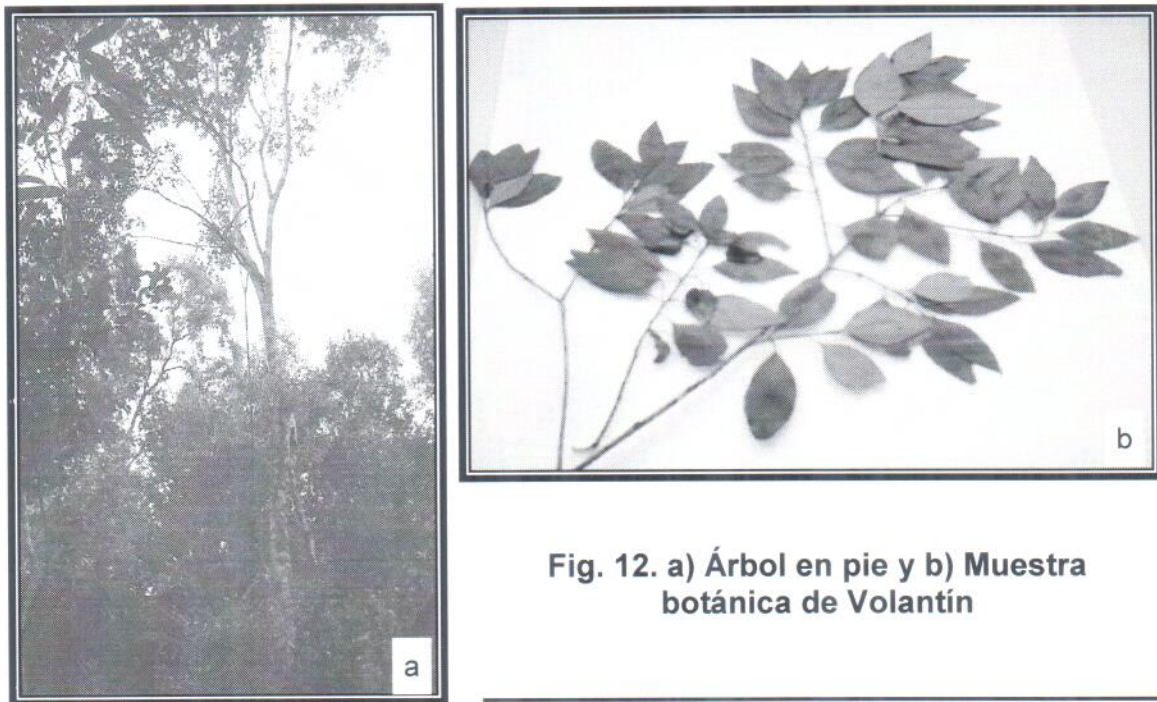


Fig. 12. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Volantín

5.12 *Krugiodendrom ferreum* (Vahl). Urban. Ramnáceae

12) Hueso de tigre (Quebrahacha). Yucatán. Árbol de unos 10 m, de hojas subopuestas, ovadas u ovaless de 2 a 7 cm, obtusas o emarginadas; flores en grupos axilares; fruto drupáceo, negro de 5 a 8 mm. Yucatán, O. de Bacalar, Quintana Roo, Minas de San Rafael y San Luís Potosí, (Martínez, 1979).

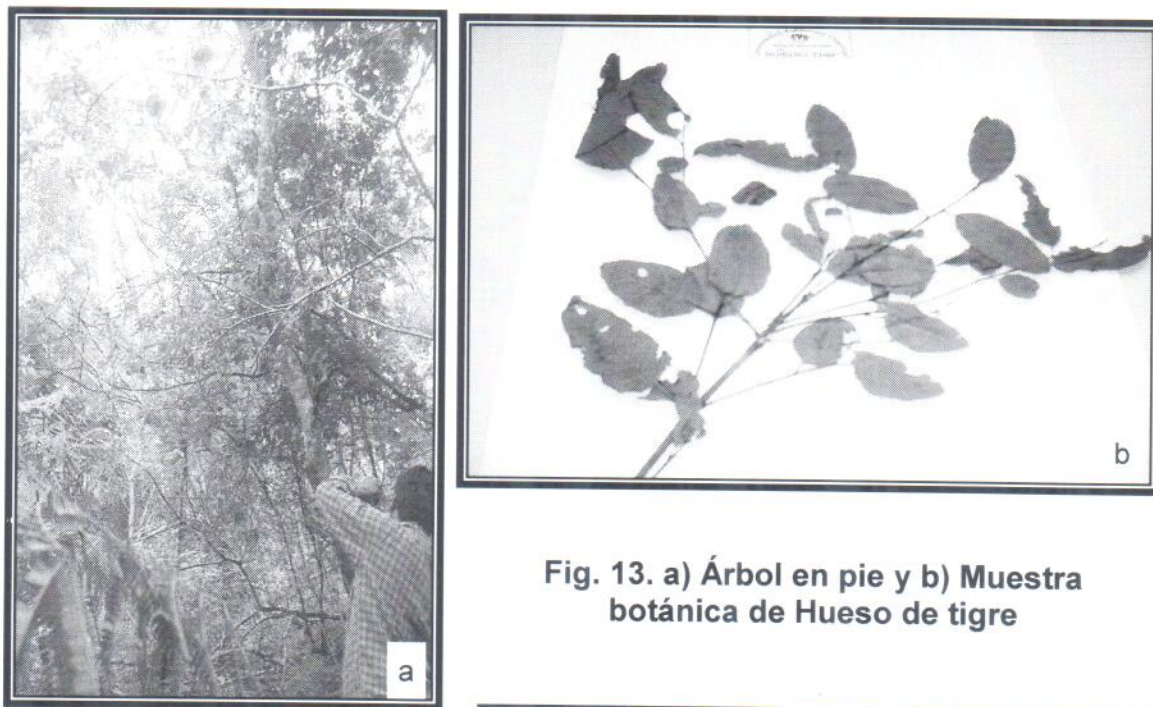


Fig. 13. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Hueso de tigre

5.13 *Ebanopsis ebano* (Berl.) Britton & Rose. Leguminosae

13) Ébano. Árbol de hasta 15 m de altura y d. a. p. de hasta de 80 cm, con el tronco derecho; pocas ramas, gruesas y ascendentes; copa densa y oscura; corteza externa fisurada y escamosa en piezas largas y gruesas, moreno oscura, de 11 a 15 mm; hojas pubescentes; flores en espigas de 4 a 6 cm de largo, pubescentes, con aroma dulce; frutos en vaina, un poco aplanada, de 12 a 17 cm de largo y 3 a 3.5 de ancho, muy leñosa y morena. Ver., Yuc., y por las costeras del Golfo de México, (Penington y Sarukhán, 1998).

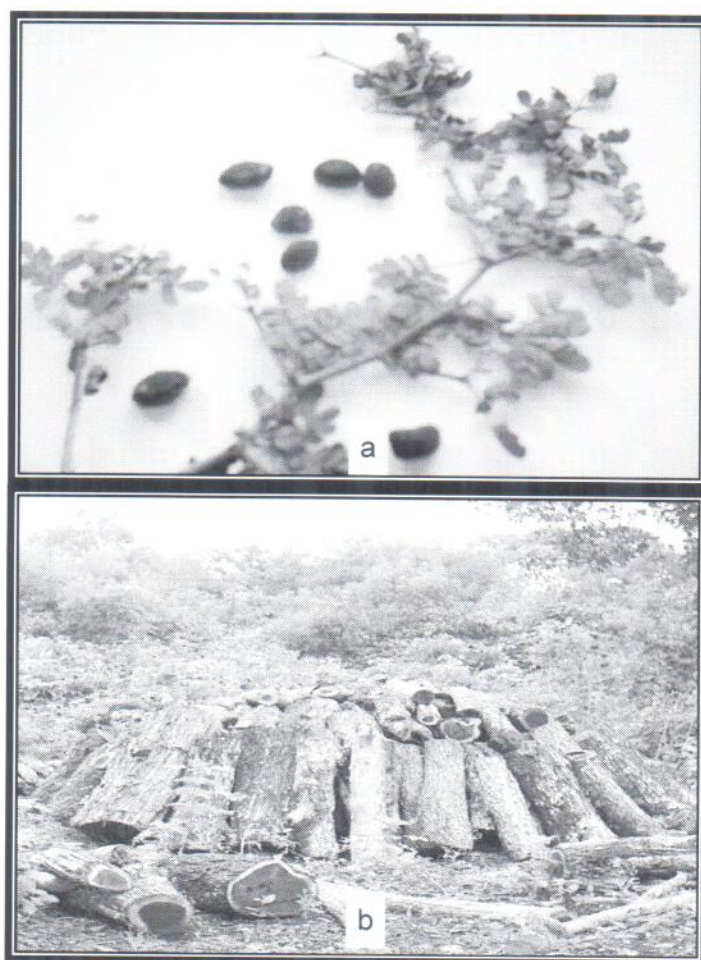


Fig. 14. a) Muestra botánica y b) Madera de ébano

5.14 *Pithecellobium pallens* (Benth.) Standl. Mimosaceae

14) Tenaza. Árbol de 1 a 6 m de altura, puberulento; inflorescencia en cabezuelas de 1.5 a 2.3 cm de diámetro, en racimos terminales, de color amarillo; fruto oblongo, de 5 a 15 cm de longitud y 1 a 1.8 cm de ancho, aplanado, recto, dehiscente y de color verde a café oscuro; semillas de 3 a 15 por fruto, con 7 mm de diámetro y son de color café rojizo. Tamps., S. L. P., Dgo., N. L., Gto., Hgo., Méx. y Coah., (Carranza y Villarreal, 1997).

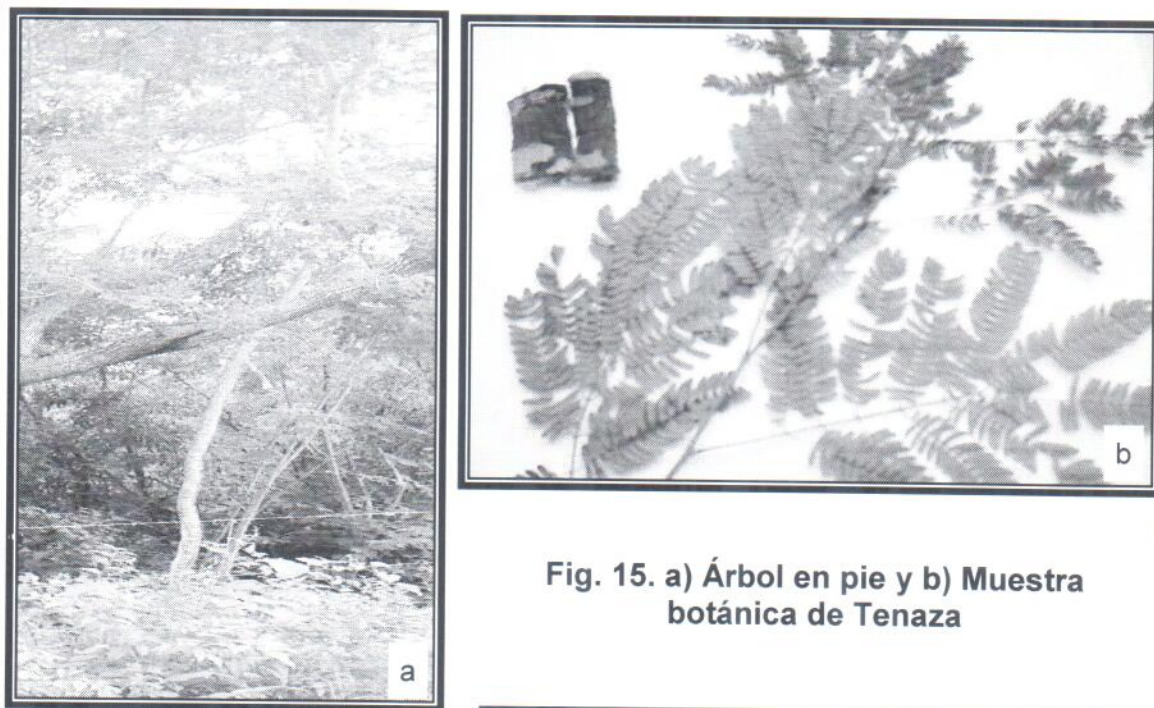


Fig. 15. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Tenaza

5.15 *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.- Rutáceae

15) Uña de gato. (Tamaulipas). Arbusto o árbol de 10 m de color intenso, corteza cubierta de protuberancias suberosas; ramas espinosas; hojas alternas imparipinadas, con el raquis alado; 5 hojuelas de 5 a 25 mm; flores pequeñas, amarillo-verdosas; unisexuales, madera amarilla y dura. Baja California y Sinaloa a Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. (Standley), (Martínez, 1979).

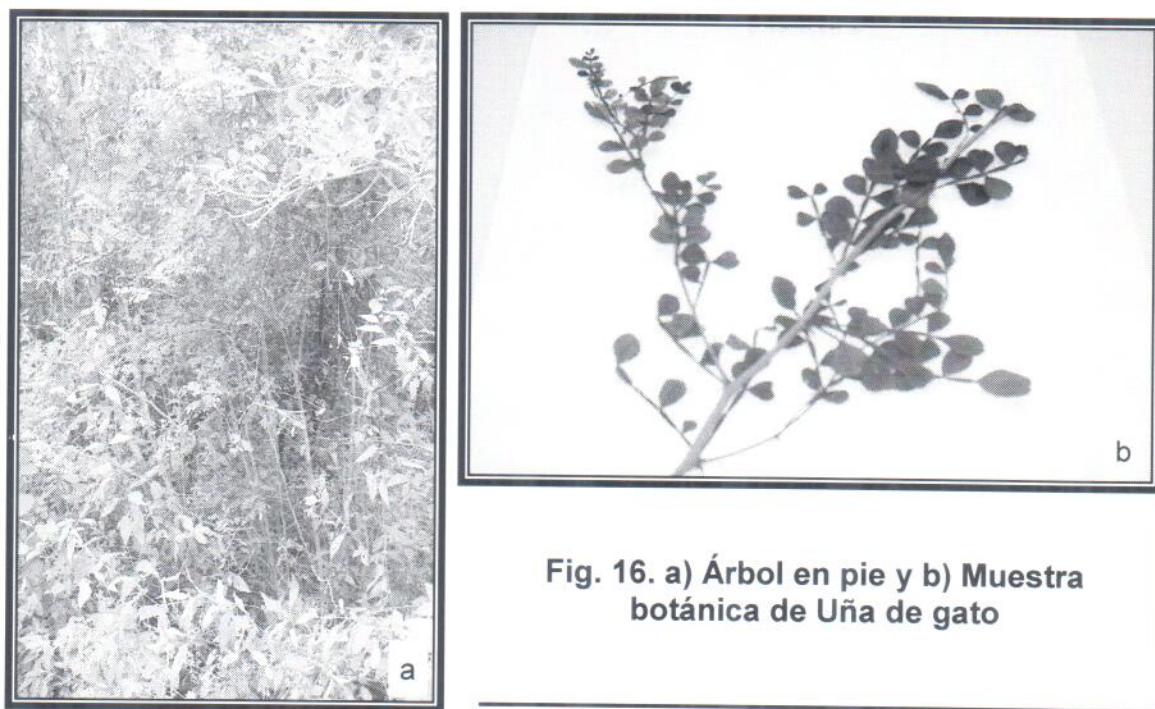


Fig. 16. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Uña de gato

5.16 *Cordia boissieri* DC. Boragináceae

16) Nacahua (Anacáhuatl). Arbusto o arbolillo hasta de 8 m, de corteza gruesa y gris; hojas ovadas a oblongas de 8 a 12 cm, ásperas arriba, tomentosas abajo; flores monopétalas, blancas, con garganta amarilla; fruto ovoide de 2.5 a 3 cm, moreno rojizo, dulce y comestible. Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luís Potosí, Guanajuato y Michoacán. (Ramírez Alcocer), (Martínez, 1979).

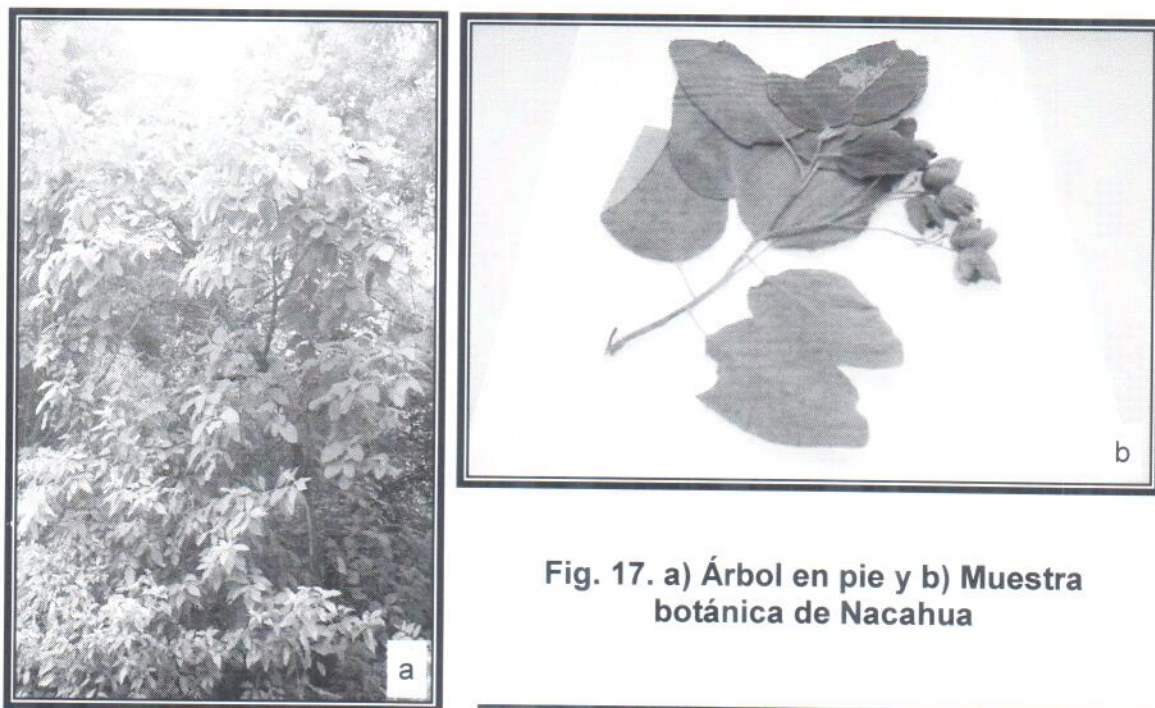


Fig. 17. a) Árbol en pie y b) Muestra botánica de Nacahua

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 MATERIALES

6.1.1 Equipo de campo

Para la colecta de las rodajas de madera se utilizó el siguiente equipo: lápiz tinta, etiquetas, motosierra, cámara digital, prensas, periódico, cinta adhesiva, hilo, pistola Haga, cinta métrica, plástico adherible para cubrir las rodajas, pintura vinílica, GPS (geoposicionador) y altímetro.

6.1.2 Equipo de laboratorio

Una vez que se tuvieron las rodajas del fuste de 2 árboles de cada especie en el laboratorio, se hizo uso de microscopio estereoscópico, lámpara, microscopio compuesto, horno de laboratorio, analizador de imágenes, balanza de precisión, reactivos (ácido acético, xilol, peróxido de hidrógeno, formol, agua destilada, glicerina, resina sintética (Entellan), acetona), colorantes (pardo de Bismark), porta y cubreobjetos, Tablas Munsell, vernier digital, lápiz, plantillas metálicas, tinta, regla, cajas de malla, vaso de precipitado, xilohigrómetro de contacto, frascos, etiquetas, máquinas: sierra cinta y circular, cepillo, potenciómetro y cámara digital.

6.2 MÉTODOS

6.2.1 Metodología de campo

Dado que el objetivo fundamental de esta investigación fue determinar las características y propiedades de las maderas y el grado que éstas cumplen para ser aprovechadas en la fabricación de tableros de partículas y de fibra, el estudio inició con la colecta de por lo menos 2 árboles de cada especie; para ello se contó con el apoyo del personal del ejido. De cada especie se colectaron muestras botánicas, las cuales fueron analizadas en el herbario CHAP, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Del fuste comercial de cada árbol colectado se obtuvieron 2 rodajas. Se registraron las características de cada árbol, tales como: altura total y diámetro del fuste. Seleccionado el árbol se procedió a derribarlo, las rodajas se cortaron a partir de 1.30 m de la base, con un grosor de 5 cm.

6.2.2 Metodología de laboratorio

Se marcaron las rodajas de cada especie de madera con el número de identificación. Se calculó la proporción de albura y duramen al igual que para la corteza. En el laboratorio se sumergieron en agua hasta su proceso de corte y se marcó el diagrama de corte en cada rodaja, de acuerdo con la Figura 18, en donde los primeros dos dígitos indican el número de la especie de madera y los segundos dos el número de probeta, la letra señala si se trata de duramen o

Fig. 18. Diagrama para la marcación de las muestras para cortes microscópicos, densidad, material disociado y pH, de las rodajas. a) para rodajas de diámetro <20 cm; b) para rodajas de diámetro >20 cm

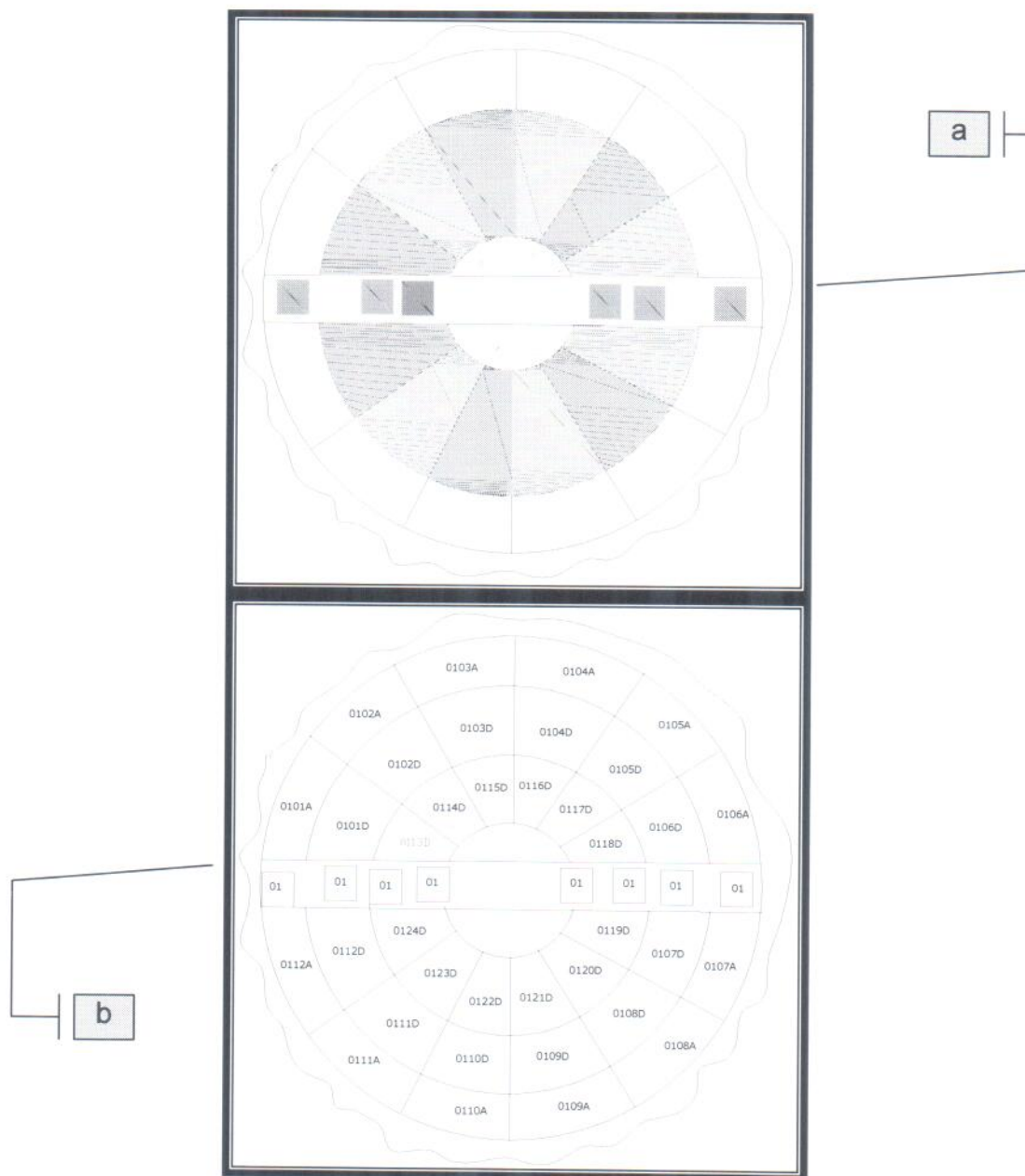




Fig. 19. Rodaja de madera marcada de *Myrcianthes fragrans* (pimientilla)

Se obtuvieron las probetas para la evaluación de: densidad superior al PSF, densidad normal, densidad anhidra y densidad básica. De esas mismas probetas, se seleccionaron algunas para descripción macroscópica: color e hilo, otras para la obtención de material disociado, para medición de fibras y otras para la evaluación del pH.

6.2.2.1 Caracterización macroscópica

Se obtuvieron tablillas de cortes típicos transversal, longitudinal radial y tangencial, de albura y de duramen por separado de cada especie, provenientes de las probetas usadas para determinar las densidades. Se determinaron las siguientes características:

- Color de la madera (albura y duramen). Según la Tabla Munsell, (1998), en forma comparativa

- Hilo de la madera. Se observó la dirección de los elementos constitutivos de la madera con referencia al eje axial. La clasificación se hizo según Tortorelli, (1956)

6.2.2.2 Elaboración de material disociado

De una probeta seleccionada de la parte media de la rodaja de cada especie, se desprendió una pequeña porción de astillas, las cuales se colocaron en frascos de vidrio (previamente etiquetados con el número de la especie), junto con la solución disociadora formada por 50 % de ácido acético glacial al 20 % y 50 % de peróxido de hidrógeno al 30 %; se sellaron y se colocaron en un horno a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Se eliminó la solución disociante; las astillas se lavaron con agua destilada hasta eliminar los residuos de la solución. Para separar las fibras se agitaron las astillas con agua hasta su disociación total. Se agregaron 5 gotas de Pardo de Bismark para teñir, se enjuagó con agua destilada hasta que se eliminó el colorante. Finalmente, se elaboraron preparaciones temporales con el fin de medir la longitud, diámetro, grosor de pared y ancho del lumen de las fibras.

6.2.2.2.1 Medición de las dimensiones de las fibras

La medición de las fibras se realizó en el analizador de imágenes y con el programa IM1000, se midieron sólo aquellas que estaban completas, empleando diferentes objetivos (10x, 20x y 40x), ver Figura 20. El grosor de paredes se obtuvo restando el diámetro del lumen al diámetro total de la fibra.

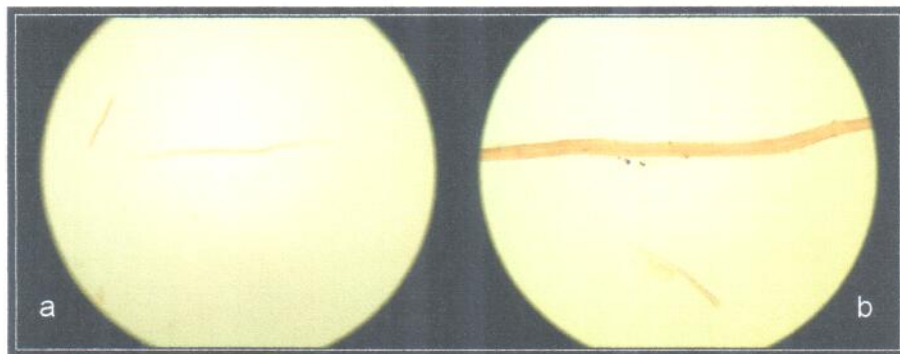


Fig. 20. Fibra de madera de *Myrcianthes fragrans* (pimientilla), a) para medir la longitud de la fibra y b) para medirle el diámetro

6.2.2.2.2 Tamaño de muestra

Para cumplir con los objetivos de la investigación fue necesario determinar un tamaño de muestra para cada una de las especies estudiadas. Una vez que se disoció el material a medir, se tomó una muestra preliminar de 20 fibras con el propósito de obtener la media y la varianza que se utilizaron para determinar el tamaño de muestra, el cual se obtuvo con la siguiente fórmula (Freeze, 1962):

$$n = \frac{t^2 * S^2}{e^2}$$

donde:

n = Tamaño de muestra

t = Valor de tablas de la distribución t con n-1 g.l. y un nivel de significancia α

S^2 = Varianza de la variable

e = Error reducido al 5 %

Por otra parte,

$$e = \frac{\bar{X} \cdot \gamma}{100}$$

donde:

e = Error reducido al 5 %

$\bar{X}$ = Media de la variable

γ = Porcentaje al que se desea reducir el error

Lo anterior se aplicará para cada una de las especies debido a que existe variación entre ellas.

6.2.2.2.3 Índices de calidad de pulpa de las fibras de madera

Es necesario tomar en cuenta los aspectos morfológicos de la materia prima (fibras), con el fin de destinarla a elaborar tableros de fibra, para lo cual se han determinado índices o coeficientes que relacionan las diferentes dimensiones de las fibras entre sí, resultando valores que ayudan a conocer la calidad de la pulpa (Fuentes, 1987). Dichos índices se describen a continuación:

Coeficiente de rigidez (2P/D)

El Coeficiente de Rigidez, es la relación existente entre la magnitud de la pared celular (2P) y el diámetro total de la fibra (D), considerando para ello dos veces el espesor de la pared. El Coeficiente de Rigidez (CR), se obtiene con la formula:

$$CR = \frac{2P}{D} = \frac{\text{Grosor de las paredes de la fibra}}{\text{Diámetro de la fibra}}$$

Este coeficiente es importante, para saber que tan gruesa relativamente, es la pared celular de las fibras. Se clasificaron los valores de acuerdo a Petroff, G. y D. Normand (1968).

Relación de Runkel

Este índice relaciona el grosor de la pared de las fibras con el diámetro del lumen, pero además, da una referencia de la calidad de las mismas para la elaboración de papel o tableros de fibra. Se calcula con la expresión:

$$\text{Relación de Runkel} = \frac{2P}{dl} = \frac{\text{Grosor de las paredes de la fibra}}{\text{Diámetro del lumen}}$$

La clasificación se hizo de acuerdo con Fuentes, (1987).

Coeficiente de flexibilidad

Otra forma más de cómo saber la proporción que guarda la pared celular respecto al diámetro de una fibra, es el coeficiente de flexibilidad (CF), el cual puede mostrar con sus valores, la tendencia al aplastamiento de las fibras en su uso para papel o tableros; se obtiene por medio de la relación:

$$\text{Coeficiente de flexibilidad} = \frac{dl}{D} = \frac{\text{Diámetro total del lumen}}{\text{Diámetro total de la fibra}}$$

Este coeficiente se clasificó, según lo propuesto por Fuentes (1987).

Coeficiente de Peteri o Índice de Esbeltez

El Coeficiente de Peteri o Índice de Esbeltez (IE), es una relación de la longitud de la fibra con el diámetro de la misma y se representa de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Esbeltez} = \frac{L}{D} = \frac{\text{Longitud de la fibra}}{\text{Diámetro de la fibra}}$$

Para este último índice de Peteri, no se encontró clasificación alguna, pero su número por sí mismo indica cuan larga es una fibra respecto a su diámetro.

6.2.2.3 Evaluación de las densidades de las maderas

La densidad es la cantidad de materia que existe en una pieza por unidad de volumen. Para la determinación de las densidades inicialmente se obtuvieron piezas de tamaño arbitrario. En el caso de la madera, esta propiedad se ve influenciada por el Contenido de Humedad (CH) de la misma debido a que es higroscópica, por esta razón se determinan varios tipos de densidades. Las densidades se evaluaron siguiendo la norma ASTM D-143 secundaria (ASTM, 2000).

Se obtuvieron los valores estadísticos de tendencia central y de dispersión para cada tipo de densidad y para cada especie - Media, Desviación estándar, Coeficiente de variación, Máxima y Mínima -.

6.2.2.3.1 Densidad superior al PSF

Una vez marcadas y cortadas las probetas de duramen y albura, todas excepto la marcada con el primer número, se pesaron directamente en la balanza con una precisión de 0.1 g y se procedió a determinar el volumen de cada probeta por el método de inmersión y desplazamiento de agua, como lo indica la Figura 21. Se registraron los datos como peso al H (humedad) % (P_H) y volumen al H % (V_H). Esto para cada probeta y especie.



Fig. 21. a) Obtención del peso y b) El volumen de las probetas de madera

Posteriormente, se evaluó la densidad superior al PSF de cada probeta ($D_H = P_H / V_H$). Realizado lo anterior, se colocaron las probetas sobre una parrilla de alambre y se dejaron a la intemperie en el Laboratorio de Anatomía de la Madera, hasta que registraron un peso constante.

6.2.2.3.2 Densidad normal (D_h)

Relaciona el peso de la madera a un contenido de humedad de equilibrio o al 12%, por unidad de volumen a ese mismo contenido de humedad.

Una vez comprobado el peso constante, se volvieron a pesar y volumetrear las probetas, registrando esos valores como peso a un determinado porcentaje de humedad (al H %) (Ph) y volumen al H % (Vh). Se calculó de la siguiente forma:

$$Dh = \frac{Ph}{Vh}$$

donde:

Dh : Densidad normal al H % de CH (g/cm^3)

Ph : Peso de la muestra al H % de CH (g)

Vh : Volumen de la muestra al H % de CH (cm^3)

6.2.2.3.3 Densidad anhidra (Do)

Relaciona el peso anhidro de la madera por unidad de volumen anhidro. Registrados los pesos y volúmenes normales, las probetas se colocaron en un horno a una temperatura de 103 ± 2 °C, se dejaron ahí hasta obtener peso constante, el cual se consideró como estado anhidro; hasta entonces se pesó y "volumetreo"; se registraron esos valores como peso anhidro (Po) y volumen anhidro (Vo). La densidad anhidra se expresa de la siguiente forma:

$$Do = \frac{Po}{Vo}$$

donde:

Do : Densidad anhidra (g/cm^3)

Po : Peso anhidro (g)

Vo : Volumen anhidro (cm^3)

6.2.2.3.4 Densidad básica (*Db*)

Relaciona el peso anhidro de la madera por unidad de volumen en estado verde. Se determinó la densidad básica utilizando el valor del peso anhidro (*Po*) y el volumen verde (*Vv*) de cada una de las probetas. Se calculó con la expresión:

$$Db = \frac{Po}{Vv}$$

donde:

Db: Densidad básica (g/cm³)

Po: Peso anhidro (g)

Vv: Volumen verde (cm³)

6.2.2.4 Agrupación de especies respecto a su densidad básica

Con el propósito de obtener una agrupación de acuerdo a su densidad básica de las 16 especies, se realizó un análisis de varianza considerando a las especies como tratamientos; es decir, se hizo un análisis de un diseño experimental completamente al azar, cuyo modelo está definido por:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_j + e_{ij} ; \quad i = 1, 2, \dots, r$$

$$j = 1, 2, \dots, t$$

donde:

y_{ij} = Respuesta obtenida en la *i*-ésima repetición con el *j*-ésimo tratamiento

μ = Media general

α_j = Efecto del *j*-ésimo tratamiento

e_{ij} = Error aleatorio, $e \sim N(0, \sigma^2)$

Una vez realizado el análisis de varianza se procedió a llevar a cabo una comparación de medias a través de la prueba de t; en este caso existió diferencia significativa entre tratamientos (especies), por lo que se procedió a la agrupación de las 16 especies.

6.2.2.5 Densidad Promedio Ponderada

Con el objeto de conocer con que densidad participa un determinado grupo de maderas durante la elaboración de un tablero, se recurrió a obtener el resultado de la Densidad Promedio Ponderada (DPP). La DPP permite también variar la proporción en peso de cada madera para un tipo de tablero en particular. La DPP de una mezcla de especies, se puede calcular empleando la fórmula siguiente (Poblete, 2001):

$$DPP = \left(d_1 \cdot \frac{P_1}{100} \right) + \left(d_2 \cdot \frac{P_2}{100} \right) + \dots + \left(d_n \cdot \frac{P_n}{100} \right) = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n d_i P_i$$

donde:

DPP = Densidad Promedio Ponderada

$d_{1,2,\dots,n}$ = Densidad básica de la especie (kg/m^3)

$P_{1,2,\dots,n}$ = Proporción en peso de la participación de la especie (%)

Durante el trabajo se utilizó la densidad básica de las 16 spp, se calculó el porcentaje de participación adecuado de cada una de las maderas para conformar el tablero. Posteriormente, el valor de la DPP se sustituyó por el de la

densidad básica en la formula de la RC, verificándose que no resultará menor o igual a 1.

6.2.2.6 Relación volumen de madera – volumen de tablero

Un tablero está compuesto de madera seca, adhesivo, agua y aire; la variable con mayor participación en la fabricación de tableros es la madera seca y en esta influye su densidad básica. Para conocer el valor de las variables, es recomendable calcularlas por separado. Se eligió la madera de 16 spp destinadas hacia la producción de tableros de partículas de densidad media y tableros de fibras duros. El análisis, en este caso inició pretendiendo teóricamente elaborar tableros de partículas utilizando para ello sólo un tipo de madera; una vez concluido el procedimiento con especies individuales, se agruparon las maderas con densidad similar y con la densidad media de los grupos se calculó el volumen de madera requerido para un metro cúbico de tablero.

A manera de ejemplo, se trabajó bajo las condiciones siguientes: Relación de Encolado (RE)= 8 %, CH final= 10 % y con un tablero de 19 mm * 1.22 m * 2.44 m, por ser uno de los tableros con las dimensiones más comerciales.

Se utilizaron las siguientes fórmulas³:

PTT = Peso de la Madera Seca + Peso del Adhesivo + Peso del Agua

PTT = Densidad del tablero * Volumen del tablero

³ Tomado de Apuntes de Tableros Aglomerados, propiedad de Fuentes Salinas, M., Noviembre de 2005.

$$PTT = PMS + X_1 PMS + (X_2 (PMS + X_1 PMS))$$

donde:

PTT = Peso Total del Tablero (kg)

PMS= Peso de la Madera Seca (kg)

X_1 = Peso del adhesivo (%)

X_2 = Peso del agua (%)

En esta formula el peso del adhesivo es el producto de la RE (expresada en porcentaje) por el PMS. El peso del agua del tablero es el producto del CH (expresado en porcentaje) por el PMS más el peso del adhesivo.

El despeje para determinar el PMS es como sigue:

$$PTT = PMS + X_1 (PMS) + X_2 (PMS + X_1 (PMS))$$

$$PTT = PMS (1 + (X_1 (1)) + (X_2 (1 + X_1 (1)))) = PMS (1 + X_1 + X_2 (1 + X_1))$$

$$PTT = PMS (1 + X_1 + X_2 + X_2 X_1)$$

Por lo tanto,

$$PMS = \frac{PTT}{(1 + X_1 + X_2 + X_2 X_1)}$$

Sustituyendo en esta formula los valores de las condiciones de trabajo se tiene:

$$PTT = PMS \left\{ 1 + \frac{8}{100} + \frac{10}{100} + \left[\left(\frac{10}{100} \right) \left(\frac{8}{100} \right) \right] \right\}$$

$$PTT = PMS (1.188)$$

$$PMS = \frac{PTT}{1.188}$$

6.2.2.7 Razón de Compresión

La Razón de Compresión (RC) determina el grosor que finalmente tendrá el tablero a fabricar y en esta intervienen la densidad del tablero y la densidad básica de la madera. En este contexto, se manejaron las densidades medias (400-800 kg/m³) de los tableros de partículas y el rango de 800 a 1200 kg/m³ para tableros de fibras duros, una vez identificadas las densidades del tablero, se relacionaron ambas individualmente con la densidad básica de la madera de las 16 spp. En una etapa posterior se relacionó la densidad del tablero con la densidad de la madera obtenida de mezclas de especies.

La RC se expresa según la fórmula siguiente:

$$RC = \frac{\text{Densidad del tablero}}{\text{Densidad de la madera}}$$

La RC expresa además la cantidad de madera requerida para fabricar el tablero. Por ejemplo; si se desea fabricar un tablero con una densidad de 600 kg/m³ y se cuenta con una madera de densidad de 400 kg/m³, la RC indica que el grado de compactación será de 1.5, es decir, 1.5 m³ de madera para 1 m³ de tablero. Si al cálculo anterior se agrega el rendimiento o grado de aprovechamiento de la maquinaria instalada, se podrá determinar el Coeficiente de Conversión tal como se indica en el ejemplo siguiente:

$$RC = 1.5$$

$$\text{Rendimiento de la Planta (RP)} = 80\%$$

$$\text{Coeficiente de Conversión (CC)} = RC + (RC \cdot 1 - (RP / 100))$$

Con las condiciones anteriores el coeficiente de conversión alcanza a 1.8 m³ de madera por cada m³ de tablero. Conociendo el factor de conversión, la capacidad de producción de la planta y el crecimiento medio anual del bosque, se puede llegar a determinar la superficie teórica de bosque necesaria para abastecer la industria (Poblete, 2001).

6.2.2.8 Superficie Específica

Es importante conocer el área de contacto del adhesivo (resina) con las dimensiones de las partículas a utilizar cuando se piensa en la elaboración de tableros, debido a que el mayor o menor porcentaje de participación del adhesivo determina por un lado la resistencia del tablero y por otro lado, puede haber un gasto excesivo del mismo.

La densidad y espesor son los factores más importantes para la determinación de la superficie específica (SE) de las partículas, la cual se calcula de acuerdo con la fórmula desarrollada por Klauditz, (Poblete, 2001):

$$S.E. = \frac{0.2}{e * d}$$

donde:

S.E.: Superficie Específica (m²/100g)

d: Densidad (g/cm³)

e: Espesor (mm)

Se calculó la SE para tableros de partículas de densidad media utilizando un espesor de partícula de 0.5 mm y la densidad básica de la madera, de manera individual y con grupos de especies.

6.2.2.9 Determinación del pH

De la primera probeta numerada de duramen de cada especie, se desprendió una porción de madera, la cual se cortó en pequeñas astillas del tamaño de un fósforo; estas astillas se molieron hasta obtener un polvo. Se tomó una muestra de 20 g de polvo de madera y se “dispersaron” en 200 ml de agua destilada y se mantuvieron en agitación por un período de 4 horas; posteriormente se midió el pH con un ph metro (potenciómetro) como el de la Figura 22 (Poblete, 1989). Para este caso en particular, por falta de molino, se hizo una modificación a la metodología anterior, debido a ello, las astillas se dejaron durante 48 horas en agua destilada y se procedió a realizar la medición del pH en las 16 maderas.



Fig. 22. Potenciómetro y medición del pH de la madera

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 Proporción de albura y duramen

En la Figura 23 se presentan las imágenes de las rodajas de cada una de las especies estudiadas, en ellas se aprecia la proporción de albura y duramen que presentaron los árboles muestreados.



Fig. 23. Rodajas de madera de a) pimientilla, b) magüira, c) zapotillo, d) guajillo, e) reventón, f) limoncillo, g) rajador, h) malva, i) jaboncillo, j) chicharrilla, k) volantín, l) hueso de tigre, m) ébano, n) tenaza, ñ) uña de gato y o) nacahua

De las 16 especies, la madera de reventón, malva, volantín y nacahua (Figura 23, e), h), k) y o)), no presentaron diferencia de color entre albura y duramen; mismas que se pueden verificar en la Tabla 9.

Tabla 9. Proporción de corteza, albura y duramen

No. rodajas	$\bar{X}$ Dcc (cm)	$\bar{X}$ Dsc (cm)	$\bar{X}$ Cort. (cm)	% Cort.	$\bar{X}\%$ Cort.	$\bar{X}$ D alb (cm)	$\bar{X}$ D dur (cm)	% Alb.	$\bar{X}\%$ Alb.	% Dur.	$\bar{X}\%$ Dur.
Pimientilla (<i>Myrcianthes fragrans</i> (S W.) McVaugh var. Fragrans)											
2	16.0	15.2	0.85	5.3	5.1	2.0	13.4	12.2	19.5	83.4	75.4
	12.1	11.5	0.60	5.0		3.3	8.2	26.9		67.4	
Magüira (<i>Phoebe tampicensis</i> Mez)											
3	26.5	25.7	0.80	3.0	3.3	12.8	12.2	48.2	44.4	50.3	50.8
	22.4	21.5	0.90	4.0		8.3	12.8	36.9		61.5	
	27.5	26.8	0.75	2.7		13.2	13.6	48.0		50.7	
Zapotillo (<i>Casimiroa pringley</i> (S. Wats.) Engl.)											
2	13.3	12.5	0.85	6.4	5.9	4.9	7.9	36.5	30.5	59.0	62.4
	10.2	9.7	0.55	5.4		2.5	6.7	24.5		67.5	
Guajillo (<i>Acacia berlandieri</i> Benth.)											
3	19.9	18.0	1.95	9.8	11.8	2.3	15.7	11.6	11.1	78.9	78.5
	23.4	20.7	2.65	11.3		2.2	18.6	9.4		79.4	
	20.4	17.5	2.90	14.2		2.5	15.8	12.3		77.2	
Reventón (<i>Drypetes lateriflora</i> (Sw.) Drug et Urban)											
2	17.9	17.0	0.90	5.0	4.3	No diferenciado					
	19.4	18.7	0.70	3.6							
Limoncillo (<i>Esenbeckia berlandieri</i> Baill.)											
3	28.7	27.3	1.35	4.7	4.7	4.7	22.7	16.4	19.1	79.2	76.0
	24.8	23.5	1.25	5.1		5.0	18.5	20.0		74.7	
	22.7	21.7	1.00	4.4		4.8	16.8	20.9		74.0	
Rajador (<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) Macbride)											
3	23.9	22.8	1.15	4.8	4.6	7.7	14.8	32.0	40.7	61.9	53.9
	21.8	20.8	1.00	4.6		9.0	11.6	41.4		53.1	
	19.2	18.3	0.85	4.4		9.3	9.0	48.6		46.7	
Malva (<i>Robinsonella discolor</i> Rose & E. G. Baker ex Rose)											
3	15.0	13.3	1.70	11.3	11.8	No diferenciado					
	15.0	13.2	1.75	11.7							
	13.7	12.0	1.70	12.5							

⁴ Jaboncillo (<i>Sapindus saponaria</i> L.)											
3	17.8	16.9	0.90	5.1		7.2	9.2	40.6		51.8	
	17.4	16.3	1.10	6.3	5.5	6.5	9.6	37.4	38.5	55.2	54.9
	16.5	15.7	0.85	5.2		6.2	9.5	37.6		57.6	
Chicharrilla (<i>Harpalyce arborescens</i> A. Gray)											
3	32.7	31.5	1.25	3.8		2.9	28.4	8.9		86.9	
	27.5	26.1	1.40	5.1	5.6	2.6	23.5	9.5	9.0	85.6	85.2
	25.7	23.7	2.05	8.0		2.3	21.4	8.8		83.1	
Volantín (<i>Wimmeria concolor</i> Schlecht. & Cham.)											
2	17.1	16.5	0.60	3.5							
	13.8	13.1	0.70	5.1	4.3				No diferenciado		
Hueso de tigre (<i>Krugiodendrom ferreum</i> (Vahl) Urban)											
2	21.2	20.3	0.95	4.5		4.4	15.9	20.8		74.8	
	15.2	14.2	1.05	6.9	5.7	3.7	10.2	24.3	22.5	67.1	70.9
Ébano (<i>Ebanopsis ebano</i> (Berl.) Britton & Rose)											
4	31.5	29.4	2.10	6.7		4.7	24.3	14.9		77.0	
	30.0	27.2	2.80	9.3		4.2	22.9	14.0		76.3	
	25.2	22.3	2.90	11.5	10.5	4.1	17.9	16.1	17.0	71.2	72.0
	15.8	13.5	2.25	14.3		3.6	10.0	22.9		63.5	
Tenaza (<i>Pithecellobium pallens</i> (Benth.) Standley)											
2	23.5	22.6	0.85	3.6		4.7	17.3	19.8		73.8	
	14.2	13.5	0.70	4.9	4.3	4.2	9.2	29.6	24.7	64.4	69.1
Uña de gato (<i>Zanthoxylum fagara</i> (L) Sarg.)											
3	13.0	12.1	0.9	6.6		5.3	7.0	40.5		53.7	
	13.2	12.4	0.8	6.4	7.2	4.6	7.6	34.5	35.3	57.6	57.4
	9.3	8.5	0.8	8.6		2.9	5.7	30.8		61.1	
Nacahua (<i>Cordia boissieri</i> A. DC.)											
3	13.8	11.1	2.8	19.9							
	11.9	9.4	2.5	21.1	20.5				No diferenciado		
	13.9	11.0	2.9	20.6							
Dcc= Diámetro con corteza						% Alb.= Porcentaje de albura					
Dsc= Diámetro sin corteza						% Dur.= Porcentaje de duramen					
% Cort.= Porcentaje de corteza						$\bar{X}$ = Media					

Derivado de la Tabla 9, se puede ver en las 12 especies de madera restantes aquí analizadas, que el porcentaje de duramen es mayor que el porcentaje de albura. Las especies que tienen similar proporción de albura y duramen son:

⁴ Continuación de la Tabla 9

magüira, rajador y jaboncillo (Figura 23, b), g), i)). La madera que presenta menor proporción de albura respecto al duramen, es chicharrilla (Figura 23, j)). De acuerdo con Poblete, (2001), esta situación afecta la elaboración de tableros de partículas debido a que el duramen contiene mayor cantidad de extraíbles y está compuesto de mayor cantidad de ácidos que la albura; de estos, en su mayoría son volátiles y emigran al aplicar temperaturas altas durante el encolado y el prensado de las partículas.

Referente a la corteza, nacadua es la especie de madera con mayor proporción, contando con 20.5 %; y la especie de madera con menor proporción es la magüira con sólo 3.3 % (observar la Figura 23, en relación al grosor de corteza en las rodajas). Por lo tanto, en este aspecto, la madera de nacadua sobrepasa con el 10.5 % el límite máximo para la inclusión de corteza en la fabricación de tableros de partículas que corresponde al 10 %, (Poblete, 2001); pensando en que ese grosor de corteza del árbol de nacadua es similar en todo el árbol, en esta especie es obligado el proceso de descortezado. Tratándose de árboles completos y bajo las condiciones anteriores se pueden aprovechar las demás especies aquí medidas sin descortezar excepto guajillo, malva, ébano y nacadua.

Cabe indicar también que la presencia de corteza en los tableros, provoca cambios en el color final de estos, a causa de que normalmente las cortezas son más oscuras que las maderas de color claro. Entonces, se puede decir que la corteza afecta negativamente, por que comercialmente se prefieren tableros con tonalidades claras para su acabado y uso final.

7.2 Características macroscópicas

En las Figuras 24 a 39 y en la Tabla 10, se pueden apreciar las principales características macroscópicas de las maderas que influyen en la fabricación de tableros de partículas y de fibras, como son: color e hilo.

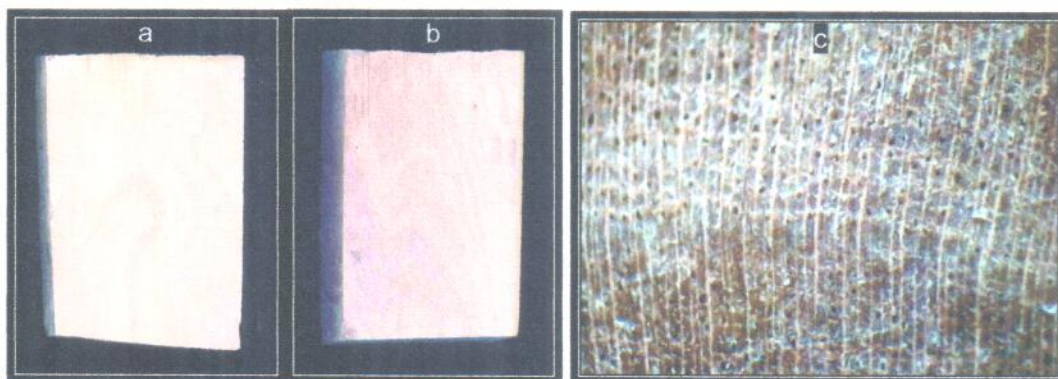


Fig. 24. Madera de pimientilla mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

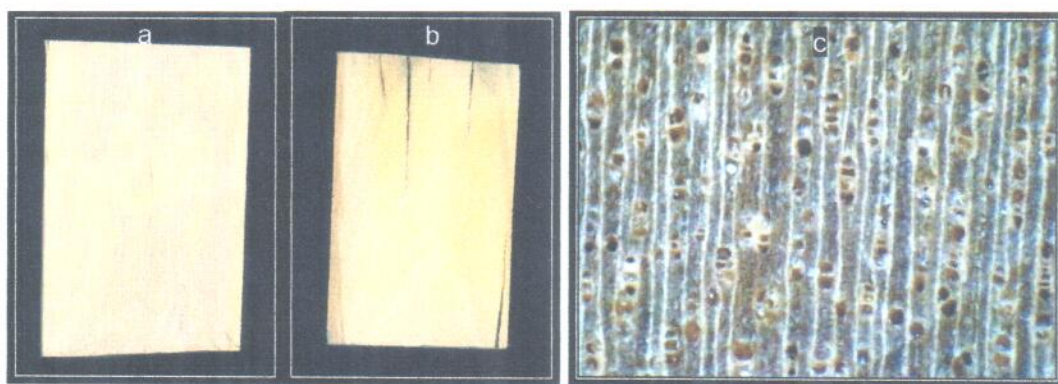


Fig. 25. Madera de magüira mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

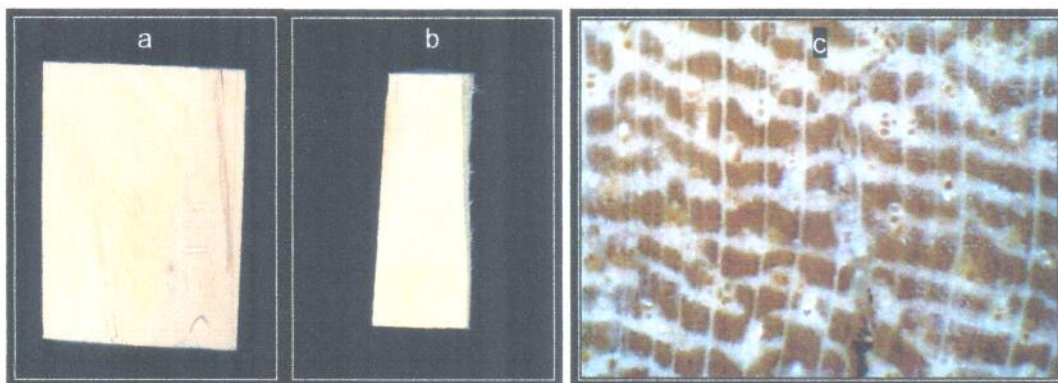


Fig. 26. Madera de zapotillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

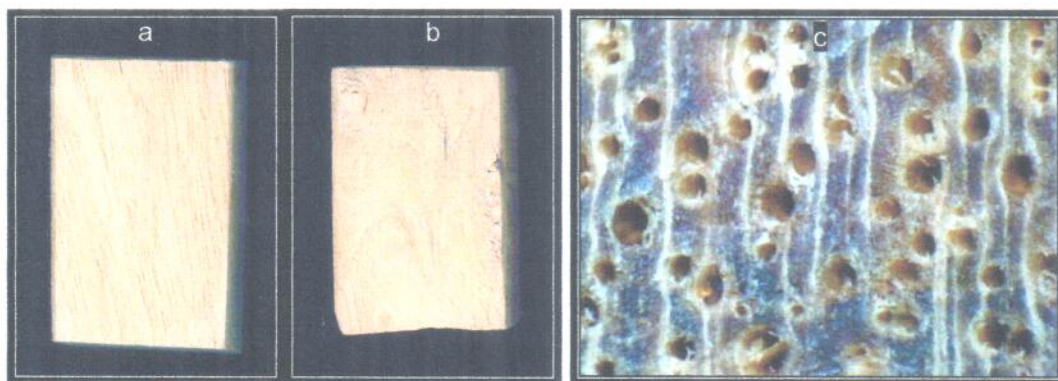


Fig. 27. Madera de guajillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad



Fig. 28. Madera de reventón mostrando a) duramen y b) porosidad

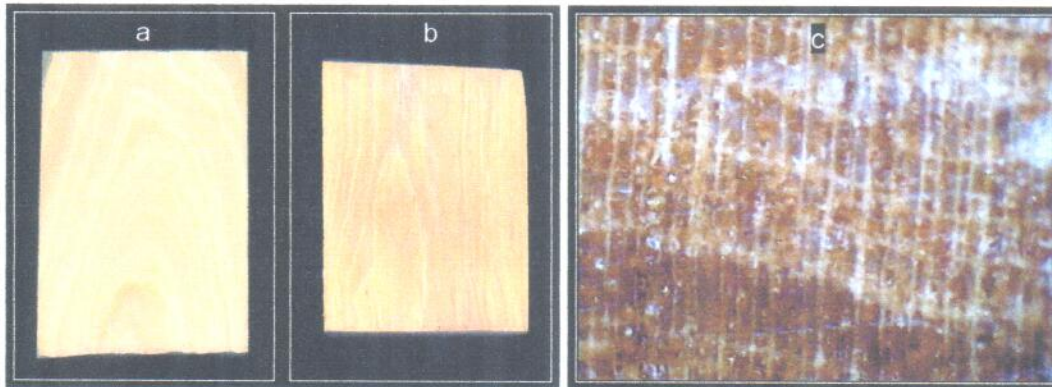


Fig. 29. Madera de limoncillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

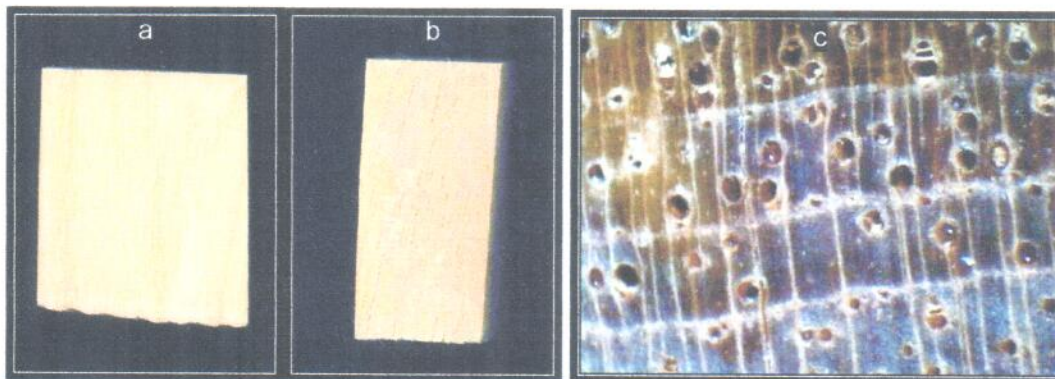


Fig. 30. Madera de rajador mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

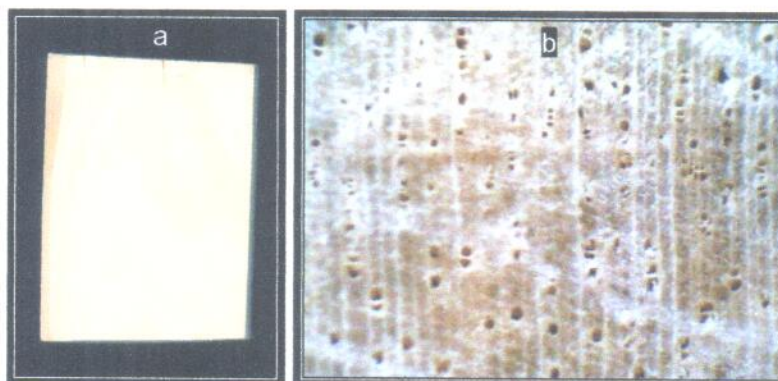


Fig. 31. Madera de malva mostrando a) duramen y b) porosidad

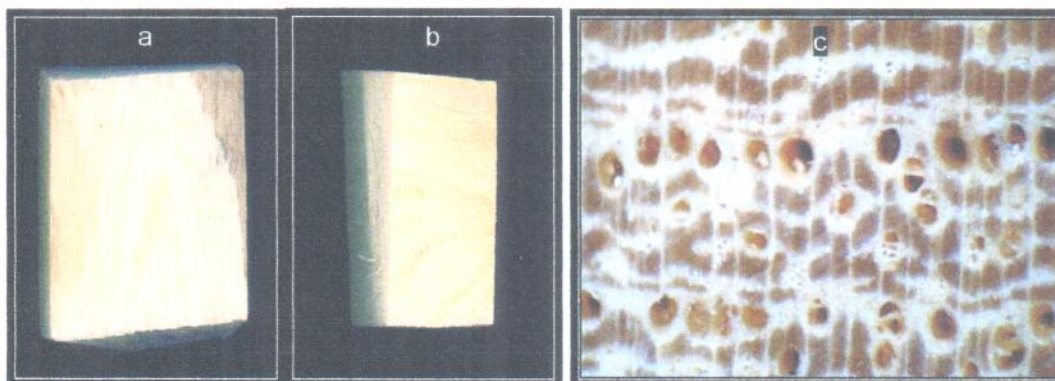


Fig. 32. Madera de jaboncillo mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

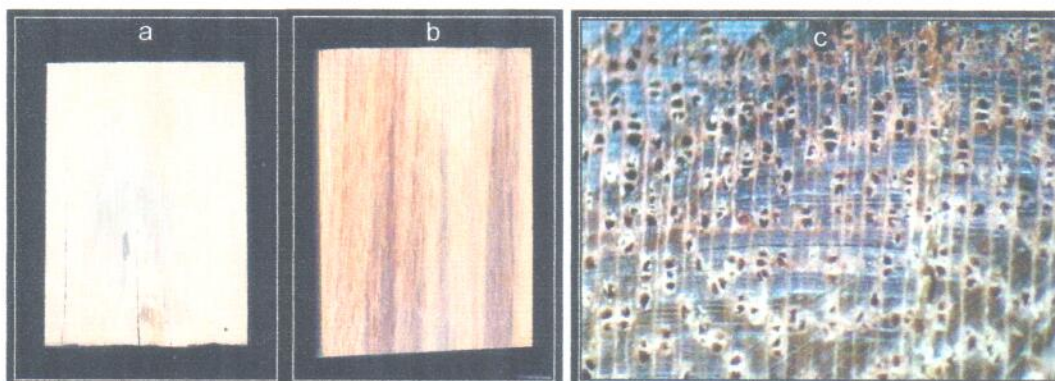


Fig. 33. Madera de chicharrilla mostrando a) albura, b) porosidad y c) duramen

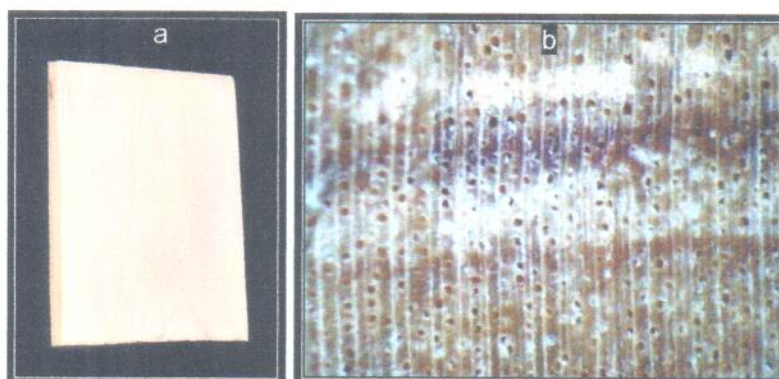


Fig. 34. Madera de volantín mostrando a) duramen y b) porosidad

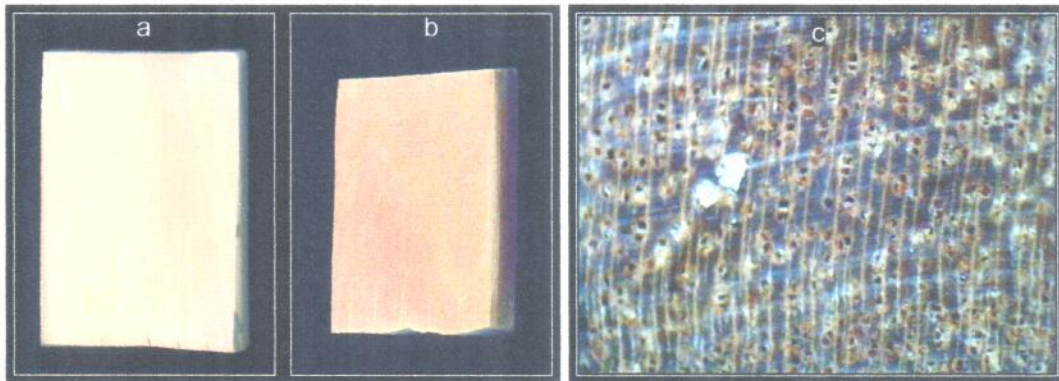


Fig. 35. Madera de hueso de tigre mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

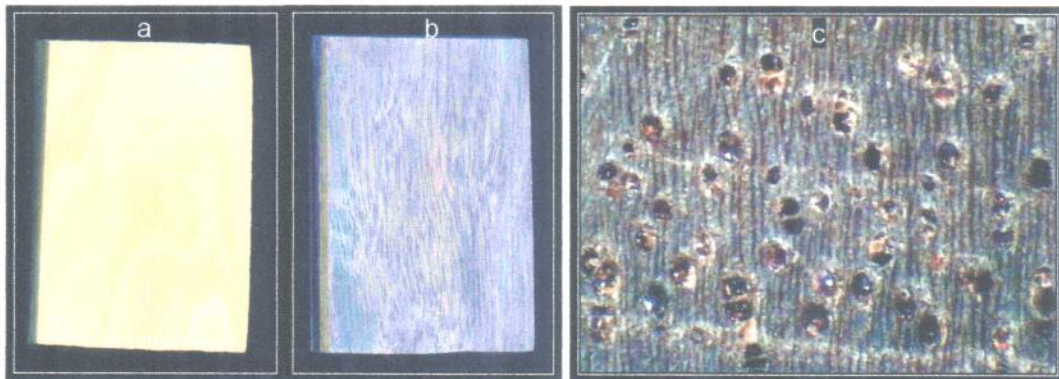


Fig. 36. Madera de ébano mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

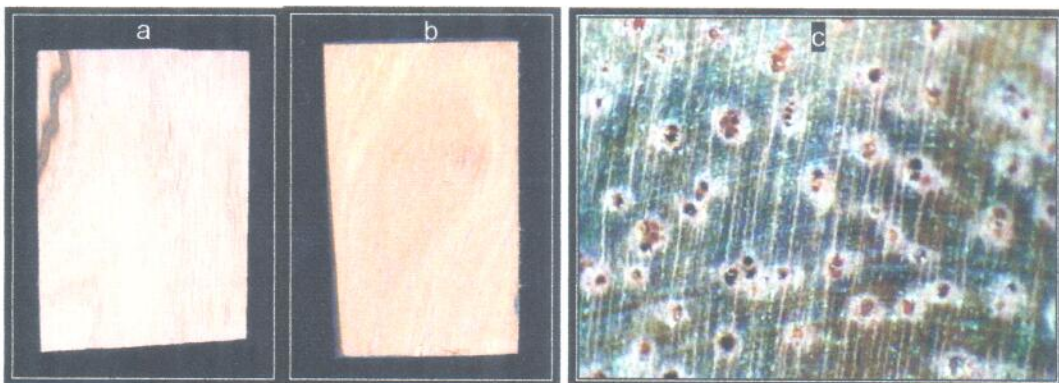


Fig. 37. Madera de tenaza mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

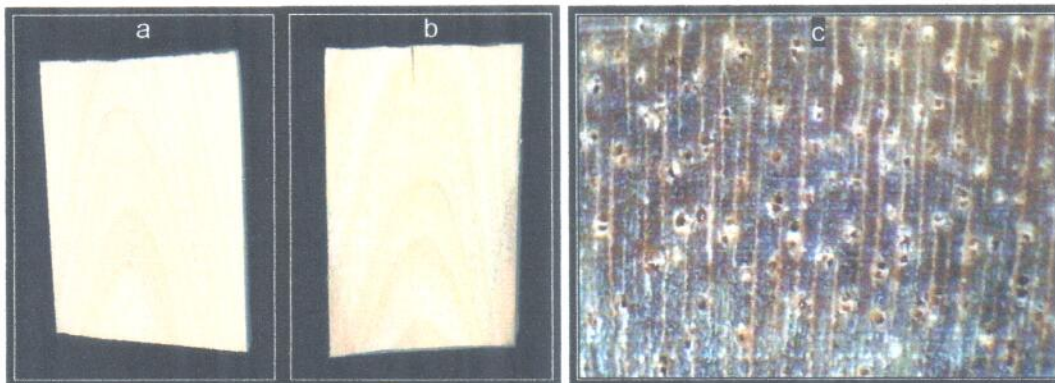


Fig. 38. Madera de uña de gato mostrando a) albura, b) duramen y c) porosidad

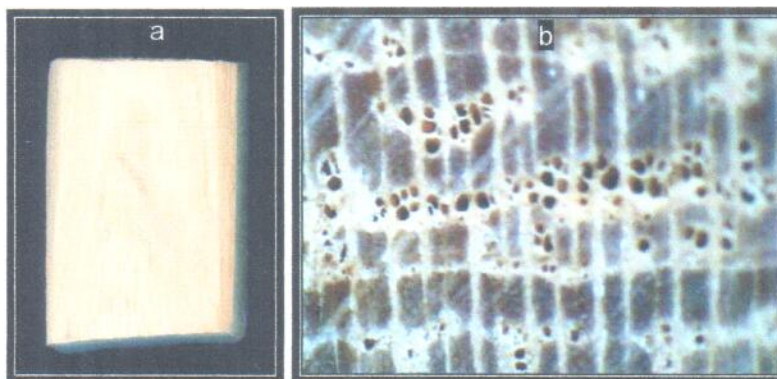


Fig. 39. Madera de nacahua mostrando a) duramen y b) porosidad

Color.

El color reportado en la Tabla 10, para cada especie se refiere al color que presenta la madera anhidra recién cepillada de albura y duramen. El color de las maderas es de suma importancia en la fabricación de tableros de partículas, se recomienda usar maderas de colores claros que faciliten los acabados en los tableros. Entonces, es de tomarse en cuenta el orden de los colores de mayor a menor uso en tableros de partículas: amarillo, rosa, olivo, café y gris; los cuales son los que se presentaron en las maderas estudiadas.

Tabla 10. Características anatómicas macroscópicas: color e hilo de las 16 maderas

Nombre común	Color		Hilo	
	Albura	Duramen	Albura	Duramen
Pimientilla	Rosa	Café rojizo		Crespo
Magüira	Amarillo olivo	Amarillo pálido		Derecho
Zapotillo	Amarillo	Amarillo pálido		Derecho
Guajillo	Amarillo	Café amarillento		Oblicuo
Reventón		Amarillo pálido		Derecho
Limoncillo	Amarillo	Café amarillento		Crespo
Rajador	Amarillo	Amarillo pardo	Entrecruzado	Oblicuo tendiendo a entrecruzado
Malva		Amarillo pálido		Derecho
Jaboncillo	Amarillo pálido	Amarillo		Entrecruzado
Chicharrilla	Olivo pálido	Amarillo pardo		Derecho
Volantín		Rosa		Entrecruzado
Hueso de tigre	Amarillo	Café fuerte		Derecho
Ébano	Amarilla	Gris muy oscuro		Derecho
Tenaza	Rosa	Café rojizo		Crespo
Uña de gato	Amarillo pálido	Olivo pálido		Derecho
Nacahua		Amarillo pálido		Oblicuo

Por la característica del color, es aconsejable limitar el uso de la madera de ébano que presenta un color del duramen gris muy oscuro (Figura 36) e impulsar el uso de la madera de malva con color amarillo pálido (Figura 31).

Hilo.

Tortorelli, (1956) aclara que ésta característica se refiere a la dirección general de los elementos longitudinales, principalmente fibras y vasos en las maderas de latifoliadas. Es de tomarse en consideración este aspecto en los procesos de corte y acabado de la madera, por lo general el hilo entrecruzado es el que genera más problemas, sobre todo en el lijado de la madera. Las maderas con figura espigada o plumosa dada por el hilo entrecruzado son: jaboncillo, volantín, la albura de rajador y su duramen tiende también a ser entrecruzado.

Una figura rizada o crespa originada por el hilo ondulado la presentaron las maderas de: pimientilla, limoncillo y tenaza. Las maderas con éste tipo de hilo se recomiendan para usos estructurales, en rollo o en forma de vigas, durmientes, trabes, armaduras, arcos, marcos estructurales, en puentes y muelles ya que tienen alta resistencia a la compresión paralela y compresión perpendicular a la fibra, a la flexión estática, resistencia al desgaste, rajaduras y extracción de clavos, además, una vez secas, presentan cierta estabilidad dimensional⁵.

La orientación de los elementos celulares no es siempre perfectamente axial, sino que puede asumir direcciones variadas; así entonces, en las tablillas de madera de guajillo, nacahua y de duramen de rajador que tiende a ser entrecruzado, se visualizó el hilo inclinado; de acuerdo con Barajas *et al.*, (1981), es de saberse que las fibras de madera orientadas en forma de espiral respecto al eje central del tronco, son las que originan la inclinación de las mismas en las superficies de las tablillas.

Las maderas que presentaron hilo recto o derecho son: magüira, zapotillo, reventón, malva, chicharrilla, hueso de tigre, ébano y uña de gato (Tabla 10). Cabe señalar, que estas son las preferidas en cuanto a su facilidad en el asierre, lijado, etc., pero sobretudo, las maderas con hilo recto facilitan el astillado, por lo que es requerida menor energía en las máquinas y es más fácil generar tamaños de partícula adecuados para la formación del tablero.

⁵ Notas del curso de Anatomía de la Madera II. Guridi, G., Lydia I. UMSNH. 1999.

7.3 Fibras

La observación de los caracteres de las fibras permite establecer sus posibilidades tecnológicas de uso. Una de ellas es, utilizarlas para la elaboración de tableros de fibras, razón por la cual en la Tabla 11, se muestran los valores medios de las dimensiones de las fibras en cada una de las 16 maderas.

En relación a los tamaños de muestra para medir las dimensiones de las fibras de cada especie, ver el Anexo 2.

7.3.1 Dimensiones de las fibras de maderas

Las dimensiones de longitud, diámetro, diámetro de lumen y espesor de pared de las fibras de las 16 maderas están indicadas en la Tabla 11, y su clasificación en las Tablas 12 a la 15 y en las Figuras 40 a la 43.

Longitud de las fibras.

Cabe mencionar que, como indica Poblete, (2001), es preferible usar maderas con fibra larga, ya que éstas le transmiten una mayor resistencia mecánica a los tableros de partículas y de fibras.

Tabla 11. Dimensiones de las fibras de las 16 maderas

Medida	Longitud (μ)	Diámetro de Fibra (μ)	Diámetro de Lumen (μ)	2 P (μ)	Grosor de Pared (μ) individual
<i>Pimientilla (Myrcianthes fragrans (S W.) McVaugh var. Fragrans)</i>					
Media	938.65	17.67	4.74	12.93	6.47
Máx.	1171.40	20.90	6.00	16.90	8.45
Mín.	718.50	14.30	3.50	10.70	5.35
Desv. Est.	109.03	1.67	0.71	1.48	0.74
<i>Magüira (Phoebe tampicensis Mez)</i>					
Media	912.69	21.05	12.47	8.58	4.29
Máx.	1154.70	26.50	18.50	11.30	5.65
Mín.	657.10	15.90	7.90	6.30	3.15
Desv. Est.	130.65	2.71	2.65	1.19	0.59
<i>Zapotillo (Casimiroa pringley (S. Wats.) Engl.)</i>					
Media	1229.50	16.66	5.65	11.01	5.51
Máx.	1501.90	20.60	9.40	14.20	7.10
Mín.	855.60	13.20	4.00	7.60	3.80
Desv. Est.	180.09	1.90	1.31	1.63	0.82
<i>Guajillo (Acacia berlandieri Benth.)</i>					
Media	1014.72	18.74	9.32	9.43	4.71
Máx.	1382.10	23.90	15.10	14.00	7.00
Mín.	664.80	12.50	5.40	5.60	2.80
Desv. Est.	177.33	2.63	2.84	1.59	0.80
<i>Reventón (Drypetes lateriflora (Sw.) Drug et Urban)</i>					
Media	1085.50	16.96	3.10	13.86	6.93
Máx.	1453.50	24.30	4.90	20.60	10.30
Mín.	819.30	11.70	2.30	8.70	4.35
Desv. Est.	159.55	2.75	0.69	2.56	1.28
<i>Limoncillo (Esenbeckia berlandieri Baill.)</i>					
Media	775.98	13.51	3.10	10.41	5.20
Máx.	1078.10	18.40	4.40	15.40	7.70
Mín.	549.10	11.00	2.50	8.30	4.15
Desv. Est.	122.40	1.80	0.54	1.65	0.82
<i>Rajador (Lysiloma divaricata (Jacq.) Macbride)</i>					
Media	803.10	13.58	6.68	6.90	3.45
Máx.	1002.40	15.80	8.40	9.80	4.90
Mín.	605.00	11.30	5.60	5.00	2.50
Desv. Est.	109.53	1.14	0.84	1.07	0.53
<i>Malva (Robinsonella discolor Rose & E. G. Baker ex Rose)</i>					
Media	845.22	18.46	9.54	8.92	4.46
Máx.	1239.80	24.60	16.40	11.90	5.95
Mín.	575.30	11.60	5.40	6.20	3.10

Desv. Est.	128.74	2.88	2.61	1.39	0.69
⁶ Jaboncillo (<i>Sapindus saponaria</i> L.)					
Media	1134.37	18.68	6.85	11.84	5.92
Máx.	1380.40	23.10	10.30	15.10	7.55
Mín.	811.40	14.40	4.90	8.80	4.40
Desv. Est.	153.66	2.02	1.58	1.36	0.68
Chicharrilla (<i>Harpalyce arborescens</i> A. Gray)					
Media	1080.29	13.10	3.24	9.86	4.93
Máx.	1324.20	19.00	4.50	14.70	7.35
Mín.	745.00	8.70	2.30	5.90	2.95
Desv. Est.	134.53	2.24	0.71	1.93	0.96
Volantín (<i>Wimmeria concolor</i> Schlecht. & Cham.)					
Media	886.64	16.58	4.56	12.02	6.01
Máx.	1210.80	20.60	6.80	15.70	7.85
Mín.	601.90	11.80	3.40	8.20	4.10
Desv. Est.	156.66	2.06	0.87	1.76	0.88
Hueso de tigre (<i>Krugiodendrom ferreum</i> (Vahl) Urban)					
Media	673.38	13.00	3.73	9.27	4.63
Máx.	837.90	16.50	5.80	11.80	5.90
Mín.	484.00	9.20	2.10	6.20	3.10
Desv. Est.	95.30	1.97	0.86	1.45	0.73
Ébano (<i>Ebanopsis ebano</i> (Berl.) Britton & Rose)					
Media	901.51	11.41	3.03	8.38	4.19
Máx.	1179.30	15.80	5.90	11.70	5.85
Mín.	609.60	7.70	1.80	4.30	2.15
Desv. Est.	117.69	1.72	0.76	1.44	0.72
Tenaza (<i>Pithecellobium pallens</i> (Benth.) Standley)					
Media	685.40	15.89	8.03	7.86	3.93
Máx.	879.00	20.80	12.70	14.90	7.45
Mín.	434.60	10.20	3.70	5.30	2.65
Desv. Est.	99.91	2.43	2.07	1.58	0.79
Uña de gato (<i>Zanthoxylum fagara</i> (L) Sarg.)					
Media	653.26	13.93	7.79	6.14	3.07
Máx.	859.70	20.20	13.90	9.40	4.70
Mín.	435.30	9.70	4.30	3.90	1.95
Desv. Est.	91.43	2.41	2.38	1.10	0.55
Nacahua (<i>Cordia boissieri</i> A. DC.)					
Media	882.27	18.54	11.08	7.46	3.73
Máx.	1241.40	26.40	18.50	11.30	5.65
Mín.	526.50	12.70	5.00	5.00	2.50
Desv. Est.	177.24	3.48	3.76	1.45	0.72

⁶ Continuación de la Tabla 11

Tabla 12. Longitud de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre común	Longitud (μ)	Clasificación (Vignote y Jiménez, 1996)
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	653.26	Medias
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	673.38	Medias
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	685.40	Medias
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	775.98	Medias
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	803.10	Medias
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	845.22	Medias
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	882.27	Medias
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	886.64	Medias
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	901.51	Medias
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	912.69	Medias
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	938.65	Medias
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	1014.72	Medias
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	1080.29	Medias
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	1085.50	Medias
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	1134.37	Medias
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	1229.50	Medias

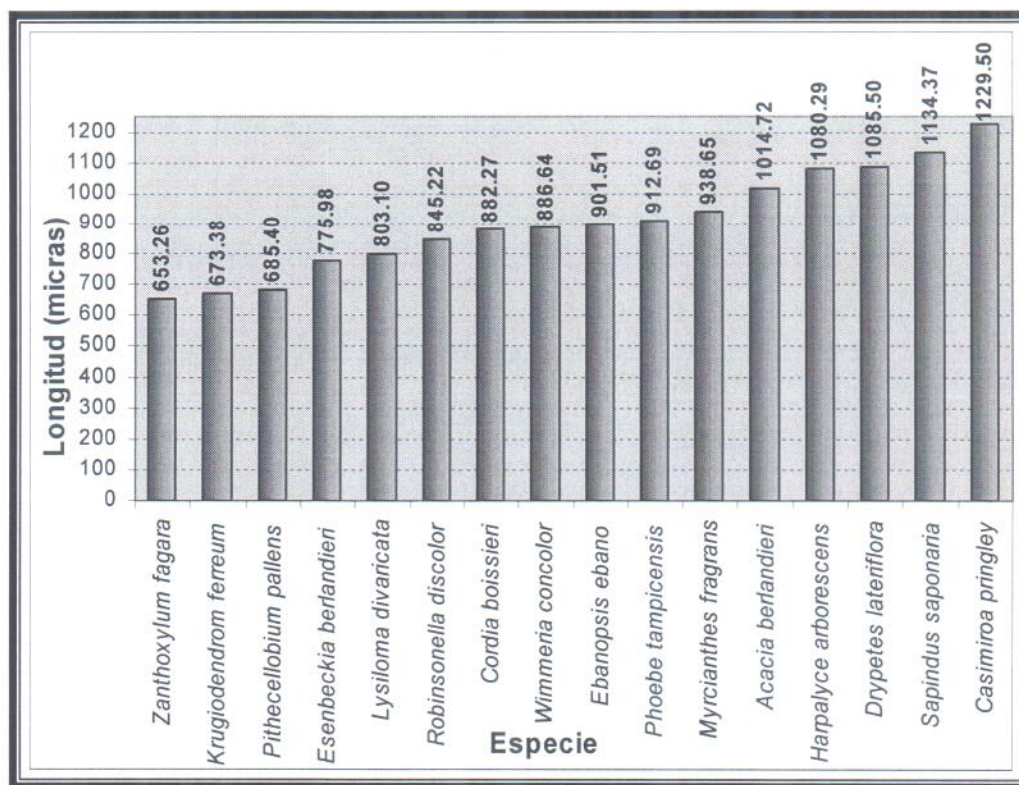


Fig. 40. Representación de la longitud de las fibras de las 16 maderas estudiadas

La menor longitud media de fibra se midió en la madera de uña de gato con un valor de 653.26 micras, lo que la hace ser de menor resistencia mecánica que la madera de zapotillo con un valor de 1229.5 micras.

Diámetro de las fibras.

El diámetro de las fibras representa el espesor de pared y la anchura del lumen, este se presenta en la Tabla 13 y en la Figura 41.

Tabla 13. Diámetro de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre común	Diámetro de Fibra (μ)	Clasificación (Tortorelli, 1956)
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	11.41	Finas
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	13.00	Finas
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	13.10	Finas
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	13.51	Finas
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	13.58	Finas
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	13.93	Finas
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	15.89	Finas
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	16.58	Finas
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	16.66	Finas
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	16.96	Finas
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	17.67	Finas
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	18.46	Finas
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	18.54	Finas
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	18.68	Finas
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	18.74	Finas
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	21.05	Finas

Los diámetros de las fibras para todas las maderas fueron clasificadas como finas y presentaron un rango de variación de 9.64 μ . Por otra parte, la madera de ébano presentó el menor diámetro (11.41 μ), mientras que la madera de magüira fue la de mayor diámetro (21.05 μ).

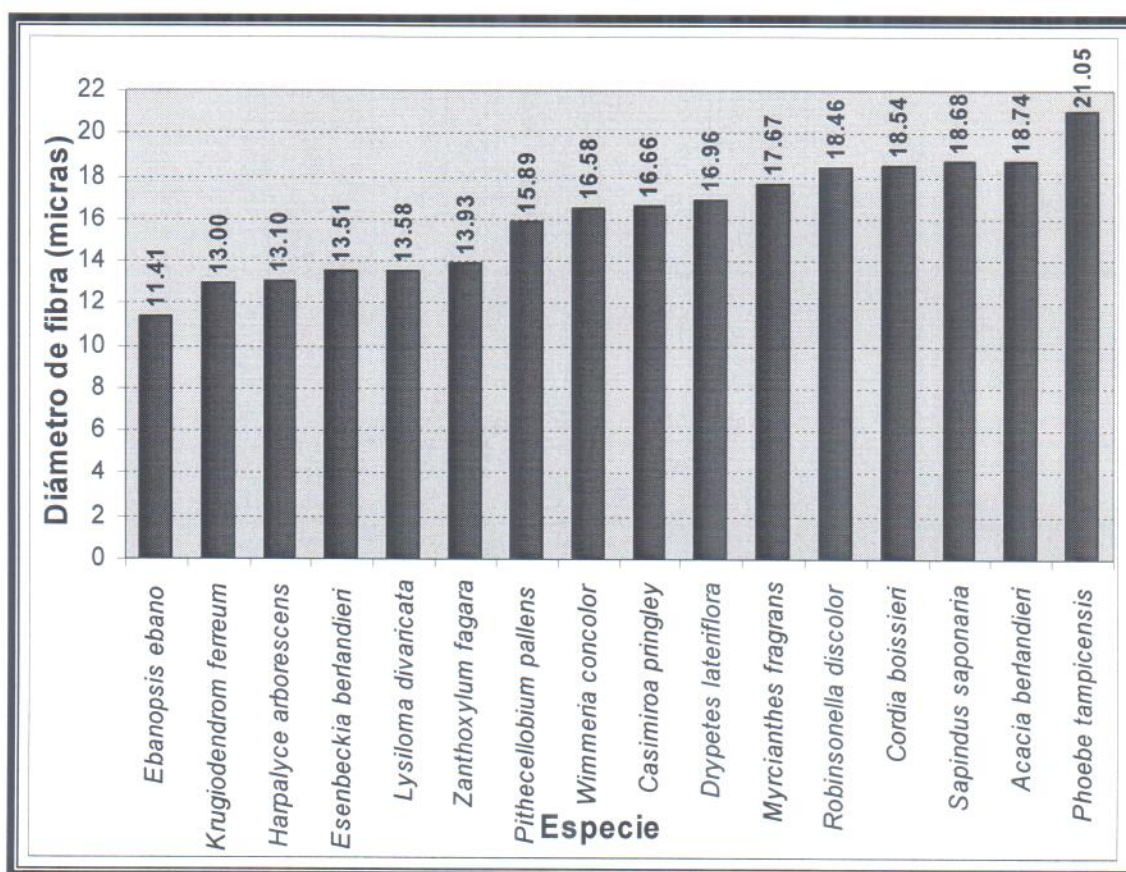


Fig. 41. Representación del diámetro de las fibras de las 16 maderas

Diámetro del lumen.

Las maderas con lúmenes amplios van a ayudar a la conducción del adhesivo durante la fabricación de tableros de partículas y de fibras, por lo que se presenta el diámetro del lumen en la Tabla 14 y Figura 42.

Tabla 14. Diámetro del lumen de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre común	Diámetro de Lumen (μ)	Clasificación (Terrazas, 1984)
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	3.03	Muy fino
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	3.10	Muy fino
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	3.10	Muy fino
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	3.24	Muy fino
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	3.73	Muy fino
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	4.56	Moderad. Fino
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	4.74	Moderad. Fino
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	5.65	Mediano
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	6.68	Mediano
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	6.85	Mediano
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	7.79	Mediano
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	8.03	Mediano
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	9.32	Mediano
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	9.54	Mediano
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	11.08	Moderad. Ancho
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	12.47	Moderad. Ancho

Los valores de esta dimensión se encontraron entre 3.03 y 12.47 micras para la madera de ébano con lumen muy fino y magüira con lumen moderadamente ancho, respectivamente. La madera de volantín y pimientilla se describen como de lumen moderadamente fino. De las 16 maderas, 5 son de lumen muy fino, 2 de lumen moderadamente fino, 7 de lumen mediano y 2 con lumen moderadamente ancho.

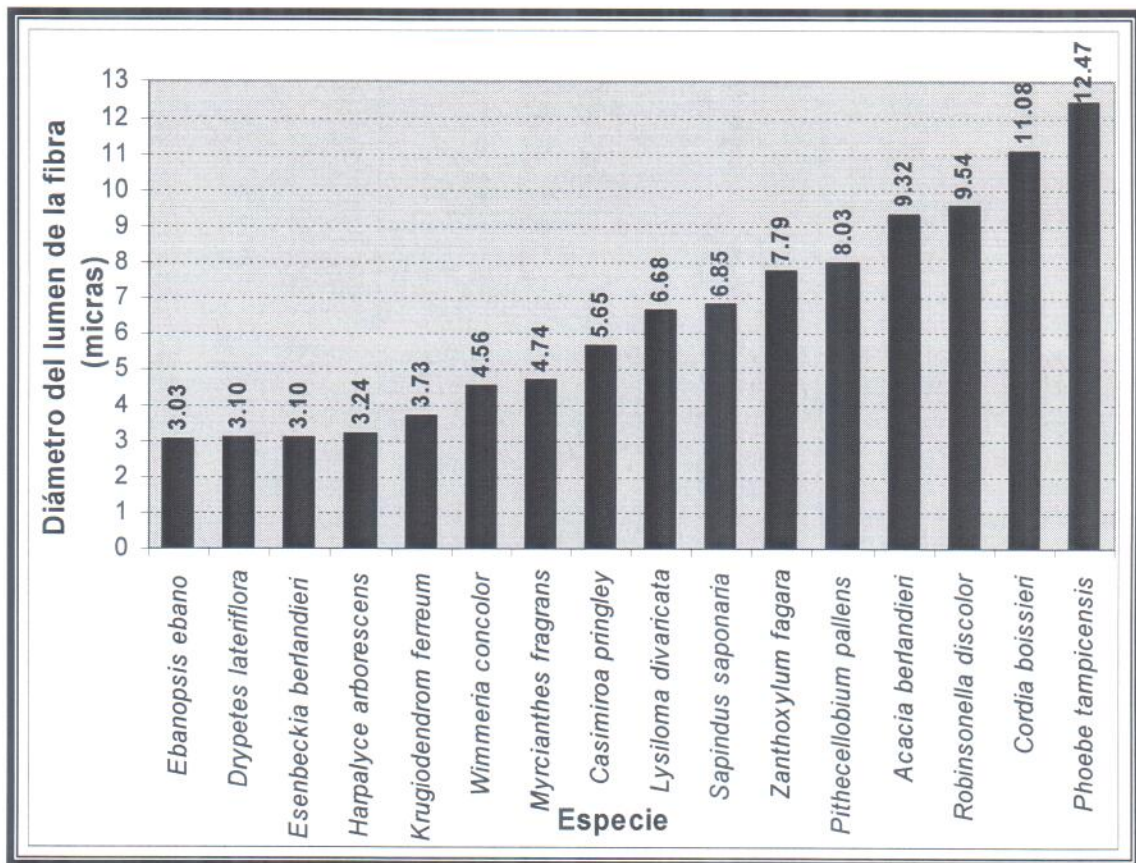


Fig. 42. Representación del diámetro del lumen de las fibras de las 16 maderas

Espesor de pared.

En la elasticidad, influye el grosor de las paredes de las fibras. Maderas de baja densidad y paredes muy delgadas o muy densas y con paredes muy gruesas, no son suficientemente elásticas, pues se deforman permanentemente ya que al aplicar una fuerza de compresión o un impacto considerable, las paredes se rompen. En cambio, las maderas con características intermedias con paredes ni muy gruesas ni muy delgadas son bastante elásticas.

La Tabla 15, muestra los valores medios del espesor de pared de las fibras para las 16 maderas.

Tabla 15. Espesor de pared de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre común	Espesor Pared (μ)
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	6.14
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	6.90
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	7.46
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	7.86
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	8.38
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	8.58
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	8.92
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	9.27
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	9.43
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	9.86
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	10.41
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	11.01
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	11.84
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	12.02
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	12.93
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	13.86

En relación al espesor de pared de las fibras (2P) de las diferentes maderas la Figura 43, presenta valores que van desde 6.14 μ hasta 13.86 μ , perteneciendo a las especies de *Zanthoxylum fagara* (uña de gato) y a *Drypetes lateriflora* (reventón), respectivamente.

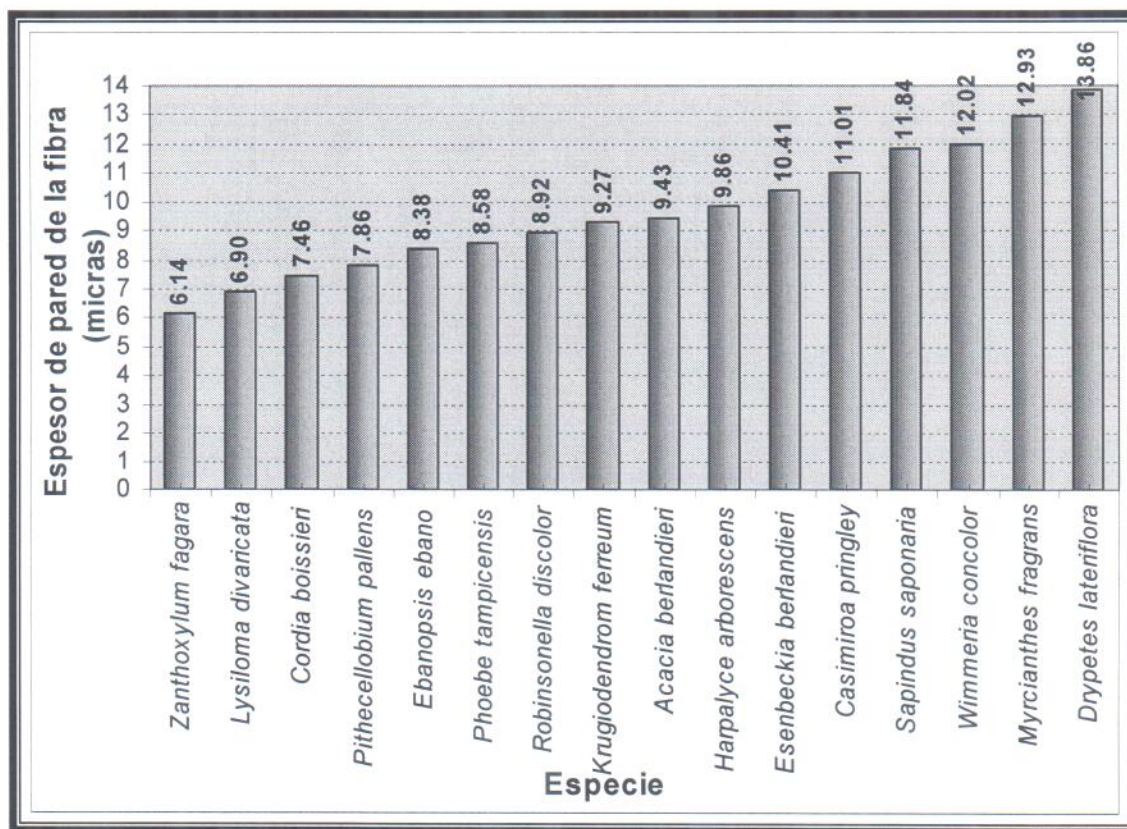


Fig. 43. Representación del espesor de pared de las fibras de las 16 maderas

7.3.2 Índices de calidad de las fibras de madera

Los valores resultantes de los índices de calidad de pulpa como son: Coeficiente de Rigidez (CR), Relación de Runkel (RR), Coeficiente de Flexibilidad (CF) y el Coeficiente de Peteri (CP); constituyen una magnífica ayuda para conocer de antemano la calidad de la pulpa que se puede obtener de estas maderas tropicales. Estas interrelaciones dimensionales no son exclusivas para la pulpa para papel, sino también son aplicables a la pulpa para la fabricación de tableros de fibras, ya que las propiedades de dichos tableros son dadas por las fibras individuales, es decir, su longitud, capacidad de adherencia, superficie de contacto (colapsabilidad) y entrelazamiento.

7.3.2.1 Coeficiente de Rigidez

En la Tabla 16 y Figura 44, se enlistan las 16 especies de madera, resultando valores para esta relación que van desde 0.40 para la madera de *Cordia boissieri* hasta 0.82 para la especie *Drypetes lateriflora*.

Tabla 16. Coeficiente de Rigidez de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre Común	Diám. de Fibra (μ)	2 P (μ)	Coef. Ríg.	Grosor Pared*
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	18.54	7.46	0.40	Media
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	21.05	8.58	0.41	Media
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	13.93	6.14	0.44	Media
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	18.46	8.92	0.48	Media
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	15.89	7.86	0.49	Media
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	18.74	9.43	0.50	Gruesa
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	13.58	6.90	0.51	Gruesa
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	18.68	11.84	0.63	Gruesa
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	16.66	11.01	0.66	Gruesa
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	13.00	9.27	0.71	Muy gruesa
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	17.67	12.93	0.73	Muy gruesa
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	16.58	12.02	0.73	Muy gruesa
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	11.41	8.38	0.73	Muy gruesa
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	13.10	9.86	0.75	Muy gruesa
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	13.51	10.41	0.77	Muy gruesa
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	16.96	13.86	0.82	Muy gruesa
*=(Petroff, G. y D. Normand, 1968)				2P= Espesor de Pared	

Entre otras características, Fuentes, (1987), menciona que la relación del espesor de la pared con respecto al diámetro de la fibra determina la flexibilidad y colapsabilidad de la misma. En este sentido, las fibras de las especies (*Cordia boissieri*, *Phoebe tampicensis*, *Zanthoxylum fagara*, *Robinsonella discolor* y *Pithecellobium pallens*) con pared media; son las más propensas a colapso y a

poseer mayor flexibilidad que las especies con pared de gruesa a muy gruesa. Por esta razón, las cinco especies mencionadas son las más aptas para fabricar tableros de fibras, además presentan una coloración clara en su madera a excepción del duramen de *Pithecellobium pallens* que es café rojizo. Se considera que al colapsarse (aplastarse) las fibras, aumentará la superficie de contacto entre ellas y con ello la adherencia, lo que a su vez se transforma en una mayor resistencia del tablero ante acciones mecánicas, pues debe considerarse que en la fabricación de tableros de fibra por el proceso húmedo, la adhesión de las fibras esta basada en sus propias propiedades adherentes, y no en la incorporación de un adhesivo externo.

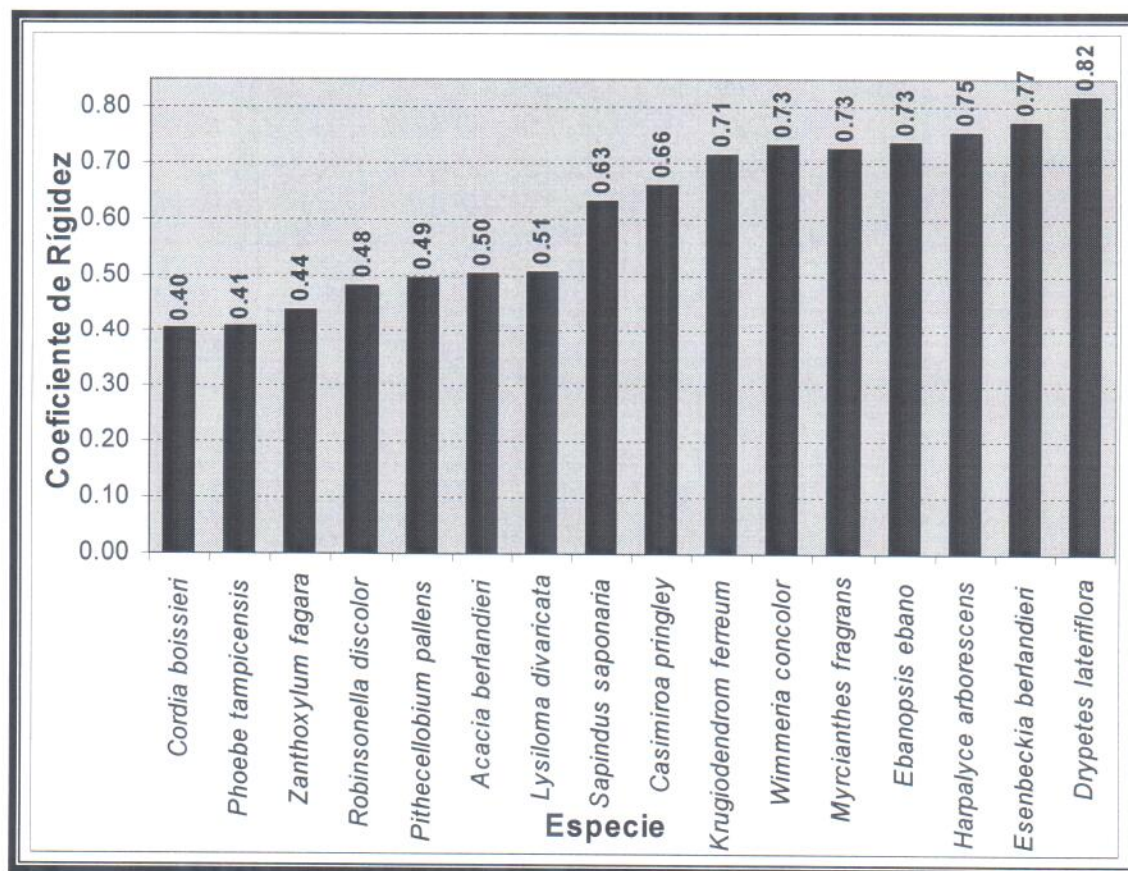


Fig. 44. Representación del Coeficiente de Rigidez de las fibras de las 16 maderas

7.3.2.2 Relación de Runkel

La Relación de Runkel es un buen indicador para predecir si una madera es apta en la fabricación de tableros de fibra. Los valores de esta relación se reportan en la Tabla 17 y en la Figura 45.

Tabla 17. Relación de Runkel de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre Común	Diám. de Lumen (μ)	2 P (μ)	Rel. Runkel	Clasificación *
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	11.08	7.46	0.67	Buena para papel
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	12.47	8.58	0.69	Buena para papel
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	7.79	6.14	0.79	Buena para papel
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	9.54	8.92	0.93	Buena para papel
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	8.03	7.86	0.98	Buena para papel
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	9.32	9.43	1.01	Regular para papel
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	6.68	6.90	1.03	Regular para papel
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	6.85	11.84	1.73	Regular para papel
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	5.65	11.01	1.95	Regular para papel
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	3.73	9.27	2.48	Mala para papel
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	4.56	12.02	2.64	Mala para papel
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	4.74	12.93	2.73	Mala para papel
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ebano	3.03	8.38	2.76	Mala para papel
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	3.24	9.86	3.04	Mala para papel
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	3.10	10.41	3.36	Mala para papel
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	3.10	13.86	4.48	Mala para papel
*(Fuentes, 1987)				2P= Espesor de Pared	

Haciendo referencia a la Tabla 17 y de acuerdo con la clasificación propuesta Fuentes, (1987), de las 16 especies de madera estudiadas sólo cinco resultaron ser buenas para tableros de fibra, éstas especies son: *Cordia boissieri*, *Phoebe tampicensis*, *Zanthoxylum fagara*, *Robinsonella discolor* y *Pithecellobium pallens*. Otras cuatro fueron regulares para tableros de fibra, las cuales corresponden a: *Acacia berlandieri*, *Lysiloma divaricata*, *Sapindus saponaria* y *Casimiroa pringley*, además, la madera de éstas spp es de color claro (amarillo). Las siete especies restantes resultaron malas para tableros de fibra (Figura 45).

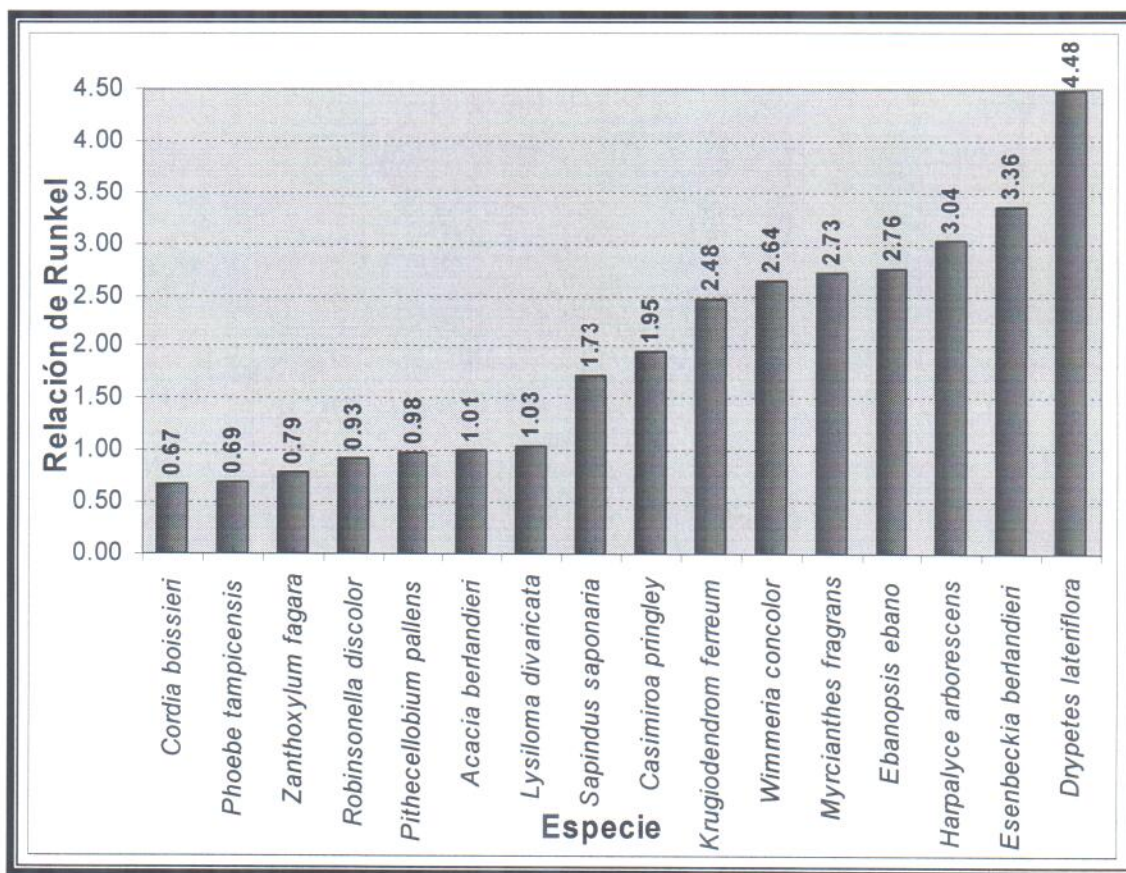


Fig. 45. Representación de la Relación de Runkel de las fibras de las 16 maderas

7.3.2.3 Coeficiente de Flexibilidad

Este coeficiente es otro indicador del grosor de pared de la fibra de la madera, el cual relaciona el diámetro del lumen de la fibra con el diámetro de la misma. A diferencia de los resultados arrojados por el Coeficiente de Rigidez, en este indicador hay seis especies de las 16 maderas, que se clasificaron como de pared media, tres con pared gruesa y siete con pared muy gruesa (Tabla 18).

Tabla 18. Coeficiente de flexibilidad de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre Común	Diám. de Fibra (μ)	Diám. de Lumen (μ)	Coef. de Flex.	Grosor Pared*
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	18.54	11.08	0.60	Media
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	21.05	12.47	0.59	Media
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	13.93	7.79	0.56	Media
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	18.46	9.54	0.52	Media
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	15.89	8.03	0.51	Media
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	18.74	9.32	0.50	Media
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	13.58	6.68	0.49	Gruesa
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	18.68	6.85	0.37	Gruesa
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	16.66	5.65	0.34	Gruesa
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	13.00	3.73	0.29	M. gruesa
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	17.67	4.74	0.27	M. gruesa
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	16.58	4.56	0.27	M. gruesa
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ebano	11.41	3.03	0.27	M. gruesa
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	13.10	3.24	0.25	M. gruesa
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	13.51	3.10	0.23	M. gruesa
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	16.96	3.10	0.18	M. gruesa
*(Petroff, G. y D. Normand, 1968)				M. gruesa = Muy gruesa	

De acuerdo con Fuentes, (1987), las fibras de pared delgada tienden a colapsarse tomando forma de listones estructurales durante el pulpeo y formación de la hoja o tablero, manteniéndose rígidas las fibras de pared gruesa.

En la Figura 46, se aprecia el rango en el que se presentaron los valores del índice de flexibilidad, que inicia con un valor de 0.60 y finaliza con 0.18.

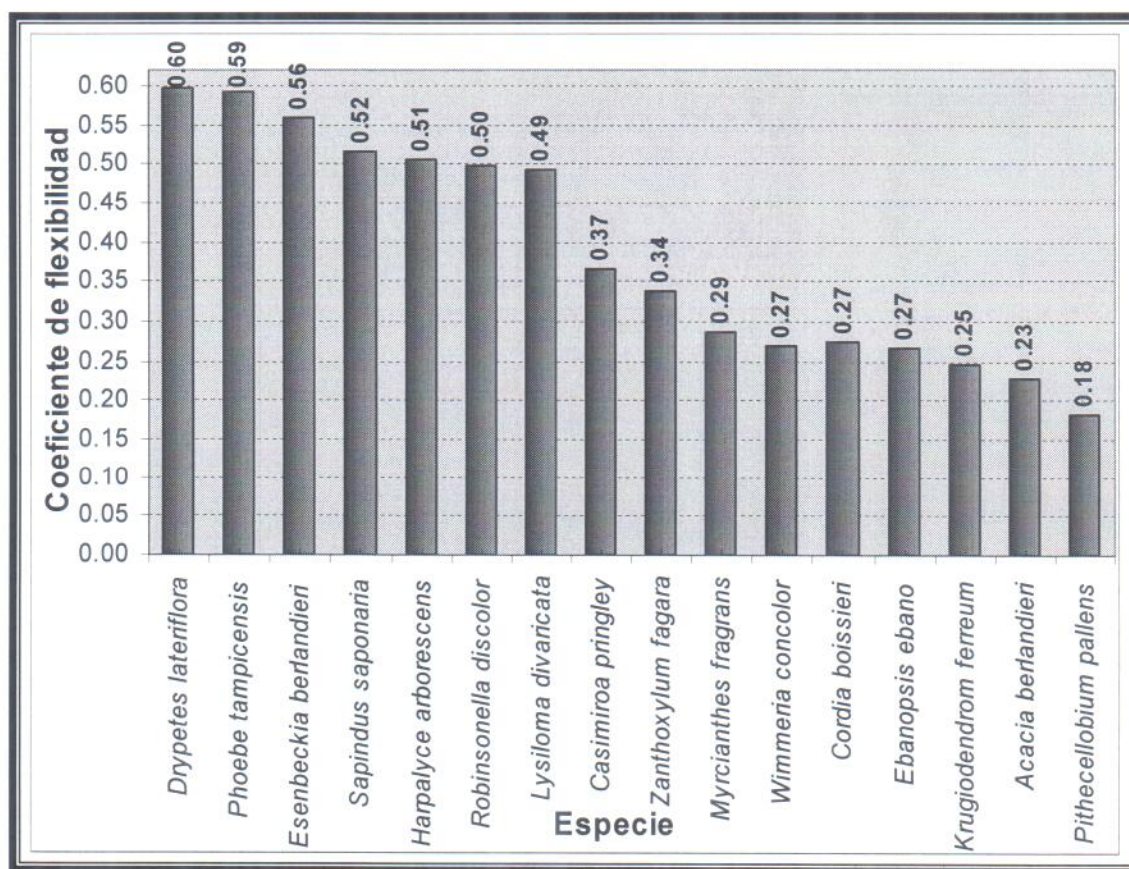


Fig. 46. Representación del Coeficiente de Flexibilidad de las fibras de las 16 maderas

Las especies de *Drypetes lateriflora* (reventón), *Phoebe tampicensis* (magüira), *Esenbeckia berlandieri* (limoncillo), *Sapindus saponaria* (jaboncillo), *Harpalyce arborescens* (chicharrilla) y *Robinsonella discolor* (malva), presentaron un grosor de pared media lo que indica que pueden ser parcialmente colapsadas, con buena superficie de contacto y buena unión fibra con fibra, por lo que de las 16 spp éstas son las más apropiadas para la fabricación de tableros de fibra.

Lysiloma divaricata (rajador), *Casimiroa pringley* (zapotillo) y *Zanthoxylum fagara* (uña de gato), son de pared gruesa por lo que sus fibras se caracterizan por colapsarse muy poco, tener poca superficie de contacto y pobre unión fibra con fibra.

De las 16 especies estudiadas, 7 (Tabla 18) resultaron con pared muy gruesa, lo que significa que las fibras de estos árboles no se colapsan, tienen muy poca superficie de contacto y además, pobre unión fibra con fibra. Estas características restringen el uso de las especies en tableros de fibras.

7.3.2.4 Coeficiente de Peteri

La relación longitud de la fibra con el diámetro de la fibra es a lo que se le llama Índice de Esbeltez o Coeficiente de Peteri. Fuentes, (1987) observó una fuerte relación entre la longitud de la fibra y el coeficiente de Peteri con la resistencia al rasgado en 101 especies de madera; añadió también que hay una relación

similar entre el coeficiente de flexibilidad con la longitud de ruptura y la resistencia a la explosión. Tomando en cuenta la relación anterior, se presentan los valores del Coeficiente de Peteri en la Tabla 19 y Figura 47. No se encontró clasificación para este índice.

Tabla 19. Coeficiente de Peteri de las fibras de las 16 especies de maderas

Nombre científico	Nombre común	Longitud (μ)	Diám. de Fibra (μ)	Coef. De Peteri
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	685.40	15.89	43.14
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	912.69	21.05	43.37
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	845.22	18.46	45.78
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	653.26	13.93	46.90
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	882.27	18.54	47.58
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	673.38	13.00	51.80
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	938.65	17.67	53.12
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	886.64	16.58	53.47
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	1014.72	18.74	54.14
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	775.98	13.51	57.44
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	803.10	13.58	59.12
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	1134.37	18.68	60.71
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	1085.50	16.96	64.02
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	1229.50	16.66	73.81
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	901.51	11.41	79.01
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	1080.29	13.10	82.45

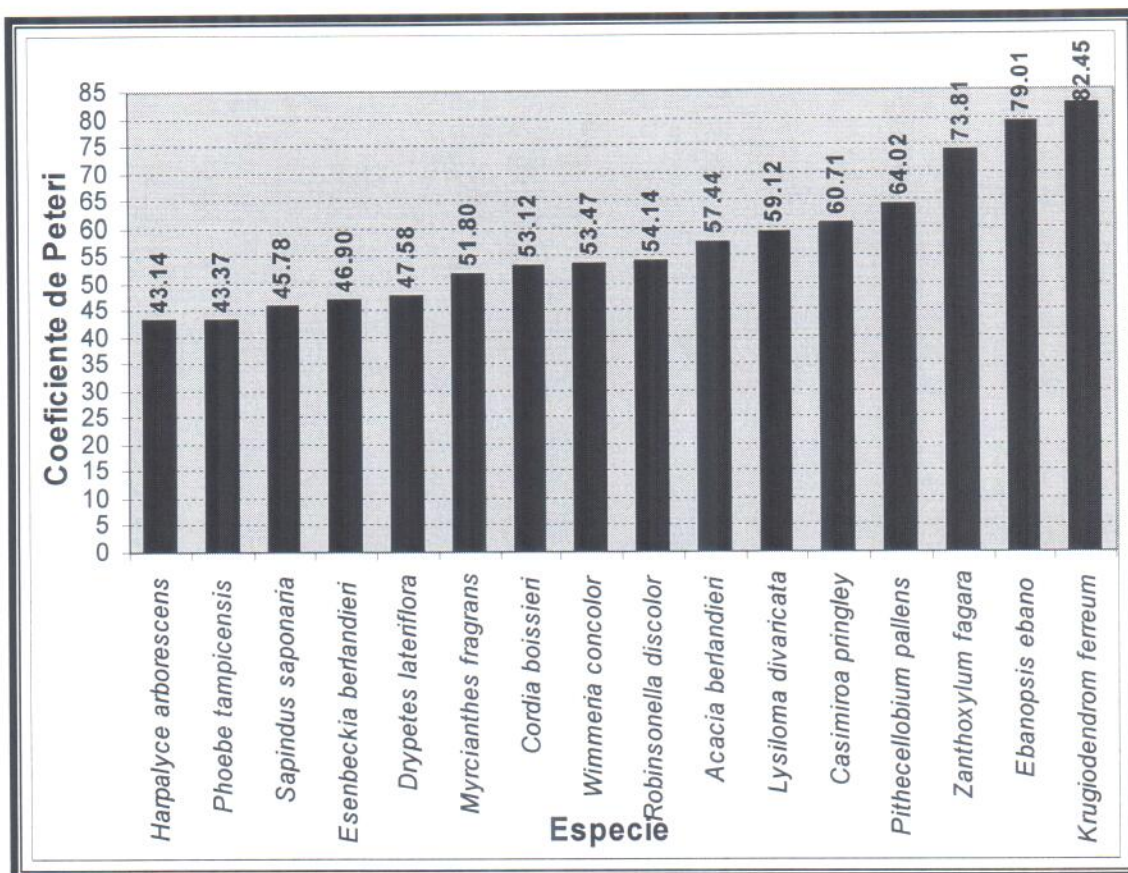


Fig. 47. Representación del Coeficiente de Peteri de las fibras de las 16 maderas

Estos datos de los Índices de calidad de la pulpa nos permiten seleccionar la (s) especie (s) de madera y hacer distintos tipos o mezclas de pastas, con objeto de obtener tableros de fibras de acuerdo a las exigencias del mercado.

7.4 Densidades de las 16 maderas

La densidad de la madera depende del Contenido de Humedad y de la cantidad de sustancia madera por unidad de volumen, de ahí que aquellas que presentan fibras con paredes muy gruesas y pocos vasos con lúmenes

reducidos tendrán mayor densidad y por lo tanto, tendrán mayor dureza, mayor peso y menor resistencia al impacto.

La densidad de la madera es uno de los aspectos más importantes a tomar en consideración al utilizar esta materia prima para fabricar tableros de partículas y de fibras. Dependiendo de la densidad básica de la madera, la materia prima puede ser destinada a tal densidad del tablero, siempre y cuando la madera a ser comprimida sea de menor densidad que la del tablero a fabricar y tratando de que el producto final sea aceptable en el mercado.

Los valores medios de las densidades: superior al PSF, normal, anhidra y básica; de albura y duramen de cada una de las 16 maderas, así como la media de ambos, son los que se muestran en la Tabla 20 y en la Figura 48.

Es necesario indicar que al fabricar un tablero de partículas o de fibras, de cualquier espesor y densidad; la materia prima con que se vaya a elaborar siempre debe ser de menor densidad que la del tablero final, de lo contrario no habría compresión y/o adhesión entre las partículas o fibras. Pero, no basta que sea menor la densidad de la madera, sino que se debe saber cuanto menor, ya que de ello depende la Razón de Compresión y el volumen de madera a utilizar para fabricar un determinado tipo de tablero, entre otros aspectos.

Tabla 20. Densidades de las 16 especies de maderas

D _H A	D _H D	D _H	D _h A	D _h D	D _h	DoA	DoD	Do	DbA	DbD	Db
g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³
CH%58.6	54.1	56.5	Pimientilla (<i>Myrcianthes fragrans</i>)								
1.24	1.23	1.24	0.97	1.04	1.00	0.94	1.00	0.97	0.78	0.65	0.72
86.4	69.5	81.2	Magüira (<i>Phoebe tampicensis</i>)								
1.17	1.02	1.12	0.75	0.71	0.74	0.73	0.70	0.72	0.63	0.60	0.62
69	72.9	70.7	Zapotillo (<i>Casimiroa pringley</i>)								
1.21	1.23	1.22	0.89	0.90	0.89	0.86	0.87	0.86	0.72	0.71	0.71
109	91.5	99.6	Guajillo (<i>Acacia berlandieri</i>)								
1.15	1.21	1.18	0.65	0.75	0.71	0.62	0.72	0.68	0.55	0.63	0.60
		68.3	Reventón (<i>Drypetes lateriflora</i>)								
—	—	1.21	—	—	0.87	—	—	0.84	—	—	0.72
49.8	30.5	39.1	Limoncillo (<i>Esenbeckia berlandieri</i>)								
1.19	1.18	1.19	0.95	1.08	1.02	0.92	1.04	0.99	0.80	0.91	0.86
69.1	67.5	68.4	Rajador (<i>Lysiloma divaricata</i>)								
1.22	1.25	1.23	0.86	0.87	0.87	0.83	0.84	0.83	0.72	0.75	0.73
		88	Malva (<i>Robinsonella discolor</i>)								
—	—	1.04	—	—	0.67	—	—	0.64	—	—	0.56
82.3	86.3	84.3	Jaboncillo (<i>Sapindus saponaria</i>)								
1.22	1.20	1.21	0.82	0.82	0.82	0.79	0.79	0.79	0.67	0.65	0.66
64.6	37.3	47.3	Chicharrilla (<i>Harpalyce arborescens</i>)								
1.19	1.32	1.27	0.89	1.09	1.02	0.85	1.06	0.99	0.72	0.94	0.87
		59	Volantín (<i>Wimmeria concolor</i>)								
—	—	1.25	—	—	0.96	—	—	0.93	—	—	0.79
57.8	35	46.4	Hueso de tigre (<i>Krugiodendrom ferreum</i>)								
1.23	1.40	1.31	0.95	1.26	1.11	0.92	1.18	1.05	0.78	1.04	0.91
50.2	24.9	34.9	Ébano (<i>Ebanopsis ebano</i>)								
1.20	1.35	1.29	0.96	1.22	1.12	0.92	1.18	1.08	0.80	1.08	0.97
58.8	44.4	51.3	Tenaza (<i>Pithecellobium pallens</i>)								
1.12	1.10	1.11	0.83	0.88	0.86	0.81	0.85	0.83	0.71	0.76	0.73
72.6	63.6	69.6	Uña de gato (<i>Zanthoxylum fagara</i>)								
1.10	1.07	1.09	0.79	0.79	0.79	0.76	0.75	0.75	0.64	0.66	0.65
		95.6	Nacahua (<i>Cordia boissieri</i>)								
—	—	1.14	—	—	0.70	—	—	0.67	—	—	0.58

D_HA = Densidad >PSF de albura

D_HD = Densidad >PSF de duramen

D_H = Densidad >PSF media

D_hA = Densidad normal de albura

D_hD = Densidad normal de duramen

D_h = Densidad normal media

DoA = Densidad anhidra de albura

DoD = Densidad anhidra de duramen

Do = Densidad anhidra media

DbA = Densidad básica de albura

DbD = Densidad básica de duramen

Db = Densidad básica media

Nota: Donde aparece un guión no se diferenciò albura de duramen

La densidad básica de duramen y albura de las 16 especies de maderas presentaron diferencias. La densidad de la albura de las maderas de *Myrcianthes fragrans*, *Phoebe tampicensis*, *Casimiroa pringley* y *Sapindus saponaria* resultó mayor a la del duramen, debido a que probablemente en la albura de estas maderas los anillos son angostos y con mayor cantidad de madera tardía que temprana (Fuentes, s/f). Lo contrario sucedió con las maderas de *Acacia berlandieri*, *Esenbeckia berlandieri*, *Lysiloma divaricata*, *Harpalyce arborescens*, *Krugiodendrom ferreum*, *Ebanopsis ebano*, *Pithecellobium pallens* y *Zanthoxylum fagara*; estas maderas se ven influenciadas por las sustancias que produce la duraminización aportando un mayor peso a esta parte de la madera. Las cuatro especies de madera restantes no presentaron diferencia de color entre albura y duramen.

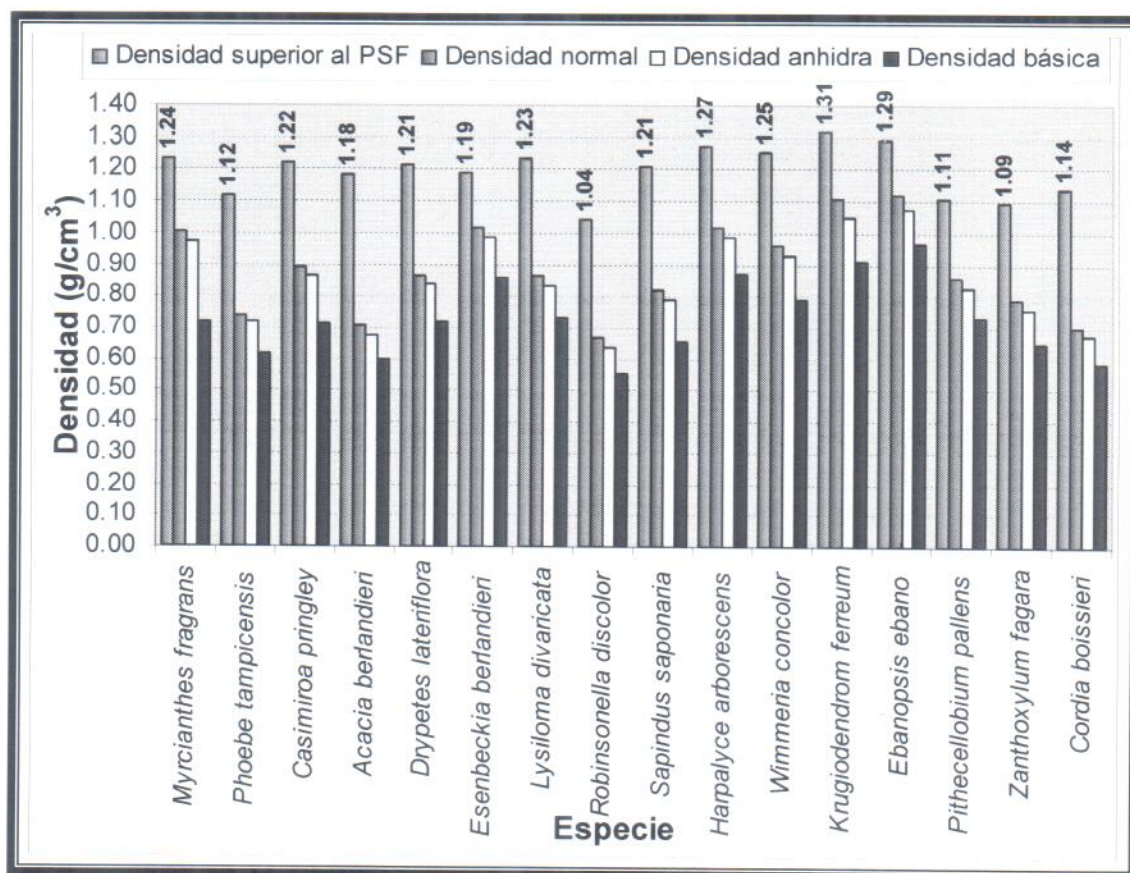


Fig. 48. Representación de las densidades de las 16 maderas

En la Tabla 21, se presentan los valores medios de la densidad normal para cada especie de madera, donde se clasifican las maderas como semipesadas hasta muy pesadas, tomando en cuenta que cinco de ellas se señalan como pesadas. La especie con menor densidad normal es *Robinsonella discolor* con 0.67 g/cm^3 , mientras que la de *Ebanopsis ebano* presentó la más alta con 1.12 g/cm^3 .

Tabla 21. Densidad normal (Dh) de las 16 especies de maderas

Nombre Científico	Nombre Común	Dh g/cm³	Clasificación (Díaz, 1960)
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	0.67	Semipesada
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	0.70	Semipesada
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	0.71	Semipesada
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	0.74	Semipesada
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	0.79	Semipesada
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	0.82	Pesada
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	0.86	Pesada
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	0.87	Pesada
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	0.87	Pesada
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	0.89	Pesada
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	0.96	Muy pesada
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	1.00	Muy pesada
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	1.02	Muy pesada
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	1.02	Muy pesada
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	1.11	Muy pesada
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	1.12	Muy pesada
Dh = Densidad normal			

Se prefieren maderas de baja densidad para la mejor compactación de las partículas o fibras; con maderas de alta densidad se requiere de menor volumen de madera para elaborar el mismo tablero. De acuerdo con lo anterior, lo que se debe hacer es seleccionar la madera en cuanto a densidad básica acorde con el tablero, no olvidándose de los demás parámetros como sanidad de la madera, pH, longitud de fibra y color, entre otros aspectos.

En la Tabla 22, se muestran la clasificación para la densidad básica y sus medidas de tendencia central.

Tabla 22. Densidad básica (Db) y sus medidas de tendencia central de las 16 especies de maderas

Nombre Científico	Nombre Común	Db g/cm ³	Des. Est.	C.V.	Máx	Mín	Clasificación (Vignote y Jiménez, 1996)
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	0.56	0.04	0.08	0.63	0.48	Semipesada
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	0.58	0.02	0.04	0.61	0.53	Semipesada
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	0.60	0.05	0.09	0.68	0.49	Semipesada
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	0.62	0.03	0.04	0.7	0.53	Semipesada
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	0.65	0.04	0.06	0.72	0.55	Semipesada
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	0.66	0.04	0.06	0.72	0.55	Semipesada
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	0.71	0.02	0.02	0.74	0.68	Semipesada
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	0.72	0.07	0.10	0.81	0.62	Semipesada
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	0.72	0.02	0.03	0.76	0.69	Semipesada
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	0.73	0.03	0.05	0.82	0.68	Semipesada
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	0.73	0.05	0.07	0.83	0.65	Semipesada
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	0.79	0.01	0.02	0.81	0.77	Pesada
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	0.86	0.07	0.08	1.00	0.74	Pesada
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	0.87	0.12	0.14	1.02	0.64	Pesada
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	0.91	0.14	0.15	1.28	0.72	Pesada
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	0.97	0.14	0.14	1.11	0.71	Muy pesada
Db= Densidad básica		C.V.= Coeficiente de variación				Máx= Máximo	
Des. Est.= Desviación estándar						Mín= Mínimo	

En la Figura 49, se observa que *Robinsonella discolor*, es la especie con menor densidad básica media (0.56 g/cm³), significando ello que de las 16 spp es la madera que presentó mayor cantidad de espacios vacíos por unidad de volumen; la especie con la mayor densidad básica media resultó ser la de *Ebanopsis ebano* con un valor de 0.97 g/cm³ o 970 kg/m³, lo que indica es una madera muy pesada y lenta de secar.

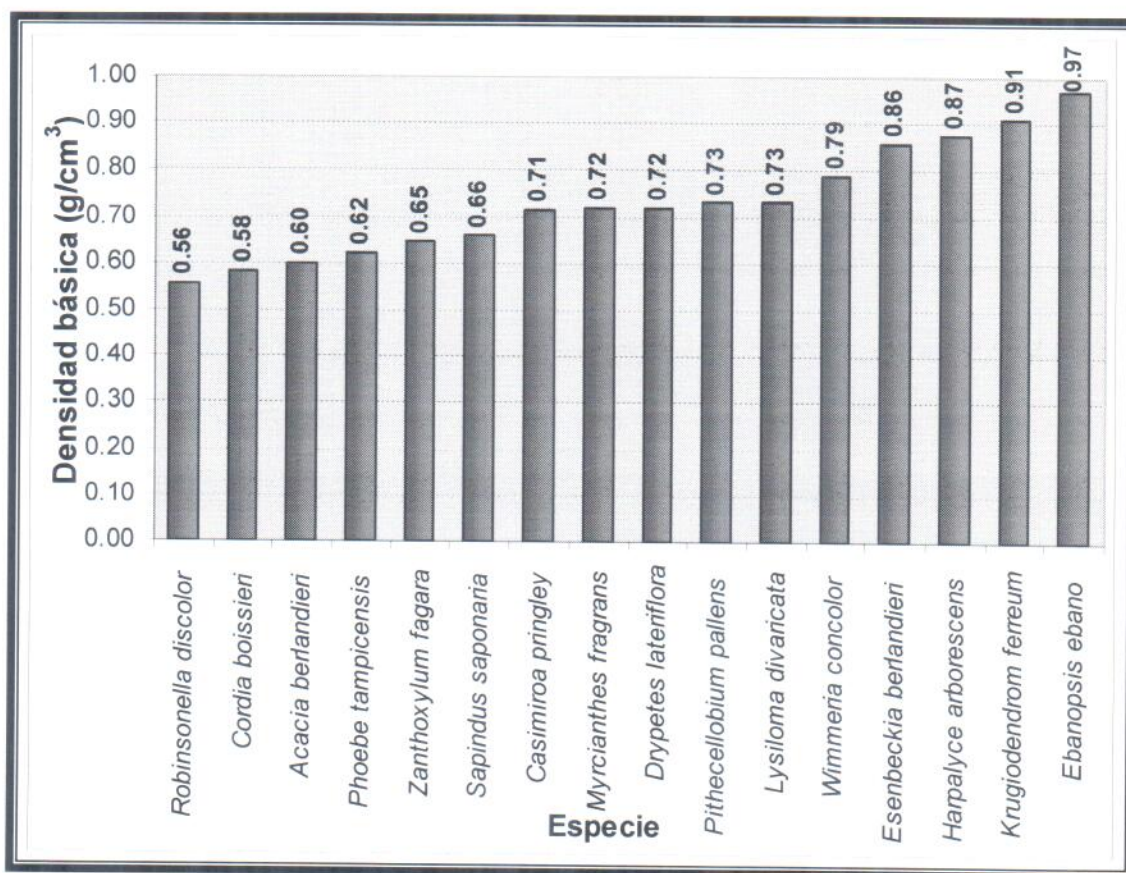


Fig. 49. Representación de la densidad básica de las 16 maderas

7.5 Tableros de partículas utilizando maderas individuales

7.5.1 Razón de Compresión

Considerando la densidad básica media de la maderas y de acuerdo a la clasificación de la densidad media de los tableros de partículas, se analizó la Razón de Compresión en la Tabla 23 (ver metodología, capítulo 6.2.2.7), con el propósito de conocer cuales maderas son aptas para la fabricación de este tipo de tableros.

Tabla 23. Razones de Compresión (RC) para la fabricación de tableros de partículas de diferente densidad con especies individuales

Db Kg/m³	Densidad del tablero (kg/m³)								
	400	450	500	550	600	650	700	750	800
<i>Malva (Robinsonella discolor)</i>									
560	*	*	*	*	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
<i>Nacahua (Cordia boissieri)</i>									
580	*	*	*	*	*	1.1	1.2	1.3	1.4
<i>Guajillo (Acacia berlandieri)</i>									
600	*	*	*	*	*	1.1	1.2	1.3	1.3
<i>Magüira (Phoebe tampicensis)</i>									
620	*	*	*	*	*	*	1.1	1.2	1.3
<i>Uña de gato (Zanthoxylum fagara)</i>									
650	*	*	*	*	*	*	1.1	1.2	1.2
<i>Jaboncillo (Sapindus saponaria)</i>									
660	*	*	*	*	*	*	1.1	1.1	1.2
<i>Zapotillo (Casimiroa pringley)</i>									
710	*	*	*	*	*	*	*	1.1	1.1
<i>Pimientilla (Myrcianthes fragrans)</i>									
720	*	*	*	*	*	*	*	*	1.1
<i>Reventón (Drypetes lateriflora)</i>									
720	*	*	*	*	*	*	*	*	1.1
<i>Tenaza (Pithecellobium pallens)</i>									
730	*	*	*	*	*	*	*	*	1.1
<i>Rajador (Lysiloma divaricata)</i>									
730	*	*	*	*	*	*	*	*	1.1
<i>Volantín (Wimmeria concolor)</i>									
790	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Limoncillo (Esenbeckia berlandieri)</i>									
860	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chicharrilla (Harpalyce arborescens)</i>									
870	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Hueso de tigre (Krugiodendrom ferreum)</i>									
910	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ebano (Ebanopsis ebano)</i>									
970	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Db= Densidad básica					* = No apta				

La especie de *Robinsonella discolor*, es la que obtuvo mayor cantidad de “Razones de Compresión” aptas, aunque sólo para la elaboración de tableros de partículas desde los 600 hasta los 800 kg/m³. De ahí, le siguen *Cordia boissieri* y *Acacia berlandieri* pero, éstas sólo son aptas a partir de los 650 kg/m³. De acuerdo a como fue aumentando la densidad de las maderas fueron disminuyendo las posibilidades de uso de esas maderas en los tableros de partículas de densidad media, tal como lo indica la Tabla 23. Es necesario aclarar también que la RC debe ser siempre mayor a 1, de lo contrario no habría compactación del tablero. Los tableros con densidades de 800 kg/m³, son los que pueden ser elaborados con el mayor número de especies por separado, pueden fabricarse con la madera de 11 de las 16 especies de maderas con densidades desde los 560 hasta los 730 kg/m³.

7.5.2 Relación volumen de madera-volumen de tablero

Por otro lado, se calculó el volumen de madera requerido para elaborar un metro cúbico de tablero de partículas sólo para las combinaciones aptas de densidad básica de la madera y densidad del tablero, tomando como referencia, a manera de ejemplo, una Relación de Encolado (RE) del 8 %, un CH del 10 % y dimensiones del tablero de 19 mm x 1.22 m x 2.44 m (Tabla 24).

Tabla 24. Volumen de madera (m³) con especies individuales, requerido para fabricar 1 m³ de tablero de densidad media

Db Kg/m ³	Densidad del tablero (kg/m ³)								
	400	450	500	550	600	650	700	750	800
<i>Malva (Robinsonella discolor)</i>									
560	*	*	*	*	0.902	0.977	1.052	1.127	1.203
<i>Nacahua (Cordia boissieri)</i>									
580	*	*	*	*	*	0.943	1.016	1.088	1.161
<i>Guajillo (Acacia berlandieri)</i>									
600	*	*	*	*	*	0.912	0.982	1.052	1.122
<i>Magüira (Phoebe tampicensis)</i>									
620	*	*	*	*	*	*	0.950	1.018	1.086
<i>Uña de gato (Zanthoxylum fagara)</i>									
650	*	*	*	*	*	*	0.907	0.971	1.036
<i>Jaboncillo (Sapindus saponaria)</i>									
660	*	*	*	*	*	*	0.893	0.957	1.020
<i>Zapotillo (Casimiroa pringley)</i>									
710	*	*	*	*	*	*	*	0.889	0.948
<i>Pimientilla (Myrcianthes fragrans)</i>									
720	*	*	*	*	*	*	*	*	0.935
<i>Reventón (Drypetes lateriflora)</i>									
720	*	*	*	*	*	*	*	*	0.935
<i>Tenaza (Pithecellobium pallens)</i>									
730	*	*	*	*	*	*	*	*	0.922
<i>Rajador (Lysiloma divaricata)</i>									
730	*	*	*	*	*	*	*	*	0.922
Db= Densidad básica * = No apta									

Como se observa en las Tablas 23 y 24, la madera de *Robinsonella discolor*, es la especie que permitiría la mayor diversidad de densidades de tableros, debido a la más baja densidad básica de su madera, requiriéndose entonces, de 0.902 m³ de madera para un tablero de partículas de 600 kg/m³ de densidad, y hasta 1.203 m³ de madera para fabricar un tablero de densidad media de 800 kg/m³ de las dimensiones indicadas. No hubo compresión en 5 de las 16 maderas mayores a 730 kg/m³.

En las pocas combinaciones aptas, se muestra como para una misma densidad del tablero es requerido un menor volumen de madera, mientras se aumente su densidad básica. La causa de esto, es por que entre mayor sea la densidad básica de la madera, menor cantidad de espacio vacío existirá y por lo tanto menor posibilidad de compresión, repercutiendo en un menor volumen de madera para fabricar un tablero de determinada densidad.

7.5.3 Superficie Específica

Como se indicó en la metodología, la Superficie Específica (SE) representa el área de contacto de las superficies de las partículas a cubrir por el adhesivo y en ellas interviene la densidad de la madera. Con un espesor de partícula de 0.5 mm, se observa que al reducir la densidad de la madera se tiene un área mayor de partículas por unidad de peso. Además, al cambiar la superficie específica del material, partículas, se tiene como efecto un cambio en las condiciones de distribución del adhesivo (Tabla 25).

Realizado el análisis correspondiente a la RC, volumen de madera requerido para fabricar un metro cúbico de tablero y SE de las partículas; para las 16 maderas destinadas a la producción de tableros de partículas de densidad media, se puede decir que, definitivamente se descartan cinco maderas de las especies: *Wimmeria concolor*, *Esenbeckia berlandieri*, *Harpalyce arborescens*, *Krugiodendrom ferreum* y *Ebanopsis ebano*; debido a que no resultaron aptas en la RC, es decir, el valor obtenido en la RC es menor a 1, por lo que no hubo

compresión de la madera al relacionarla con las densidades medias del tablero de partículas.

Tabla 25. Superficie Específica (m²/100 g) de las partículas

Db (g/m ³)	Densidad del tablero (kg/m ³)								
	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Malva (<i>Robinsonella discolor</i>)									
0.56	*	*	*	*	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Nacahua (<i>Cordia boissieri</i>)									
0.58	*	*	*	*	*	0.69	0.69	0.69	0.69
Guajillo (<i>Acacia berlandieri</i>)									
0.60	*	*	*	*	*	0.67	0.67	0.67	0.67
Magüira (<i>Phoebe tampicensis</i>)									
0.62	*	*	*	*	*	*	0.65	0.65	0.65
Uña de gato (<i>Zanthoxylum fagara</i>)									
0.65	*	*	*	*	*	*	0.62	0.62	0.62
Jaboncillo (<i>Sapindus saponaria</i>)									
0.66	*	*	*	*	*	*	0.61	0.61	0.61
Zapotillo (<i>Casimiroa pringley</i>)									
0.71	*	*	*	*	*	*	*	0.56	0.56
Pimientilla (<i>Myrcianthes fragrans</i>)									
0.72	*	*	*	*	*	*	*	*	0.56
Reventón (<i>Drypetes lateriflora</i>)									
0.72	*	*	*	*	*	*	*	*	0.56
Tenaza (<i>Pithecellobium pallens</i>)									
0.73	*	*	*	*	*	*	*	*	0.55
Rajador (<i>Lysiloma divaricata</i>)									
0.73	*	*	*	*	*	*	*	*	0.55
Db= Densidad básica * = No apta									

Las maderas de las especies aceptadas con una RC mayor a 1 fueron: *Robinsonella discolor*, *Cordia boissieri*, *Acacia berlandieri*, *Phoebe tampicensis*, *Zanthoxylum fagara*, *Sapindus saponaria*, *Casimiroa pringley*, *Myrcianthes fragrans*, *Drypetes lateriflora*, *Pithecellobium pallens* y *Lysiloma divaricata*; éstas

maderas resultaron aptas a partir de 560 a 730 kg/m³ de densidad básica y para densidades de tableros de 600 a 800 kg/m³. De las 16 spp 5 no fueron aptas y en 11 de las spp su madera puede compactarse (RC>1) durante la formación de tableros de densidad media. Sin embargo, con ninguna de las 16 spp se logró obtener valores de RC entre 1.5 y 2.2 recomendados por Poblete, (2001).

7.6 Tableros de partículas utilizando mezclas de maderas

7.6.1 Grupos de especies de madera

Como una posibilidad de aumentar la participación del número de especies de madera en los procesos de fabricación de los tableros de partículas de densidad media, y considerando que dichas especies se encuentran mezcladas en la selva baja donde vegetan, para considerar su posible aprovechamiento, se recurrió a hacer un análisis de la densidad básica de las maderas con el objeto de poder reunir las especies con densidad básica similar.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza se presentan en la Tabla 26, y los grupos de especies ordenados en forma alfabética son los que aparecen en la Tabla 27.

Tabla 26. Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E.	Valor de F calculada	Pr > F
Tratamientos	15	12.73215343	0.84881023	121.08	0.0001
Error	721	5.05449792	0.00701040		
Total	736	17.78665134			
F.V.= Fuente de variación G.L.= Grados de Libertad S.C.= Suma de Cuadrados C.M.E.= Cuadrado Medio del Error					

Tabla 27. Grupos de especies de acuerdo a su densidad básica

Grupo	Rango de Db (g/cm³)	Nombre científico	Nombre común
A	>0.97	<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano
B	0.97-0.86	<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre
		<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla
		<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo
C	0.86-0.73	<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín
D	0.73-0.71	<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza
		<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador
		<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón
		<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla
		<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo
E	0.71-0.62	<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo
		<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato
		<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira
F	<0.62	<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo
		<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua
		<i>Robinsonella discolor</i>	Malva

El rango de densidad media en el que se encontraron los grupos de maderas, comprende el grupo F (guajillo, nacahua y malva) con 0.62 g/cm³ hasta los 0.97 g/cm³ para el grupo A (ébano), como se indica en la Tabla 27.

Con el propósito de aprovechar en mayor cantidad las especies de maderas para la elaboración de tableros de partículas, se calculó la Densidad Promedio Ponderada (DPP) de las maderas, volumen de madera verde en m³ requerida para fabricar un m³ de tablero de partículas de densidad media, el Peso de la Madera Seca (PMS) que compone un m³ de tablero de densidad determinada, el porcentaje de participación de cada grupo de maderas y la RC de la madera y el tablero. Al igual que en el procedimiento para fabricar tableros de partículas

con maderas individuales, para utilizar mezclas de especies de maderas; a manera de ejemplo se escoge un tablero con las siguientes especificaciones: una RE del 8%, CH del 10% y dimensiones del tablero de 19 mm * 1.22 m * 2.44 m.

La información resultante de los análisis de la densidad media de los grupos de maderas al relacionarla con la densidad media de los tableros de partículas, es presentada en las Tablas 28 hasta la Tabla 36. La densidad media de los tableros de partículas comprende un rango desde los 400 a 800 kg/m³, por lo que se consideró conveniente ir aumentando el límite inicial cada 50 kg/m³.

Los porcentajes de participación de las especies de madera para fabricar el m³ de tablero de partículas, teóricamente se repartió en partes iguales para la primera variación (I) del porcentaje presentado en las Tablas 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36, enseguida se eliminó la participación de los grupos A y B de mayor densidad de la madera y se repartió en igual proporción (II). Para la tercera variación del porcentaje (III) se seleccionaron los dos últimos grupos (E y F) de especies de madera y se dividió el cien por ciento en dos partes iguales. Respecto a la cuarta variación de porcentaje (IV), para todas estas Tablas los grupos E y F fueron repartidos en 25 y 75 %, respectivamente. Para la última variación de porcentaje (V) se fijó el 100 % del grupo F, que es la mezcla de maderas con densidad más baja, en las que por lo tanto, se pueden obtener Razones de Compresión mayores.

Tabla 28. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 400 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1	336.7
	Vol. madera (m ³)	0.058	0.064	0.071	0.078	0.088	0.097	0.455
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
	RC							0.5
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	84.2	84.2	84.2	84.2	336.7
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.107	0.117	0.132	0.145	0.500
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
	RC							0.6
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	168.4	168.4	336.7
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.263	0.290	0.553
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
	RC							0.7
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	84.2	252.5	336.7
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.132	0.435	0.567
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
	RC							0.7
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	336.7	336.7
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	0.581	0.581
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
	RC							0.7

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

En la Tabla 28, se observa como mientras más se fueron utilizando grupos de maderas de baja densidad básica, los volúmenes de madera verde requeridos

para fabricar el m³ de tablero de partículas fue aumentando de acuerdo al orden de los porcentajes de variación.

Tabla 29. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 450 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	378.8
	Vol. madera (m ³)	0.065	0.072	0.080	0.088	0.099	0.109	0.512
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
	RC							0.6
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	94.7	94.7	94.7	94.7	378.8
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.120	0.132	0.148	0.163	0.563
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
	RC							0.7
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	189.4	189.4	378.8
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.296	0.327	0.622
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
	RC							0.7
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	94.7	284.1	378.8
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.148	0.490	0.638
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
	RC							0.8
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	378.8	378.8
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	0.653	0.653
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
	RC							0.8

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

Las Razones de Compresión obtenidas en las Tablas 28 - 31, resultaron no aptas para la fabricación de tableros de partículas de densidad media, debido a que en los cálculos no existió compactación de las partículas.

Tabla 30. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 500 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	420.9
	Vol. madera (m ³)	0.072	0.080	0.089	0.097	0.110	0.121	0.569
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
	RC							0.7
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	105.2	105.2	105.2	105.2	420.9
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.133	0.146	0.164	0.181	0.625
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
	RC							0.7
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	210.4	210.4	420.9
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.329	0.363	0.692
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
	RC							0.8
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	105.2	315.7	420.9
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.164	0.544	0.709
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
	RC							0.8
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	420.9	420.9
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	0.726	0.726
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
	RC							0.9

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

La razón de la no compactación en estos casos, es causada por que la densidad básica de la madera en todos los grupos es mayor a la del tablero a elaborar, por lo que entonces, es necesario aumentar la densidad del tablero.

Tabla 31. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 550 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	463.0
	Vol. madera (m ³)	0.080	0.088	0.098	0.107	0.121	0.133	0.626
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
	RC							0.7
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	115.7	115.7	115.7	115.7	463.0
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.147	0.161	0.181	0.200	0.688
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
	RC							0.8
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	231.5	231.5	463.0
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.362	0.399	0.761
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
	RC							0.9
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	115.7	347.2	463.0
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.181	0.599	0.780
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
	RC							0.9
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	463.0	463.0
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	0.798	0.798
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
	RC							0.9

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

Los cambios de la DPP en cada una de las variaciones en porcentaje de especies de madera, fueron disminuyendo y a la vez las Razones de Compresión reaccionaron en un aumento, mejorando así, la calidad del tablero.

Tabla 32. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 600 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	505.1
	Vol. madera (m ³)	0.087	0.096	0.107	0.117	0.132	0.145	0.683
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
							RC	0.8
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	126.3	126.3	126.3	126.3	505.1
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.160	0.175	0.197	0.218	0.750
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
							RC	0.9
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	252.5	252.5	505.1
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.395	0.435	0.830
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
							RC	1.0
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	126.3	378.8	505.1
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.197	0.653	0.850
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
							RC	1.0
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	505.1	505.1
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	0.871	0.871
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
							RC	1.0

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

En la Tabla 32, se nota ya una tendencia hacia la compresión de las maderas de los grupos E y F cuando se obtiene el valor de uno en la RC, pero sólo en las variaciones en porcentaje III, IV y V.

Tabla 33. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 650 kg/m^3 de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m^3)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2	547.1
	Vol. madera (m^3)	0.094	0.104	0.115	0.127	0.142	0.157	0.739
	DPP (kg/m^3)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
							RC	0.9
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	136.8	136.8	136.8	136.8	547.1
	Vol. madera (m^3)	-	-	0.173	0.190	0.214	0.236	0.813
	DPP (kg/m^3)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
							RC	1.0
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	273.6	273.6	547.1
	Vol. madera (m^3)	-	-	-	-	0.427	0.472	0.899
	DPP (kg/m^3)	0	0	0	0	320	290	610
							RC	1.1
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	410.4	547.1
	Vol. madera (m^3)	-	-	-	-	0.214	0.708	0.921
	DPP (kg/m^3)	0	0	0	0	160	435	595
							RC	1.1
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	547.1	547.1
	Vol. madera (m^3)	-	-	-	-	-	0.943	0.943
	DPP (kg/m^3)	0	0	0	0	0	580	580
							RC	1.1

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

En estos casos, la densidad básica de los grupos de especies de madera ya fue menor a la densidad media del tablero a fabricar, a excepción de la primera (I) variación del porcentaje de participación, con una RC de 0.9.

Tabla 34. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 700 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
	Db media (kg/m ³)	A 970	B 880	C 790	D 720	E 640	F 580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	589.2
	Vol. madera (m ³)	0.101	0.112	0.124	0.136	0.153	0.169	0.796
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
							RC	0.9
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	147.3	147.3	147.3	147.3	589.2
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.186	0.205	0.230	0.254	0.875
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
							RC	1.0
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	294.6	294.6	589.2
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.460	0.508	0.968
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
							RC	1.1
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	147.3	441.9	589.2
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.230	0.762	0.992
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
							RC	1.2
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	589.2	589.2
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	1.016	1.016
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
							RC	1.2

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

La RC juega un papel importante en la fabricación del tablero, en la Tabla 34, ya se nota una mejor compactación para el tablero, llegando la RC a 1.2.

Tabla 35. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 750 kg/m^3 de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m^3)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	105.2	105.2	105.2	105.2	105.2	105.2	631.3
	Vol. madera (m^3)	0.108	0.120	0.133	0.146	0.164	0.181	0.853
	DPP (kg/m^3)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
							RC	1.0
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	157.8	157.8	157.8	157.8	631.3
	Vol. madera (m^3)	-	-	0.200	0.219	0.247	0.272	0.938
	DPP (kg/m^3)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
							RC	1.1
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	315.7	315.7	631.3
	Vol. madera (m^3)	-	-	-	-	0.493	0.544	1.037
	DPP (kg/m^3)	0	0	0	0	320	290	610
							RC	1.2
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	157.8	473.5	631.3
	Vol. madera (m^3)	-	-	-	-	0.247	0.816	1.063
	DPP (kg/m^3)	0	0	0	0	160	435	595
							RC	1.3
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	631.3	631.3
	Vol. madera (m^3)	-	-	-	-	-	1.088	1.088
	DPP (kg/m^3)	0	0	0	0	0	580	580
							RC	1.3

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
DPP= Densidad Promedio Ponderada
RC= Razón de Compresión

Tabla 36. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de partículas de 800 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	112.2	112.2	112.2	112.2	112.2	112.2	673.4
	Vol. madera (m ³)	0.116	0.128	0.142	0.156	0.175	0.194	0.910
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120.0	106.7	96.7	763.3
							RC	1.0
II	% de cada grupo	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	168.4	168.4	168.4	168.4	673.4
	Vol. madera (m ³)	-	-	0.213	0.234	0.263	0.290	1.000
	DPP (kg/m ³)	0	0	197.5	180	160	145	682.5
							RC	1.2
III	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	336.7	336.7	673.4
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.526	0.581	1.107
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	320	290	610
							RC	1.3
IV	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	168.4	505.1	673.4
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	0.263	0.871	1.134
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	160	435	595
							RC	1.3
V	% de cada grupo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
	PMS (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	673.4	673.4
	Vol. madera (m ³)	-	-	-	-	-	1.161	1.161
	DPP (kg/m ³)	0	0	0	0	0	580	580
							RC	1.4

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

En la Tabla 35, con la presentación de esas variaciones en porcentaje de las especies, teóricamente en todas las maderas de los grupos ocurre compresión, a excepción de la primera variación en porcentaje con RC de 1.0

No se alcanzó a llegar al límite inferior del rango de la RC (1.5-2.2) recomendado por Poblete, (2001), ni utilizando sólo el grupo F (*Acacia berlandieri*, *Cordia boissieri* y *Robinsonella discolor*) al 100 % de participación en el m³ de tablero de partículas. Sin embargo, se pueden fabricar tableros de partículas de 800 kg/m³ de densidad, con los grupos de especies de maderas C, D, E y F (Tabla 27) y con las variaciones en porcentaje indicadas en la Tabla 36.

A diferencia de utilizar *spp* en forma individual (11 *spp*) para tableros de partículas con 600 a 800 kg/m³ de densidad (no para todas las *spp*), haciendo mezclas se logró usar una *sp* más (grupo C: *Wimmeria concolor*), con la desventaja de que fue sólo para tableros de partículas con 750-800 kg/m³ de densidad. Utilizando los grupos E y F se pueden fabricar teóricamente los de 650 a 800 kg/m³.

7.6.2 Superficie Específica de las partículas en los grupos de maderas

Es de interés en el aspecto económico, tener en cuenta el gasto que se genera en la cantidad de adhesivo que se requiere para cubrir las partículas que integran el tablero, por eso es de importancia considerar la SE de las partículas, debido a que a mayor SE, se necesita más cantidad de adhesivo. En la Tabla 37, se puede verificar que a medida que baja la densidad básica media de los grupos de maderas, la SE tiende a aumentar, ocasionando también una mayor cantidad de adhesivo medida en gramos.

Tabla 37. Superficie Específica (m²/100g) de las partículas en los grupos de las especies de maderas

Grupo	Nombre Científico	Nombre Común	Db Media Grupo (g/cm ³)	SE (m ² /100g)
A	<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	0.97	0.412
B	<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	0.88	0.455
	<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla		
	<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo		
C	<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	0.79	0.506
D	<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	0.72	0.556
	<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador		
	<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón		
	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla		
	<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo		
E	<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	0.64	0.625
	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato		
	<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira		
F	<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	0.58	0.690
	<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua		
	<i>Robinsonella discolor</i>	Malva		

SE= Superficie Específica

El grupo A de mayor densidad media de 0.97 g/cm³ (*Ebanopsis ebano*), es el que presentó la menor SE de 0.412 m²/100 g, debido a que es el grupo que ocupa el menor numero de partículas por unidad de peso. La máxima SE de 0.690 m²/100 g obtenida en las mezclas de maderas corresponde al grupo F (Tabla 27) con densidad media igual a 0.58 g/cm³, ésta SE es la que necesita la mayor cantidad de adhesivo de los seis grupos para cubrir las dimensiones de las partículas.

7.7 Tableros de fibras duros y extraduros

Para lograr utilizar una más amplia variedad de las especies de maderas en la fabricación de tableros aglomerados, pero ahora de fibras, se toman en cuenta las densidades de los tableros duros y extraduros de acuerdo con la clasificación propuesta por Echenique y Robles, (1993).

Se calculó la Densidad Promedio Ponderada (DPP) de las maderas, volumen de madera verde en m^3 requerida para fabricar un m^3 de tablero de fibras duros y extraduros, el Peso de la Madera Seca (PMS) que compone un m^3 de tablero de densidad determinada, el porcentaje de participación de cada grupo de maderas y la RC de la madera y el tablero. Al igual que en el procedimiento para fabricar tableros de partículas con mezclas de maderas; a manera de ejemplo se escoge un tablero con las siguientes especificaciones: una RE del 8%, un CH del 10% y dimensiones del tablero de 19 mm x 1.22 m x 2.44 m (Tablas 38-45).

Dado que se pretende elaborar tableros de más alta densidad que los tableros de partículas de densidad media, y con los mismos grupos de maderas, la variación de los porcentajes de participación de éstos inició su análisis con los grupos de especies de maderas de mayor densidad (A-F).

Tabla 38. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 850 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	715.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	715.5
	Vol. madera (m ³)	0.738	-	-	-	-	-	0.738
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
							RC	0.9
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	536.6	178.9	0.0	0.0	0.0	0.0	715.5
	Vol. madera (m ³)	0.553	0.203	-	-	-	-	0.756
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
							RC	0.9
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	357.7	357.7	0.0	0.0	0.0	0.0	715.5
	Vol. madera (m ³)	0.369	0.407	-	-	-	-	0.775
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
							RC	0.9
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	178.9	178.9	178.9	178.9	0.0	0.0	715.5
	Vol. madera (m ³)	0.184	0.203	0.226	0.248	-	-	0.863
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
							RC	1.0
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	119.3	119.3	119.3	119.3	119.3	119.3	715.5
	Vol. madera (m ³)	0.123	0.136	0.151	0.166	0.186	0.206	0.967
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
							RC	1.1

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

Para la elaboración de tableros de fibras de 850 kg/m^3 de densidad, es indicado en la Tabla 38 (numero de variación en porcentaje V), que se pueden emplear todos los grupos de madera participando con iguales porcentajes (16.7 %) resultando una RC de 1.1.

Es de observarse que sí se usaran los grupos de maderas con las menores densidades y a éstos se les otorgara mayor porcentaje de participación en el tablero a fabricar, la RC resultaría cada vez más alta, mejorando así, la resistencia del tablero.

Es importante ver que en el análisis de estas Tablas 38-45, el PMS total destinado a elaborar un metro cúbico de tablero de densidad determinada no cambia, la variación ocurre de acuerdo a los porcentajes de participación de cada grupo de madera.

Tabla 39. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 900 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	757.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	757.6
	Vol. madera (m ³)	0.781	-	-	-	-	-	0.781
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
							RC	0.9
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	568.2	189.4	0.0	0.0	0.0	0.0	757.6
	Vol. madera (m ³)	0.586	0.215	-	-	-	-	0.801
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
							RC	0.9
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	378.8	378.8	0.0	0.0	0.0	0.0	757.6
	Vol. madera (m ³)	0.391	0.430	-	-	-	-	0.821
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
							RC	1.0
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	189.4	189.4	189.4	189.4	0.0	0.0	757.6
	Vol. madera (m ³)	0.195	0.215	0.240	0.263	-	-	0.913
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
							RC	1.1
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	126.3	126.3	126.3	126.3	126.3	126.3	757.6
	Vol. madera (m ³)	0.130	0.143	0.160	0.175	0.197	0.218	1.024
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
							RC	1.2

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

En la Tabla 39, se observa que todavía no resultan aptas las maderas de los grupos A, B y C para tableros de fibras de 900 kg/m³. Sólo a partir del

porcentaje de variación IV inicia la compactación del tablero, aunque aun es baja.

Tabla 40. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 950 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	799.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	799.7
	Vol. madera (m ³)	0.824	-	-	-	-	-	0.824
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
	RC							1.0
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	599.7	199.9	0.0	0.0	0.0	0.0	799.7
	Vol. madera (m ³)	0.618	0.227	-	-	-	-	0.845
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
	RC							1.0
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	399.8	399.8	0.0	0.0	0.0	0.0	799.7
	Vol. madera (m ³)	0.412	0.454	-	-	-	-	0.867
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
	RC							1.0
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	199.9	199.9	199.9	199.9	0.0	0.0	799.7
	Vol. madera (m ³)	0.206	0.227	0.253	0.278	-	-	0.964
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
	RC							1.1
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	133.3	133.3	133.3	133.3	133.3	133.3	799.7
	Vol. madera (m ³)	0.137	0.151	0.169	0.185	0.208	0.230	1.081
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
	RC							1.2

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

Tabla 41. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1000 kg/m^3 de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	841.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	841.8
	Vol. madera (m ³)	0.868	-	-	-	-	-	0.868
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
							RC	1.0
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	631.3	210.4	0.0	0.0	0.0	0.0	841.8
	Vol. madera (m ³)	0.651	0.239	-	-	-	-	0.890
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
							RC	1.1
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	420.9	420.9	0.0	0.0	0.0	0.0	841.8
	Vol. madera (m ³)	0.434	0.478	-	-	-	-	0.912
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
							RC	1.1
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	210.4	210.4	210.4	210.4	0.0	0.0	841.8
	Vol. madera (m ³)	0.217	0.239	0.266	0.292	-	-	1.015
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
							RC	1.2
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	140.3	140.3	140.3	140.3	140.3	140.3	841.8
	Vol. madera (m ³)	0.145	0.159	0.178	0.195	0.219	0.242	1.138
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
							RC	1.3

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
DPP= Densidad Promedio Ponderada

RC= Razón de Compresión

En la Tabla 41, se nota un aumento de la RC llegando a 1.3 utilizando el porcentaje de variación en porcentaje V (16.7 % cada grupo), con lo que se logra una mejor resistencia del tablero.

Tabla 42. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1050 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	883.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	883.8
	Vol. madera (m ³)	0.911	-	-	-	-	-	0.911
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
							RC	1.1
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	662.9	221.0	0.0	0.0	0.0	0.0	883.8
	Vol. madera (m ³)	0.683	0.251	-	-	-	-	0.934
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
							RC	1.1
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	441.9	441.9	0.0	0.0	0.0	0.0	883.8
	Vol. madera (m ³)	0.456	0.502	-	-	-	-	0.958
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
							RC	1.1
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	221.0	221.0	221.0	221.0	0.0	0.0	883.8
	Vol. madera (m ³)	0.228	0.251	0.280	0.307	-	-	1.065
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
							RC	1.3
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	883.9
	Vol. madera (m ³)	0.152	0.167	0.186	0.205	0.230	0.254	1.194
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
							RC	1.4

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca RC= Razón de Compresión
DPP= Densidad Promedio Ponderada

La Tabla 42, señala que para todas las variaciones en porcentaje existe compresión en el tablero de fibras de 1050 kg/m³ de densidad. Es importante mencionar que para esta densidad de tablero se puede utilizar al 100 % la

madera del grupo A (*Ebanopsis ebano*), aunque con una RC baja de 1.1 y su color gris oscuro que influye en el color final del tablero. También, en esa misma Tabla 42, se obtuvo la mayor RC (1.4) para el tablero de 1100 kg/m³, utilizando todas los grupos de maderas al 16.7 %.

Tabla 43. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1100 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	925.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	925.9
	Vol. madera (m ³)	0.955	-	-	-	-	-	0.955
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
	RC							1.1
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	694.4	231.5	0.0	0.0	0.0	0.0	925.9
	Vol. madera (m ³)	0.716	0.263	-	-	-	-	0.979
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
	RC							1.2
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	463.0	463.0	0.0	0.0	0.0	0.0	925.9
	Vol. madera (m ³)	0.477	0.526	-	-	-	-	1.003
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
	RC							1.2
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	231.5	231.5	231.5	231.5	0.0	0.0	925.9
	Vol. madera (m ³)	0.239	0.263	0.293	0.322	-	-	1.116
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
	RC							1.3
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	154.3	154.3	154.3	154.3	154.3	154.3	925.9
	Vol. madera (m ³)	0.159	0.175	0.195	0.214	0.241	0.266	1.251
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
	RC							1.4

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
DPP= Densidad Promedio Ponderada
RC= Razón de Compresión

Tabla 44. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1150 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	968.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	968.0
	Vol. madera (m ³)	0.998	-	-	-	-	-	0.998
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
	RC							1.2
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	726.0	242.0	0.0	0.0	0.0	0.0	968.0
	Vol. madera (m ³)	0.748	0.275	-	-	-	-	1.023
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
	RC							1.2
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	484.0	484.0	0.0	0.0	0.0	0.0	968.0
	Vol. madera (m ³)	0.499	0.550	-	-	-	-	1.049
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
	RC							1.2
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	242.0	242.0	242.0	242.0	0.0	0.0	968.0
	Vol. madera (m ³)	0.249	0.275	0.306	0.336	-	-	1.167
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
	RC							1.4
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	161.3	161.3	161.3	161.3	161.3	161.3	968.0
	Vol. madera (m ³)	0.166	0.183	0.204	0.224	0.252	0.278	1.308
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
	RC							1.5

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
DPP= Densidad Promedio Ponderada
RC= Razón de Compresión

Tabla 45. Porcentajes de los grupos de maderas, PMS, volumen, DPP y RC para la fabricación de tableros de fibras de 1200 kg/m³ de densidad

No. de Var. del %	Concepto	Grupo de especie de madera						Total
		A	B	C	D	E	F	
	Db media (kg/m ³)	970	880	790	720	640	580	
I	% de cada grupo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	1010.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1010.1
	Vol. madera (m ³)	1.041	-	-	-	-	-	1.041
	DPP (kg/m ³)	970.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	970.0
	RC							1.2
II	% de cada grupo	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	757.6	252.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1010.1
	Vol. madera (m ³)	0.781	0.287	-	-	-	-	1.068
	DPP (kg/m ³)	727.5	220	0	0	0	0	947.5
	RC							1.3
III	% de cada grupo	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	505.1	505.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1010.1
	Vol. madera (m ³)	0.521	0.574	-	-	-	-	1.095
	DPP (kg/m ³)	485	440	0	0	0	0	925
	RC							1.3
IV	% de cada grupo	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	PMS (kg)	252.5	252.5	252.5	252.5	0.0	0.0	1010.1
	Vol. madera (m ³)	0.260	0.287	0.320	0.351	-	-	1.218
	DPP (kg/m ³)	242.5	220	197.5	180	0	0	840
	RC							1.4
V	% de cada grupo	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	100.0
	PMS (kg)	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	1010.1
	Vol. madera (m ³)	0.174	0.191	0.213	0.234	0.263	0.290	1.365
	DPP (kg/m ³)	161.7	146.7	131.7	120	106.7	96.67	763.35
	RC							1.6

No. de Var. del % = Número de variación del porcentaje
PMS= Peso de la Madera Seca
DPP= Densidad Promedio Ponderada
RC= Razón de Compresión

La RC de 1.5 en la Tabla 44, se encuentra en el rango (1.5-2.2) recomendado por Poblete, (2001), requiriendo la participación del 16.7 % de todas los grupos de maderas para elaborar tableros de fibras de 1150 kg/m³.

Con la participación de los 6 grupos de maderas al 16.7 % y necesitando de 1010.1 kg de madera seca, resultó una RC apta y aceptable de 1.6 para elaborar un metro cúbico de tablero de fibras de 1200 kg/m³ de densidad.

En relación al uso de estos grupos de maderas en tableros de fibras extraduros, se considera no hay inconvenientes en cuanto a la compactación del tablero, aunque estos son menos comerciales que los duros, además normalmente llevan incluidos otros materiales como catalizadores que los hacen ser tableros con características especiales.

7.8 pH de las 16 especies de maderas

De acuerdo con Poblete, (2001), los extraíbles de la madera determinan el valor de pH de la madera, y estos a la vez influyen sobre el proceso de encolado, debiéndose a que las reacciones químicas que ocurren durante el fraguado de los adhesivos convencionales (ureaformaldehído y fenolformaldehído), siguen su curso óptimo con un determinado valor del pH. Un valor de 3 a 3.5 es el que fluctúa para ureaformaldehído. El valor del pH de fenolformaldehído varía entre 10 y 13.5. En la Tabla 46, se presentan los valores medios del pH, obtenidos en agua fría de las 16 maderas; los valores mínimos y máximos en éstas especies son de 5.06 para la madera de *Ebanopsis ebano* y 7.64 para la madera de *Robinsonella discolor*, respectivamente.

Tabla 46. Valor del pH en las 16 maderas estudiadas

Nombre científico	Nombre común	Valor de pH	Color de la solución
<i>Ebanopsis ebano</i>	Ébano	5.06	Negro
<i>Myrcianthes fragrans</i>	Pimientilla	5.11	Rojo
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Limoncillo	5.52	Incoloro
<i>Wimmeria concolor</i>	Volantín	5.90	Incoloro
<i>Pithecellobium pallens</i>	Tenaza	6.00	Rojo
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	6.08	Amarillo
<i>Lysiloma divaricata</i>	Rajador	6.14	Incoloro
<i>Casimiroa pringley</i>	Zapotillo	6.21	Amarillo pálido
<i>Krugiodendrom ferreum</i>	Hueso de tigre	6.25	Rojo
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	6.44	Amarillo
<i>Cordia boissieri</i>	Nacahua	6.46	Amarillo pálido
<i>Drypetes lateriflora</i>	Reventón	6.74	Amarillo
<i>Harpalyce arborescens</i>	Chicharrilla	6.77	Rojo
<i>Phoebe tampicensis</i>	Magüira	7.28	Incoloro
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	7.47	Amarillo pálido
<i>Robinsonella discolor</i>	Malva	7.64	Amarillo pálido
	Media	Máx.	Mín.
	6.32	7.64	5.06

En la Tabla 47, se muestran los valores medios, máximos y mínimos en diferentes especies, reportados por tres autores.

Tabla 47. Valores del pH en diferentes maderas

Investigador	No. de especies	Media	Máx.	Mín.
Torelli (1982)	30 Latifoliadas	5.48	6.90	3.70
Fengel (1989)	43 Coníferas y latifoliadas	5.26	8.20	3.30
Rutiaga (2001)	5 Coníferas y latifoliadas	5.06	5.50	4.60

El valor medio reportado por Torelli, (1982), es el más alto y corresponde al pH de latifoliadas, por lo que se considera tiene relación con el valor del pH medio

obtenido en las maderas (latifoliadas) de este estudio, que también es alto (6.32). Además, se sabe que normalmente, las maderas de latifoliadas presentan mayor cantidad de duramen que las coníferas y que en el duramen es donde se encuentra la mayoría de los extractivos que tienen influencia en el nivel del pH.

Referente a la Tabla 46, por los resultados del pH reportados y sobre todo por 3 de las 16 especies de madera (*Phoebe tampicensis*, *Sapindus saponaria* y *Robinsonella discolor*), que son superiores al nivel neutro (Figura 50), sí se pretendiera usar ureaformaldehído (UF) en el encolado; necesariamente tendría que agregarse algún catalizador a esta resina para bajar el valor del pH del ambiente en que fragua el adhesivo. Los catalizadores para ureaformaldehído son cloruro de amonio (NH_4Cl) o bien sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

La intensidad del color de la solución de cada madera, no mostró relación en el orden numérico de los valores del pH de las maderas estudiadas.

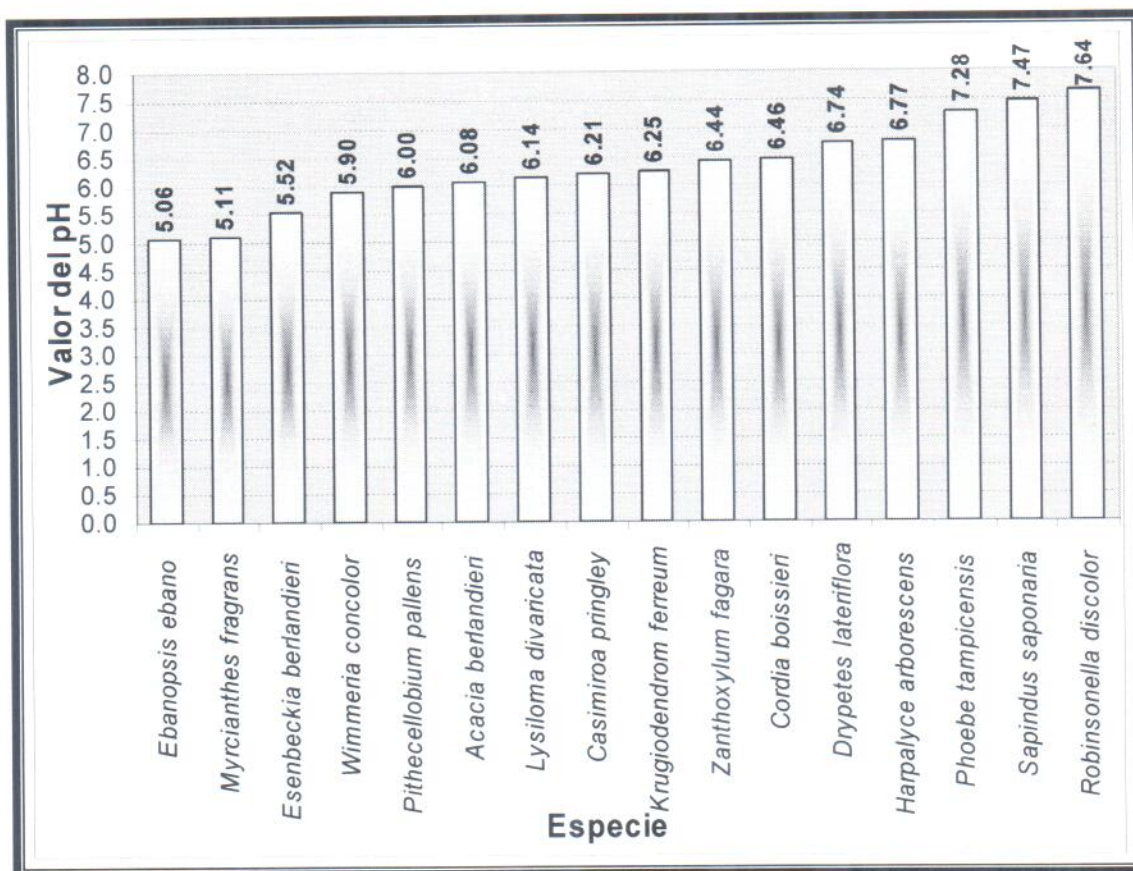


Fig. 50. Representación de los valores del pH de las 16 maderas

Los valores del pH en relación con los de densidad básica de las maderas analizadas presentaron un coeficiente R^2 (cuadrado del coeficiente de correlación de momento del producto de Pearson) igual a 0.38. Este resultado indica que la correlación entre estas dos variables es muy baja, por lo tanto no hay relación entre ellas. Sin embargo, es importante indicar que la madera de *Ebanopsis ebano* con la más alta densidad básica (0.97 g/cm^3) presentó el nivel más bajo del pH (5.06), y que la madera de *Robinsonella discolor* con la densidad básica más baja (0.56 g/cm^3) presentó el valor del pH más alto (7.64).

8. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados de las diferentes variables evaluadas de las 16 maderas objeto de estudio y, sobre todo la densidad básica y la razón de compresión necesaria para las diferentes densidades con que se fabrican los tableros de partículas, solamente once especies tendrían posibilidad de ser aprovechadas técnicamente a nivel individual, siendo aquellas cuya densidad básica está en el rango de 560 kg/m³ a 730 kg/m³, y solamente para tableros de partículas de densidad de 600 kg/m³ (1 *sp*); 650 kg/m³ (3 *spp*); 700 kg/m³ (6 *spp*); 750 kg/m³ (7 *spp*); y 800 kg/m³ las siguientes once especies:

Especie	Densidad básica (kg/m³)	Densidad de tablero (kg/m³)
<i>Robinsonella discolor</i>	560	600-800
<i>Cordia boissieri</i>	580	650-800
<i>Acacia berlandieri</i>	600	650-800
<i>Phoebe tampicensis</i>	620	700-800
<i>Zanthoxylum fagara</i>	650	700-800
<i>Sapindus saponaria</i>	660	700-800
<i>Casimiroa pringley</i>	710	750-800
<i>Myrcianthes fragrans</i>	720	800
<i>Drypetes lateriflora</i>	720	800
<i>Pithecellobium pallens</i>	730	800
<i>Lysiloma divaricata</i>	730	800

Debido a las altas y medianas densidades básicas de las maderas que permiten una razón de compresión mayor a 1.1, el volumen de madera requerido por unidad de volumen de tablero producido sería menor que el necesario para otras maderas de menor densidad básica, situación que se reflejaría en un menor costo de materia prima para similares producciones de tableros de partículas.

No obstante lo anterior, sí bien el volumen de madera requerida comparativamente con la madera de pino necesaria sería menor, el tipo de madera de las especies estudiadas y factibles de aprovechar producirían a su vez solamente tableros en el rango de los más pesados y a una baja razón de compresión, lo que sería una desventaja de comercialización, además del riesgo de que su resistencia mecánica no cumpla con la norma.

Sí se considera el aprovechamiento de las especies en forma de mezclas, que técnicamente sería la mejor opción, solamente las maderas que integran los grupos E y F podrían aprovecharse para fabricar tableros de 650 - 800 kg/m³ y los grupos C, D, E y F para fabricar tableros de 750 - 800 kg/m³. Dichas maderas serían:

Grupo	Densidad de tablero (kg/m ³)
E (<i>Sapindus saponaria</i> , <i>Zanthoxylum fagara</i> y <i>Phoebe tampicensis</i>) y F (<i>Acacia berlandieri</i> , <i>Cordia boissieri</i> y <i>Robinsonella discolor</i>)	650-800
C (<i>Wimmeria concolor</i>), D (<i>Pithecellobium pallens</i> , <i>Lysiloma divaricata</i> , <i>Drypetes lateriflora</i> , <i>Myrcianthes fragrans</i> y <i>Casimiroa pringley</i>), E y F	750-800

Para el caso de la fabricación de tableros de fibra duros y extraduros, considerando el rango de densidad con que estos se fabrican (>800 kg/m³) y tomando en cuenta las interrelaciones de las dimensiones de sus fibras (Índices de calidad), es factible aprovechar todas las especies en iguales proporciones para la fabricación de tableros de fibras de alta densidad.

Sí se reduce la participación de las maderas de los grupos de más baja densidad, se reducirán igualmente las posibilidades de fabricar tableros de fibra en sus diferentes rangos, pero no obstante, será aún posible fabricar tableros de fibra duros mayores a $1,050 \text{ kg/m}^3$ inclusive con madera del grupo A (970 kg/m^3 de densidad básica ponderada) solamente.

Las propiedades organolépticas de la mayoría de las maderas no son favorables para la fabricación de tableros aglomerados, ya que presentan un duramen generalmente oscuro, y en mayor proporción respecto a la albura, lo que influye negativamente en el color del tablero, en la influencia de los compuestos de duraminización en el secado de las partículas o fibras y en la reacción con los adhesivos (pH), así como en la facilidad de astillado o refinado de la madera, por el hilo que las mismas presentan.

Finalmente, aunque los resultados y conclusiones que se generaron de este estudio no son favorables para decidir la posible instalación de una fábrica de tableros de partículas, son parcialmente favorables para una fábrica de tableros de fibra; las mismas características y propiedades de las maderas parecen ser aceptables para la fabricación de otra gama de productos maderables que no son exigentes en cuanto al porte y dimensiones del arbolado.

9. LITERATURA CITADA

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 2000. Annual book of ASTM standards. Construction section 04.09 Wood. Philadelphia. 42-71 pp.
- BARAJAS M., J.; ECHENIQUE M., R. y CARMONA V., T. F. 1981. La Madera y su Uso en la Construcción no. 3. Estructura e Identificación. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Biológicos. Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera. Xalapa, Ver. México. 70 p.
- CARRANZA M., A. y VILLARREAL J., A. 1997. Leguminosas de Coahuila, México. Claves y descripciones de especies. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Botánica. Saltillo, Coah., México. 51 pp.
- DÍAZ G., V. 1960. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Unidad y Enseñanza e Investigación en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Texcoco, México. 119 p.
- ECHENIQUE M., E. y ROBLES, F. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera II. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 127 p.
- ECOFORST. 2004. Estudio de Factibilidad Técnica, Económica y Financiera para el Establecimiento de una Industria de Aglomerados en el Ejido "Subida de Palmas", Mpio. de Tamps. Informe. Cd. Victoria, Tamps. 102 p.
- FENGEL, D. y GERD, W. 1989. Wood Chemistry, ultraestructure reactions. Walter Gruyter. New York. 613 pp.
- FREEZE, F. (1962). Muestreo Forestal Elemental. Centro de Ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo Inter. Bol. de Agric. No. 232. México. 95 p.
- FRYXELL P., A. 1993. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Familia Malvaceae. Fascículo 16. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Mich., México. 134-137 pp.
- FUENTES S., M. (s/f). Apuntes para el Curso de Tecnología de la Madera I. Serie de apoyo académico N° 33. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 99 p.

- FUENTES S., M. 1987. Efecto de la digestión en los índices de calidad de pulpa de la madera de *Pinus montezumae* Lamb. Tesis profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. 73 p.
- INEGI...<http://galileo.inegi.gob.mx/website/mexico/viewer.htm?sistema=1&c=423&s=geo&md=d&pagant=1>. 23 de noviembre de 2005. México.
- JHONS, W. y NIAZI, K. 1980. Effects of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of Ureaformaldehyde resin. *Wood and Fiber*. 12 (4) 255-263.
- KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. Tomo I. Instituto Forestal de Investigaciones. Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid. 675 p.
- MARTÍNEZ, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1220 p.
- MOSLEMI, A. 1974. Particleboard. Southern Ill. Univ. Press. 244 p.
- MUNSELL COLOR COMPANY. 1998. Munsell soil color charts. Baltimore. 17 p.
- PENINGTON, T. D. y SARUKHAN, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Texto Científico Universitario. Ediciones Científicas Universitarias. Serie Texto Universitario. UNAM. Fondo de Cultura Económica. México, DF. 208-209 pp.
- POBLETE W., H. 1987. Procesos de Fabricación de Tableros de Fibra. Universidad Austral de Chile. Publicación Docente No. 25. Valdivia. 53 p.
- POBLETE W., H. 1989. Tableros de partículas con renovables de roble, raulí y un híbrido de ambos. *Bosque*, 10(1): 9-17
- POBLETE W., H.; RODRÍGUEZ, S. y ZARATE, M. 1991. Influencia de los extraíbles sobre las propiedades de la madera y su utilización como materia prima. Facultad de Ciencias Forestales, U. Austral de Chile. Publicación Docente N° 34. Valdivia.
- POBLETE W., H. 2001. Tableros de partículas. Universidad Austral de Chile. FCF. Valdivia. 177 p.

- PETROFF, G. y D. NORMAND. 1968. The correlation between the physical and mechanical properties of paper and dimensional characteristics of fiber, from tropical hardwoods Pulp and paper development in Africa and the Near East. FAO I: 269-287.
- RUTIAGA, J. G. 2001. Chemische and und biologische untersuchungen zum verhalten dauerhafter holzarten und ihrer extrakte gegenüber holzabbauenden pilzen. Als dissertation der studienfakultät für forstwissenschaften und ressourcenmanagement der technischen universität münchen lehrstuhl für holzkunde und holztechnik. Alemania. 210 pp.
- SALINAS H., S. 2000. Sistemas de clasificación de las características, propiedades y procesos de transformación primaria de las maderas. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 196 p.
- STANDLEY P., C. y STEYERMARK J., A. 1958. Flora de Guatemala. Fieldiana: Botany. Volume 24, Part VI. Chicago Natural History Museum. 88-90 pp.
- SUCHSLAND, O. y WOODSON, G. 1990. Fiberboard and manufacturing practices in the United States. USA. 263 p.
- TERRAZAS S., T. 1984. Proposición para clasificar el tamaño de algunas estructuras de madera de angiospermas mexicanas. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 116 p.
- TORELLI, N. 1982. Estudio Promocional de 43 Especies Forestales Tropicales Mexicanas. Programa de Cooperación Científica y Tecnológica México – Yugoslavia 1980 -1982. SARH. México, D. F. 73 p.
- TORTORELLI, L. A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p.
- VIGNOTE, S. y JIMÉNEZ, F. 1996. Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 606 p.
- VITAL, B.; KEHMANN, W. y BOONE, R. 1974. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboard. Forest Prod. J. 24(12):37-45.
- ZAMUDIO, E. 1979. La Industria de los Aglomerados de Madera. Departamento de Bosques. UACH. Chapingo, Edo. de México. México. 67 p.

10. ANEXOS

ANEXO 1. CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA EL TIPO DE HILO

Tipos de grano (hilo) según Tortorelli (1956)

Tipo	Características
Derecho	Dirección paralela al eje vertical del fuste del árbol
Oblicuo	Se desvía formando un ángulo con el eje, se nota en las caras tangenciales
Entrelazado o entrecruzado	Tiene la dirección opuesta y alterna en las zonas sucesivos
Crespo	La dirección del as longitudinal es regularmente sinuoso u ondulado

ANEXO 2. TAMAÑO DE MUESTRA Y CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS DE LAS MADERAS

Tamaños de muestra para cada especie de madera en relación a la longitud y diámetro de la fibra

Nombre común	Nombre científico	Long.	Diámetro de Fibra	Tamaño de Muestra
Pimientilla	<i>Myrcianthes fragrans</i>	28.18	18.50	29
Magüira	<i>Phoebe tampicensis</i>	28.20	32.18	33
Zapotillo	<i>Casimiroa pringley</i>	27.41	25.16	28
Guajillo	<i>Acacia berlandieri</i>	65.34	40.95	66
Reventón	<i>Drypetes lateriflora</i>	45.97	63.75	64
Limoncillo	<i>Esenbeckia berlandieri</i>	41.72	32.11	42
Rajador	<i>Lysiloma divaricata</i>	23.71	9.28	24
Malva	<i>Robinsonella discolor</i>	30.25	46.63	47
Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i>	30.92	16.73	31
Chicharrilla	<i>Harpalyce arborescens</i>	24.44	49.06	50
Volantín	<i>Wimmeria concolor</i>	54.46	22.17	55
Hueso de tigre	<i>Krugiodendrom ferreum</i>	30.17	37.07	38
Ebano	<i>Ebanopsis ebano</i>	19.42	81.89	82
Tenaza	<i>Pithecellobium pallens</i>	31.53	49.99	50
Uña de gato	<i>Zanthoxylum fagara</i>	24.48	57.58	58
Nacahua	<i>Cordia boissieri</i>	27.26	48.74	49

CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA LAS DIMENSIONES DE LAS FIBRAS

Longitud de las fibras

Longitud de las fibras para latifoliadas según Vignote y Jiménez (1996)

Longitud en μ	Clasificación
Menos de 500	Pequeñas
500 a 1500	Medias
Más de 1500	Grandes

Diámetro de las fibras

Diámetro de las fibras y su clasificación según Tortorelli (1956)

Rango del diámetro	Clasificación
<25 μ	Finas
25 a 40 μ	Medianas
>40 μ	Anchas

Tamaño del lumen

Clasificación para el tamaño del lumen según Terrazas (1984)

Rango (μ)	Clasificación
< 3.00	Extremadamente fino
3.00 – 4.00	Muy fino
4.00 – 5.00	Moderadamente fino
5.00 – 10.00	Mediano
10.00 – 14.00	Moderadamente ancho
14.00 – 19.00	Muy ancho
> 19.00	Extremadamente ancho

CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE LAS FIBRAS

Clasificación del coeficiente de rigidez (2P/D) de acuerdo con Petroff, G. y D. Normand (1968)

Rango	Grosor de la pared
Mayores de 0.70	Muy gruesa
0.70 a 0.50	Gruesa
0.50 a 0.35	Media
0.35 a 0.20	Delgada
Menor de 0.20	Muy delgada

Clasificación de Runkel para la relación 2P/1, (Fuentes, 1987)

Grado	Rango	Calidad
I	Menor de 0.25	Excelente para papel
II	0.25 a 0.50	Muy buena para papel
III	0.50 a 1.00	Buena para papel
IV	1.00 a 2.00	Regular para papel
V	Mayor de 2.00	Mala para papel

Clasificación de los coeficientes de flexibilidad (1/D), (Fuentes, 1987)

Rango	Grosor de pared	Características
<0.30	Muy gruesa	Las fibras no se colapsan, muy poca superficie de contacto, pobre unión fibra con fibra
0.30 a 0.50	Gruesa	Las fibras se colapsan muy poco, poca superficie de contacto y pobre unión fibra con fibra
0.50 a 0.65	Media	Fibras parcialmente colapsadas con una sección transversal elíptica, poca superficie de contacto y buena unión fibra con fibra
0.65 a 0.80	Delgada	Similar a la anterior
>0.80	Muy delgada	Fibras con colapso, buena superficie de contacto, buena unión fibra con fibra

ANEXO 3. CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA LAS DENSIDADES DE LA MADERA

Densidad normal

Densidad normal para latifoliadas (Dh), según Díaz (1960)

Rango (g/cm ³)	Clasificación
<0.50	Muy ligera
0.50 a 0.64	Ligera
0.65 a 0.79	Semipesada
0.80 a 0.95	Pesada
>0.95	Muy pesada

Densidad básica

Densidad básica (Db) para latifoliadas, según Vignote y Jiménez (1996)

Rango (g/cm ³)	Clasificación
0.35	Muy ligera
0.35-0.50	Ligera
0.51-0.70	Semipesada
0.75-0.95	Pesada
0.95	Muy pesada