



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**Area Agropecuaria y de Recursos
Naturales Renovables**



Carrera de Ingeniería Forestal

ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

AUTORES: *Janeth Abigail Cabrera Ordóñez*

Jínhson Alberto Tandazo Jumbo

DIRECTOR: *Ing. Héctor Maza Chamba Mg. Sc.*

1859

LOJA- ECUADOR

2014

**ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES
MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA
AMAZONÍA ECUATORIANA**

TESIS DE GRADO

Presentada al Tribunal Calificador como requisito principal para la obtención del título de:

INGENIERO FORESTAL

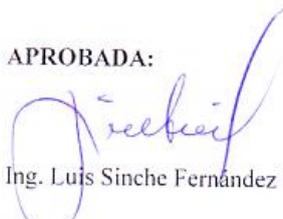
EN LA:

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

ÁREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

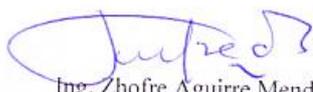
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

APROBADA:



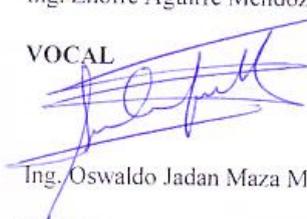
Ing. Luis Sinche Fernández M.Sc.

PRESIDENTE



Ing. Zhofre Aguirre Mendoza M.Sc.

VOCAL



Ing. Oswaldo Jadan Maza M.Sc.

VOCAL

Ing. Héctor Maza Chamba Mg. Sc.

CERTIFICA:

En calidad de Director de la tesis titulada “ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”; de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal **Janeth Abigail Cabrera Ordóñez** y **Jinhson Alberto Tandazo Jumbo**, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, Febrero del 2014

Atentamente,



Ing. Héctor Maza Chamba Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Luis Sinche Fernández Mg. Sc.

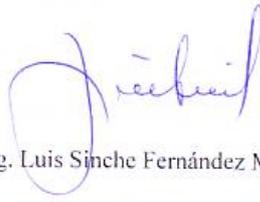
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS "ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA"

CERTIFICA:

Que en calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada "ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA" de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal **Janeth Abigail Cabrera Ordóñez** y **Jinhson Alberto Tandazo Jumbo**, ha sido dirigida, revisada e incorporadas todas las sugerencias efectuadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación y aprobación. Por lo tanto autorizo su publicación pública definitiva.

Loja, Febrero del 2014

Atentamente,



Ing. Luis Sinche Fernández Mg. Sc.

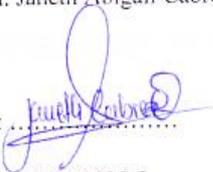
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

AUTORIA

Janeth Abigail Cabrera Ordoñez y Jinhson Alberto Tandazo Jumbo declaramos ser autores del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autora: Janeth Abigail Cabrera Ordoñez Autor: Jinhson Alberto Tandazo Jumbo

Firma: 

Cédula: 190070039-2

Fecha: Febrero del 2014

Firma: 

Cedula: 140089070-1

Fecha: Febrero del 2014

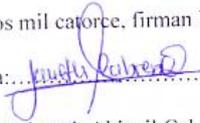
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR (ES) PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

JANETH ABIGAIL CABRERA ORDOÑEZ y JINHSÓN ALBERTO TANDAZO JUMBO, declaramos ser autores, de la tesis titulada "ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA" como requisito para optar al grado de: INGENIERO FORESTAL, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 18 días del mes de febrero del dos mil catorce, firman los autores.

Firma: 

Autora: Janeth Abigail Cabrera Ordoñez

Número de cédula: 1900700392

Dirección: Cantón Loja

Correo electrónico: jabig_1990@hotmail.com

Teléfono celular: 0982959024

Director de Tesis: Ing. Héctor Maza Chamba Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Luis Sinche Fernández Mg. Sc.

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza M. Sc.

Ing. Oswaldo Jadan Maza Mg. Sc.

Firma: 

Autor: Jinhson Alberto Tandazo Jumbo

Número de cédula: 1400890701

Dirección: Cantón Loja

Correo electrónico: jtandazo10@hotmail.com

Teléfono celular: 0992086891

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios por ser mi guía y protección; a mis amados padres Laura y Gonzalo, quienes con su esfuerzo y dedicación me concedieron el más grande regalo de la educación; a mi esposo Jinhson por su amor y apoyo incondicional, a mi hijo Fredi Gonzalo por ser mi fuente de inspiración. A mis hermanos y demás familiares que de una u otra manera me apoyaron para culminar mi carrera, Eternamente Gracias...

Janeth

Con mucho amor a mis padres Fredi y Gloria, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por darme una carrera para mi futuro, brindarme todo el apoyo incondicional y por creer en mí; a Janeth mi esposa y mi hijo Fredi Gonzalo, por ser ellos quienes me inspiraron y motivaron en todo momento a seguir superándome. Con cariño a mis hermanos y demás familiares por apoyarme siempre para la culminación de este trabajo.

Jinhson

AGRADECIMIENTOS

Los Autores dejamos constancia de un agradecimiento muy especial a:

A Dios, la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a través de la Carrera de Ingeniería Forestal y a sus excelentes docentes por haber contribuido con conocimientos teórico técnicos para nuestra formación profesional.

Especial agradecimiento al Ing. Héctor Maza, director de nuestra tesis, quien no ha escatimado esfuerzo alguno para lograr una conducción acertada del trabajo mediante sus valiosos conocimientos y criterios que han dado a la propuesta el carácter científico y técnico a su desarrollo. Al Ing. Luis Sinche, Ing. Gabriela Villamagua por el apoyo técnico, logístico y sus conocimientos entregados en la realización de este trabajo.

De igual forma un agradecimiento a la administración y personal que labora en el Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera y el Centro de la Madera de la Universidad Nacional de Loja.

A todos nuestros familiares, compañeros y amigos que de una u otra manera nos apoyaron de forma desinteresada en el desarrollo y culminación de la presente investigación.

Muchas Gracias a Todos

INDICE GENERAL

CARATULA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CERTIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
AUTORÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IX
RESUMEN	XIV
SUMMARY	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. BOSQUES SECUNDARIOS.....	3
2.2. CONSIDERACIONES SOBRE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.....	3
2.2.1. Generalidades.....	3
2.2.2. Principales defectos del labrado mecanizado.....	4
2.2.3. Factores que afectan el corte de la madera.....	5
2.2.4. Relación de la trabajabilidad con las propiedades físico mecánicas de madera.....	6
2.2.5. Ensayos de trabajabilidad.....	7
2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO	10
2.3.1. <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry.....	10
2.3.2. <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski.....	10
2.3.3. <i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.....	11
2.3.4. <i>Miconia glaberrima</i> (Schltdl.) Naudin.....	12
2.4. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE TRABAJABILIDAD EN ESPECIES MADERABLES	12
3. METODOLOGÍA.....	15
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	15
3.1.1. Aspectos ambientales	16
3.1.2. Características socioeconómicas	16
3.2. ELABORACIÓN DE PROBETAS	16
3.3. ENSAYOS DE LABRADO MECANIZADO	18
3.3.1. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el cepillado	19
3.3.2. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el moldurado	22
3.3.3. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el taladrado.....	25
3.3.4. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el Lijado	27
3.3.5. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el torneado.....	29
3.4. METODOLOGÍA PARA LA DIFUSIÓN DE RESULTADOS	31
4. RESULTADOS	32
4.1. ENSAYO DE CEPILLADO.....	32
4.1.1. Calidad de la superficie cepillada.....	32
4.1.2. Velocidad óptima de alimentación	33
4.2. ENSAYO DE MOLDURADO	34
4.2.1. Calidad en superficie moldurada.....	34
4.2.2. Velocidades óptimas de alimentación	36
4.3. ENSAYO DE TALADRADO	37
4.3.1. Calidad de la superficie taladrada	37
4.3.2. Tiempos de penetración en función de la densidad	38
4.4. ENSAYO DE LIJADO.....	39
4.4.1. Calidad de la superficie lijada con lija 60	39
4.4.2. Calidad en superficie lijada con lija 100	41
4.4.3. Remoción con lija 60 en función de la densidad básica de las especies.....	42

4.5.	ENSAYO DE TORNEADO	42
4.5.1.	Calidad en la superficie torneada	42
4.6.	DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	46
5.	DISCUSIÓN	47
5.1.	<i>OTOBA PARVIFOLIA</i> (MARKGR.) A.H. GENTRY	47
5.2.	<i>PIPTOCOMA DISCOLOR</i> (KUNTH) PRUSKI	49
5.3.	<i>MICONIA GLABERRIMA</i> (SCHLTDL.) NAUDIN	50
5.4.	<i>POUROUMA CECROPIFOLIA</i> MART.....	51
6.	CONCLUSIONES	53
7.	RECOMENDACIONES	55
8.	BIBLIOGRAFÍA	56
9.	ANEXOS.....	61

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tabla de la calificación de los defectos según la norma ASTM (1993).....	19
Cuadro 2. Registro de reportes de los defectos para cuatro especies forestales.....	20
Cuadro 3. Promedio de calificaciones del ensayo de cepillado para las cuatro especies forestales de bosque secundario	21
Cuadro 4. Velocidades óptimas del ensayo de cepillado para cuatro especies forestales	21
Cuadro 5. Matriz para la calificaciones del ensayo de moldurado de cuatro especies forestales en estudio	23
Cuadro 6. Promedio de calificaciones en el ensayo de moldurado de cuatro especies forestales en estudio	24
Cuadro 7. Velocidades óptimas del ensayo de moldurado para cuatro especies forestales	24
Cuadro 8. Registro de calificaciones obtenidas en los ensayos de taladrado de cuatro especies maderables.....	26
Cuadro 9. Promedio de calificaciones del ensayo de taladrado de cuatro especies forestales del sur de la Amazonía.....	26
Cuadro 10. Tiempos óptimos de penetración del ensayo de taladrado de las cuatro especies forestales	26
Cuadro 13. Registro de resultados de los ensayos en lijado de las cuatro especies maderable estudiadas	28
Cuadro 14. Promedio de las calificaciones del ensayo de lijado para cuatro especie maderables ...	29
Cuadro 11. Registro de reporte de resultados para el corte vertical y el corte oblicuo de cada una de las especies estudiadas	31
Cuadro 12 Promedio de calificaciones del ensayo de torneado de las cuatro especies maderable estudiadas.	31
Cuadro 15. Promedios de calificación del ensayo de cepillado de cada una de las especies forestales ensayadas.....	32
Cuadro 16. Valores óptimos de alimentación en cepillado de cuatro especies forestales del Sur de la Amazonía ecuatoriana.....	33
Cuadro 17. Promedio de calificaciones del ensayo de moldurado de cuatro especies maderable ..	35
Cuadro 18. Velocidades óptimas de alimentación en moldurado por especie, por tipo y plano de corte.....	36
Cuadro 19. Promedio de calificaciones del ensayo de taladrado de cuatro especies forestales	37
Cuadro 20. Densidades básicas de cuatro especies forestales del sur de la Amazonía ecuatoriana.	38
Cuadro 21. Tiempo óptimo en segundos del taladrado a 500 rpm de cuatro especies forestales.....	38
Cuadro 22. Tiempo óptimo en segundos del taladrado a 1 000 rpm de cuatro especies forestales..	39
Cuadro 23. Promedio de calificaciones de superficie lijada con lija 60 de cuatro especies forestales	40
Cuadro 24. Promedio de defectos del ensayo de lijado con lija 100 de cuatro especies forestales..	41
Cuadro 25. Remoción de la suciedad en función de la densidad específica de cada una de las cuatro especies forestales	42
Cuadro 26. Promedio de defectos del ensayo de torneado de cuatro especies forestales del sur de la Amazonía ecuatoriana.....	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de defectos que se presentan según la norma ASTM D-1666-64 (1993)	4
Figura 2. Árbol, hojas, flores y corteza de <i>Otoba parvifolia</i>	10
Figura 3. Árbol, hojas, flores y corteza de <i>Piptocoma discolor</i>	11
Figura 4. Árbol, hojas, flores y corteza de <i>Pourouma cecropiifolia</i>	11
Figura 5. Árbol, hojas, flores de <i>Miconia glaberrima</i>	12
Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio	15
Figura 7. Secado de madera al 12 % de contenido de humedad	17
Figura 8. Probetas con planos de corte radial y tangencial bien definidos.....	17
Figura 9. Nomenclatura establecida para las probetas de cuatro especies maderables	18
Figura 10. Ensayo de cepillado de las cuatro especies maderables.....	19
Figura 11. Ensayo de moldurado para cuatro especies maderables de bosque secundario	22
Figura 12. Zonas de calificación de la probeta de cuatro especies maderables.....	23
Figura 13. Ensayo de Taladrado en cuatro especies maderables del Sur de la Amazonía	25
Figura 15. Ensayo de Lijado de cuatro especie forestales.....	27
Figura 14. Ensayo de torneado de cuatro especies forestales del Sur de la Amazonia	30
Figura 16. Probeta con ensayo de moldurado con corte doble y simple	34
Figura 17. Difusión de resultados en la Casa Abierta realizada por 60 años de provincialización de Zamora Chinchipe el día 9 de noviembre del 2013.....	46

RESUMEN

El presente estudio se centra en buscar los parámetros óptimos de trabajabilidad de la madera de cuatro especies: *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry, *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, *Pourouma cecropiifolia* C. Martius y *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin, correspondientes al bosque secundario del Sur de la Amazonía Ecuatoriana, siguiendo las recomendaciones técnicas del Manual de Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM-D-1666-64) adaptado para ensayos de maderas tropicales de pequeñas dimensiones. Se realizaron cinco ensayos de trabajabilidad: cepillado, moldurado, taladrado, lijado y torneado, para esto se utilizó 20 probetas por especie, 10 con plano de corte tangencial y 10 con plano de corte radial. En el ensayo de cepillado se tomó en cuenta el plano de corte, la dirección del grano y el porcentaje de defectos; en el ensayo de moldurado se consideró los plano de corte, la dirección del grano y los defectos de astillado, arrancado y velloso. En el ensayo de taladrado se trabajó con dos velocidades de alimentación y se calificó la calidad de la superficie a la entrada y a la salida del hoyado. En el ensayo de lijado se trabajó con dos tipos de lija y se calculó el defecto de rayado y velloso. En el ensayo de torneado se trabajó con dos herramientas, dos ángulos de corte y los defectos de arrancado y velloso. De los resultados que se obtuvieron se puede concluir que las especies de bosque secundario son aptas para realizar trabajos de cepillado, moldurado y lijado, mientras que para taladrado y torneado los resultados no son eficientes como para los ensayos anteriores. También se puede concluir que las velocidades óptimas son menores cuando se trabaja a favor del grano y aumentan cuando el trabajo es en contra del grano, asimismo se demostró que el grano arrancado es el más difícil de evitar y corregir.

SUMMARY

The present study focuses on finding the optimal parameters of workability of wood four species: *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry, *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, *Pourouma cecropiifolia* C. Martius y *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin, secondary forest species for the South in the Ecuadorian Amazon following the technical recommendations of the Manual of Standards of the American Society for Testing and Materials (ASTM -D -1666 -64) adapted for testing tropical small timber. Five trials were conducted Workability: brushed, molding, drilling, grinding and turning, for this 20 specimens per species 10 with tangential cutting plane and 10 with plane radial cut was used.

In the trial of brushing was taken into account the shear plane , the grain and the percentage of defects , in the molding test was considered the cutting plane , the direction of the grain and defects chipped , torn and fluffy in the test drilling is worked with two feed rates and surface quality at the inlet and the outlet of hoyado , in testing sanding scored worked with two types of sanding and defect scoring and fluffy calculated , turning in the test worked with two tools, two angles of cut and torn defects and fluffy.

From the results obtained it can be concluded that secondary forest species are suitable for work planing, molding and sanding, while for drilling and turning the results are not as efficient as for the previous tests, we can also conclude that optimal speeds are lower when working with the grain and increase when work is against the grain, also showed that the grain started is the most difficult to avoid and correct.

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Zamora Chinchipe presenta altos índices de deforestación y cambio de uso de suelo, por la tala selectiva de especies comerciales y la conversión de bosque nativo a pastizales (GADZCH, 2012); así durante el periodo 1990 al 2000 la tasa de cambio fue de 6 339 ha/año, mientras que para el periodo 2000 al 2008 fue de 11 883 ha/año, mostrando un incremento del 46,6 % entre periodos (MAE, 2012). Esta pérdida provoca actualmente el surgimiento de bosques secundarios con numerosas especies maderables de rápido crecimiento, que a pesar de presentarse en volúmenes importantes son de escaso valor comercial (Peñaloza, 2005; Lluncor, 2013).

Estudiar el comportamiento de las maderas de bosque secundario relacionado a la trabajabilidad, se debe a la necesidad de incorporar y promover la valorización económica de los recursos forestales del Sur de la Amazonía Ecuatoriana. Además, formular alternativas de uso para las maderas no tradicionales y así contribuir a garantizar el incremento de beneficios económicos a la población local que hace uso de estas especies.

En Ecuador existe una limitada capacitación en técnicas silvícolas y desconocimiento de las propiedades tecnológicas de la madera (propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad) (Meneses, 2011), lo que genera baja calidad de los productos maderables elaborados y elevados costos de producción (Silva, 2011). De ahí la importancia de conocer los parámetros óptimos que permitan obtener excelente calidad de superficie, mayor eficiencia y reducir el desgaste de herramientas.

Existen varios factores que intervienen en la calidad de maquinado de la madera. Entre ellos se pueden considerar la velocidad de crecimiento, contenido de humedad, densidad básica, dirección de la fibra, velocidad de corte, número de cuchillas en el cabezal, ángulo de corte, velocidad de alimentación, profundidad de corte, velocidad de penetración, velocidad de giro, fricción entre la madera y el filo del elemento de corte, así como el tipo de broca para el taladrado (Machuca *et al.*, 2012)

Flores *et al.*, (2007), Zavala y Vázquez (2001) afirman que las características de maquinado o trabajabilidad son de primordial importancia entre las propiedades tecnológicas de la madera, ya que determinan la facilidad o dificultad de su trabajabilidad al ser sometida a las máquinas y herramientas utilizadas en las distintas operaciones de labrado. Además en el procesamiento de la madera existen diversas variables que deben considerarse para lograr una optimización de las operaciones de trabajabilidad (Serrano y Zúñiga, 2011).

Los estudios relacionados con la trabajabilidad de la madera de especies provenientes de bosques secundarios, responde a la a la necesidad de formular alternativas de uso para las maderas no tradicionales, es decir, aquellas que se han considerado por mucho tiempo como especies de poco valor maderero y comercial. Estos estudios ayudarán a incorporar y promover la valorización económica de los recursos forestales del Sur de la Amazonía Ecuatoriana.

En el presente estudio se evaluó la trabajabilidad de cuatro especies: *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry, *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, *Pourouma cecropiifolia* C. Martius y *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin, mediante el cepillado, moldurado, taladrado, torneado y lijado de las maderas de árboles provenientes de bosque secundario del Sur de la Amazonía Ecuatoriana. Esto contribuirá a incrementar el conocimiento básico relacionado a técnicas adecuadas para el procesamiento industrial en diferentes usos, y principalmente para aumentar la calidad de la madera y disminuir la cantidad que se desperdicia en técnicas tradicionales.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Contribuir al conocimiento de las características de trabajabilidad de la madera de especies provenientes de bosque secundario de la provincia de Zamora Chinchipe y ayudar a reducir la presión sobre especies sobreexplotadas tradicionalmente.

Objetivos específicos:

- Establecer los parámetros óptimos para los procesos de: cepillado, moldurado, taladrado, torneado, y lijado, para maderas de: *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry, *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, *Pourouma cecropiifolia* C. Martius y *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin, de bosques secundarios de la Región Sur del Ecuador (RSE).
- Difundir los resultados de la investigación a los actores interesados.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Bosques secundarios

Según Smith *et al.*, (1997) los bosques secundarios son la sucesión de los bosques primarios. Estudios muestran que los bosques secundarios poseen algunos de los servicios económicos y ecológicos de los bosques primarios; por tanto se busca establecer nuevas estrategias para retardar la conversión de los bosques secundarios por parte de agricultores y ganaderos y comerciantes de madera.

Así mismo Maza *et al.*, (2012), menciona que algunas maderas del bosque secundario del Trópico Húmedo son especies de rápido crecimiento y blandas como: *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry, *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, *Pourouma cecropiifolia* C. Martius y *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin con densidades básicas de baja a media, cuyos valores varían de 0,39 a 0,63 g/cm³, de lo cual se infiere que estas especies tienen una baja durabilidad natural; lo que constituye una barrera para el uso en la fabricación de productos.

Una de las características comunes, es que estas especies crecen en condiciones naturales ubicadas en terrenos con pendiente de mediano a fuerte y con una competencia por alimento y luz (Maza *et al.*, 2012). Esto hace que la madera tenga un porcentaje elevado de tensiones que ocasiona deformaciones en el aserrado (Touza, 2001). La magnitud de las tensiones de crecimiento de la madera es muy diferente en la dirección que se considere, es así que en dirección axial el crecimiento es diez veces más que en la dirección transversal (Vignote *et al.*, 1996). Diversos investigadores han desarrollado técnicas para amortiguar los defectos asociados a la presencia de tensiones de crecimiento. En general, estas técnicas se aplican al árbol una vez abatido y aunque logran en algunos casos una disminución significativa de los defectos, apenas se utilizan en el ámbito industrial debido a sus elevados costos (Touza y Pedras, 1999).

2.2. Consideraciones sobre trabajabilidad de la madera

2.2.1. Generalidades

Zabala y Vázquez (2001), mencionan que el procedimiento de trabajabilidad consiste en la separación de pequeñas astillas o partículas en forma de virutas o aserrín, mediante la acción del filo de herramientas cortantes o de la fricción de lijas sobre las piezas de madera. En las propiedades de maquinado, el comportamiento de la madera varía dependiendo de la

especie, y puede generar buenos resultados en algunas operaciones y en otras pueden alcanzar niveles regulares, por lo que la trabajabilidad de una madera no debe evaluarse por una operación, sino por la interacción de todas ellas (Zavala y Vázquez, 2001).

2.2.2. Principales defectos del labrado mecanizado

Según el Manual de Normas de la American Society for Testing and Materials D-1666-64 (ASTM, 1993) menciona que los defectos que se producen durante el proceso de labrado mecanizado son: grano arrancado clasificado como viruta tipo I, grano levantado clasificado como Viruta tipo II, grano velloso clasificado como viruta tipo III, y marcas de viruta, dependiendo del tipo de ensayo como se observa en la Figura 1; y, su evaluación se hace con base en la presencia y severidad de los defectos señalados; examinando las probetas de forma visual y clasificándolas por categorías.



Figura 1a. Grano arrancado (Viruta I)



Figura 1b. Grano velloso (Viruta II)



Figura 1c. Grano levantado (Viruta III)



Figura 1d. Marcas de Viruta

Figura 1. Tipos de defectos que se presentan según la norma ASTM D-1666-64 (1993)

El grano arrancado (Figura 1a), es una condición de aspereza que presenta la madera cuando las fibras se desprenden de la superficie trabajada dejando huella en forma de pequeños agujeritos (Meneses, 2013). En este contexto Plaza (2009) y Peñaloza (2005), señalan que el grano arrancado se origina cuando la madera es sometida a herramientas de corte,

provocando que se extraigan pequeñas piezas de madera durante el proceso; esto se da porque la velocidad de alimentación es demasiado fuerte, produciendo el tipo de viruta I.

El grano levantado (Figura 1b), se presenta cuando la madera se cepilla en sentido opuesto al grano y se relaciona con la variación de las características de los anillos de crecimiento (Plaza, 2009). En este contexto Peñaloza (2005), acota que el grano levantado se produce por aflojamiento del grano en la superficie de la madera, formando el tipo de viruta II.

El grano velloso (Figura 1c), se presenta cuando las fibras que no fueron cortadas por la herramienta de corte sobresalen de la superficie general de la tabla sin desprenderse, permaneciendo adheridas a ella (Meneses, 2013). En este contexto Plaza (2009) y Peñaloza (2005), consideran que el grano velloso se asocia con la presencia de madera en tensión, se presenta en todos los ensayos de maquinado, y que el defecto de grano velloso se podría eliminar aumentando la velocidad del cabezal, formándose viruta tipo III

Según Meneses (2013), señala que entre las marcas de viruta (Figura 1d), se puede observar las marcas de astilla que son huellas (abolladuras) poco profundas en la superficie de la tabla, causadas por virutas que permanecen adheridas al cabezal porta cuchillas del cepillo debido a que no son eliminadas por el escape del mismo. Este defecto es exclusivo del ensayo de cepillado; y, rayones que son marcas semejantes a un rasguño, ocasionado por la lija, presentándose exclusivamente en el ensayo de lijado.

2.2.3. Factores que afectan el corte de la madera

Según Peñaloza (2005) y Plaza (2009), señalan que la naturaleza anisotrópica de la madera es la característica más importante para formar la viruta al momento de ser cortada, los planos de corte tienen marcadas influencias sobre la calidad y la eficiencia de corte. Así mismo la madera con baja resistencia a la ruptura por golpe, al romperse manifiesta una rotura corta con planos lisos.

Los factores que afectan la resistencia de la madera al corte se agrupan de la siguiente manera:

Factores inherentes a la madera

Especies, contenido de humedad, temperatura de la madera, coeficiente de fricción en corte, orientación del grano.

Factores inherentes a las condiciones de corte

Ancho de corte, profundidad de corte, velocidad de corte, velocidad de alimentación

Factores inherentes a la herramienta

Ángulo de corte o ataque, ángulo de hierro o de la herramienta, ángulo libre, calidad de filo

2.2.4. Relación de la trabajabilidad con las propiedades físico mecánicas de madera

El estudio de la trabajabilidad también llamada maquinado y labrado mecanizado, son de primordial importancia entre las propiedades tecnológicas de la madera, ya que determinan la facilidad o dificultad de su procesamiento al ser sometida a las herramientas y maquinas cortantes en las operaciones de cepillado, moldurado, taladrado y lijado (Flores *et al.*, 2007). Además la calidad de la superficie labrada depende directamente de las herramientas utilizadas y de algunas propiedades tecnológicas de la madera (Zavala y Vázquez, 2001).

Para Gorena (2009), las características y propiedades de la madera más importantes que influyen en la calidad de superficie maquinada están: la densidad, el contenido de humedad, la dirección del hilo, la textura, porosidad, contenidos de extractivos, elasticidad, los nudos y temperatura.

La determinación de las características de maquinado de la madera son básicas para definir su utilización, éstas se refieren al comportamiento de la madera al ser procesada con máquinas o herramientas cortantes en las operaciones de cepillado, lijado, barrenado, moldurado y torneado (Zavala y Vázquez, 2001).

En primer lugar; el cepillado y el lijado son las dos operaciones de maquinado más importantes, porque son a las que necesariamente se tiene que someter la madera para darle el acabado final, por tanto el cepillado es considerado, después del aserrío, la segunda operación más importante de maquinado de la madera, el lijado se realiza con la finalidad de preparar la superficie de la madera para la aplicación de pinturas, lacas u otros acabados y en otros casos se efectúa para reducir el grosor de la madera. Asimismo las operaciones de barrenado, moldurado y torneado son operaciones que aun siendo muy importantes, no tienen la relevancia de las dos anteriores (Zavala, 1976 citado por Meraz, 2007).

2.2.5. Ensayos de trabajabilidad

2.2.5.1. Cepillado

El cepillado es considerado, después del aserrío, como la operación más importante del maquinado de la madera, debido a que la mayoría de piezas deben ser reducidas a dimensiones precisas y superficies tersas antes del uso final (Meneses, 2013). En este contexto, Serrano y Sáenz (2001), indican que el cepillado o sacar una cara en limpio de la madera, es una operación en donde se elimina un exceso de la madera aserrada, por medio de la producción de virutas;

Lluncor (2013) menciona que el cepillado es el proceso de elaboración de la madera, que permite obtener superficies lisas mediante la acción de las cuchillas con movimiento lineal o circular. Esto permite disminuir los costos de labores posteriores como son: el lijado, sellado y barnizado o lacado (Serrano y Zúñiga, 2011). Para lo cual Serrano y Sáenz (2001) mencionan que las maderas que al ser cepilladas presenten superficies de mala calidad tendrán poca aceptación, principalmente en productos donde la cara sea visible. Esto reduce de forma significativa la calidad estética del producto y aumenta su valor agregado en el mercado.

Esta operación se realiza en una máquina llamada cepilladora. El desgaste del material se efectúa con cuchillas que son colocadas en un cabezal que gira mientras la madera es arrastrada en la mesa de cepillado mediante rodillos (Serrano y Sáenz, 2001).

2.2.5.2. Moldurado

Según Plaza (2009), el moldurado es una práctica común en la industria del mueble que consiste en dar forma especial a los bordes de las piezas de madera, las cuales se utilizan en combinación con otros productos para mejorar la estética. En este contexto Meneses (2013) menciona que el moldurado es una operación que se realiza en los cantos de las piezas de madera con el objetivo de darles mejor terminado y apariencia. Es muy común observar este tipo de trabajo en marcos de puertas, de ventanas, cantos o esquinas de muebles, ensambles y otras muchas formas de adornos.

Según Castillo citado por Gorena (2009), el moldurado consiste proporcionar a una pieza de madera un perfil terminado y con una figura deseada, a fin de mejorar su estética, por lo que la tersura del corte y el detalle de la figura son aspectos de gran importancia que se tienen presentes en esta operación.

En esta operación tenemos dos tipos de moldurado: longitudinal (machihembrado) y transversal (en curva o recto).

La operación de moldurado se realiza para formar un perfil determinado en los contornos de las piezas de madera con fines decorativos, por lo que la tersura del corte es muy importante para lograr un buen acabado de las piezas de madera (Zavala y Vázquez, 2001).

2.2.5.3. Taladrado

El ensayo de taladrado consiste en la realización de huecos sobre una pieza de madera, destinados a recibir tornillos, puntillas o cualquier otra pieza en forma de un cilindro (Meneses, 2013). Según Zavala y Vázquez (2001), afirman que la operación de taladrado consiste en la perforación de piezas de madera mediante una broca. Se realiza para ensamblar a través de taquetes, espigas o tornillos, componentes de sillas, de muebles u otras piezas de madera; con taladros manuales o con taladros automáticos de varias brocas.

Existen en general dos requisitos para llevar a cabo la operación de taladrado. El primero exige un alto grado de precisión, como es el caso del taladrado de huecos para tacos. El segundo tipo no necesita una gran precisión, sino una gran eficiencia de penetración, como es el caso de huecos para tornillos y pernos utilizados en obras estructurales. Es por esto que el tipo de broca por utilizar debe ser aquella que asegure, por un lado, la calidad y por otro, la eficiencia o rapidez de penetración (Serrano y Sáenz, 2001). La calidad del taladrado tanto en la entrada de orificio como en la salida deben ser de excelente calidad, evitando al mínimo la formación de astillado.

El taladrado tiene como finalidad, cuantificar y calificar el trabajo de realizar agujeros en la madera, expresados en calidad, eficiencia, desgaste de los filos y gasto de energía eléctrica. La importancia de realizar agujeros en la madera es que forman parte de las uniones entre las piezas de los diferentes productos de carpintería, ebanistería y construcción en general JUNAC (1983).

2.2.5.4. Torneado

El torneado es una operación que consiste en darle forma cilíndrica a una pieza rectangular de madera, haciéndola girar en un torno sometiéndola a la acción de una herramienta cortante. Esta labor es importante cuando se tienen que fabricar artículos de madera como pies de lámparas, patas de cama, mangos para herramientas, partes para muebles y juguetes, entre otros (Moya *et al.*, 2004).

Gorena (2009); menciona que el torneado es la operación en la cual mediante el uso de cuchillas, formones o gubias se le da la figura deseada a las piezas de madera. En este contexto Zavala y Vázquez (2001), afirman que el torno para madera, más que ninguna otra máquina-herramienta, constituye una unidad completa, capaz de producir trabajos terminados en el proceso de la madera.

El ensayo de torneado de cada especie representa diversos grados de dificultad, en algunos casos se pueden resolver las dificultades mediante la optimización de los principales parámetros; sin embargo, también existen maderas que presentan una inaptitud completa para obtener productos torneados aceptables en el mercado (Meneses, 2013).

2.2.5.5. Lijado

Según Gorena (2009); lijar significa alisar, pulir, abrillantar o limpiar algo mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente una lija. El lijado es una tarea fundamental en cualquier trabajo de acabado, como ser pintura, barniz, entre otros. Así mismo Meneses (2013), menciona que es un ensayo en el que se obtiene superficies suaves mediante la acción del papel lija con movimiento lineal o circular.

El propósito del lijado es suprimir los defectos ocasionados por operaciones previas de maquinado y preparar la superficie de la madera para la aplicación de recubrimientos o acabados (pinturas, barnices etc.), y en algunas maderas para resaltar su veteado (Zavala y Vázquez, 2001). Serrano y Sáenz (2001), mencionan que esta operación es requerida antes de dar acabado final a una superficie, la cual generalmente se divide en dos etapas: el primer proceso de lijado (remoción con lija N°60) pretende obtener una superficie lisa a partir de una superficie brusca, consecuencia del maquinado previo; el segundo proceso (lija N°100) consiste en simular una superficie para aplicar los materiales de acabado, como selladores, barnices, lacas, pinturas, etc. El propósito de este ensayo es determinar la eficiencia, calidad superficial y tipos de defectos.

Es importante mencionar que cualquier imperfección que no se pueda eliminar con el lijado, cuando se aplique el acabado el defecto se acentuará. De ahí la importancia de conocer los defectos que pueden aparecer en la superficie lijada y cómo eliminar parte de estos (Meneses, 2013).

2.3. Descripción de las especies seleccionadas para el estudio

2.3.1. *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry

Según de la Torre *et al.*, (2008), *Otoba parvifolia* es conocida comúnmente como Sangre de Gallina, perteneciente a la familia Myristicaceae. Esta especie es nativa y se la puede encontrar en los bosques amazónicos del Ecuador (Figura 2). Sus usos son:

Alimento de vertebrados: el fruto es alimento de pecaríes y roedores terrestres. **Materiales:** Con el tallo se elaboran astas de escobas y canoas. Se emplea en la construcción de viviendas, como paredes, pilares y pisos (comunidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana).

Social: la savia se usa para colorear la piel en fiestas (Wao-Napo).

Medicinal: La corteza y la savia son efectivas para matar ácaros y para tratar hongos de la piel; en infusión, se usan para eliminar parásitos internos, como los intestinales. La infusión de la corteza y la savia se bebe para tratar la diarrea. La savia tiene propiedades hemostáticas.

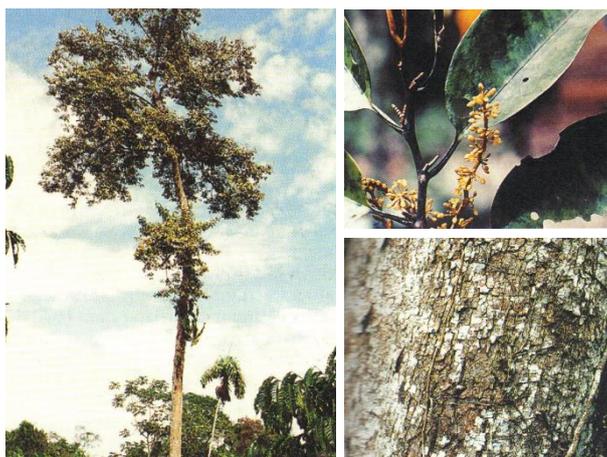


Figura 2. Árbol, hojas, flores y corteza de *Otoba parvifolia*

2.3.2. *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski

Según de la Torre *et al.*, (2008), *Piptocoma discolor* pertenece a la familia Asteraceae, conocida vulgarmente como Piwi, esta especie es nativa y se puede encontrar en los bosques amazónicos del Ecuador (Figura 3). Sus usos posibles son:

Combustibles: el tallo se usa como combustible.

Materiales: el tallo es útil en la elaboración de muebles y en la construcción de viviendas como tablas, postes, pilares, vigas, pisos, soleras y armaduras de los techos. El tallo se usa para elaborar cajas para vender frutas, como la naranjilla, el tomate, entre otros.

Medicinal: la corteza triturada y mezcladas en un vaso de agua se usa para tratar la mordedura de serpiente.



Figura 3. Árbol, hojas, flores y corteza de *Piptocoma discolor*

2.3.3. *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Según de la Torre *et al.*, (2008), *Pourouma cecropiifolia* es conocida comúnmente como uvilla, perteneciente a la familia Urticaceae, esta especie es nativa y se la puede encontrar en los bosques amazónicos del Ecuador (Figura 4). Los usos para esta especie son:

Alimenticio: el fruto y el arilo frescos son comestibles. El fruto fresco es alimento de mamíferos, como machines, guatusas, cusumbos, y de aves como loros y papagayos.

Materiales: el jugo del fruto es usado como shampoo. El tallo se usa en la construcción como tablas para pisos y encofrados, así como para la elaboración de utensilios exclusivos para preparar la chicha



Figura 4. Árbol, hojas, flores y corteza de *Pourouma cecropiifolia*

2.3.4. *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin

Según Aguilar y Castro (2006), *Miconia glaberrima* pertenece a la familia de las Melastomataceae, esta especie es nativa y se la puede encontrar en los bosques amazónicos del Ecuador. Es un arbusto o árbol; su altura oscila de 3 a 6 m, con ramificación abierta horizontal ascendente; hojas de cada par algo desiguales, suculentas flores blanco-rosadas; fruto rojizo-verde o morado. Perennifolio (Figura 5).



Figura 5. Árbol, hojas, flores de *Miconia glaberrima*

2.4. Estudios realizados sobre trabajabilidad en especies maderables

Son muy pocos los estudios sobre trabajabilidad de maderas de bosque secundario tropical, particularmente de la Amazonía. Existe alguna información relacionado con madera de bosque primario y de plantaciones pero solo a nivel internacional. En lo que concierne a los estudios que se han efectuado sobre labrado mecanizado se realizó un análisis bibliográfico, permitiéndose mencionar lo siguiente:

Martínez y Martínez (1996), analizó las características de maquinado de 32 especies de madera y, observo que solo 15 especies mostraron calificación excelente en todas las pruebas realizadas. De las tres operaciones estudiadas en la investigación la que mostró mejores resultados para las especies estudiadas fue el escopleado, en segundo lugar el barrenado y finalmente el moldurado, en términos generales. Además, entre los defectos evaluados, los que aparecen en mayor número son grano arrancado y marcas de viruta.

Ordoñez y Martínez (1997), estudiaron el maquinado y susceptibilidad a la impregnación de la madera del hule (*Hevea brasiliensis*) y en base a los resultados obtenidos concluyeron sobre las pruebas de maquinado que la madera del hule presenta acabados de calidad regular, en la mayor parte de los procesos. Solamente el cepillado presenta acabados pobres aunque

faltaría saber si con el ángulo de 35° mejoraría la superficie maquinada. De la misma manera, con la lija de grado 60 las caras presentan un acabo muy pobre con “grano” arrancado en todas las probetas.

Betancur *et al.*, (2000); estudiaron las propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado de la Teca (*Tectona grandis* L.f) y, observó que el estudio de trabajabilidad de esta especie, permite recomendar, para un maquinado en cepillado; utilizar tablas en cualquier orientación, en dirección a favor del grano y con velocidad de alimentación baja (7,5 m/min). En moldurado; utilizar tablas en dirección a favor del grano, sin importar su orientación. Para taladrado utilizar tablas en cualquier orientación, con altas velocidades. Además puede ser utilizada para la construcción de barcos (cubiertas, forros, armadura, quillas y otros elementos en contacto con el agua); para carpintería y ebanistería, instrumentos musicales, etc.

Serrano y Sáenz (2001), estudiaron la trabajabilidad de Teca (*Tectona grandis*) de Costa Rica y Panamá y, observaron que la madera evaluada, se comportó de fácil a moderadamente fácil al proceso de cepillado. De acuerdo al lijado se obtuvo que después de aplicado el proceso, presentó ralladuras visibles, pero que en general se la clasifica a la madera como de buen calidad en lijado. En el taladrado se obtuvo que todas las procedencias se clasificaron con una penetración muy eficiente; y en el ensayo de torneado la mayoría de probetas presentaron grano rugoso bastante leve, pero no genero una superficie lisa que se pueda evaluar como excelente.

Zavala y Vázquez (2001), analizó las características de maquinado de la madera de 34 especies tropicales y, observaron que 28 de ellas, se recomiendan para utilizar en trabajos donde la calidad del acabado es importante, como en muebles y productos torneados (mangos para herramientas), artesanías, ebanistería en general, etc. Las seis especies restantes mostraron resultados pobres de trabajabilidad, las que fueron recomendadas para usos donde la tersura no sea una condicionante, como tarimas, cajas para empaques, polines, y en la construcción en general, u otros usos de madera áspera.

Según Rangel (2004), los estudios de características de maquinado de la madera como un factor más de sus propiedades tecnológicas se incorporaron oficialmente en 1959 año en que la ASTM (American Society for Testing Materials), estableció la norma que rige y normaliza los trabajos que se realizan en esta área. Esto ha permitiendo tener un patrón de comparación entre ellos.

Flores *et al.*, (2007), estudio la calidad de maquinado de la madera de *Quercus affinis* y *Quercus laurina* y, observó que las maderas trabajadas presentaban excelentes características de maquinado en las operaciones de torneado, taladrado, moldurado, lijado y, para cepillado. Para este último se obtuvo que utilizando un número mayor de marcas de cuchilla por centímetro (29,3) se obtiene mejores resultados. Se recomienda que la madera de estas especies por su excelente comportamiento ante las máquinas y herramientas apropiadas, puedan ser utilizadas por la industria maderera en la elaboración de productos terminados con un mayor valor agregado como molduras, lambrines, parquet y muebles.

Serrano y Zúñiga (2011), determinaron las condiciones apropiadas de cepillado para el amarillón (*Terminalia amazonia*) de plantación en Costa Rica y, concluyeron que puede calificarse de excelente calidad ante el cepillado ya que presentó un área libre de defectos con el 96,14 %. En el grano arrancado se observó asociado a los nudos donde se presenta una elevada inclinación del grano, por lo que se sugirió la realización adecuada y oportuna de las prácticas de poda, en las plantaciones analizadas.

3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

El estudio de trabajabilidad de cuatro especies maderables se desarrolló en dos fases: la primera en el campo en la que se colectó las muestras de madera de bosques secundarios procedentes de la provincia de Zamora Chinchi, dentro de los cantones Zamora y Centinela del Cóndor (Figura 6); y la segunda, una fase de laboratorio que se realizó en el centro de la madera y el laboratorio de anatomía y dendrocronología de la madera de la Universidad Nacional de Loja.

La provincia de Zamora Chinchi se encuentra ubicada en la Región Sur de la Amazonía Ecuatoriana, localizada entre los meridianos de 79° 30' 07" W y 78° 15' 07" W de longitud Oeste y los paralelos 3° 15' 12" S y 5° 05' 12" S de latitud Sur, en la Región Sur de la Amazonía Ecuatoriana (GADZCH, 2012).

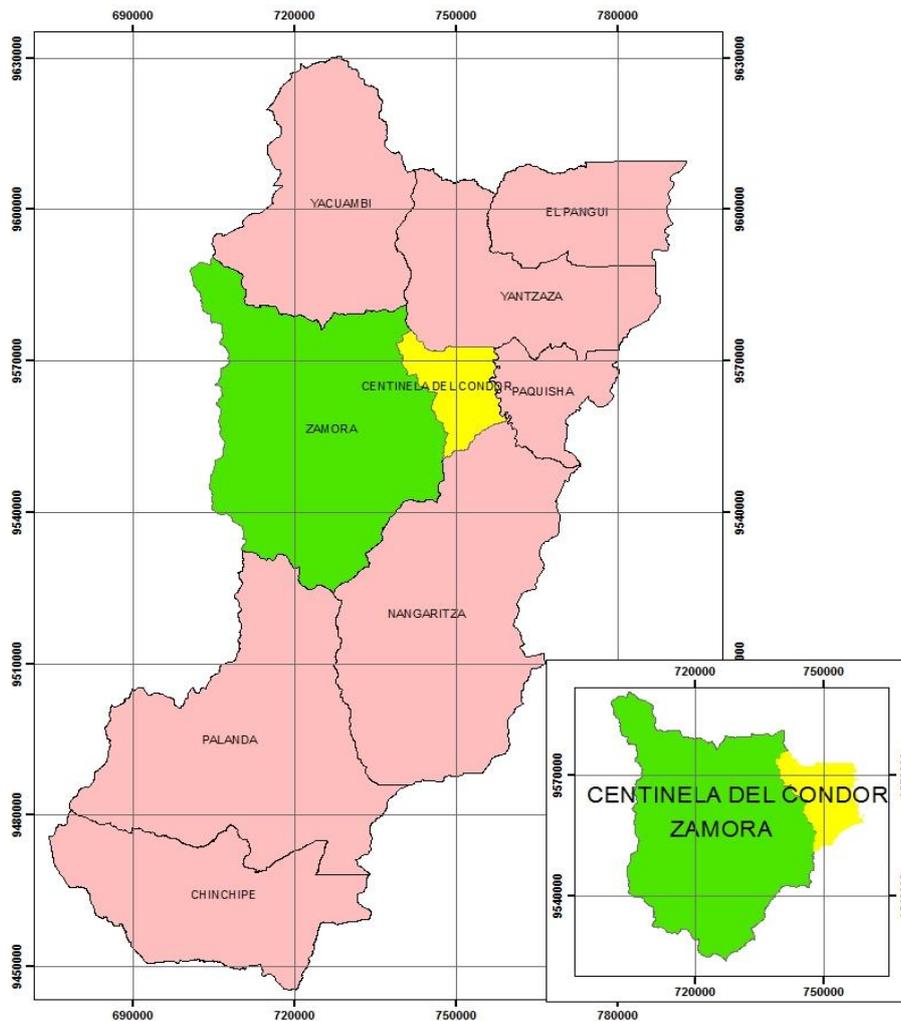


Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio

3.1.1. Aspectos ambientales

El clima de la provincia de Zamora Chinchipe en su totalidad es cálido-húmedo, con características de altitud que oscilan entre 815 y 2 800 m s.n.m., la precipitación es de 2 000 mm/año, la temperatura oscila entre 17° y 22°C, y, la humedad relativa es de hasta el 99 % (GADZCH, 2012).

3.1.2. Características socioeconómicas

El área destinada a la producción en Zamora Chinchipe tiene una superficie de 269 748,44 hectáreas, equivalente al 26 % de la superficie total provincial, de las cuales 10,08 ha se destinan a cultivos perennes; 3,86 ha a cultivos transitorios; 10,79 ha a cultivos asociados; 69,98 ha a pastos naturales; 174,82 ha a pastos cultivados y 191,08 ha a vegetación pantanosa (UGTZCH, 2011).

La producción agropecuaria en la provincia de Zamora Chinchipe, es uno de los pilares fundamentales de la actividad económica, Sin embargo, tiende a decrecer dicha actividad y participación en la economía provincial en los últimos años, debido a que se incrementó en otras ramas como el sector público, comercio al por mayor y menor, construcción, explotación de minas y canteras, enseñanza (UGTZCH, 2011).

Según la UGTZCH (2011), dentro de la población económicamente activa, por rama de actividad de la provincia de Zamora Chinchipe, las actividades de agricultura, ganadería silvicultura y pesca, para el 2010 constituyeron el 38 %, siendo las más representativas, sin embargo con relación al 2001 estas actividades han decrecido en un 17 %.

La explotación de madera es otra forma de ingresos económicos en la provincia, así se registra para el 2010 un volumen de corte de madera de 20 727,04 m³ en 1 487,55 ha, en su mayoría en los cantones de Zamora y Yantzaza (MAE, citado por UGTZCH, 2011).

3.2. Elaboración de probetas

Por las limitaciones de materia prima, para el estudio de trabajabilidad de cuatro especies se evaluó únicamente en diez árboles por especie y dos probetas por árbol, de las que diez se hicieron en corte radial y diez en corte tangencial. Además, es importante mencionar que en las mismas probetas se realizó varios ensayos como: cepillado, moldurado, taladrado y lijado. Solo para torneado se trabajó con otras probetas.

Cabe mencionar que las probetas con las que se trabajó se las secó con anterioridad en una estufa a nivel severo (altas temperaturas), teniendo como temperatura inicial 50°C y como temperatura final 70°C hasta llegar al punto de equilibrio del 12 % de contenido de humedad en las probetas (Figura 7).



Figura 7. Secado de madera al 12 % de contenido de humedad

Con el propósito de evaluar el comportamiento de la madera en los procesos de labrado mecanizado, se elaboró 20 probetas en dos planos de corte de la madera bien definidos: tangencial y radial (Figura 8). Este proceso se desarrolló en el Centro de la Madera de la Universidad Nacional de Loja (UNL) (Anexo 1).



Figura 8. Probetas con planos de corte radial y tangencial bien definidos.

3.3. Ensayos de labrado mecanizado

Los diferentes ensayos de trabajabilidad en probetas con planos de corte tangencial y radial se desarrollaron en el laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera de la UNL. Los procesos de labrado mecanizado se ejecutaron adaptando las recomendaciones técnicas del Manual de Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM, 1993) para ensayos de maderas tropicales de pequeñas dimensiones.

Para la correcta identificación de las probetas se colocó la nomenclatura con base a los siguientes aspectos: la inicial del nombre científico, número del árbol y número de probeta. Cabe mencionar que el número de la probeta señalaba el tipo de corte, es decir las que llevaban el número 1 fueron tangenciales y las que llevaban el número 2 radiales (Figura 9), por ejemplo:

OA4P1.....Corte Tangencial

OA9P2.....Corte Radial



Figura 9. Nomenclatura establecida para las probetas de cuatro especies maderables

Los defectos que se tomaron en cuenta, son grano arrancado (Viruta tipo I), grano levantado (Viruta tipo III), grano velloso (Viruta tipo III), y marcas de viruta, dependiendo del tipo de ensayo (Anexo 2). La calificación de las probetas se asignó utilizando luz natural y tomando en cuenta dos aspectos: primero, se identificó el área de defectos visibles y el porcentaje que este representa del cien por ciento de la probeta ensayada, entendiéndose así que a mayor área afectada el grado de defecto aumenta; segundo, se comprobó la severidad del defecto usando diferente número de lijas para determinar la facilidad o dificultad de la corrección de los defectos presentes en la probeta. Tomado en cuenta los dos aspectos se asignó una calificación a cada probeta dependiendo del tipo de ensayo, basándose en las características que se disponen para cada calificación indicadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tabla de la calificación de los defectos según la norma ASTM (1993)

Grado	Calificación	Rango	Características
1	Excelente	0,0 – 1,0	Libre de defectos
2	Buena	1,0 – 2,0	Con defectos superficiales que pueden eliminarse con una lija fina del No 100
3	Regular	2,0 – 3,0	Con defectos marcados que pueden eliminarse al utilizar una lija gruesa del No. 60 y después una fina del No. 100
4	Pobre	3,0 – 4,0	Con defectos severos que para eliminarlos se requiere trabajar nuevamente la pieza de madera.
5	Muy pobre	4,0 – 5,0	Con defectos muy severos que para eliminarlos se requiere sanear la pieza de madera trabajada

3.3.1. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el cepillado

3.3.1.1. Equipos y materiales

Los equipos que se utilizó son: cepilladora-machihembradora, con velocidad de giro del cabezal porta cuchillas de 5 000 revoluciones por minuto (rpm) y un diámetro de 10 cm, con 30° de ángulo de corte normal y capacidad de alojar tres cuchillas, la velocidad de alimentación varia de 6 a 15 (m/min) y un ancho de mesa de 40 cm (Figura 10) (Anexo 3).

Con relación a la madera que se destinó para los ensayos de cepillado, se utilizó 20 probetas secas por especie, derivadas de 10 árboles de cada especie distribuidas en dos grupos: 10 en corte tangencial y 10 en corte radial. Las dimensiones de las probetas con las que se trabajó fueron de 4 cm de espesor x 10 cm de ancho y 100 cm de largo.



Figura 10. Ensayo de cepillado de las cuatro especies maderables

3.3.1.2. Procedimiento del cepillado

El procedimiento que se siguió para el cepillado se detalla a continuación:

- Se marcó las probetas con el número del árbol y de la probeta de modo que esta identificación no se pierda con el cepillado
- Antes de iniciar con el ensayo, se comprobó y rectificó los planos de trabajo de cada probeta. Cabe mencionar que cada especie y cada uno de sus planos de corte fueron ensayados independientemente.
- De las 20 probetas por especie, 10 se hicieron en la dirección del grano y en las restantes 10 en contra del grano. Volteando la probeta para cepillar la cara opuesta, lo cual permite también liberar las tensiones internas de modo uniforme.
- Los cortes se efectuaron a una profundidad de 2 mm las tres primeras pasadas y de 1 mm las cuatro últimas pasadas por cada lado, hasta obtener un espesor mínimo de la probeta 2 cm.
- El extremo de cada probeta se marcó en el momento que salió de la máquina para indicar la dirección de alimentación y el lado que acaba de ser procesado.
- Finalmente, se procedió a calificar la superficie cepillada tanto a favor y en contra del grano, tomando en cuenta la calidad de la superficie cepillada en relación a lo dispuesto por la Norma ASTM (1993).

3.3.1.3. Registro de resultados

Para registrar los resultados obtenidos en cada ensayo de cepillado se utilizó la matriz que se presenta en el Cuadro 2. Se tomaron en cuenta el defecto de vellosidad y astillado en las probetas ensayadas, tanto a favor como en contra del grano en una escala de importancia como lo señala la norma ASTM (1993).

Cuadro 2. Registro de reportes de los defectos para cuatro especies forestales

Código	# de pasadas	mm/pasada	Radial/ Tangencial	
			A favor	En contra

Con las calificaciones obtenidas de las 20 probetas ensayadas se promedió (Cuadro 3), para obtener la calidad de la superficie lijada.

Cuadro 3. Promedio de calificaciones del ensayo de cepillado para las cuatro especies forestales de bosque secundario

Especie	Radial		Tangencial	
	A favor	En contra	A favor	En contra

Para determinar las velocidades óptimas de cepillado de cada especie se utilizó la matriz que se presenta en el Cuadro 4. Tomando en cuenta el número de cuchillas utilizadas en la máquina cepilladora, la velocidad en metros por minuto que transcurren al pasar la probeta a través de las cuchillas de la máquina y la desviación estándar obtenida a partir de los promedios de defectos obtenidos por especie tanto en el plano de corte y la dirección del grano. La velocidad de alimentación óptima mínima se obtuvo ingresando los datos en el Ábaco obtenido por JUNAC (1983) en su estudio de maderas de bosques tropicales y la velocidad óptima máxima se obtuvo de la misma manera pero utilizando una desviación estándar cero (Anexo 8).

Cuadro 4. Velocidades óptimas del ensayo de cepillado para cuatro especies forestales

Especie	Plano de corte	Dirección del grano	Nº cuchillas	Velocidad m/min	Promedio de defectos	Desviación estándar	Velocidad óptima mínima	Velocidad óptima máxima
	Radial	A favor						
		En contra						
	Tangencial	A favor						
		En contra						
	Radial	A favor						
		En contra						
	Tangencial	A favor						
		En contra						

3.3.2. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el moldurado

Se realizó un ensayo básico con la finalidad de obtener un ancho de marca de 1 mm para ver la aptitud de la madera en la producción de machihembrados (Figura 11) (Anexo 4).



Figura 11. Ensayo de moldurado para cuatro especies maderables de bosque secundario

3.3.2.1. Materiales y equipos

Los equipos que se utilizó fueron: una cepilladora machihembradora, con velocidad de giro del cabezal porta cuchillas de alrededor 5 000 rpm; motor de 5 Hp, con avance manual de la madera, de 10 cm de diámetro del porta cuchillas, con capacidad de alojar 2 cuchillas, con un ángulo de corte de 30, cuña semicircular y ancho de marca de 1 mm.

Dentro de los materiales que se utilizó fueron: dos probetas por árbol (una para cada corte: tangencial y radial) de madera seca con dimensiones 2 cm x 10 cm x 100 cm, que anteriormente se las utilizó para el ensayo de cepillado.

3.3.2.2. Procedimiento de moldurado

El procedimiento que se siguió para el moldurado se detalla a continuación:

- Para los ensayos se utilizó una sola cuchilla sobresalida y las otras escondidas (contrapeso). Cabe mencionar que la cuchilla se proyectó como mínimo 13 mm
- Se ensayó longitudinalmente en los dos cantos de la probeta
- Se calificó en caras opuestas para obtener resultados a favor y contra. Los defectos se calificaron de forma visual y en base a lo dispuesto por la norma ASTM (1993). También se midió el ancho de marca efectuado en la superficie moldurada.

3.3.2.3. Calificación

La calificación se efectuó en dos zonas (Figura 12): a) zona 1 (corte doble), en el que se calificó los defectos: astillado, vellosidad, arrancado y grano levantado; y, b) zona 2 (corte simple), en el que se calificó los defectos: astillado y vellosidad

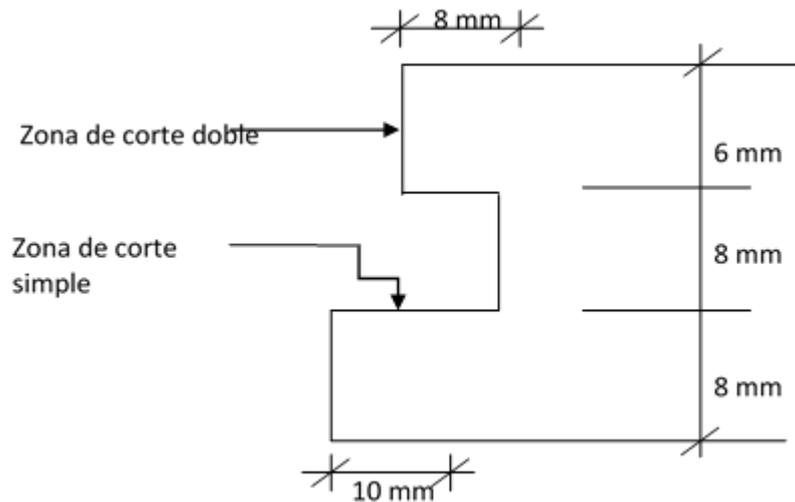


Figura 12. Zonas de calificación de la probeta de cuatro especies maderables

3.3.2.4. Registro de resultados

En el Cuadro 5 se presentan la matriz que se empleó para la calificación de los ensayos de moldurado de las 20 probetas, con el tipo de corte, plano de corte, y dirección del grano.

Cuadro 5. Matriz para la calificaciones del ensayo de moldurado de cuatro especies forestales en estudio

Código	Dirección del grano	Ancho de marca	Corte doble						Corte simple			
			Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
			Ast	Arr	Vell	Ast	Arr	Vell	Ast	Vell	Ast	Vell

Ast= Astillado, Arr= Arrancado, Vell= Velloso

Para obtener la calidad de superficie moldurada, se procedió a promediar las calificaciones de las 20 probetas ensayadas por especie, de acuerdo a sus características comunes, como se puede observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Promedio de calificaciones en el ensayo de moldurado de cuatro especies forestales en estudio

Especie	Dirección del grano	Corte doble						Corte simple			
		Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
		Ast	Arr	Vell	Ast	Arr	Vell	Arr	Vell	Arr	Vell
	→										
	←										
	→										
	←										

Ast= Astillado, Arr= Arrancado, Vell= Velloso

La velocidad óptima se calculó con base al promedio del defecto arrancado de cada especie, tipo de corte y revoluciones por minuto de la máquina machihembradora. Para ello se utilizó el ábaco obtenido por JUNAC (1983) en su estudio de maderas de bosques tropicales (Anexo 9). En el Cuadro 7 se presenta la matriz utilizada para registrar las velocidades óptimas por especie tanto en la dirección del grano, tipo de corte y plano de corte.

Cuadro 7. Velocidades óptimas del ensayo de moldurado para cuatro especies forestales

Especie	Dirección del grano	Tipo de corte	Plano de corte	rpm	Ancho de marca	Promedio de defecto de arrancado	Velocidad óptima m/min
	→	Doble	Tangencial				
			Radial				
		Simple	Tangencial				
			Radial				
	←	Doble	Tangencial				
			Radial				
		Simple	Tangencial				
			Radial				
	→	Doble	Tangencial				
			Radial				
		Simple	Tangencial				
			Radial				
	←	Doble	Tangencial				
			Radial				
		Simple	Tangencial				
			Radial				

3.3.3. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el taladrado

3.3.3.1. Materiales y equipos

Taladro: Los ensayos se realizaron con un taladro eléctrico vertical cuyas características son: 520 y 1 020 rpm y juego de poleas para el cambio de velocidad (Figura 13) (Anexo 5).

Brocas: Para los ensayos se utilizó una broca de doble hélice, sin alas, de 1,3 cm de diámetro, con ángulo de afilado en la punta de 45°.

Probetas: Se utilizó 2 probetas por árbol de 2,5 cm de espesor, 12,5 cm de ancho y 30 cm de longitud, distribuidas en los 2 planos de corte: a) 10 corte tangencial; y, b) 10 corte radial



Figura 13. Ensayo de Taladrado en cuatro especies maderables del Sur de la Amazonía

3.3.3.2. Procedimiento de taladrado

El procedimiento que se siguió para el taladrado se detalla a continuación:

- Se aplicó una carga de 30 kg en el eje de la broca, logrando hacer un agujero sin respaldo, o sea que la salida sea libre.
- Para cada una de las dos velocidades de giro (500 rpm y 1 000 rpm) se determinó el tiempo de penetración de la broca.
- Se calificó en las dos caras, el hoyo de entrada y de salida. Los defectos se calificaron de forma visual y en base a lo dispuesto por la norma ASTM (1993).

3.3.3.3. Registro de los resultados

Las calificaciones de las 20 probetas ensayadas por especie se registraron en el formato de la siguiente matriz como se muestra en el Cuadro 8.

Los valores de los tiempos de penetración y de las calificaciones de los huecos se presentan para cada especie, de acuerdo con los planos tangencial y radial para cada velocidad de giro; primero una cuadrícula con la velocidad de giro menor y debajo otra con la mayor.

Cuadro 8. Registro de calificaciones obtenidas en los ensayos de taladrado de cuatro especies maderables

Código	rpm	Entrada	Salida

Para determinar la calidad de superficie taladrada se promedió las calificaciones obtenidas de las 20 probetas por especie y características ensayadas, a continuación en el Cuadro 9 se muestra el registro de promedios por especie.

Cuadro 9. Promedio de calificaciones del ensayo de taladrado de cuatro especies forestales del sur de la Amazonía

Especies	500 rpm		1 000 rpm	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida

Los tiempos óptimos de penetración se determinó en función de la densidad básica de cada especie, para esto se utilizó las curvas obtenidas por JUNAC (1983) en su estudio de maderas de bosques tropicales (Anexo 10), en el cuadro 10 se muestra la matriz de registro del tiempo óptimo de penetración a 500 y 1 000 revoluciones por minuto para cada especie.

Cuadro 10. Tiempos óptimos de penetración del ensayo de taladrado de las cuatro especies forestales

Especie	rpm	Tiempo óptimo en segundos

3.3.4. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el Lijado

3.3.4.1. Materiales y equipos

En el ensayo de lijado se utilizó lijas en estado satisfactorio, pero no nuevas por no ser representativas. Los ensayos se realizaron para cada especie en cada corte (tangencial y radial), a favor y en contra del grano. Se realizó el ensayo con lija N/ 60 y con lija N/ 100 para evaluar la calidad de las superficies (Figura 15) (Anexo 7).

Equipos: se utilizó una lijadora de banda, eléctrica, con una rotación de 1 600 rpm y un contrapeso aproximado de 100 g/cm². La velocidad de la cinta abrasiva de 1 508 m/min.

Materiales: se utilizó bandas de óxido de aluminio o granate de granulometría de 100 y 60.

Se utilizó las mismas probetas de los ensayo de cepillado, moldurado y taladrado; vale decir 2 probetas por árbol, de madera seca al contenido de humedad de equilibrio. El ancho de las probetas fue de 2 cm menor que el ancho de lija.



Figura 14. Ensayo de Lijado de cuatro especie forestales

3.3.4.2. Procedimiento del Lijado

El procedimiento que se siguió para el lijado se detalla a continuación:

Ensayo de remoción con Lija N / 60

- Se realizó veinte pasadas, 10 de ida y 10 de vuelta, cabe mencionar que se ensayó con una presión aproximada a 100 g/cm² manteniéndose dicha presión durante todos los ensayos.
- Se reguló la velocidad de alimentación de acuerdo a la presión que se aplicó sobre la lijadora, por parte del trabajador

- Se efectuó un número de pasadas suficiente para poder lograr una remoción significativa de más o menos 0,05 mm. La remoción se observó en cuatro puntos distribuidos a una distancia de 30 cm de los extremos y de 1 cm de los cantos.
- Se tocó la superficie de la madera inmediatamente después de lijar calificándose su temperatura como alta, mediana (temperatura humana = 37/) o baja.
- Se observó la velocidad de ensuciamiento de la lija y la facilidad de remoción de la suciedad, así como el desgaste de la lija.

Ensayo de Lija N/ 100

- Se hizo diez pasadas, cinco de ida y cinco de vuelta las condiciones de ensayo fueron similares a las usadas con lija N/ 60.

Los defectos de rayado y vellosidad se calificaron de acuerdo con cinco grados y se hicieron observaciones complementarias de ensuciamiento, facilidad de remoción de la suciedad, desgaste de lija y temperaturas.

3.3.4.3. Registro de resultados

Se presenta una cuadrícula por plano de corte, a favor y en contra del grano para los defectos de rayado y de vellosidad. Además, se presenta en cuadrícula la información de la velocidad de ensuciamiento, la facilidad de remoción de la suciedad, la velocidad de desgaste abrasivo y la temperatura de acuerdo a la siguiente nomenclatura: A = Alta, B = Mediana, C = Baja (Cuadro 13).

Cuadro 11. Registro de resultados de los ensayos en lijado de las cuatro especies maderable estudiadas

Código	Defectos				Velocidad de ensuciamiento	Facilidad Remoción Suciedad	Velocidad Desgaste Abrasivo	Temperatura de la lija
	Rayado		Vellosidad					
	→	←	→	←				

En el Cuadro 14 se muestra la matriz para determinar los promedios de calificaciones de todas las especies del ensayo de lijado.

Cuadro 12. Promedio de las calificaciones del ensayo de lijado para cuatro especie maderables

Especie	Rayado		Vellosidad		Velocidad de ensuciamiento	Remoción de suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura de la lija
	→	←	→	←				

También se realizó un análisis de remoción en función de la densidad básica, tomando como base las curvas realizadas por JUNAC (1983) en su estudio de maderas de bosques tropicales (Anexo 11). La remoción de la suciedad se expresó en milímetros por kilómetro.

3.3.5. Metodología para determinar los parámetros óptimos para el torneado

3.3.5.1. Materiales y equipos

Torno: los ensayos se realizaron en un torno manual de banco con velocidad de giro de alrededor 2 400 rpm, con un soporte para las gubias para obtener 0° y 45° de ángulo de corte.

Probetas: Se utilizó dos probetas por árbol de 2 cm x 2 cm x 12,5 cm y se ensayaron al contenido de humedad de equilibrio de los arboles colectados en Zamora y Centinela del Cóndor.

Del total de 20 probetas por especies se procedió a trabajar de la siguiente manera:

- Cinco con gubia y formón a 0° de ángulo de corte
- Cinco con gubia y formón a 45 ° de ángulo de corte
- Cinco con moldura a 0° de ángulo de corte
- Cinco con moldura a 45° de ángulo de corte

Se utilizó dos gubias y formones de dos cm de ancho, con un radio de curvatura exterior de 1 cm en el lado convexo y curvatura de filo de 1 cm (Figura 14) (Anexo 6).

También se utilizó una moldura elaborada con anterioridad en una hoja de muelle con la figura dispuesta por la Norma ASTM (1993).



Figura 15. Ensayo de torneado de cuatro especies forestales del Sur de la Amazonia

3.3.5.2. Procedimiento de torneado

El procedimiento que se siguió para el torneado se detalla a continuación:

- Para el ángulo de corte de 45° se ensayó radialmente en la misma probeta.
- Para un ángulo de 0° se utilizará una guía en el portaherramientas
- Se efectuaron cortes enérgicos para todos los casos, dejando un diámetro de aproximadamente 1,5 cm al final del ensayo.
- Se determinó el tiempo de penetración mediante un cronómetro, con el fin de igualar el tiempo de penetración de los dos cortes en cada probeta.
- La calificación para la observación paralela al grano: el grano arrancado y la vellosidad en el fondo paralelo y horizontal a las fibras se calificaron según una escala de 5 grados establecida por la norma ASTM (1993), con el fin de seleccionar los ángulos más favorables.

3.3.5.3. Registro de resultados

Las calificaciones de las 20 probetas ensayadas por especie se registraron como se muestra en el Cuadro 11, donde se exponen los resultados para el corte vertical y el corte horizontal al grano, en los dos ángulos utilizados.

Cuadro 13. Registro de reporte de resultados para el corte vertical y el corte oblicuo de cada una de las especies estudiadas

Código	Herramienta	Ángulo de corte	Corte paralelo al grano				
			Tiempo en segundos	Horizontal		Vertical	
				Arrancado	Velloso	Arrancado	Velloso

Para obtener la calidad en la superficie torneada se promedió las calificaciones por especie y características comunes como se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 14 Promedio de calificaciones del ensayo de torneado de las cuatro especies maderable estudiadas.

Especies	500 rpm				1 000 rpm			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	

3.4. Metodología para la difusión de resultados

Para la difusión de resultados se elaboró un tríptico divulgativo donde se resume el proceso y los resultados obtenidos en el presente estudio (Anexo 40). Los resultados de los ensayos practicados se expusieron en la casa abierta realizada en la ciudad de Zamora en honor a los 60 años de provincialización de Zamora Chinchipe llevada a cabo el día 9 de noviembre del 2013.

4. RESULTADOS

Se describen los resultados en orden secuencial de cómo se realizó la investigación de: cepillado, moldurado, taladrado, lijado y torneado en las cinco especies maderables del bosque secundario del Sur de la Amazonía Ecuatoriana.

4.1. Ensayo de cepillado

4.1.1. Calidad de la superficie cepillada

Para determinar la calidad de superficie de cepillado se obtuvo un promedio de las 70 repeticiones realizadas por plano de corte y dirección del grano, realizado en las 20 probetas ensayadas por especie (Anexos 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19). En el Cuadro 15 se presenta los promedios de cepillado por cada especie.

Cuadro 15. Promedios de calificación del ensayo de cepillado de cada una de las especies forestales ensayadas

Especie	Radial				Tangencial			
	A favor		En contra		A favor		En contra	
<i>Otoba parvifolia</i>	0,59	Excelente	1,50	Bueno	0,45	Excelente	0,99	Excelente
<i>Piptocoma discolor</i>	0,96	Excelente	1,40	Bueno	0,69	Excelente	1,20	Bueno
<i>Miconia glaberrima</i>	0,55	Excelente	0,86	Excelente	0,96	Excelente	1,32	Bueno
<i>Pourouma cecropifolia</i>	0,81	Excelente	1,42	Bueno	0,51	Excelente	1,19	Bueno

El comportamiento al cepillado de *Otoba parvifolia* fue excelente en el plano de corte tangencial tanto a favor y en contra del grano; en tanto que en el plano de corte radial, a favor del grano es excelente, y en contra del grano es bueno como se observa en el Cuadro 15.

Para *Piptocoma discolor* es una especie que demostró ser excelente para el cepillado cuando se realiza a favor del grano tanto en el plano radial y tangencial. Sin embargo, en contra del grano en los dos planos de corte su calidad disminuye alcanzando una calificación de buena.

En *Miconia glaberrima* se comportó excelente en su plano de corte radial, en las dos direcciones del grano como se muestra en el Cuadro 15, lo que muestra que esta especie en estas condiciones y con la maquinaria utilizada en este ensayo es recomendable para procesos de cepillado. En tanto que en su corte tangencial los resultados son casi similares ya que a favor del grano es excelente y en contra del grano es bueno.

La madera de *Pourouma cecropiifolia* Mart., posee una densidad básica baja (0,34 g/cm³), registrando los siguientes resultados: en los planos de corte radial y tangencial, a favor del grano es excelente y en contra del grano bueno (Cuadro 15). Se recomienda para procesos de cepillado, utilizando la dirección del grano a favor para obtener mejores resultados y las condiciones de la máquina utilizada en el presente ensayo.

4.1.2. Velocidad óptima de alimentación

La velocidad óptima de alimentación del cepillado se determinó mediante el Ábaco de maderas de bosques tropicales para los países andinos (Anexo 8). En el Cuadro 16, en las dos últimas columnas se muestra las velocidades óptimas para cada especie, plano de corte y dirección del grano respectivamente, tomando en cuenta la velocidad por minuto, número de cuchillas, promedio de defectos y desviación estándar

Cuadro 16. Valores óptimos de alimentación en cepillado de cuatro especies forestales del Sur de la Amazonía ecuatoriana

Especie	Plano de corte	Dirección del grano	Nº cuchillas	Velocidad m/min	Promedio	Desviación estándar	Velocidad de alimentación óptima mínima	Velocidad de alimentación óptima máxima
<i>Otoba parvifolia</i>	Radial	A favor	3	12	0,59	0,40	23,5	32,6
		En contra	3	12	1,50	0,83	11,5	22,1
	Tangencial	A favor	3	12	0,45	0,50	23,0	34,5
		En contra	3	12	0,99	0,68	15,6	27,0
<i>Piptocoma discolor</i>	Radial	A favor	3	12	0,96	0,43	19,2	28,0
		En contra	3	12	1,40	0,60	15,5	23,2
	Tangencial	A favor	3	12	0,69	0,42	23,0	31,5
		En contra	3	12	1,20	0,36	18,5	24,9
<i>Miconia glaberrima</i>	Radial	A favor	3	11	0,55	0,43	22,0	30,7
		En contra	3	11	0,86	0,66	16,2	27,0
	Tangencial	A favor	3	11	0,96	0,46	17,3	25,1
		En contra	3	11	1,32	0,63	13,8	21,0
<i>Pourouma cecropifolia</i>	Radial	A favor	3	9,25	0,81	0,34	17,0	22,5
		En contra	3	9,25	1,42	0,57	11,4	17,6
	Tangencial	A favor	3	9,25	0,51	0,41	18,0	26,2
		En contra	3	9,25	1,19	0,65	11,0	18,7

Mediante el uso del ábaco y tomando en consideración los promedios de velocidad de alimentación en plano tangencial y radial, a favor y en contra del grano se determinó la velocidad de alimentación óptima para esta especie. Por tanto, se demuestra que se puede aplicar mayor velocidad de alimentación cuando se trabaja a favor del grano.

La velocidad de alimentación en el ensayo de cepillado es menor cuando se trabaja a favor del grano para todos los casos, mientras que al comparar los planos de corte radial y tangencial la diferencia de velocidad de alimentación es mínima.

4.2. Ensayo de Moldurado

4.2.1. Calidad en superficie moldurada

Las probetas se analizaron en dos cortes: doble y simple (Figura 16), para los dos casos se consideró los planos de corte tangencial y radial. En el corte doble se analizó los defectos de grano arrancado, astillado y veloso en los dos planos radial y tangencial. En el corte simple se analizó los defectos de grano arrancado y veloso para los dos planos de corte radial y tangencial.

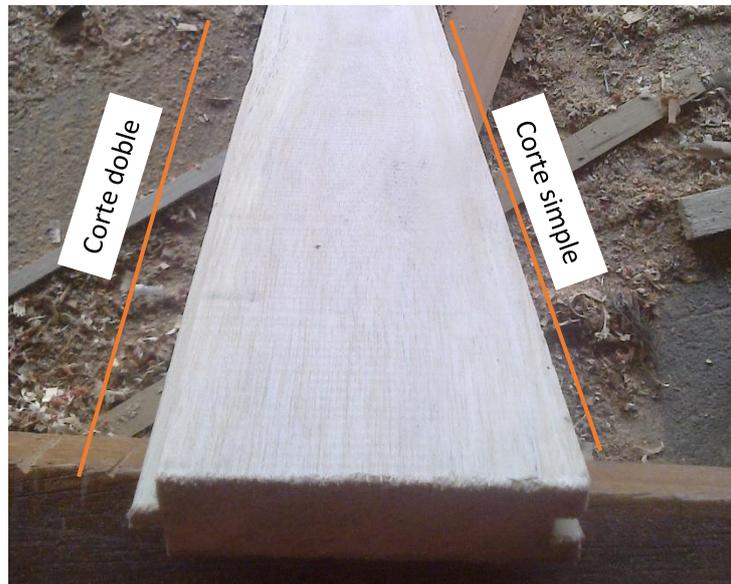


Figura 16. Probeta con ensayo de moldurado con corte doble y simple

Para determinar la calidad de la superficie moldurada se promedió las calificaciones obtenidas en el ensayo de moldurado de las 20 probetas por árbol (Anexos 20, 21, 22, 23). En el Cuadro 17 se muestran los promedios del ensayo de moldurado por cada especie

Cuadro 17. Promedio de calificaciones del ensayo de moldurado de cuatro especies maderable

Especie	Dirección del grano	Corte doble						Corte simple			
		Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
		Ast	Arr	Vell	Ast	Arr	Vell	Arr	Vell	Arr	Vell
<i>Otoba parvifolia</i>	→	0,00	0,00	0,045	0,050	0,000	0,070	0,030	0,115	0,005	0,080
	←	0,00	0,00	0,100	0,025	0,000	0,055	0,030	0,080	0,055	0,130
<i>Piptocoma discolor</i>	→	0,02	0,145	0,215	0,025	0,010	0,235	0,095	0,125	0,220	0,205
	←	0,01	0,085	0,135	0,010	0,010	0,220	0,160	0,115	0,105	0,175
<i>Miconia glaberrima</i>	→	0,04	0,005	0,150	0,000	0,020	0,130	0,205	0,130	0,090	0,125
	←	0,04	0,01	0,130	0,015	0,015	0,125	0,225	0,135	0,060	0,150
<i>Pourouma cecropifolia</i>	→	0,13	0,045	0,290	0,095	0,050	0,295	0,030	0,545	0,120	0,390
	←	0,03	0,045	0,330	0,000	0,060	0,385	0,045	0,365	0,095	0,495

Ast= Astillado, Arr= Arrancado, Vell= Velloso

El comportamiento al moldurado de *Otoba parvifolia* fue excelente, ya que la superficie moldurada no mostro presencia de defectos notables, El promedio de calificaciones no sobrepasa de 0,1 en ninguno de los defectos de astillado, arrancado y velloso, tanto en el corte doble como simple.

Para *Piptocoma discolor* resultó excelente para procesos de moldurado, debido a que la superficie moldurada en corte simple y doble no presenta defectos notables. El promedio de calificaciones no sobrepasa de 0,2 en los defectos de astillado, arrancado y velloso en los dos planos de corte, a favor y en contra del grano

En *Miconia glaberrima*, su comportamiento para moldurado fue excelente, ya que la superficie moldurada en corte simple y doble no presenta defectos notables, por tanto el promedio de las calificaciones no sobre pasan de 0,2 en ninguno de los defectos de arrancado, astillado y velloso, en los dos planos de corte radial y tangencial, a favor y en contra del grano.

Para *Pourouma cecropifolia*, resultó excelente para procesos de moldurado, ya que la superficie moldurada no presenta defectos notables en el corte simple ni en el corte doble, por tanto el promedio de calificaciones de las 20 probetas ensayadas no sobrepasa de 0,5 en ninguno de los defectos de arrancado, astillado y velloso en los dos planos de corte radial y tangencial, a favor y en contra del grano.

4.2.2. Velocidades óptimas de alimentación

En el Cuadro 18 se muestran la velocidad óptima obtenida en el ábaco de maderas de los bosques tropicales (Anexo 9), esta velocidad está relacionada con las características de tipo de corte, ancho de marca, número de cuchillas y revoluciones por minuto de la maquina utilizada.

Cuadro 18. Velocidades óptimas de alimentación en moldurado por especie, por tipo y plano de corte.

Especie	Dirección del grano	Tipo de corte	Plano de corte	rpm	Ancho de marca (mm)	Promedio de arrancado	Velocidad óptima m/min
<i>Otoba parvifolia</i>	→	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,00	24,0
			Radial	5 000	1,5	0,00	24,0
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,03	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,03	23,5
	←	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,00	24,0
			Radial	5 000	1,5	0,00	24,0
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,03	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,05	23,5
<i>Piptocoma discolor</i>	→	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,14	23,2
			Radial	5 000	1,5	0,01	24,0
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,09	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,22	23,0
	←	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,08	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,01	24,0
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,16	23,2
			Radial	5 000	1,5	0,10	23,2
<i>Miconia glaberrima</i>	→	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,00	24,0
			Radial	5 000	1,5	0,02	24,0
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,20	23,0
			Radial	5 000	1,5	0,09	23,5
	←	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,01	24,0
			Radial	5 000	1,5	0,01	24,0
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,22	23,0
			Radial	5 000	1,5	0,06	23,5
<i>Pourouma cecropifolia</i>	→	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,04	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,05	23,5
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,03	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,12	23,2
	←	Doble	Tangencial	5 000	1,5	0,04	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,06	23,5
		Simple	Tangencial	5 000	1,5	0,04	23,5
			Radial	5 000	1,5	0,09	23,5

La velocidad optima en el ensayo del moldurado para las cuatro especies según el ábaco de especies tropicales es más o menos similar (Cuadro 18) ya que varía entre 23 a 24 metros /minuto, a pesar de la diferencia de densidades básicas que cada especie posee.

4.3. Ensayo de Taladrado

4.3.1. Calidad de la superficie taladrada

Para determinar la calidad de la superficie taladrada se promedió las calificaciones obtenidas en el proceso de taladrado de las 20 probetas por especie (Anexos 24, 25, 26 y 27).

En el Cuadro 19 se muestran los promedios de calificación de defectos a la entrada y salida de la superficie taladrada, con las dos revoluciones por minuto aplicadas a las 20 probetas por especie.

Cuadro 19. Promedio de calificaciones del ensayo de taladrado de cuatro especies forestales

Especies	500 rpm				1 000 rpm			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
<i>Otoba parvifolia</i>	2,7	Regular	3,8	Pobre	3,0	Pobre	3,9	Pobre
<i>Piptocoma discolor</i>	3,0	Pobre	3,7	Pobre	3,1	Pobre	3,8	Pobre
<i>Miconia glaberrima</i>	2,9	Regular	3,9	Pobre	3,0	Pobre	3,9	Pobre
<i>Pourouma cecropifolia</i>	4,6	Muy pobre	4,9	Muy pobre	4,6	Muy pobre	5,0	Muy pobre

En el proceso de taladrado *Otoba parvifolia* obtuvo los siguientes resultados: a una velocidad de 500 rpm a la entrada se comportamiento regular y a la salida se obtuvo un taladrado pobre. A una velocidad de 1 000 rpm tanto a la entrada como a la salida se obtuvieron resultados pobres. Esto debido a que los defectos fueron bastante notables a la entrada y a la salida a las dos revoluciones trabajadas, por tanto la especie no es recomendada para taladrado en las condiciones ensayadas en el presente proyecto.

Para *Piptocoma discolor*, en el proceso de taladrado obtuvo los siguientes resultados: A una velocidad de 500 rpm tanto a la entrada como a la salida se obtuvo resultados pobres. A una velocidad de 1 000 rpm a la entrada y a la salida se obtuvo resultados pobres esto debido a que presenta defectos severos que para eliminarlos se requiere trabajar nuevamente la pieza de madera. Por tanto no es recomendable en cuanto a calidad y tiempo la utilización de para proceso de cepillado.

En *Miconia glaberrima*, el ensayo de taladrado obtuvo los siguientes resultados: a 500 rpm a la entrada se comportó de manera regular y a la salida dio resultados pobres. A una

velocidad de 1 000 rpm a la entrada y a la salida se obtuvo resultados pobres. Para obtener mejores resultados se debe trabajar nuevamente la pieza, por lo que no es recomendado utilizara para taladrado.

En el ensayo de taladrado *Pourouma cecropifolia* dió los siguientes resultados: a una velocidad de 500 rpm tanto a la entrada como a la salida se comportó de manera muy pobre. A una velocidad de 1 000 rpm, a la entrada y salida se obtuvo resultados muy pobres, esto debido a que se evidencian defectos muy severos que para eliminarlos se requiere sanear la pieza de madera trabajada. Por lo tanto la especie no es recomendada para realizar trabajos de taladrado.

4.3.2. Tiempos de penetración en función de la densidad

Los tiempos de penetración óptimos se obtuvieron a partir de la densidad básica obtenida por Maza, 2011 en su estudio de caracterización y valoración de propiedades tecnológicas de especies de bosque secundario (Cuadro 20).

Cuadro 20. Densidades básicas de cuatro especies forestales del sur de la Amazonía ecuatoriana (Maza, 2011)

Especie	Densidad básica g/cm³
<i>Otoba parvifolia</i>	0,40
<i>Piptocomo discolor</i>	0,44
<i>Miconia glaberrima</i>	0,66
<i>Pourouma cecropifolia</i>	0,34

4.3.2.1. Tiempos óptimos a 500 revoluciones por minuto

A continuación en el Cuadro 21, se presentan los tiempos óptimos para taladrado en relación a la densidad básica de cada especie, en base al estudio de maderas de bosques tropicales.

Cuadro 21. Tiempo óptimo en segundos del taladrado a 500 rpm de cuatro especies forestales

Especie	Tiempo óptimo en segundos
<i>Otoba parvifolia</i>	1,40
<i>Piptocomo discolor</i>	1,58
<i>Miconia glaberrima</i>	2,58
<i>Pourouma cecropifolia</i>	1,23

A una velocidad de 500 rpm los resultados de tiempo óptimo para las especies son: para *Otoba* un tiempo de penetración de la broca de 1,4 segundos, para *Piptocoma discolor* 1,58 segundos, para *Miconia glaberrima* 2,58 segundos y para *Pourouma cecropifolia* 1,23 segundos.

4.3.2.2. Tiempos de penetración a 1 000 revoluciones por minuto

A continuación en el Cuadro 22 se muestran los tiempos óptimos de penetración a 1 000 rpm, en relación a las densidades básicas por especie.

Cuadro 22. Tiempo óptimo en segundos del taladrado a 1 000 rpm de cuatro especies forestales

Especie	Tiempo óptimo en segundos
<i>Otoba parvifolia</i>	0,58
<i>Piptocomo discolor</i>	0,63
<i>Miconia glaberrima</i>	1,08
<i>Pourouma cecropifolia</i>	0,5

A una velocidad de 1 000 rpm los tiempos óptimos de penetración son: para *Otoba parvifolia* 0,58 segundos, para *Piptocoma discolor* 0,63 segundos, para *Miconia glaberrima* 1,08 segundos y para *Pourouma cecropifolia* 0,5 segundos.

4.4. Ensayo de Lijado

El ensayo de lijado se lo realizó con dos tipos de lija: con lija número 60 y con lija número 100.

4.4.1. Calidad de la superficie lijada con lija 60

Para determinar la calidad de la superficie lijada se promedió las calificaciones obtenidas de las 20 probetas ensayadas para las cuatro especies maderables en estudio (Anexos 28, 29, 30 y 31).

A continuación en el Cuadro 23 se presentan los promedios de las superficies lijadas para lija 60 para las cuatro especies forestales maderables provenientes de bosque secundario del Sur de la Amazonia Ecuatoriana.

Cuadro 23. Promedio de calificaciones de superficie lijada con lija 60 de cuatro especies forestales

Especie	Rayado				Velloso				VE	FRS	VDA	TL
	→		←		→		←					
<i>Otoba parvifolia</i>	0,0	Excelente	0,0	Excelente	0,21	Excelente	0,5	Excelente	B	A	B	A
<i>Piptocoma discolor</i>	0,0	Excelente	0,0	Excelente	0,63	Excelente	1,2	Bueno	B	A	B	A
<i>Miconia glaberrima</i>	0,0	Excelente	0,0	Excelente	0,95	Excelente	1,62	Bueno	B	A	B	A
<i>Pourouma cecropifolia</i>	0,5	Excelente	0,5	Excelente	0,76	Excelente	1,22	Bueno	B	B	B	A

VE= Velocidad de Ensuciamiento FRS= Facilidad de Remoción de Suciedad VDA= Velocidad de Desgaste Abrasivo TL= Temperatura de la Lija

En el ensayo de lijado *Otoba parvifolia* dio los siguientes resultados (Cuadro 23): a favor del grano en los defectos de rayado y velloso dio resultados excelentes. En contra del grano en los dos defectos calificados, rayado y vellosos también se obtuvo resultados excelentes. La velocidad de ensuciamiento de la lija es media, la facilidad de remoción de suciedad es alta, la velocidad de desgaste abrasivo es medio y la temperatura de la lija es alta.

Para *Piptocoma discolor* en el ensayo de lijado dio los siguientes resultados (Cuadro 23): a favor del grano en los defectos de rayado y velloso se comportó excelente. Mientras que en contra del grano en el defecto rayado es excelente y en velloso se comportó de manera buena. La velocidad de ensuciamiento de la lija es media, la facilidad de remoción de la suciedad es alta, el desgaste abrasivo es medio y la temperatura de la lija es alta.

En *Miconia glaberrima* el ensayo de lijado dio los siguientes resultados (Cuadro 23): a favor del grano en los dos defectos rayado y vellos se comportó excelente. En tanto que en contra del grano para el defecto de rayado dio resultados excelentes y para el defecto vellosos se obtuvo resultados buenos. La velocidad de ensuciamiento es media, la remoción de la suciedad es alta, el desgaste abrasivo es medio y la temperatura de la lija es alta.

En el ensayo de lijado *Pourouma cecropifolia* dió los siguientes resultados (Cuadro 23): A favor del grano en los dos tipos de defectos calificados los resultados obtenidos son excelentes. En contra del grano en el defecto rayado se obtuvo resultados excelentes, mientras que en el defecto de velloso los resultados son buenos. La velocidad de ensuciamiento es medio, la remoción de la suciedad es media, el desgaste abrasivo medio y la temperatura de la lija es alta.

4.4.2. Calidad en superficie lijada con lija 100

Para determinar la calidad de la superficie lijada con lija 100 se promedió las calificaciones obtenidas de las 20 probetas ensayadas por especie (Anexo 32, 33, 34 y 35). En el Cuadro 24 se presentan los promedios por especie del ensayo de lijado con lija número 100.

Cuadro 24. Promedio de defectos del ensayo de lijado con lija 100 de cuatro especies forestales

Especie	Rayado				Velloso				VE	FRS	VDA	TL
	→		←		→		←					
<i>Otoba parvifolia</i>	0	Excelente	0	Excelente	0,04	Excelente	0,2	Excelente	B	B	B	A
<i>Piptocoma discolor</i>	0	Excelente	0	Excelente	0,13	Excelente	0,3	Excelente	A	B	A	A
<i>Miconia glaberrima</i>	0	Excelente	0	Excelente	0,23	Excelente	0,3	Excelente	A	B	B	A
<i>Pourouma cecropifolia</i>	0	Excelente	0,03	Excelente	0,44	Excelente	0,9	Excelente	B	B	B	B

VE= Velocidad de Ensuciamiento FRS= Facilidad de Remoción de Suciedad VDA= Velocidad de Desgaste Abrasivo TL= Temperatura de la Lija

El ensayo de lijado *Otoba parvifolia* dio los siguientes resultados (Cuadro 24): a favor del grano en los defectos de rayado y velloso dio resultados excelentes. En contra del grano en los dos defectos calificados, rayado y vellosos también se obtuvo resultados excelentes. La velocidad de ensuciamiento de la lija es media, la facilidad de remoción de suciedad es media, la velocidad de desgaste abrasivo es medio y la temperatura de la lija es alta.

Para *Piptocoma discolor* en el ensayo de lijado dio los siguientes resultados (Cuadro 24): a favor del grano en los defectos de rayado y velloso se comportó excelente. En contra del grano en los dos defectos rayado y velloso los resultados son excelentes. La velocidad de ensuciamiento de la lija es alta, la facilidad de remoción de la suciedad es media, el desgaste abrasivo es media y la temperatura de la lija es alta.

En *Miconia glaberrima* el ensayo de lijado dio los siguientes resultados (Cuadro 24): a favor del grano en los dos defectos rayado y vellos se comportó excelente. En tanto que en contra del grano para de igual manera en los dos defectos rayado y vellosos los resultados

son excelentes. La velocidad de ensuciamiento es alto, la remoción de la suciedad es medio, el desgaste abrasivo es medio y la temperatura de la lija es alta.

En el ensayo de lijado *Pourouma cecropifolia* dio los siguientes resultados (Cuadro 24): a favor del grano en los dos tipos de defectos calificados los resultados obtenidos son excelentes. En contra del grano en los dos defectos calificados los resultados obtenidos son excelentes. La velocidad de ensuciamiento es medio, la remoción de la suciedad es media, el desgaste abrasivo medio y la temperatura de la lija es media.

4.4.3. Remoción con lija 60 en función de la densidad básica de las especies

El procedimiento se realizó tomando en cuenta las densidades básicas de las maderas (Cuadro 20). A continuación en el Cuadro 25 se puede observar la remoción de la suciedad expresada en milímetros por kilómetro con lija 60, obtenida a partir de la curva para determinar la remoción en función de la densidad (Anexo 11).

Cuadro 25. Remoción de la suciedad en función de la densidad específica de cada una de las cuatro especies forestales

Especie	Remoción Lija 60 (mm/km)
<i>Piptocomo discolor</i>	1,48
<i>Otoba parvifolia</i>	1,60
<i>Miconia glaberrima</i>	0,76
<i>Pourouma cecropifolia</i>	1,95

La remoción se trabajó con lija N° 60 por ser más abrasiva a diferencia de la lija N° 100 que sirve para pulir.

4.5. Ensayo de Torneado

4.5.1. Calidad en la superficie torneada

Para determinar la calidad de la superficie torneada se procedió a promediar las calificaciones del de las 20 probetas ensayadas por especie (Anexo 36, 37, 38, 39).

Una vez que se obtuvieron las calificaciones de los defectos de cada una de las probetas de las cuatro especies, se procedió a calcular los promedios por especie, herramienta utilizada y ángulo de corte, los resultados se muestran en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Promedio de defectos del ensayo de torneado de cuatro especies forestales del sur de la Amazonía ecuatoriana

Especie	Herramienta	Ángulo de corte	Corte paralelo al grano								
			t/s	Horizontal				Vertical			
				Arrancado		Velloso		Arrancado		Velloso	
<i>Otoba parvifolia</i>	Moldura	0	2,618	2,40	Regular	1,7	Bueno	1,70	Bueno	1,40	Bueno
	Moldura	45	3,110	2,50	Regular	1,9	Bueno	2,00	Regular	1,60	Bueno
	Formón y gubia	0	4,060	1,90	Bueno	1,5	Bueno	2,10	Regular	1,80	Bueno
	Formón y gubia	45	4,160	2,40	Regular	2,3	Regular	1,90	Bueno	1,70	Bueno
<i>Piptocoma discolor</i>	Moldura	0	3,180	0,78	Excelente	0,8	Excelente	0,80	Excelente	0,80	Excelente
	Moldura	45	3,190	2,76	Regular	1,8	Bueno	2,20	Regular	1,60	Bueno
	Formón y gubia	0	3,960	1,40	Bueno	1,2	Bueno	1,20	Bueno	0,90	Excelente
	Formón y gubia	45	3,960	1,40	Bueno	1,2	Bueno	1,20	Bueno	0,90	Excelente
<i>Miconia glaberrima</i>	Moldura	0	4,320	0,98	Excelente	1,2	Bueno	1,24	Bueno	0,94	Excelente
	Moldura	45	4,160	1,40	Bueno	1,7	Bueno	1,86	Bueno	1,50	Bueno
	Formón y gubia	0	5,140	1,90	Bueno	1,8	Bueno	2,20	Regular	1,10	Bueno
	Formón y gubia	45	5,420	2,30	Regular	2,2	Regular	1,80	Bueno	1,80	Bueno
<i>Pourouma cecropifolia</i>	Moldura	0	2,740	1,80	Bueno	1,7	Bueno	2,14	Regular	1,80	Bueno
	Moldura	45	3,020	3,30	Pobre	2,5	Regular	3,34	Pobre	2,66	Regular
	Formón y gubia	0	3,420	4,00	Muy pobre	4,0	Muy pobre	4,20	Muy pobre	4,20	Muy pobre
	Formón y gubia	45	3,580	4,20	Muy pobre	4,0	Muy pobre	4,00	Muy pobre	3,90	Pobre

Otoba parvifolia se comportó de diferentes maneras dependiendo de la herramienta y ángulo utilizando (Cuadro 26): con moldura a 0 grados, en el corte horizontal el defecto de arrancado es regular y el velloso bueno, mientras que en el corte vertical los defectos de arrancado y el vello obtuvieron resultados buenos, todo el proceso tomó un tiempo de 2,61 segundos. Con moldura a 45 grados, en el corte horizontal el defecto de arrancado es regular y el velloso es bueno, y en el corte vertical el defecto de arrancado es regular y el velloso dio resultados buenos. El proceso tardó un tiempo de 3,11 segundos.

Con formón y gubia a 0 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos y en el corte vertical el defecto de arrancado es regular y el velloso es bueno, el proceso de torneado tomó un tiempo de 4,06 segundos. Con formón y gubia a 45 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio un resultado regular, mientras que en el corte vertical, los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos, esto tomó un tiempo de 4,16 segundos.

Piptocoma discolor como se muestra en el Cuadro 26, dependiendo de la herramienta utilizada y el ángulo de corte, obtuvo los siguientes resultados: con moldura a 0 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y el velloso dio resultados excelentes, y en el corte vertical los defectos de arrancado y el vello también obtuvieron resultados excelentes, todo el proceso tomó un tiempo de 3,18 segundos. Con moldura a 45 grados, en el corte horizontal el defecto de arrancado es regular y el velloso es bueno, y en el corte vertical el defecto de arrancado es regular y el velloso dio resultados buenos, el proceso tardó un tiempo de 3,19 segundos.

Con formón y gubia a 0 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos y en el corte vertical el defecto de arrancado es bueno y el velloso es excelente, el proceso de torneado tomó un tiempo de 3,96 segundos. Con formón y gubia a 45 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio un resultado bueno, mientras que en el corte vertical el defecto de arrancado se comportó de manera buena y el velloso dio resultados excelentes, esto tomó un tiempo de 4,16 segundos.

Miconia glaberrima como se muestra en el Cuadro 26, dependiendo de la herramienta utilizada y el ángulo de corte, obtuvo los siguientes resultados: con moldura a 0 grados, en el corte horizontal el defecto de arrancado se comportó excelente y el velloso dio un resultado bueno, y en el corte vertical el defecto de arrancado dio un resultado bueno y el

velloso se comportó excelentes, todo el proceso tomó un tiempo de 4,32 segundos. Con moldura a 45 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos, y en el corte vertical los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos, el proceso tardó un tiempo de 4,16 segundos.

Con formón y gubia a 0 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos y en el corte vertical el defecto de arrancado dio un resultado regular y el vellosos dio un resultado bueno, el proceso de torneado tomó un tiempo de 5,14 segundos. Con formón y gubia a 45 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio un resultado regular, mientras que en el corte vertical los defectos de arrancado y velloso dio resultados buenos, esto tomó un tiempo de 5,42 segundos.

Pourouma cecropifolia como se muestra en el Cuadro 26, dependiendo de la herramienta utilizada y el ángulo de corte, obtuvo los siguientes resultados: con moldura a 0 grados, en el corte horizontal, los defectos de arrancado y el velloso dio resultados buenos, y en el corte vertical el defecto de arrancado se comportó de manera regular y el vello dio un resultado bueno, todo el proceso tomó un tiempo de 2,74 segundos. Con moldura a 45 grados, en el corte horizontal, el defecto de arrancado dio resultados pobres y el velloso regular, y en el corte vertical el defecto de arrancado dio resultado pobre y el velloso dio resultados regular, el proceso tardó un tiempo de 3,02 segundos.

Con formón y gubia a 0 grados, en el corte horizontal, los defectos de arrancado y velloso dio resultados muy pobres y en el corte vertical, los defectos de arrancado y vellosos dio resultados también muy pobres, el proceso de torneado tomó un tiempo de 3,42 segundos. Con formón y gubia a 45 grados, en el corte horizontal los defectos de arrancado y velloso dio un resultado muy pobre, mientras que en el corte vertical el defecto de arrancado se comportó muy pobre y el velloso dio resultados pobres, esto tomó un tiempo de 3,58 segundos.

4.6. Difusión de resultados

Para presentar y exponer los resultados finales del trabajo de investigación previa a la obtención del título de grado se elaboró el siguiente material de difusión:

- Se elaboró un documento escrito y en digital enmarcado en las normas y parámetros establecidos por el Consejo Académico Universitario, mismo que está dispuesto en la biblioteca del Área Agropecuaria y de recursos Naturales Renovables.
- Se elaboró un tríptico (Anexo 40), del documento final, que se presentó a todos los interesados en el tema, tales como: el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincial de Zamora Chinchipe, los investigadores de la Universidad Nacional de Loja.
- También se realizó una exposición en la casa abierta realizada en la ciudad de Zamora por los 60 años de provincialización de Zamora Chinchipe (Figura 17).



Figura 17. Difusión de resultados en la Casa Abierta realizada por 60 años de provincialización de Zamora Chinchipe el día 9 de noviembre del 2013.

5. DISCUSIÓN

Las especies muestran comportamientos similares en la mayoría de los ensayos realizados, excepto en el torneado, esto puede deberse a que poseen densidades más o menos semejantes, según Gorena (2009), la densidad esta correlacionada directamente con las propiedades mecánicas y particularmente con la resistencia que la madera opone a la penetración y al corte cuando se trabaja con máquinas y herramientas. Las maderas de baja densidad tienen una baja resistencia al clivaje y por otra parte son la abundante presencia de parénquima tanto axial y radial, facilitan la formación de la viruta tipo I (grano arrancado).

5.1. *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry

A nivel de especie de manera particular en *Otoba parvifolia*, tuvo comportamientos diferentes para cada ensayo realizado; en el cepillado los resultados de calidad de superficie son generalmente excelentes, no obstante al trabajar en contra del grano se mostró mayor dificultad, y así lo menciona Gorena (2009), la orientación del cepillado respecto a la dirección del grano influye en la presencia de defectos. A esto se suma que las maderas de bosque secundario se desarrolla en ambientes críticos donde compiten por luz, humedad, nutrientes y por la topografía inclinada de los suelos, acumula tensiones reflejándose en granos inclinados y mucha de las veces entrecruzados (H. Maza, comunicación personal, 2014).

En lo referente al plano de corte no se encontró diferencias significativas en la calidad de superficie. La velocidad de alimentación de cepillado varía notoriamente de acuerdo a la dirección del grano, es así que, las velocidades máximas y mínimas son mayores cuando se trabaja a favor del grano y significativamente menores cuando se trabaja en contra del grano, esto debido a la resistencia que pone la madera al momento de cortarla en contra del grano.

En la calidad de la superficie moldurada se obtuvo resultados excelentes, tanto a favor como en contra del grano, sin embargo el defecto más notorio es el velloso pero sin afectar la calidad de la superficie moldurada, esto corrobora a lo que menciona De la Torre (2008), un uso principal de esta madera es para pisos. La velocidad de alimentación óptima de acuerdo al defecto arrancado es similar ya que varía entre 23,5 y 24 metros por minuto de acuerdo a la dirección del grano, tipo y plano de corte. En este tipo de ensayo la dirección del grano no presento mayor inconvenientes.

En el ensayo de taladrado la madera se mostró entre regular y pobre, ya que se observó una diferencia entre las velocidades utilizadas, es así que a mayor velocidad los defectos fueron mayores y a menor velocidad los defectos disminuyeron pero sin mucha diferencia. Machuca *et al.*, (2012), concuerdan con estos resultados, ya que en su estudio mencionan que la calidad del taladrado se mejora al disminuir la velocidad de penetración de la broca a la entrada y salida de la madera. El tiempo de penetración óptima, obtenida a partir de la densidad básica de la madera, resulto mayor cuando se utiliza una velocidad de 500 revoluciones por minuto, mientras que a una velocidad de 1 000 revoluciones por minuto el tiempo es menor, la menor velocidad no está relacionada con la calidad de la superficie taladrada.

El ensayo de lijado se realizó con lija 60 y 100, para los dos casos se obtuvo calidad de superficie lijada excelente, con presencia del defecto veloso, pero que no afectó de ninguna manera la calidad de la superficie, a pesar de ser una madera blanda los resultados son excelentes lo que no concuerda con Zabala (1976) citado por Machuca *et al.*, (2012), que menciona que en maderas blandas, los rayones ocasionados por la lija se acentúan. La temperatura de la lija es alta con lija 60 y media con lija 100, esto puede ser ocasionado por el mayor esfuerzo que se realiza al trabajar con lija 60, mientras que la velocidad de ensuciamiento y desgaste fue medio en los dos números de lija, con lo que se asegura que el desgaste de la lija no es mayor en maderas de esta especie. La remoción de la suciedad en función de la densidad básica con lija 60 fue de 1,60 mientras que con lija 100 fue de 2,66 milímetros por kilómetro, siendo esta última mayor, posiblemente debido a la menor agresividad de la lija.

La calidad de la superficie torneada presentó resultados entre pobres y regulares esto puede deberse al bajo contenido de humedad (12 %) de las probetas ensayadas, así lo aseguran Cruz *et al.*, (1995) y Borja *et al.*, (1997), citado por Machuca *et al.*, (2012), quienes mencionan que el contenido de humedad influye en la calidad del torneado, ya que a un contenido bajo de humedad las traqueidas son más rígidas, por tanto, ofrece resistencia mayor al ser cortadas por la cuchilla. No se encontró mayores diferencias entre torneado con moldura y torneado con gubia y formón, ni en los ángulos utilizados con los dos tipos de herramientas, sin embargo se muestran mayor presencia de astillado en la superficie de la madera torneada para las dos tipos de herramientas, al parecer esto se debe al esfuerzo por realizar cortes verticales y horizontales al mismo tiempo.

5.2. *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski

Con una densidad básica de $0,44 \text{ g/cm}^3$ se comportó diferente para cada uno de los ensayos realizados, en el cepillado se obtuvo resultados excelentes cuando se trabajó a favor del grano, en tanto que en contra del grano los resultados fueron buenos, esto debido a la resistencia que la madera pone al trabajar en contra del grano, a pesar de tener una calidad de superficie entre buena y excelente en los dos plano de corte, se mostró mayor presencia de defecto en el plano radial esto puede atribuirse a lo mencionado por Peñaloza (2005), quien asegura que en el plano tangencial el parénquima radial se concentra menos y por tanto se reparta mejor que en el plano radial, lo cual magnifica el efecto de grano arrancado. La velocidad óptima de cepillado, aumenta en sus rangos mínimos y máximos cuando el trabajo se hace a favor del grano, minetas que disminuye cuando se trabaja en contra del grano.

La calidad de la superficie moldurada obtuvo resultados excelentes, aunque se encontró mayor presencia del defecto veloso, este no afectó la calidad de la superficie moldurada. La velocidad óptima del moldurado en el plano tangencial varía entre 23,2 y 23,5 metros por minuto, sin diferir ni en la dirección del grano ni en el tipo de corte, en tanto que la velocidad óptima en el plano radial varía entre 22 y 24 metros por minuto. La velocidad óptima es similar esto puede darse a la aptitud que presta *Piptocoma discolor* para trabajos de moldurado, por lo que se concuerda con De la Torre (2012), que menciona que esta especie sirve como material para pisos y techos.

El ensayo de taladrado presentó una calidad de superficie pobre con las dos velocidades trabajadas, tanto a la entrada como a la salida del hoyado, el principal defecto que se encontró en la superficie taladrada fue el astillado, que no fue fácil desaparecer con lija, por cuanto es necesario volver a trabajar la pieza. El tiempo óptimo a 500 revoluciones por minuto es de 1,58 segundos, y a 1 000 revoluciones por minuto es de 0,63 segundos, si se aplica estos tiempos con las revoluciones correspondientes se puede mejorar de cierta manera la calidad de la superficie taladrada.

La calidad de superficie lijada con lija 60, obtuvo un resultado excelente, a excepción del defecto veloso en contra del grano que obtuvo un resultado bueno y una temperatura de la lija alta que sobre pasa los $37 \text{ }^\circ\text{C}$, con lija 100 se obtuvo resultados excelentes para los dos defectos calificados y una temperatura de lija alta, la temperatura está asociado al

tiempo que se toma por cada pasada sobre la madera, con lo que se coincide con Gorena (2009), quien menciona que es más factible lijar la madera a favor del grano, ya que con este factor se disminuye el tiempo de lijado, de tal manera que el grano de lija se mantiene en buenas condiciones por un mayor tiempo. La remoción de superficie con lija 60 fue de 1,48 milímetros por kilómetro, mientras que con lija 100 fue de 2,46 milímetros por kilómetro, esta remoción fue calculada con la densidad de la madera, esto de acuerdo a JUNAC (1983), quien menciona que existe una correlación cerrada entre la remoción por kilómetro y la densidad básica, sin embargo esta correlación comprueba que la remoción baja gradualmente para maderas cada vez más densas.

La calidad de la superficie torneada dio resultados que varían entre excelentes y regulares, los resultados regulares se obtuvo con moldura a un ángulo de 45° en el defecto arrancado para el corte horizontal y vertical, esto puede atribuirse a la velocidad de giro del torno con la que se trabajó, tomando en cuenta el estudio de Gorena (2009), quien determinó que la velocidad de giro del torno es un factor principal para determinar una mejor calidad de la superficie de las probetas.

5.3. *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin

Es la especie con mayor densidad básica trabajada, y los resultados varían de acuerdo al ensayo realizado: El ensayo de cepillado obtuvo calidad de superficie excelente a excepción del plano tangencial en contra del grano que resulto buena, los defectos que se calificaron fueron el astillado y vellos, esto debido a que el astillado es el defecto que más problemas ocasiona, y así lo menciona JUNAC (1983), el defecto de grano arrancado es el más importante en el proceso de cepillado, por el alto costo que implica su corrección. La velocidad de alimentación óptima mínima y máxima es mayor a favor del grano que en contra del grano, estas velocidades están relacionadas con el comportamiento del defecto de grano arrancado.

La calidad de la superficie moldurada dio resultados excelentes, ya que los defectos en la mayoría de las probetas no son visibles, y si lo son no afectan a la calidad de la superficie moldurada. La velocidad de alimentación óptima para trabajar el moldurado varía de 23,5 a 24 metros por minuto, Gorena (2009), en su estudio determinó que a una velocidad lenta la calidad de superficie es mejor que a una velocidad rápida.

La calidad de la superficie taladrada es pobre a excepción de la entrada a 500 rpm que es regular, a la velocidad que se trabajó el presente ensayo los resultados no fueron

favorables, sin embargo si se prueba con velocidades menores la calidad de la superficie aumentará notablemente. El tiempo óptimo de penetración a 500 rpm es de 2, 58 segundos y a 1 000 rpm es de 1,08 minutos, entonces, si el hoyo se lo realiza a 500 rpm y en un tiempo de 2,58 segundos, la calidad de la superficie taladrada tanto a la entrada como la salida del hoyo disminuirá la presencia de defectos.

La calidad de la superficie lijada ensayada con lija 60 dio resultados en general excelentes, con una temperatura de la lija alta, y la calidad de la superficie lijada con lija 100 dio un resultado excelente, el defecto que se presentó al momento de calificar fue el velloso pero no afectó la calidad de la superficie lijada, se debe tener en cuenta que el lijado por su mecanismo de corte e implementación, es una operación onerosa cuando hay que realizar remociones considerables, las cuales hubieran podido efectuarse con sistemas de corte más adecuados JUNAC (1983). La remoción óptima de la lija número 60 dio 0,76 milímetros por kilómetro y con la lija 100 se obtuvo 1,26 milímetros por kilómetro, en esta especie se puede notar que la remoción es menor, debido a que la densidad básica de la *Miconia glaberrima* es mayor.

La calidad de la superficie torneada en su mayoría resulto buena y excelente.

5.4. *Pourouma cecropifolia* Mart.

Es la especie con la densidad básica más baja ($0,34 \text{ g/cm}^3$) que se trabajó, sin embargo tubo resultados excelentes en algunos ensayos. La calidad de la superficie cepillada dio un resultado bueno en contra del grano y excelente a favor del grano, a pesar de ser una madera blanda e ignorada por los madereros, los resultados en el ensayo de cepillado son factibles, sin embargo para mejorar la calidad de la superficie cepillada se puede tomar en cuenta lo mencionado por Cruz y Borja (1995), Koch (1964), Malkoçoğlu y Zdemir (2005), Martínez y Martínez- Pinillos (1996), Zavala (1976), citado por Machuca *et al.*, (2012), quienes recomiendan que se utilice un ángulo de 30° para obtener mejores resultados en el cepillados de maderas suaves o livianas. La velocidad de alimentación óptima mínima y máxima es mayor cuando se trabajó a favor del grano, mientras que la velocidad disminuye cuando el trabajo se lo realiza en contra del grano, sin embargo para rebajar el defecto de arrancado en un grado, es necesario disminuir el valor de la velocidad de alimentación en un tercio JUNAC (1983).

La calidad de la superficie moldurada dio resultados excelentes, el defecto encontrado con mayor frecuencia fue el velloso, sin embargo su presencia no afecto la calidad de la

superficie cepillada. La velocidad de alimentación óptima varía entre 23,2 y 23,5 metros por minuto, sin diferir entre plano de corte ni dirección del grano; aplicando la velocidad correctamente, con las condiciones de la máquina y la madera trabajada en el presente ensayo se lograra una calidad de superficie excelente.

La calidad de la superficie taladrada con las dos velocidades trabajadas dio un resultado muy pobre, el material obtenido del ensayo tiene defectos muy severos con presencia de viruta tipo I (grano arrancado) que para eliminarlos se requiere sanear la pieza de madera trabajada, sin embargo se puede disminuir la velocidad de alimentación de la máquina con el fin de mejorar la calidad de la superficie Machuca *et al.*, (2012). El tiempo óptimo a una velocidad de 500 rpm es de 1,23 segundos y a una velocidad de 1 000 rpm el tiempo es de 0,5 segundos, *Pourouma cecropifolia* tiene los menores tiempos óptimos respecto a las demás especies debido a la baja densidad básica que posee.

La calidad de la superficie lija con lija número 60 dio resultados excelentes, aunque en el defecto de vellosidad en contra del grano se tuvo resultados buenos, en tanto que con lija 100 los resultados fueron excelentes, aún con presencia de defecto vellosos, pero que no afectó la calidad de la superficie lijada, este resultado no concuerda con Zabala (1976), citado por Machuca *et al.*, (2012) quienes mencionan que en maderas blandas, los rayones ocasionados por la lija se acentúan. La temperatura de la lija es alta con la número 60, mientras que con lija 100 la temperatura es media, esto debido a la mayor agresividad y esfuerzo aplicado realizado al trabajar con lija 60. La remoción de la superficie es mayor cuando se trabaja con lija número 100.

La calidad de la superficie torneada tuvo mejores resultados con moldura a cero grados, en tanto que con formó y gubia con los dos ángulos trabajados dio resultados muy pobres. De las cuatro especies trabajadas en el presente proyecto, *Pourouma cecropifolia* es la especie que mayores defectos ha presentado en el ensayo de torneado.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación, permitieron establecer las siguientes conclusiones:

La especie de *Otoba parvifolia* en el ensayo de cepillado obtuvo una velocidad óptima mínima que varía entre 11,5 a 23,5 m/min, mientras que la velocidad óptima máxima dio resultados que varían entre 22,1 a 34,5 metros por minuto, dependiendo del plano de corte y la dirección del grano. En tanto que el ensayo de moldurado se obtuvo un velocidad óptima que varía de 23,5 a 24 metros por minuto dependiendo del tipo de corte y de la dirección del grano. En el ensayo de lijado se obtuvo una velocidad de remoción óptima de 1,60 milímetros por kilómetro. Y en el ensayo de taladrado se obtuvo un tiempo óptimo de penetración de 1,4 segundos a 500 revoluciones por minuto, en tanto que a 1 000 revoluciones por minuto el tiempo óptimo es de 0,58 segundos.

La especie de *Piptocoma discolor* en el ensayo de cepillado obtuvo una velocidad óptima mínima que varía entre 15,5 a 23 metros por minuto, en tanto que la velocidad óptima máxima dio resultados que varían entre 23,2 a 31,5 metros por minuto, dependiendo del plano de corte y la dirección del grano. Mientras que en el ensayo de moldurado se obtuvo un velocidad óptima que varía entre 22 a 23,5 metros por minuto dependiendo del tipo de corte y de la dirección del grano. En el ensayo de lijado se obtuvo una velocidad de remoción óptima de 1,48 milímetros por kilómetro. Y en el ensayo de taladrado se obtuvo un tiempo óptimo de penetración de 1,58 segundos a 500 revoluciones por minuto, en tanto que a 1 000 revoluciones por minuto el tiempo óptimo es de 0,63 segundos.

La especie de *Miconia glaberrima* en el ensayo de cepillado obtuvo una velocidad óptima mínima que varía de 13,8 a 22 metros por minuto, mientras que la velocidad óptima máxima dio resultados que varían entre 21 a 30,7 metros por minuto, dependiendo del plano de corte y la dirección del grano. En tanto que el ensayo de moldurado se obtuvo un velocidad óptima que varía de 23,5 a 24 metros por minuto dependiendo del tipo de corte y de la dirección del grano. En el ensayo de lijado se obtuvo una velocidad de remoción óptima de 0,76 milímetros por kilómetro. Y en el ensayo de taladrado se obtuvo un tiempo óptimo de penetración de 2,58 segundos a 500 revoluciones por minuto, en tanto que a 1 000 revoluciones por minuto el tiempo óptimo es de 1,08 segundos.

La especie de *Pourouma cecropifolia* en el ensayo de cepillado obtuvo una velocidad óptima mínima que varía de 11,4 a 18 metros por minuto, mientras que la velocidad óptima máxima dio resultados que varían entre 17,6 a 26,2 metros por minuto, dependiendo del plano de corte y la dirección del grano. En tanto que el ensayo de moldurado se obtuvo un velocidad óptima que varía de 23,2 a 23,5 metros por minuto dependiendo del tipo de corte y de la dirección del grano. En el ensayo de lijado se obtuvo una velocidad de remoción óptima de 1,95 milímetros por kilómetro. Y en el ensayo de taladrado se obtuvo un tiempo óptimo de penetración de 1,23 segundos a 500 revoluciones por minuto, en tanto que a 1 000 revoluciones por minuto el tiempo óptimo es de 0,5 segundos.

En el ensayo de cepillado las especies que obtuvieron los mejores resultados en la calidad de la superficie cepillada fueron *Otoba parvifolia* y *Miconia glaberrima*, ya que alcanzaron resultados excelentes, y *Piptocoma discolor* con calidades aceptables. Este comportamiento es similar en el ensayo del moldurado.

En el ensayo de taladrado, la calidad de la superficie taladrada, las cuatro especies no alcanzaron buenos resultados, sin embargo *Miconia glaberrima* y *Otoba parvifolia* se comportaron de mejor manera alcanzando resultados entre regulares y pobres, mientras que *Pourouma cecropifolia* fue la especie que obtuvo los peores resultados ya que obtuvo calificaciones muy pobres.

En el ensayo de lijado con lija número 60, se alcanzó buenos resultados en la calidad de la superficie lijada para todas las especies, pero *Otoba parvifolia* fue la especie que obtuvo los mejores resultados, en tanto que con lija número 100, los resultados fueron excelentes para las cuatro especies.

En el ensayo de torneado solo busco la calidad de la superficie, misma que resulto mejor en las especies de *Piptocoma discolor* y *Miconia glaberrima*, obteniéndose resultados entre excelentes y buenos, seguido por *Otoba parvifolia* que obtuvo calificaciones entre buenas y regulares, mientras que *Pourouma cecropifolia* obtuvo calificaciones pobres y muy pobres.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones analizando otros factores como la herramienta de corte y el grado del ángulo de corte, para cada una de las cuatro especies estudiadas.
- Encaminar en investigaciones que analicen el comportamiento de las cuatro maderas estudiadas, cuando aumenta o disminuye el espesor de viruta en los cortes realizados para cada ensayo.
- Continuar estudios similares con otras especies maderables de bosque nativo primarios o secundario para incrementar las opciones de extracción de madera.
- Que este estudio sea tomado en cuenta para realizar futuros proyectos que busquen brindar alternativas a los madereros del uso y explotación de especies provenientes del bosque secundario.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar S. y Castro B. 2006. Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. UNAM, FES Iztacala, Carrera de Biología. Unidad de Morfología y Función, Estado de México. Artículo de Investigación. 21 pg. (en línea) URL: http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/12.1/mb_2006_12-1_095-115.pdf (Consultado abril 03, 2013).

American Society for Testing and Materials (ASTM). 1993. Standard methods of conducting machining tests of wood and Wood based materials. D-1666-64.

Betancur C., Herrera J., Mejía L. 2000. Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas, Trabajabilidad y Secado de la Teca (*Tectona grandis* L.f) de puerto libertador (Córdoba). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol.53, No.1. 27 pg. (en línea) URL: <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/refame/article/download/24068/24704.pdf> (Consultado marzo 31, 2013).

De la Torre L., Navarrete H., Muriel P. Macía M., Balslev H. 2008. Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Arhus. Quito & Arhus. 949 pg.

Flores R.; Rangel J.; Quintanar J; Fuentes M; Vázquez L. 2007. Calidad de Maquinado de la Madera de *Quercus affinis* y *Quercus laurina*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIR-Centro, Campo Experimental San Martinito. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Puebla, México. 41 pg. (en línea) URL: <http://www.chapingo.mx/noticias/img/revistas/articulos/doc/082054f4f552b02970c401e79eaa6b90.pdf>. (Consultado marzo 26, 2013).

Gobierno Autónomo Descentralizado de Zamora Chinchipe (GADZCH). 2012. Lineamientos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. 146 pg. (en línea) URL: <http://www.zamora->

chinchipe.gob.ec/otzch/documentos/Ordenamiento%20Territorial.pdf.

(Consultado abril 04, 2013).

Gorena M. 2009. Adecuación de normas de trabajabilidad en la madera de Teca (*Tectona grandis* Linn.F.) a los equipos de carpintería de la ESFOR. Universidad Mayor de San Simón – Escuela de Ciencias Forestales. 77 pg. (en línea) URL: <http://www.posgradosfor.umss.edu.bo/boletin/umss/05%20PASANTIAS/5%20pasantia> (Consultado marzo 31, 2013).

Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). 1983. Estudio de las Características de Trabajabilidad de 105 Maderas de los Bosques Tropicales del Grupo Andino. Parte 1. Lima, Perú. 183 pg.

Lluncor D. 2013. Estudio del comportamiento a la trabajabilidad de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER). Financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales – OIMT. Perú. 65 p. (en línea) URL: <http://www.aider.com.pe/pdf/Ucayali/ITTO/Informe%20tecnico%20trabajabilidad.pdf> (Consultado febrero 07, 2014).

Machuca R; Borja A; Morales E; Flores R. 2012. Trabajabilidad de la madera de Pino oaxacana Mirov. Proveniente de una plantación en el estado de México. Revista Chapingo. Chapingo, México. 14 pg. (en línea) URL: <http://www.redalyc.org/pdf/629/62924540005.pdf>. (Consultado febrero 07, 2014).

Martínez J. y Martínez E. 1996. Características de maquinado de 32 especies de madera. Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 18 pg. (en línea) URL: <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/2.1/pdf/Martinez%20y%20Martinez%201996.PDF>. (Consultado abril 03, 2013).

Maza H, Valarezo c, Vásquez E, Villamagua M. Tamayo F. 2012. Maderas de bosque secundario de la amazonia ecuatoriana con potencial para uso industrial. Proyecto PIC 08-000069. Senescyt-UNL. Loja, Ecuador.

- Maza H. 2011. Caracterización y valoración de propiedades tecnológicas de especies de bosque secundario del Sur de la Amazonía Ecuatoriana. Informe Técnico. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Meneses O. 2011. Identificación de usos probables de *Pinus patula* Schlect.et Cham. Con base en la determinación de las propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad de la madera en Itaqi – Cotacachi - Imbabura. Tesis Ing. Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad técnica del Norte. Ecuador. 212 p. (en línea) URL:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1982/1/03TESIS192.pdf>.
(Consultado febrero 07, 2014).
- Meraz R. 2007. Maquinado de la Madera de *Acrocarpus fraxinifolius* Wigh & Arn, Proveniente de Plantaciones de la Sierra Norte de Puebla. Tesis Ing. Forestal Industrial. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 pg. (en línea) URL:
<http://www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/2007/Meraz%20Aguilar%20Rogelio%202007.pdf>. (Consultado marzo 26, 2013).
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). 2012. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental. Quito Ecuador. 32 pg. (en línea) URL:
<http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto%20mapa-parte1.pdf>.
(Consultado marzo 26, 2013).
- Moya R., Leandro L., Córdoba R., Serrano R., Monge F. 2004. Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*). Soluciones Tecnológicas, Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica). (en línea) URL:
<http://www.tecdigital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/viewFile/606/531.pdf>.
(Consultado marzo 26, 2013).
- Ordoñez V. y Martínez J. 1997. Maquinado y susceptibilidad a la impregnación de la madera del hule (*Hevea brasiliensis*). Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 9 pg. (en línea) URL:
<http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/3.2/pdf/Ordenez%20y%20Martinez%201997.PDF>. (Consultado abril 03, 2013).

- Peñaloza D. 2005. Características de trabajabilidad de la madera de Ingalda (*Myrsine oligophylla*). Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 113 p. (en línea) URL: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/123456789/102/K50-P46-T.pdf?sequence=1> (Consultado febrero 07, 2014).
- Serrano R. y Sáenz, M. 2001. Trabajabilidad de Teca (*Tectona grandis*) de Costa Rica y Panamá”. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Centro de Investigaciones en Integración Bosque Industria. Cartago, Costa Rica. (en línea) URL: <http://www.una.ac.cr/inis/docs/teca/temas/TrabajabilidadSerrano1.pdf>. (Consultado abril 03, 2013).
- Serrano R. y Zúñiga V. 2011. Determinación de condiciones apropiadas de cepillado para el amarillón de plantación en Costa Rica, *Terminalia amazonia* (J.F. GMEL.) Exell. Artículo Científico, Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica) vol 8 (20). 7pg. (en línea) URL: <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/download/375/308>. (Consultado abril 03, 2013).
- Silva 2011. Trabajabilidad de 11 especies de maderas tropicales del Sureste de México. (Informe). Proyecto de Industrialización, Comercialización y Manejo Sostenible de Diez especies nativas de México. Universidad de Guadalajara – departamento de Madera, Celulosa y Papel. Financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales – OIMT. México. 37 p. (en línea) URL: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2596/Technical/Trabajabilidad%20de%2011%20especies%20de%20maderas%20tropicales%20del%20Sureste%20de%20M%C3%A9xico..pdf (Consultado febrero 07, 2014).
- Smith J., Sabogal C., de Jong W., Kaimowitz D. 1997. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. CIFOR OCCASIONAL PAPER NO. 13. (en línea) URL: <http://ibcperu.org/doc/isis/13916.pdf>. (Consultado abril 03, 2013).
- Touza, M. 2001. Proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuados para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento. CIS-Madera 6:8-37.

- Touza, M. y Pedras, F. 1999. Posibilidades de aserrado de eucaliptos con elevadas tensiones de crecimiento. CIS-Madera 1:40-52.
- Unidad de Gestión Territorial de Zamora Chinchipe (UGTZCH). 2011. Sistema Económico-Productivo. Zamora Chinchipe, Ecuador. 126 pg. (en línea) URL: <http://www.zamora-chinchipe.gob.ec/otzch/documentos/diagnostico%20productivo.pdf>. (Consultado abril 13, 2013).
- Vignote, S.; Molinero, I.; Gerard, J.; Diez, M.R. 1996. Estudio de las tensiones de crecimiento de *Eucalytus globulus* Labill en Galicia y su relación con las características de la estación y morfológicas del propio árbol. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 5 (1):153-165.
- Zavala D., y Vazquez M. 2001. Determinación de las características de maquinado de la madera de 34 especies tropicales. Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente. México D.F. 183 pg. (en línea) URL: <http://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/50bdb06fe8da7c76bdb670ced7f3f6fd.pdf>. (Consultado marzo 26, 2013).

9. ANEXOS

Anexo 1. Procesamiento de la madera para el secado y la elaboración de probetas



Foto 1. Troceado de la madera



Foto 2. Canteado de la madera



Foto 3. Ubicación de la madera en la estufa



Foto 4. Encendido y prendido de la estufa



Foto 4. Troceado de la madera



Foto 5. Probetas terminadas

Anexo 2. Secuencia fotográfica del ensayo de labrado mecanizado



Foto 6. Identificación de planos de corte



Foto 7. Identificación de probetas

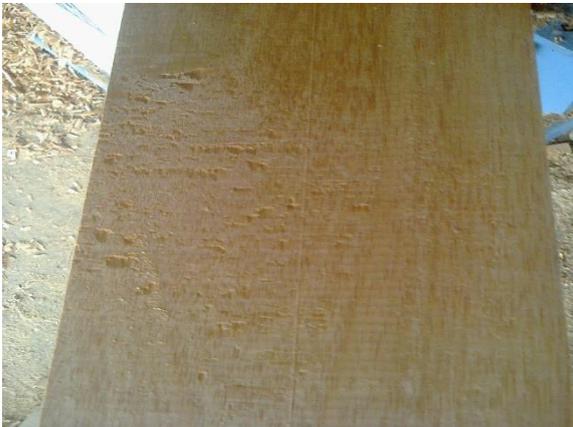


Foto 8. Grano Arrancado



Foto 9. Grano Velloso



Foto 10. Grano Levantado

Anexo 3. Secuencia fotográfica del ensayo de cepillado



Foto 11. Cepilladora machihembradora



Foto 12. Proceso de cepillado

Anexo 4. Secuencia fotográfica del de ensayo de moldurado



Foto 13. Proceso de Moldurado



Foto 14. Hojas de Calificación



Foto 15. Moldurado 1



Foto 16. Moldurado 2

Anexo 5. Secuencia fotográfica del ensayo de taladrado



Foto 17. Taladro para ensayos



Foto 18. Proceso de Taladrado



Foto 19. Ensayo de Taladrado



Foto 20. Probetas Taladradas

Anexo 6. Secuencia fotográfica del ensayo de torneado

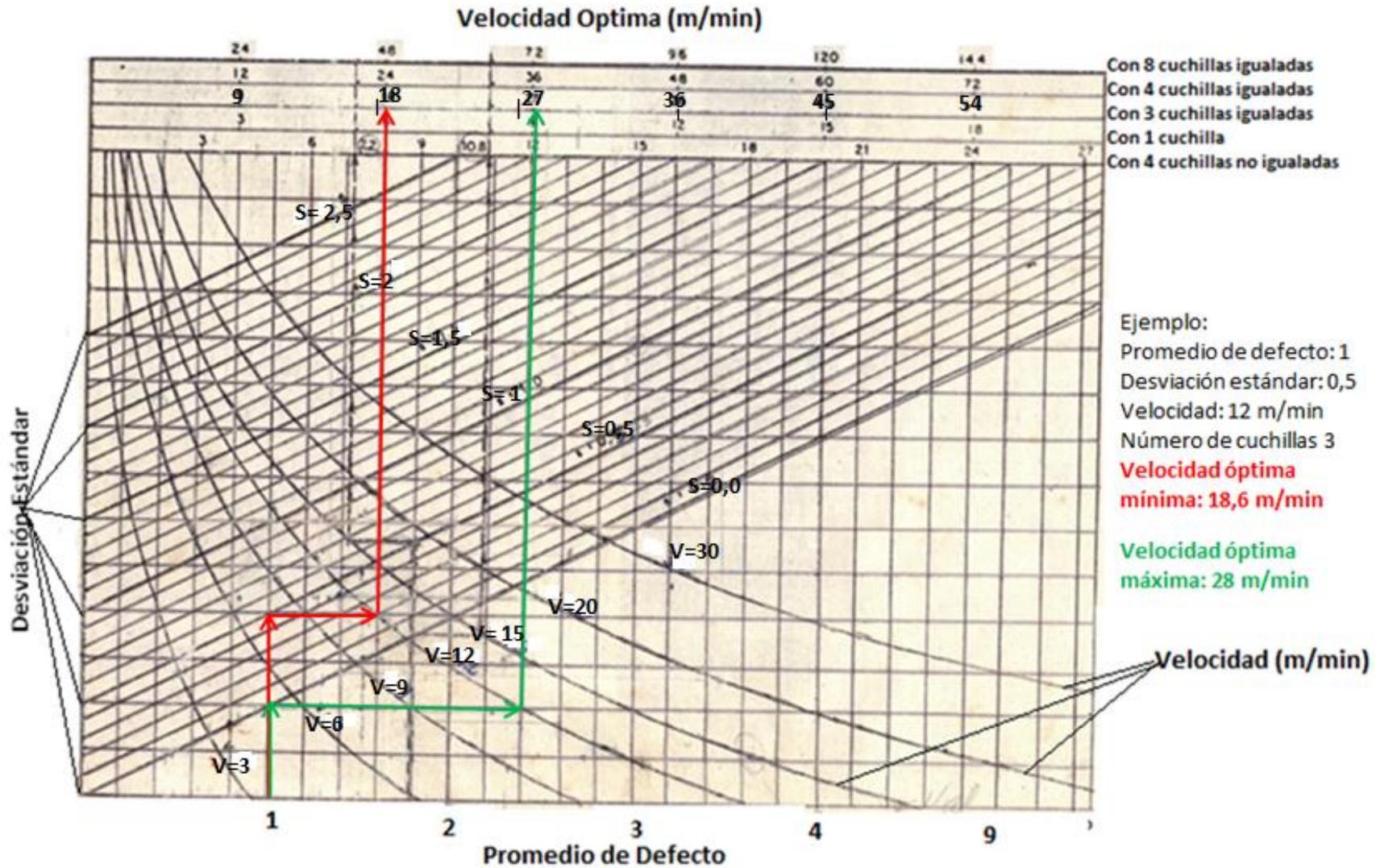


Foto 21. Probetas para taladrado

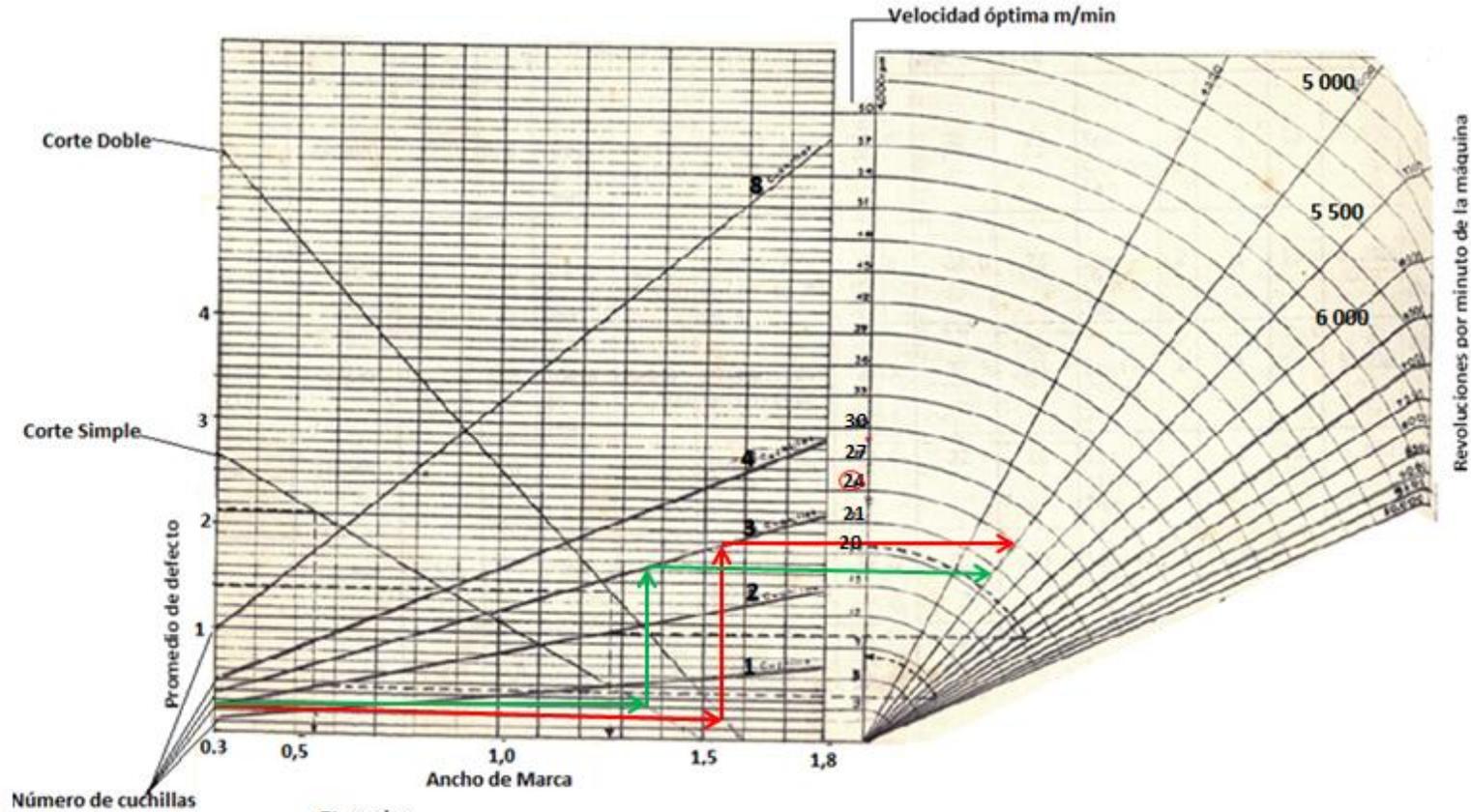


Foto 22. Proceso de Torneado

Anexo 8. Ábaco para determinar las velocidades óptimas del ensayo de cepillado

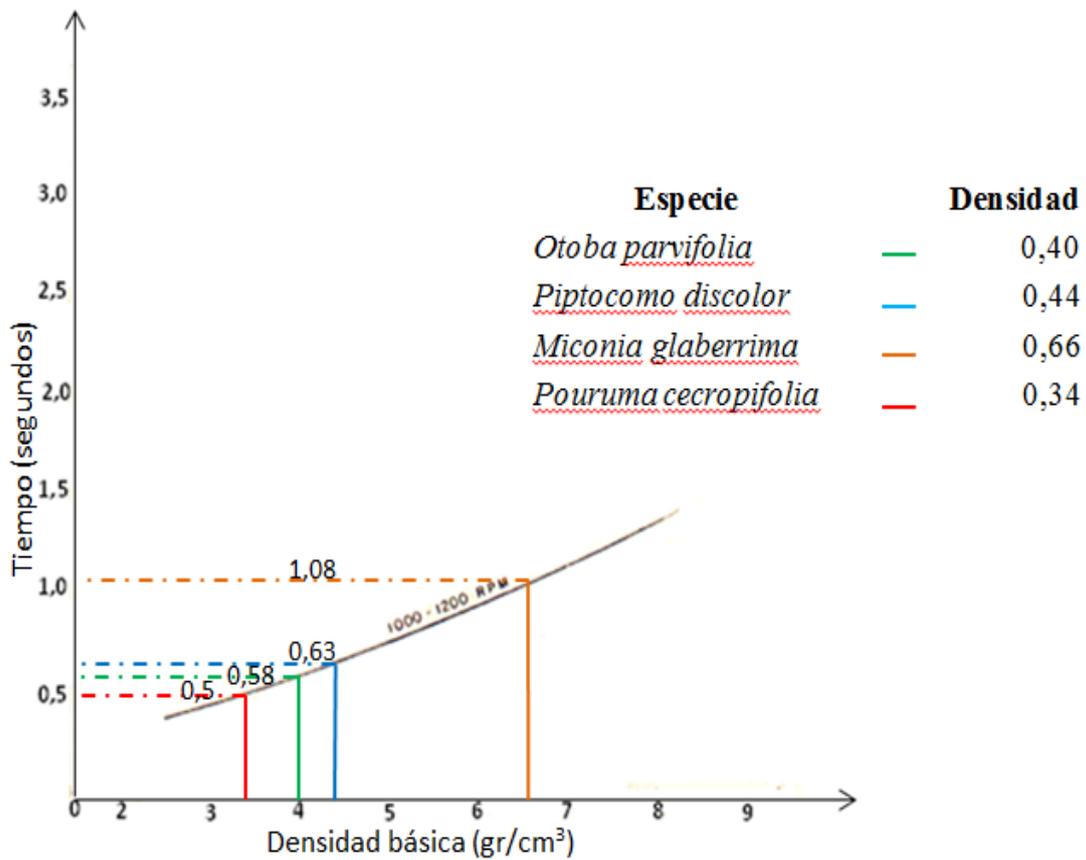
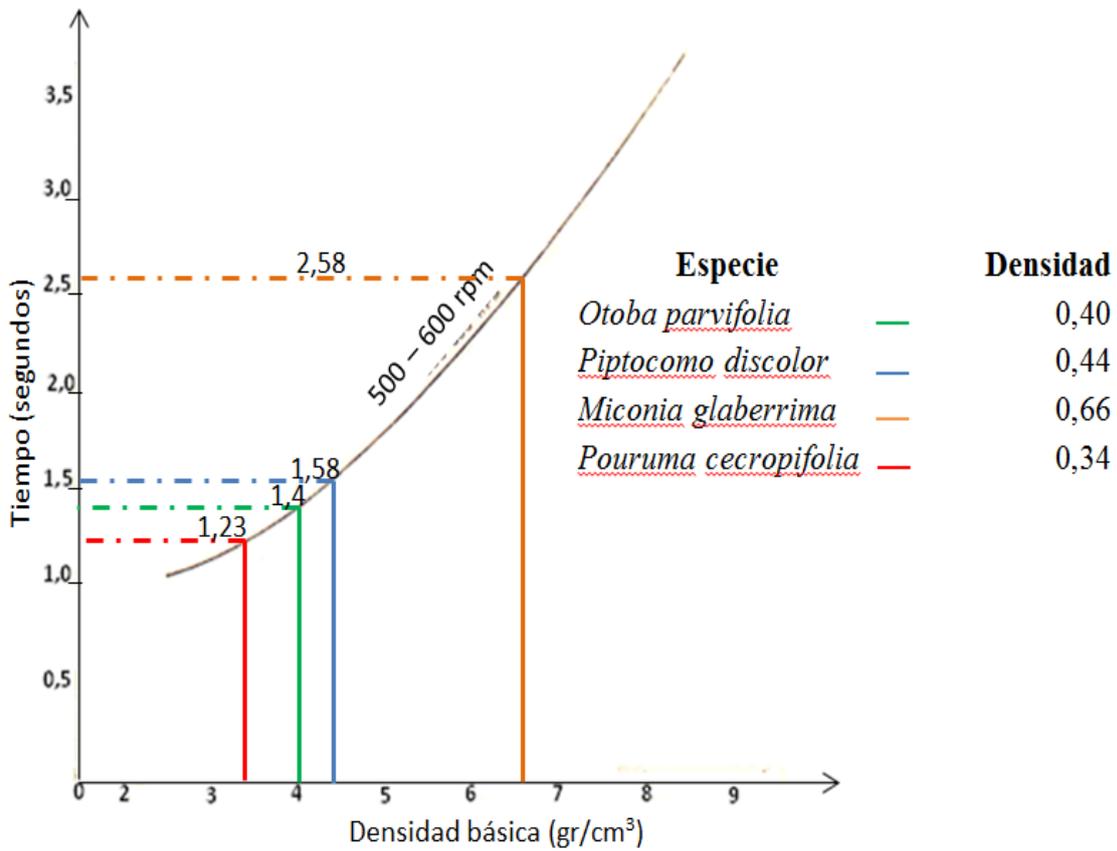


Anexo 9. Ábaco para determinar las velocidades óptimas del ensayo de moldurado

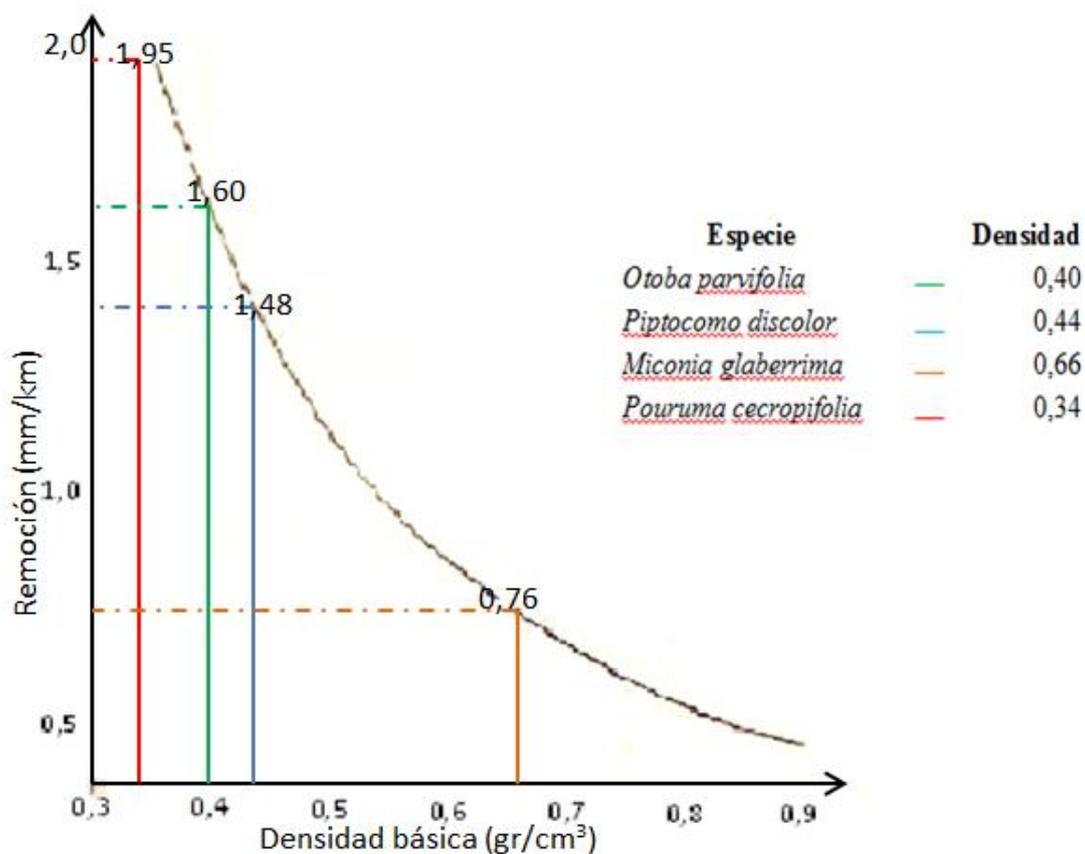


Ejemplo:
 Promedio de defecto corte doble: 0,2
 Promedio de defecto corte simple: 0,3
 Ancho de marca (mm): 1,5
 Número de cuchillas: 3
 Revoluciones por minuto: 5 000
 Velocidad óptima corte doble: 24 m/min
 Velocidad óptima corte simple: 20 m/min

Anexo 10. Curvas para determinar el tiempo de penetración en función de la densidad



Anexo 11. Curva para determinar la remoción en función de la densidad



Anexo 12. Calificación de cepillado del plano radial de *Otoba parvifolia*

Código	# de pasadas	mm/pasada	Radial	
			A favor	En contra
OA1P2 (R)	1	2	1,5	1,5
	2	2	1	1,5
	3	2	1	1,5
	4	1	1	1,5
	5	1	0,5	1
	6	1	0,5	1
	7	1	0,5	1
OA2P2 (R)	1	2	1	2
	2	2	1	2
	3	2	1	2
	4	1	0,5	1
	5	1	0,5	1
	6	1	0,5	1
	7	1	0,5	1
OA3P2 (R)	1	2	1	2
	2	2	0,5	2
	3	2	0,2	2
	4	1	0	2
	5	1	0	2
	6	1	0	2
	7	1	0	2

Anexo 12.....Continuación

OA4P2 (R)	1	2	1	3
	2	2	1	3
	3	2	1	3
	4	1	0,5	3
	5	1	0,5	3
	6	1	0,5	2
	7	1	0,5	3
OA5P2 (R)	1	2	1	1
	2	2	1	1
	3	2	1	1
	4	1	0	0,5
	5	1	0	0,5
	6	1	0	0,5
	7	1	0	0,5
OA6P2 (R)	1	2	1	0,5
	2	2	1	0,5
	3	2	1	0,5
	4	1	0,5	0,5
	5	1	0,5	0,5
	6	1	0	0,5
	7	1	0	0,5
OA7P2 (R)	1	2	1	4
	2	2	1	3
	3	2	1	3
	4	1	0	3
	5	1	0	2
	6	1	0	2
	7	1	0	2
OA8P2 (R)	1	2	1	2
	2	2	1	1,5
	3	2	1	1,5
	4	1	0,5	1
	5	1	0,3	1
	6	1	0,3	1
	7	1	0,3	0,5
OA9P2 (R)	1	2	1	1,5
	2	2	1	1,5
	3	2	0,8	1,3
	4	1	0,5	1,2
	5	1	0,5	1
	6	1	0,3	1
	7	1	0,3	1
OA10P2 (R)	1	2	1	1,5
	2	2	1	1
	3	2	0,5	1
	4	1	0,5	1
	5	1	0,5	1
	6	1	0,5	1
	7	1	0,5	1
Total			41	105
Promedio			0,59	1,50
Varianza			0,16	0,60
Desviación estándar			0,40	0,83

Anexo 13. Calificación de cepillado del plano tangencial de *Otoba parvifolia*

Código	# de pasadas	mm/pasada	Tangencial	
			A favor	En contra
OA1P1 (T)	1	2	0	1
	2	2	0	1
	3	2	0	1
	4	1	0	1
	5	1	0	1
	6	1	0	0,5
	7	1	0	0,5
OA2P1 (T)	1	2	1,5	3
	2	2	1	2
	3	2	1	2
	4	1	0,5	1,5
	5	1	0,5	1,5
	6	1	0,5	1
	7	1	0,5	1
OA3P1 (T)	1	2	1	1,5
	2	2	1	1,5
	3	2	1	1,5
	4	1	0,5	1
	5	1	0,5	1
	6	1	0,5	1
	7	1	0,5	1
OA4P1 (T)	1	2	0,5	0,5
	2	2	0,2	0
	3	2	0	0
	4	1	0	0
	5	1	0	0
	6	1	0	0
	7	1	0	0
OA5P1 (T)	1	2	0	1
	2	2	0	0,5
	3	2	0	0,5
	4	1	0	0,4
	5	1	0	0,2
	6	1	0	0
	7	1	0	0
OA6P1 (T)	1	2	0	0,5
	2	2	0	0,5
	3	2	0	0,5
	4	1	0	0,5
	5	1	0	0,5
	6	1	0	0,3
	7	1	0	0,3
OA7P1 (T)	1	2	0,5	1
	2	2	0,5	1
	3	2	0,5	1
	4	1	0	0,5
	5	1	0	0,5
	6	1	0	0,5
	7	1	0	0,5
OA8P1 (T)	1	2	1	2
	2	2	1	1,5
	3	2	1	1,5
	4	1	0,3	1
	5	1	0	1

Anexo 13.....Continuación

	6	1	0	0,5
	7	1	0	0,5
OA9P1 (T)	1	2	1,5	2
	2	2	1	2
	3	2	1	2
	4	1	1	2
	5	1	0,5	2
	6	1	1	2
	7	1	1	2
OA10P1 (T)	1	2	1,5	2
	2	2	1,5	2
	3	2	1,5	1,5
	4	1	1	1
	5	1	1	1
	6	1	1	1
	7	1	1	1
Total			31,5	69,20
Promedio			0,45	0,99
Varianza			0,25	0,46
Desviación estandar			0,50	0,68

Anexo 14. Calificación de cepillado del plano radial de *Piptocoma discolor*

Código	# d pasadas	mm/pasada	Radial	
			A favor	En contra
PA1P2 (R)	1	2	1,00	1,00
	2	2	1,00	1,00
	3	2	1,00	1,00
	4	1	0,70	1,00
	5	1	0,70	1,00
	6	1	0,70	1,00
	7	1	0,70	1,00
PA2P2 (R)	1	2	1,00	1,50
	2	2	0,70	1,00
	3	2	0,70	1,00
	4	1	0,50	0,70
	5	1	0,30	0,70
	6	1	0,30	0,50
	7	1	0,30	0,50
PA3P2 (R)	1	2	2,00	3,00
	2	2	2,00	3,00
	3	2	2,00	3,00
	4	1	1,00	2,00
	5	1	1,00	2,00
	6	1	1,00	2,00
	7	1	1,00	2,00
PA4P2 (R)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,50	0,70
	5	1	0,50	0,70
	6	1	0,30	0,70
	7	1	0,30	0,70
PA5P2 (R)	1	2	1,00	2,00
	2	2	1,00	2,00
	3	2	1,00	2,00
	4	1	1,00	1,00

Anexo 14.....Continuación

	5	1	0,70	1,00
	6	1	0,70	1,00
	7	1	0,70	1,00
PA6P2 (R)	1	2	1,50	2,00
	2	2	1,50	2,00
	3	2	1,50	2,00
	4	1	1,50	2,00
	5	1	1,50	2,00
	6	1	1,50	2,00
	7	1	1,50	2,00
PA7P2 (R)	1	2	1,50	1,50
	2	2	1,50	1,50
	3	2	1,50	1,50
	4	1	1,00	1,00
	5	1	1,00	1,00
	6	1	0,70	1,00
	7	1	0,70	1,00
PA8P2 (R)	1	2	1,00	2,00
	2	2	1,00	2,00
	3	2	1,00	2,00
	4	1	0,70	1,00
	5	1	0,70	1,00
	6	1	0,70	1,00
	7	1	0,70	1,00
PA9P2 (R)	1	2	1,50	2,00
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,70	1,00
	5	1	0,70	1,00
	6	1	0,50	0,70
	7	1	0,50	0,70
PA10P2 (R)	1	2	1,50	2,00
	2	2	1,50	2,00
	3	2	1,50	2,00
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,50	1,00
	6	1	0,50	1,00
	7	1	0,50	1,00
Total			66,90	98,10
Promedio			0,96	1,40
Varianza			0,18	0,37
Desviación estándar			0,43	0,60

Anexo 15. Calificación de cepillado del plano tangencial de *Piptocoma discolor*

Código	# d pasadas	mm/pasada	Tangencial	
			A favor	En contra
PA1P1 (T)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,50	1,00
	6	1	0,50	1,00
	7	1	0,50	1,00
PA2P1 (T)	1	2	0,30	1,50
	2	2	0,30	1,50
	3	2	0,30	1,50
	4	1	0,00	1,00
	5	1	0,00	1,00
	6	1	0,00	1,00
	7	1	0,00	1,00
PA3P1 (T)	1	2	0,50	1,00
	2	2	0,50	1,00
	3	2	0,50	1,00
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,30	1,00
	6	1	0,30	1,00
	7	1	0,30	1,00
PA4P1 (T)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,50	1,00
	6	1	0,50	1,00
	7	1	0,50	1,00
PA5P1 (T)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,70	1,00
	5	1	0,70	1,00
	6	1	0,70	1,00
	7	1	0,70	1,00
PA6P1 (T)	1	2	1,50	2,00
	2	2	1,50	2,00
	3	2	1,50	2,00
	4	1	1,00	1,50
	5	1	1,00	1,55
	6	1	1,00	1,00
	7	1	1,00	1,00
PA7P1 (T)	1	2	1,50	1,00
	2	2	1,50	1,00
	3	2	1,50	1,00
	4	1	1,00	0,70
	5	1	1,00	0,70
	6	1	0,70	0,70
	7	1	0,70	0,70
PA8P1 (T)	1	2	1,00	2,00
	2	2	1,00	2,00
	3	2	0,50	2,00
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,50	1,00
	6	1	0,50	1,00

Anexo 15.....Continuación

	7	1	0,50	1,00
PA9P1 (T)	1	2	0,30	1,50
	2	2	0,30	1,50
	3	2	0,30	1,50
	4	1	0,00	1,00
	5	1	0,00	0,70
	6	1	0,00	0,70
	7	1	0,00	0,70
PA10P1 (T)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	1,00	1,00
	5	1	1,00	1,00
	6	1	1,00	1,00
	7	1	1,00	1,00
Total			48,40	83,95
Promedio			0,69	1,20
Varianza			0,17	0,13
Desviación estándar			0,42	0,36

Anexo 16. Calificación de cepillado del plano radial de *Miconia glaberrima*

Código	# d pasadas	mm/pasada	Radial	
			A favor	En contra
MA1P2 (R)	1	2	0	0,3
	2	2	0	0,3
	3	2	0	0,3
	4	1	0	0,0
	5	1	0	0,0
	6	1	0	0,0
	7	1	0	0,0
MA2P2 (R)	1	2	0,5	1,0
	2	2	0,5	1,0
	3	2	0,5	1,0
	4	1	0,3	0,5
	5	1	0,3	0,5
	6	1	0,3	0,5
	7	1	0,3	0,5
MA3P2 (R)	1	2	1,5	2,5
	2	2	1,5	2,5
	3	2	1,5	2,5
	4	1	0,5	1,0
	5	1	0,5	1,0
	6	1	0,5	1,0
	7	1	0,5	1,0
MA4P2 (R)	1	2	0,3	0,5
	2	2	0,3	0,5
	3	2	0,3	0,5
	4	1	0	0,3
	5	1	0	0,3
	6	1	0	0,0
	7	1	0	0,0
	1	2	1	1,0
	2	2	1	1,0
	3	2	1	1,0
	4	1	0,5	0,5
	5	1	0,3	0,3

Anexo 16.....Continuación

	6	1	0,3	0,3
	7	1	0,3	0,3
MA6P2 (R)	1	2	1,5	2,0
	2	2	1,5	2,0
	3	2	1,5	2,0
	4	1	1	1,5
	5	1	1	1,5
	6	1	0,5	1,5
	7	1	0,5	1,5
MA7P2 (R)	1	2	0,5	1,0
	2	2	0,5	1,0
	3	2	0,5	1,0
	4	1	0,3	0,3
	5	1	0,3	0,3
	6	1	0,3	0,3
	7	1	0,3	0,3
MA8P2 (R)	1	2	1	2,0
	2	2	1	2,0
	3	2	1	2,0
	4	1	0,5	1,5
	5	1	0,5	1,5
	6	1	0,5	1,0
	7	1	0,5	1,0
MA9P2 (R)	1	2	1	1,0
	2	2	1	1,0
	3	2	1	1,0
	4	1	0,5	0,3
	5	1	0,3	0,3
	6	1	0,3	0,3
	7	1	0,3	0,3
MA10P2 (R)	1	2	1	1,0
	2	2	1	1,0
	3	2	1	1,0
	4	1	0,5	0,5
	5	1	0,3	0,4
	6	1	0,3	0,4
	7	1	0,3	0,3
Total			38,5	59,9
Promedio			0,55	0,86
Varianza			0,19	0,44
Desviación estándar			0,43	0,66

Anexo 17. Calificación de cepillado del plano tangencial de *Miconia glaberrima*

Código	# d pasadas	mm/pasada	Tangencial	
			A favor	En contra
MA1P1 (T)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	1,00	1,00
	5	1	0,50	1,00
	6	1	0,50	0,50
	7	1	0,50	0,50
MA2P1 (T)	1	2	1,00	1,50
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	1,00	1,00
	5	1	1,00	1,00
	6	1	1,00	1,00
	7	1	1,00	1,00
MA3P1 (T)	1	2	2,00	2,00
	2	2	2,00	2,00
	3	2	2,00	2,00
	4	1	1,00	1,00
	5	1	1,00	0,70
	6	1	1,00	0,70
	7	1	1,00	0,70
MA4P1 (T)	1	2	1,00	2,00
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,30	1,00
	6	1	0,30	1,00
	7	1	0,30	1,00
MA5P1 (T)	1	2	2,00	2,50
	2	2	2,00	2,50
	3	2	2,00	2,50
	4	1	1,00	1,00
	5	1	1,00	1,00
	6	1	1,00	1,00
	7	1	1,00	1,00
MA6P1 (T)	1	2	1,50	2,00
	2	2	1,50	2,00
	3	2	1,50	2,00
	4	1	1,50	1,50
	5	1	1,00	1,00
	6	1	1,00	1,00
	7	1	1,00	1,00
MA7P1 (T)	1	2	1,00	2,00
	2	2	1,00	1,50
	3	2	1,00	1,50
	4	1	0,50	1,00
	5	1	0,50	1,00
	6	1	0,50	1,00
	7	1	0,50	1,00
MA8P1 (T)	1	2	1,00	1,00
	2	2	1,00	1,00
	3	2	1,00	1,00
	4	1	0,50	0,50
	5	1	0,50	0,50
	6	1	0,50	0,50

Anexo 17.....Continuación

	7	1	0,50	0,50
MA9P1 (T)	1	2	1,50	3,00
	2	2	1,50	3,00
	3	2	1,50	3,00
	4	1	1,00	2,00
	5	1	1,00	2,00
	6	1	1,00	1,50
	7	1	1,00	1,50
MA10P1 (T)	1	2	0,50	1,00
	2	2	0,50	1,00
	3	2	0,50	1,00
	4	1	0,30	1,00
	5	1	0,30	0,70
	6	1	0,30	0,70
	7	1	0,30	0,70
Total			67,10	92,20
Promedio			0,96	1,32
Varianza			0,21	0,39
Desviación estándar			0,46	0,63

Anexo 18. Calificación de cepillado del plano radial de *Pourouma cecropifolia*

Código	# d pasadas	mm/pasada	Radial	
			A favor	En contra
PA1P2 (R)	1	2	1	1,50
	2	2	1	1,50
	3	2	1	1,50
	4	1	0,8	1,50
	5	1	0,8	1,50
	6	1	0,8	1,50
	7	1	0,8	1,50
PA2P2 (R)	1	2	1	1,50
	2	2	1	1,50
	3	2	1	1,50
	4	1	1	1,00
	5	1	1	1,00
	6	1	1	1,00
	7	1	1	1,00
PA3P2 (R)	1	2	1	2,00
	2	2	1	2,00
	3	2	1	2,00
	4	1	0,5	1,00
	5	1	0,5	1,00
	6	1	0,5	1,00
	7	1	0,5	1,00
PA4P2 (R)	1	2	1	2,50
	2	2	1	2,50
	3	2	1	2,50
	4	1	1	2,00
	5	1	1	2,00
	6	1	1	2,00
	7	1	1	2,00
PA5P2 (R)	1	2	1	2,00
	2	2	1	2,00
	3	2	1	2,00
	4	1	1	2,00
	5	1	1	2,50

Anexo 18.....Continuación

	6	1	1	2,50
	7	1	1	2,50
PA6P2 (R)	1	2	1	1,50
	2	2	1	1,50
	3	2	1	1,50
	4	1	1	1,00
	5	1	1	1,00
	6	1	1	1,00
	7	1	1	1,00
PA7P2 (R)	1	2	1	1,50
	2	2	1	1,50
	3	2	1	1,50
	4	1	1	1,50
	5	1	1	1,50
	6	1	1	1,50
	7	1	1	1,50
PA8P2 (R)	1	2	1	1,00
	2	2	0,5	1,00
	3	2	0,5	1,00
	4	1	0,3	1,00
	5	1	0,3	1,00
	6	1	0,3	0,80
	7	1	0,3	0,80
PA9P2 (R)	1	2	0	0,60
	2	2	0	0,50
	3	2	0	0,50
	4	1	0	0,50
	5	1	0	0,50
	6	1	0	0,50
	7	1	0	0,50
PA10P2 (R)	1	2	1	2,00
	2	2	1	2,00
	3	2	1	2,00
	4	1	1	1,00
	5	1	1	1,00
	6	1	1	1,00
	7	1	1	1,00
Total			56,4	99,20
Promedio			0,81	1,42
Varianza			0,12	0,32
Desviación estándar			0,34	0,57

Anexo 19. Calificación de cepillado del plano tangencial de *Pourouma cecropifolia*

Código	# d pasadas	mm/pasada	Tangencial	
			A favor	En contra
PA1P1 (T)	1	2	1	2,00
	2	2	1	2,00
	3	2	1	2,00
	4	1	1	1,00
	5	1	1	1,00
	6	1	1	1,00
	7	1	1	1,00
PA2P1 (T)	1	2	1	2,50
	2	2	1	2,50
	3	2	1	1,00
	4	1	1	1,00

Anexo 19.....Continuación

	5	1	1	1,00
	6	1	1	1,00
	7	1	0,5	1,00
PA3P1 (T)	1	2	1	2,00
	2	2	1	2,00
	3	2	1	2,00
	4	1	0,5	0,70
	5	1	0,5	0,70
	6	1	0,5	0,70
	7	1	0,5	0,70
PA4P1 (T)	1	2	1	2,00
	2	2	1	2,00
	3	2	1	2,00
	4	1	0,5	1,00
	5	1	0,5	1,00
	6	1	0,5	1,00
	7	1	0,5	1,00
PA5P1 (T)	1	2	0,2	1,00
	2	2	0,2	1,00
	3	2	0,2	1,00
	4	1	0	1,00
	5	1	0	1,00
	6	1	0	0,50
	7	1	0	0,50
PA6P1 (T)	1	2	1	2,50
	2	2	1	2,50
	3	2	1	2,00
	4	1	0,8	2,50
	5	1	0,8	2,00
	6	1	0,8	2,00
	7	1	0,8	2,00
PA7P1 (T)	1	2	0	1,00
	2	2	0	0,50
	3	2	0	0,50
	4	1	0	0,50
	5	1	0	0,50
	6	1	0	0,50
	7	1	0	0,50
PA8P1 (T)	1	2	1	2,00
	2	2	0,5	2,00
	3	2	0,5	2,00
	4	1	0,5	1,00
	5	1	0	0,50
	6	1	0	0,50
	7	1	0	0,50
PA9P1 (T)	1	2	0,5	1,00
	2	2	0,5	1,00
	3	2	0,5	1,00
	4	1	0,3	1,00
	5	1	0,3	0,50
	6	1	0,3	0,50
	7	1	0,3	0,50
PA10P1 (T)	1	2	0,5	1,00
	2	2	0	1,00
	3	2	0	1,00
	4	1	0	0,50

Anexo 19.....Continuación

	5	1	0	0,50
	6	1	0	0,50
	7	1	0	0,50
Total			36	83,30
Promedio			0,51	1,19
Varianza			0,17	0,43
Desviación estándar			0,41	0,65

Anexo 20. Calificación de moldurado de las 20 probetas de *Otoba parvifolia*

Código	Sentido	Corte doble						Corte simple			
		Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
		Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Vell.	Ast.	Vell.
OA1P1	→	0	0	0,1	0	0	0,1	0,5	0	0	0
OA2P1	→	0	0	0,2	0	0	0,5	0	0,2	0	0
OA3P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
OA4P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OA5P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
OA6P1	→	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
OA7P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,1	0
OA8P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
OA9P1	→	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2	0	0
OA10P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
OA1P2	→	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1
OA2P2	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
OA3P2	→	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
OA4P2	→	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,2
OA5P2	→	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,3
OA6P2	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OA7P2	→	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,5
OA8P2	→	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0
OA9P2	→	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0,2
OA10P2	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Total		0	0	0,9	1	0	1,4	0,6	2,3	0,1	1,6
Promedio		0	0	0,045	0,05	0	0,07	0,03	0,115	0,005	0,08
OA1P1	←	0	0	0,1	0	0	0,1	0,5	0	0	0,2
OA2P1	←	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0,2	0	0
OA3P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
OA4P1	←	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
OA5P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
OA6P1	←	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
OA7P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0
OA8P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5	0
OA9P1	←	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2	0	0
OA10P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
OA1P2	←	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0
OA2P2	←	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
OA3P2	←	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,5
OA4P2	←	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,1
OA5P2	←	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,3
OA6P2	←	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
OA7P2	←	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0,5
OA8P2	←	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,3	0
OA9P2	←	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,2
OA10P2	←	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Total		0	0	2	0,5	0	1,1	0,6	1,6	1,1	2,6
Promedio		0	0	0,1	0,025	0	0,055	0,03	0,08	0,055	0,13

Anexo 21. Calificación de moldurado de las 20 probetas de *Piptocoma discolor*

Código	Sentido	Corte doble						Corte simple			
		Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
		Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Arr.	Vell.	Arr.	Vell.	Arr.	Vell.
PA1P1	→	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0,2	0	0,3
PA2P1	→	0	0	1,2	0	0	0	0	0,2	0	0,2
PA3P1	→	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
PA4P1	→	0	0	0,3	0	0	0,4	0	0,2	0	0,2
PA5P1	→	0	0	0,3	0	0	0,1	0	0,2	0,4	0
PA6P1	→	0	0	0,6	0	0	0,3	0	0	0	0,3
PA7P1	→	0	0	0,5	0	0	0,1	0	0,6	0,8	0
PA8P1	→	0	0	0,3	0	0	0	0	0,1	2	0
PA9P1	→	0	0	0,3	0	0	0	0,1	0	0	0
PA10P1	→	0	0	0,2	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0
PA1P2	→	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,1	0	0,3
PA2P2	→	0	0,5	0	0	0	0,6	0,1	0	0	0,4
PA3P2	→	0	0,6	0,1	0	0	0,6	0	0	0	0,4
PA4P2	→	0	0	0	0	0	0,2	0	0,5	0	0,5
PA5P2	→	0	0,8	0	0	0	0,2	0,4	0	0	0,3
PA6P2	→	0	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2
PA7P2	→	0	0,1	0	0	0	0,3	0	0,2	1	0
PA8P2	→	0	0,3	0	0	0	0,1	0,3	0	0	0,4
PA9P2	→	0,4	0	0	0,5	0	0,8	0,6	0	0	0,3
PA10P2	→	0	0,1	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0,3
Total		0,4	2,9	4,3	0,5	0,2	4,7	1,9	2,5	4,4	4,1
Promedio		0,02	0,15	0,215	0,03	0,01	0,235	0,095	0,125	0,22	0,205
PA1P1	←	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0,2	0	0,3
PA2P1	←	0	0	0,1	0	0	0	0	0,3	0	0,2
PA3P1	←	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0,2	0	0
PA4P1	←	0	0	0,1	0	0	0,4	0	0,2	0	0,2
PA5P1	←	0	0	0,2	0	0	0,1	0	0,4	0	0,1
PA6P1	←	0	0	0,3	0	0	0,8	0,6	0	0	0,3
PA7P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0
PA8P1	←	0	0	0,4	0	0	0,2	0	0,2	0	0,3
PA9P1	←	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0
PA10P1	←	0	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0,3	0
PA1P2	←	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0,1	0	0,2
PA2P2	←	0	0,5	0	0	0	0,5	0,1	0	0	0,2
PA3P2	←	0	0	0,5	0	0	0,5	0,3	0	0	0,2
PA4P2	←	0	0	0	0	0	0,1	0	0,3	0	0,3
PA5P2	←	0	0,8	0	0	0	0,2	0,8	0	0	0,3
PA6P2	←	0	0	0,3	0	0	0,5	0,3	0	0	0,3
PA7P2	←	0	0,1	0	0	0	0,2	0	0,2	0,8	0
PA8P2	←	0	0,2	0	0	0	0,4	0,5	0	0	0,2
PA9P2	←	0,2	0	0	0,2	0	0	0,1	0	0	0,2
PA10P2	←	0	0,1	0	0	0	0,1	0,5	0	0	0,2
Total		0,2	1,7	2,7	0,2	0,2	4,4	3,2	2,3	2,1	3,5
Promedio		0,01	0,09	0,135	0,01	0,01	0,22	0,16	0,115	0,105	0,175

Anexo 22. Calificación de moldurado de las 20 probetas de *Miconia glaberrima*

Código	Sentido	Corte doble						Corte simple			
		Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
		Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Vell.	Ast.	Vell.
MA1P1	→	0	0	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0
MA2P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0
MA3P1	→	0	0	0,2	0	0	0	0,5	0	0	0,5
MA4P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0
MA5P1	→	0	0	0,2	0	0	0,2	0,1	0	0	0,2
MA6P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
MA7P1	→	0	0	0,8	0	0	0	0	0,5	0	0
MA8P1	→	0	0	0,2	0	0,4	0	0	0,2	0,3	0
MA9P1	→	0	0	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0,3	0
MA10P1	→	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0
MA1P2	→	0	0	0,2	0	0	0,1	0	0,2	0	0,2
MA2P2	→	0,7	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0
MA3P2	→	0	0,1	0	0	0	0,7	1	0	0	0,2
MA4P2	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
MA5P2	→	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0,2
MA6P2	→	0	0	0,2	0	0	0,2	0,5	0	0	0
MA7P2	→	0	0	0,1	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2
MA8P2	→	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,4
MA9P2	→	0	0	0,1	0	0	0,5	0	0	0	0,2
MA10P2	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Total		0,7	0,1	3	0	0,4	2,6	4,1	2,6	1,8	2,5
Promedio		0,04	0,01	0,15	0	0,02	0,13	0,21	0,13	0,09	0,125
MA1P1	←	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0,3	0	0
MA2P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,2	0
MA3P1	←	0	0	0,2	0	0	0	0,5	0,2	0	0,5
MA4P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0
MA5P1	←	0	0	0,5	0	0	0,2	0,1	0	0	0,5
MA6P1	←	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2	0	0
MA7P1	←	0	0	0,3	0,3	0	0	0	0,2	0	0
MA8P1	←	0	0	0,2	0	0,3	0	0	0,2	0,2	0
MA9P1	←	0	0	0,5	0	0	0,2	0	0,3	0	0,2
MA10P1	←	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0
MA1P2	←	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2
MA2P2	←	0,7	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0
MA3P2	←	0	0,2	0	0	0	0,7	1	0	0	0,2
MA4P2	←	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA5P2	←	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0,2
MA6P2	←	0	0	0,2	0	0	0,2	0,5	0	0	0
MA7P2	←	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,1
MA8P2	←	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0	0	0,5
MA9P2	←	0	0	0,1	0	0	0,5	0	0	0	0,2
MA10P2	←	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,4
Total		0,7	0,2	2,6	0,3	0,3	2,5	4,5	2,7	1,2	3
Promedio		0,04	0,01	0,13	0,015	0,015	0,125	0,23	0,135	0,06	0,15

Anexo 23. Calificación de moldurado de las 20 probetas de *Pourouma cecropifolia*

Código	Sentido	Corte doble						Corte simple			
		Tangencial			Radial			Tangencial		Radial	
		Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Arr.	Vell.	Ast.	Vell.	Ast.	Vell.
PA1P1	→	0	0	0,8	0,4	0	0	0	0,8	0,4	0
PA2P1	→	0	0	0,5	0	0	0,2	0	0,5	0	0,2
PA3P1	→	0	0	0,5	0	0	0	0,4	0	0	0,2
PA4P1	→	1	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,1
PA5P1	→	0	0	0,4	0	0	0	0	2	1	0
PA6P1	→	0	0	0,3	0	0	0,1	0	1	0	0,1
PA7P1	→	0	0	0,2	0	0	0	0	0,8	0	0,1
PA8P1	→	0	0	0,6	0	0	0	0	1	1	0,2
PA9P1	→	0	0,9	0,2	0	1	0	0	0,4	0	0,2
PA10P1	→	0	0	0,5	0	0	0	0	0,8	0	0,2
PA1P2	→	0	0	0	0	0	0,8	0	0,5	0	1
PA2P2	→	0	0	0,2	0	0	1,5	0	0,2	0	0,8
PA3P2	→	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0,8	0	1
PA4P2	→	0	0	0,2	0	0	1	0	0	0	0,4
PA5P2	→	0	0	0,2	1,5	0	0	0	0,2	0	0,2
PA6P2	→	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	1
PA7P2	→	0	0	0,4	0	0	0,7	0,2	0	0	0,5
PA8P2	→	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
PA9P2	→	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0,4	0	0,2
PA10P2	→	0	0	0,5	0	0	0,3	0	1	0	1
Total		2,5	0,9	5,8	1,9	1	5,9	0,6	10,9	2,4	7,8
Promedio		0,1	0,05	0,29	0,1	0,1	0,3	0,03	0,545	0,12	0,39
PA1P1	←	0	0	1,5	0	0	0,2	0	0,8	0,4	0
PA2P1	←	0	0	0,5	0	0	0,2	0	1	0	0,2
PA3P1	←	0	0	0,4	0	0	0,1	0,3	0	0	0,6
PA4P1	←	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0,2
PA5P1	←	0	0	0,4	0	0	0	0	0,5	1	0
PA6P1	←	0	0	0,4	0	0	0,1	0	0,6	0	0,1
PA7P1	←	0	0	0,5	0	0	0,1	0	0,2	0	0,2
PA8P1	←	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0,2	0	0,4
PA9P1	←	0	0,9	0,2	0	1,2	0	0	0,4	0	0,3
PA10P1	←	0	0	0,2	0	0	0	0	0,5	0	0,2
PA1P2	←	0	0	0,2	0	0	0,5	0	0,5	0	1
PA2P2	←	0	0	0,1	0	0	1,5	0	0,2	0	0,3
PA3P2	←	0	0	0,1	0	0	1	0	0,5	0	1
PA4P2	←	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0,4
PA5P2	←	0	0	0,2	0	0	0,7	0,4	0	0	1
PA6P2	←	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	1
PA7P2	←	0	0	0,3	0	0	0,4	0,2	0	0	0,6
PA8P2	←	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,4
PA9P2	←	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0,4	0	1
PA10P2	←	0	0	0,5	0	0	0,8	0	1	0	1
Total		0,5	0,9	6,6	0	1,2	7,7	0,9	7,3	1,9	9,9
Promedio		0	0,05	0,33	0	0,1	0,39	0,045	0,365	0,1	0,495

Anexo 24. Calificación de Taladrado de las 20 probetas de *Otoba parvifolia*

Código	500 rpm	Entrada	Salida	1 000 rpm	Entrada	Salida
OA1P1	500	2,5	3,5	1 000	3	4
OA2P1	500	3	4	1 000	3	4
OA3P1	500	2,5	4	1 000	3	4
OA4P1	500	2,5	4	1 000	3	4
OA5P1	500	2,5	4	1 000	3	4
OA6P1	500	2,5	3	1 000	3	4
OA7P1	500	3	4	1 000	3	4
OA8P1	500	2,5	3	1 000	3	3
OA9P1	500	2	2,5	1 000	2,5	3
OA10P1	500	3	4	1 000	3	4
OA1P2	500	2,5	4	1 000	2,5	4
OA2P2	500	3	4	1 000	3	4
OA3P2	500	2,5	4	1 000	3	4
OA4P2	500	2,5	4	1 000	3	4
OA5P2	500	3	4	1 000	3	4
OA6P2	500	3	4	1 000	3,5	4
OA7P2	500	3	4	1 000	3	4
OA8P2	500	2,5	4	1 000	3	4
OA9P2	500	3	4	1 000	3	4
OA10P2	500	2,5	4	1 000	2,5	4

Anexo 25. Calificación de Taladrado de las 20 probetas de *Piptocoma discolor*

Código	500 rpm	Entrada	Salida	1000 rpm	Entrada	Salida
PA1P1	500	3	3,5	1000	3	3,5
PA2P1	500	3,5	4	1000	3,5	4
PA3P1	500	3,5	4	1000	3,5	4
PA4P1	500	3	4	1000	3	4
PA5P1	500	3	3,5	1000	3	3,5
PA6P1	500	3,5	4	1000	3,5	4
PA7P1	500	3	4	1000	3	4
PA8P1	500	3	3,5	1000	3	3,5
PA9P1	500	3	4	1000	3,5	4
PA10P1	500	3	4	1000	3	4
PA1P2	500	2,5	4	1000	3	4
PA2P2	500	2,5	3	1000	3	4
PA3P2	500	2,5	3	1000	2,5	4
PA4P2	500	3	3	1000	3	3
PA5P2	500	3	4	1000	3	4
PA6P2	500	3	4	1000	3	4
PA7P2	500	3	4	1000	3	4
PA8P2	500	3	4	1000	3	4
PA9P2	500	2,5	3	1000	3	3
PA10P2	500	3	4	1000	3	4

Anexo 26. Calificación de taladrado de las 20 probetas de *Miconia glaberrima*

Código	500 rpm	Entrada	Salida	1 000 rpm	Entrada	Salida
MA1P1	500	3,5	4	1 000	3,5	4
MA2P1	500	3	4	1 000	3	4
MA3P1	500	3	4	1 000	3	4
MA4P1	500	3	4	1 000	3	4
MA5P1	500	2,5	4	1 000	3	4
MA6P1	500	3	4	1 000	3	4
MA7P1	500	3,5	4	1 000	3,5	4
MA8P1	500	2,5	3,5	1 000	2,5	3,5
MA9P1	500	3	4	1 000	3	4
MA10P1	500	2,5	3,5	1 000	3	3,5
MA1P2	500	2,5	3,5	1 000	2,5	3,5
MA2P2	500	2,5	4	1 000	3	4
MA3P2	500	3	4	1 000	3	4
MA4P2	500	3	4	1 000	3	4
MA5P2	500	2,5	4	1 000	2,5	4
MA6P2	500	3	4	1 000	3	4
MA7P2	500	3,5	4	1 000	3,5	4
MA8P2	500	3,5	4	1 000	3,5	4
MA9P2	500	2,5	3,5	1 000	2,5	3,5
MA10P2	500	2,5	4	1 000	3	4

Anexo 27. Calificaciones de taladrado de las 20 probetas de *Porouma cecropifolia*

Código	500 rpm	Entrada	Salida	1 000 rpm	Entrada	Salida
PA1P1	500	5	5	1 000	5	5
PA2P1	500	4	4	1 000	4	5
PA3P1	500	5	5	1 000	5	5
PA4P1	500	5	5	1 000	5	5
PA5P1	500	4	5	1 000	4	5
PA6P1	500	5	5	1 000	5	5
PA7P1	500	4	5	1 000	4	5
PA8P1	500	5	5	1 000	5	5
PA9P1	500	4	5	1 000	4	5
PA10P1	500	4	4	1 000	5	5
PA1P2	500	5	5	1 000	5	5
PA2P2	500	5	5	1 000	5	5
PA3P2	500	5	5	1 000	5	5
PA4P2	500	4	5	1 000	4	5
PA5P2	500	5	5	1 000	5	5
PA6P2	500	5	5	1 000	5	5
PA7P2	500	5	5	1 000	4	5
PA8P2	500	4	5	1 000	4	5
PA9P2	500	4	5	1 000	5	5
PA10P2	500	5	5	1 000	5	5

Anexo 28. Calificación de lijado con lija 60 de las 20 probetas de *Otoba parvifolia*

Código	Rayado		Vellosidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
OA1P1	0	0	0,3	0,3	B	A	B	A
OA2P1	0	0	0,5	0,7	B	A	B	A
OA3P1	0	0	0,3	0,5	B	A	B	A
OA4P1	0	0	0,4	0,7	B	A	B	A
OA5P1	0	0	0	0,2	B	A	B	A
OA6P1	0	0	0,4	0,5	B	A	B	A
OA7P1	0	0	0	0,5	B	A	B	A
OA8P1	0	0	0,4	0,6	B	A	B	A
OA9P1	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
OA10P1	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
OA1P2	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
OA2P2	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
OA3P2	0	0	0,5	1	B	A	B	A
OA4P2	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
OA5P2	0	0	0,3	0,7	B	A	B	A
OA6P2	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
OA7P2	0	0	0	0,3	B	A	B	A
OA8P2	0	0	0	0,2	B	A	B	A
OA9P2	0	0	0	0,5	B	A	B	A
OA10P2	0	0	0	0,2	B	A	B	A

Anexo 29. Calificación de lijado con lija 60 de las 20 probetas de *Piptocoma discolor*

Código	Rayado		Vellosidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
PA1P1	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA2P1	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA3P1	0	0	1	1,5	B	A	B	A
PA4P1	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA5P1	0	0	1	1,5	B	A	B	B
PA6P1	0	0	0,5	0,7	B	A	B	B
PA7P1	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA8P1	0	0	0,5	1,5	B	A	B	A
PA9P1	0	0	0,5	0,3	B	A	B	A
PA10P1	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA1P2	0	0	0,2	0,5	B	A	B	A
PA2P2	0	0	0,3	1	B	A	B	A
PA3P2	0	0	0,2	0,5	B	A	B	B
PA4P2	0	0	0,5	1,5	B	A	B	B
PA5P2	0	0	1,5	2	B	A	B	A
PA6P2	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA7P2	0	0	1	2	B	A	B	A
PA8P2	0	0	0,5	1	B	A	B	A
PA9P2	0	0	1	2	B	A	B	B
PA10P2	0	0	1	2	B	A	B	A

Anexo 30. Calificación de lijado con lija 60 de las 20 probetas de *Miconia glaberrima*

Código	Rayado		Vellosidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
MA1P1	0	0	1	1,5	B	A	B	A
MA2P1	0	0,5	1	2	B	A	B	B
MA3P1	0	0	1	2	B	A	B	B
MA4P1	0	0	0,5	1	B	A	B	B
MA5P1	0	0	1	2	B	A	B	A
MA6P1	0	0	1,5	1	B	A	B	A
MA7P1	0	0	1	1,5	B	A	B	A
MA8P1	0	0	0,5	1,5	B	A	B	A
MA9P1	0	0	1	1,5	B	A	B	A
MA10P1	0	0	0,5	1	B	A	B	A
MA1P2	0	0	0,5	1,5	B	A	B	A
MA2P2	0	0	1	2	B	A	B	B
MA3P2	0	0	1	2	B	A	B	B
MA4P2	0	0	1	1,5	B	A	B	A
MA5P2	0	0	1	2	B	A	B	A
MA6P2	0	0	0,5	1	B	A	B	A
MA7P2	0	0	2,5	3	B	A	B	A
MA8P2	0	0	0,5	1,5	B	A	B	A
MA9P2	0	0	1	1,5	B	A	B	A
MA10P2	0	0	1	1,5	B	A	B	B

Anexo 31. Calificación de lijado con lija 60 de las 20 probetas de *Pourouma cecropifolia*

Código	Rayado		Vellosidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
PA1P1	0,5	0,5	1,5	2	B	B	B	A
PA2P1	0,5	0,5	1,5	2	B	B	B	A
PA3P1	0,5	0,5	0,5	1	B	B	B	A
PA4P1	0,5	0,5	0,7	1	B	B	B	A
PA5P1	0,5	0,5	0,5	1	B	B	B	A
PA6P1	0,5	0,5	1	1,5	B	B	B	A
PA7P1	0,5	0,5	0,5	1	B	B	B	A
PA8P1	0,5	0,5	0,5	0,7	B	B	B	A
PA9P1	0,5	0,5	0,2	0,5	B	B	B	A
PA10P1	0,5	0,5	0,2	0,6	B	B	B	A
PA1P2	0,5	0,5	1	2	B	B	B	A
PA2P2	0,5	0,5	1	0,7	B	B	B	A
PA3P2	0,5	0,5	1,5	2	B	B	B	A
PA4P2	0,5	0,5	1	1,5	B	B	B	A
PA5P2	0,5	0,5	1	1,5	B	B	B	A
PA6P2	0,5	0,5	1	2	B	B	B	A
PA7P2	0,5	0,5	0,7	1,5	B	B	B	A
PA8P2	0,5	0,5	0,2	0,5	B	B	B	A
PA9P2	0,5	0,5	0,2	0,5	B	B	B	A
PA10P2	0,5	0,5	0,5	1	B	B	B	A

Anexo 32. Calificación de lijado con lija 100 de las 20 probetas de *Otoba parvifolia*

Código	Rayado		Vellosoidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
OA1P1	0	0,2	0,2	0,5	B	B	B	B
OA2P1	0	0,1	0	0,2	B	B	B	A
OA3P1	0	0	0,2	0,5	B	B	B	A
OA4P1	0	0,2	0,2	0,5	B	B	B	B
OA5P1	0	0	0	0,3	B	B	B	A
OA6P1	0	0	0	0	B	B	B	B
OA7P1	0	0	0	0,3	B	B	B	B
OA8P1	0	0	0	0,2	B	B	B	A
OA9P1	0	0	0	0	B	B	B	A
OA10P1	0	0	0	0,2	B	B	B	B
OA1P2	0	0	0	0,3	B	B	B	A
OA2P2	0	0	0	0	B	B	B	A
OA3P2	0	0	0	0	B	B	B	A
OA4P2	0	0	0	0	B	B	B	A
OA5P2	0	0	0	0	B	B	B	A
OA6P2	0	0	0	0	B	B	B	A
OA7P2	0	0	0	0	B	B	B	A
OA8P2	0	0	0	0	B	B	B	B
OA9P2	0	0	0,2	0,5	B	B	B	A
OA10P2	0	0	0	0	B	B	B	A

Anexo 33. Calificación de lijado con lija 100 de las 20 probetas de *Piptocoma discolor*

Código	Rayado		Vellosoidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
PA1P1	0	0	0,2	0,3	A	B	A	A
PA2P1	0	0	0,4	0,5	A	B	A	A
PA3P1	0	0	0,4	0,5	A	B	A	A
PA4P1	0	0	0	0	A	B	A	A
PA5P1	0	0	0	0	A	B	A	A
PA6P1	0	0	0,3	0,5	A	B	A	A
PA7P1	0	0	0,5	0,7	A	B	A	A
PA8P1	0	0	0	0	A	B	A	A
PA9P1	0	0	0	0	A	B	A	A
PA10P1	0	0	0,2	0,3	A	B	A	A
PA1P2	0	0	0	0	A	B	A	A
PA2P2	0	0	0	0,2	A	B	A	A
PA3P2	0	0	0	0,2	A	B	A	A
PA4P2	0	0	0	0,2	A	B	A	A
PA5P2	0	0	0,2	0,5	A	B	A	A
PA6P2	0	0	0,1	0,3	A	B	A	A
PA7P2	0	0	0	0,5	A	B	A	A
PA8P2	0	0	0,2	0,5	A	B	A	A
PA9P2	0	0	0	0,3	A	B	A	A
PA10P2	0	0	0,2	0,5	A	B	A	A

Anexo 34. Calificación de lijado con lija 100 de las 20 probetas de *Miconia glaberrima*

Código	Rayado		Vellosoidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
MA1P1	0	0	0,5	0,5	A	B	B	A
MA2P1	0	0	0,3	0,3	A	B	B	A
MA3P1	0	0	0,2	0,3	A	B	B	A
MA4P1	0	0	0,4	0,5	A	B	B	A
MA5P1	0	0	0,5	0,7	A	B	B	A
MA6P1	0	0	0,3	0,3	A	B	B	A
MA7P1	0	0	0,4	0,5	A	B	B	A
MA8P1	0	0	0,2	0,2	A	B	B	A
MA9P1	0	0	0,3	0,5	A	B	B	A
MA10P1	0	0	0	0	A	B	B	A
MA1P2	0,2	0,2	0	0	A	B	B	A
MA2P2	0	0	0	0	A	B	B	A
MA3P2	0,3	0,4	0,5	1	A	B	B	A
MA4P2	0	0	0	0	A	B	B	A
MA5P2	0	0	0,2	0,3	A	B	B	A
MA6P2	0	0	0,2	0,3	A	B	B	A
MA7P2	0	0	0,2	0,3	A	B	B	A
MA8P2	0	0	0	0,3	A	B	B	A
MA9P2	0	0	0,4	0,5	A	B	B	A
MA10P2	0	0	0	0	A	B	B	A

Anexo 35. Calificación de lijado con lija 100 de las 20 probetas de *Porouma cecropifolia*

Código	Rayado		Vellosoidad		Velocidad ensuciamiento	Remoción suciedad	Velocidad desgaste abrasivo	Temperatura lija
	→	←	→	←				
PA1P1	0	0	0,3	1	B	B	B	B
PA2P1	0	0	0,5	1	B	B	B	B
PA3P1	0	0	0,2	0,5	B	B	B	B
PA4P1	0	0	0,2	0,5	B	B	B	B
PA5P1	0	0	0,2	0,5	B	B	B	B
PA6P1	0	0	0,5	1	B	B	B	B
PA7P1	0	0	0,1	0,3	B	B	B	B
PA8P1	0	0	0,3	0,5	B	B	B	B
PA9P1	0	0	0,3	0,7	B	B	B	B
PA10P1	0	0	0	0,5	B	B	B	B
PA1P2	0	0	0,5	1	B	B	B	B
PA2P2	0	0	0,5	1	B	B	B	B
PA3P2	0	0,2	0,5	1	B	B	B	B
PA4P2	0	0,2	0,7	1,5	B	B	B	B
PA5P2	0	0	0,7	1,5	B	B	B	B
PA6P2	0	0,2	1	1,5	B	B	B	B
PA7P2	0	0	1	1,5	B	B	B	B
PA8P2	0	0	0,7	1	B	B	B	B
PA9P2	0	0	0,5	1	B	B	B	B
PA10P2	0	0	0,2	1	B	B	B	B

Anexo 36. Calificación de torneado de las 20 probetas de *Otoba parvifolia*

Código	Herramienta	Ángulo de corte	Corte paralelo al grano				
			Tiem/seg	Horizontal		Vertical	
				Arrancado	Velloso	Arrancado	Velloso
OA1P1	Moldura	0	2,45	2,5	2	2	2
OA2P1	Moldura	0	3	2,5	1,5	2	1
OA3P1	Moldura	0	2,6	2,5	2	2	2
OA4P1	Moldura	0	2,5	2,5	2	1,5	1
OA5P1	Moldura	0	2,54	2	1	1	1
Total			13,09	12	8,5	8,5	7
Promedio			2,618	2,4	1,7	1,7	1,4
OA6P1	Moldura	45	3,05	2,5	1,5	2	1
OA7P1	Moldura	45	3	2,5	2	2	1
OA8P1	Moldura	45	3,2	2,5	2	2	2
OA9P1	Moldura	45	3,3	2,5	2	2	2
OA10P1	Moldura	45	3	2,5	2	2	2
Total			15,55	12,5	9,5	10	8
Promedio			3,11	2,5	1,9	2	1,6
OA1P2	Formón y gubia	0	4,2	2	1	3	2
OA2P2	Formón y gubia	0	4,1	2	1,5	2	2
OA3P2	Formón y gubia	0	4	2,5	2	2	2
OA4P2	Formón y gubia	0	3,9	1	1	1,5	1
OA5P2	Formón y gubia	0	4,1	2	2	2	2
Total			20,3	9,5	7,5	10,5	9
Promedio			4,06	1,9	1,5	2,1	1,8
OA6P2	Formón y gubia	45	4	2	2	1	1
OA7P2	Formón y gubia	45	4,3	2,5	2,5	2	2
OA8P2	Formón y gubia	45	4,2	2	2	1,5	1,5
OA9P2	Formón y gubia	45	4	2,5	2,5	2,5	2
OA10P2	Formón y gubia	45	4,3	3	2,5	2,5	2
Total			20,8	12	11,5	9,5	8,5
Promedio			4,16	2,4	2,3	1,9	1,7

Anexo 37. Calificación de torneado de las 20 probetas de *Piptocoma discolor*

Código	Herramienta	Ángulo de corte	Corte paralelo al grano				
			Tiem/seg	Horizontal		Vertical	
				Arrancado	Velloso	Arrancado	Velloso
PA1P1	Moldura	0	3,2	0,5	0,5	0	0,5
PA2P1	Moldura	0	3,15	1	1,5	0,5	0,5
PA3P1	Moldura	0	3,25	0,5	0,5	1,5	1
PA4P1	Moldura	0	3,15	0,4	1	1	1
PA5P1	Moldura	0	3,15	1,5	0,5	1	1
Total			15,9	3,9	4	4	4
Promedio			3,18	0,78	0,8	0,8	0,8
PA6P1	Moldura	45	3,2	1,8	1	2	1
PA7P1	Moldura	45	3,2	3	2	2	2
PA8P1	Moldura	45	3,2	2,8	2	2	1
PA9P1	Moldura	45	3,15	3	2	2	2
PA10P1	Moldura	45	3,2	3,2	2	3	2
Total			15,95	13,8	9	11	8
Promedio			3,19	2,76	1,8	2,2	1,6
PA1P2	Formón y gubia	0	4	1,5	1,5	1	1
PA2P2	Formón y gubia	0	3,8	1	1	0,5	0,5
PA3P2	Formón y gubia	0	4	1	1	1	0,5
PA4P2	Formón y gubia	0	3,9	1,5	1	1,5	1
PA5P2	Formón y gubia	0	4,1	2	1,5	2	1,5
Total			19,8	7	6	6	4,5
Promedio			3,96	1,4	1,2	1,2	0,9

Anexo 37.....Continuación

PA6P2	Formón y gubia	45	4,2	1	1	1,5	1
PA7P2	Formón y gubia	45	3,8	1	0,5	1	1
PA8P2	Formón y gubia	45	4	1,5	1,5	1,5	1,5
PA9P2	Formón y gubia	45	3,9	2	2,5	2	1
PA10P2	Formón y gubia	45	4	2	2	2	1
Total			19,9	7,5	7,5	8	5,5
Promedio			3,98	1,5	1,5	1,6	1,1

Anexo 38. Calificación de torneado de las 20 probetas de *Miconia glaberrima*

Código	Herramienta	Ángulo de corte	Corte paralelo al grano				
			Tiem/seg	Horizontal		Vertical	
				Arrancado	Velloso	Arrancado	Velloso
MA1P1	Moldura	0	4,3	0,7	1	0,5	0,2
MA2P1	Moldura	0	4	0,7	0,7	1,2	1,5
MA3P1	Moldura	0	4,5	2	1,5	1	1
MA4P1	Moldura	0	4,5	0,5	1,5	1,5	1
MA5P1	Moldura	0	4,3	1	1,3	2	1
Total			21,6	4,9	6	6,2	4,7
Promedio			4,32	0,98	1,2	1,24	0,94
MA6P1	Moldura	45	4	1	1,5	1,5	1
MA7P1	Moldura	45	4,1	0,5	1,5	2	1
MA8P1	Moldura	45	4,1	2	2	2	2
MA9P1	Moldura	45	4,1	1,5	1,5	2,3	2
MA10P1	Moldura	45	4,5	2	2	1,5	1,5
Total			20,8	7	8,5	9,3	7,5
Promedio			4,16	1,4	1,7	1,86	1,5
MA1P2	Formón y gubia	0	5	2	1,5	2,5	1
MA2P2	Formón y gubia	0	5,1	2	2	2,5	1,5
MA3P2	Formón y gubia	0	5,2	2	2	2	1
MA4P2	Formón y gubia	0	5	1,5	1,5	2	1
MA5P2	Formón y gubia	45	5,4	2	2	2	1
Total			25,7	9,5	9	11	5,5
Promedio			5,14	1,9	1,8	2,2	1,1
MA6P2	Formón y gubia	45	5	3	2	2	2
MA7P2	Formón y gubia	45	5,8	2	2	2	2
MA8P2	Formón y gubia	45	5,7	1,5	2	2	2
MA9P2	Formón y gubia	45	5,6	2,5	2,5	2	2
MA10P2	Formón y gubia	45	5	2,5	2,5	1	1
Total			27,1	11,5	11	9	9
Promedio			5,42	2,3	2,2	1,8	1,8

Anexo 39. Calificación de torneado de las 20 probetas de *Pourouma cecropifolia*

Código	Herramientas	Ángulo de corte	Tiem/seg	Corte paralelo al grano			
				Corte			
				Horizontal		Vertical	
Arrancado	Velloso	Arrancado	Velloso				
PA1P1	Moldura	0	2,6	0,5	2	2,7	2
PA2P1	Moldura	0	2,9	3	2	0,5	2
PA3P1	Moldura	0	2,6	3,5	2,5	3,5	2
PA4P1	Moldura	0	3	1	1	1	1
PA5P1	Moldura	0	2,6	1	1	3	2
Total			13,7	9	8,5	10,7	9
Promedio			2,74	1,8	1,7	2,14	1,8
PA6P1	Moldura	45	3	4	3	4	2
PA7P1	Moldura	45	3,2	2	2	3	2,3
PA8P1	Moldura	45	2,9	3	1,5	3,2	3

Anexo 39.....Continuación

PA9P1	Moldura	45	3,1	4	3	3,5	3
PA10P1	Moldura	45	2,9	3,5	3	3	3
Total			15,1	16,5	12,5	16,7	13,3
Promedio			3,02	3,3	2,5	3,34	2,66
PA1P2	Formón y gubia	0	3	3,5	3	4	4
PA2P2	Formón y gubia	0	3,3	3	3	3	3
PA3P2	Formón y gubia	0	3,7	4	4	4	4
PA4P2	Formón y gubia	0	3,6	4,5	5	5	5
PA5P2	Formón y gubia	0	3,5	5	5	5	5
Total			17,1	20	20	21	21
Promedio			3,42	4	4	4,2	4,2
PA6P2	Formón y gubia	45	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5
PA7P2	Formón y gubia	45	3,8	3	2	2	2
PA8P2	Formón y gubia	45	3,7	4,5	4,5	4	4
PA9P2	Formón y gubia	45	3,4	4,5	4,5	5	4,5
PA10P2	Formón y gubia	45	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Total			17,9	21	20	20	19,5
Promedio			3,58	4,2	4	4	3,9

Anexo 40. Tríptico divulgativo del proyecto de investigación