

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



TESIS DE GRADO

ESTUDIO DE PROPIEDADES DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA MORA (*Maclura tinctoria*), PROVENIENTE DEL MUNICIPIO DE VILLA MONTES, PROVINCIA GRAN CHACO DEPARTAMENTO DE TARIJA

POR:

ORLIN TORREZ SANCHEZ

Tesis de grado, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal.

Gestión 2022

TARIJA – BOLIVIA

Vº Bº

.....
Ing. Saul Manuel Vargas Andrade
PROFESOR GUÍA

.....
M.Sc.Ing. Henry Esnor Valdez Huanca
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
M.Sc.Ing. Juan Oscar Hiza Zuñiga
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADO POR:

.....
M.Sc.Ing. José Adel Molina Ramos
TRIBUNAL

.....
Ing. Javier Ariel Castillo Gareca
TRIBUNAL

.....
M.Sc.Ing. Pedro Brozovich Farfán
TRIBUNAL

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos y además por su infinita bondad y amor.

A mi madre y a mi padre Benita Sanchez Martinez (+) y Mario Torrez Acosta (+):

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su gran amor.

A mis hermanas Sulma, Paola y Liliana Torrez Sanchez:

Por brindarme su constante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cuidarme y protegerme siempre, darme la salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar este logro.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos en mi formación profesional.

Un agradecimiento especial a mi profesor guía Saul Manuel Vargas y todas las personas que estuvieron junto a mí, dándome el aliento para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|----------|
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| JUSTIFICACIÓN | 2 |
| HIPÓTESIS | 2 |
| OBJETIVOS..... | 3 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 3 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

| | |
|--|---|
| 1.1. MADERA..... | 4 |
| 1.1.1. Concepto sobre estructura de la madera..... | 4 |
| 1.2 PLANOS DE CORTE DE LA MADERA | 4 |
| 1.3 LA MADERA | 4 |
| 1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE EN ESTUDIO..... | 5 |
| 1.4.1 Generalidades de la especie..... | 5 |
| 1.5. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE FORESTAL | |
| MORA (<i>MACLURA TINCTORIA</i>)..... | 6 |
| 1.5.1 Ficha dendrológica de la especie..... | 6 |

| | |
|--|----|
| 1.5.2. Morfología..... | 6 |
| 1.5.3. Las hojas..... | 7 |
| 1.5.4. Las flores..... | 7 |
| 1.5.5. Los frutos..... | 7 |
| 1.5.6. La Semilla..... | 7 |
| 1.5.7. La madera..... | 7 |
| 1.6 OPERACIONES DE MAQUINADO..... | 7 |
| 1.7 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA QUE INFLUYEN EN SU TRABAJABILIDAD..... | 8 |
| 1.7.1 Densidad..... | 8 |
| 1.7.2 Contenido de humedad..... | 8 |
| 1.7.3 Dirección del hilo..... | 8 |
| 1.7.4 Grano..... | 9 |
| 1.7.5 Textura..... | 9 |
| 1.7.6 Porosidad..... | 9 |
| 1.7.7 Contenido de extractivos..... | 9 |
| 1.7.8 Elasticidad..... | 9 |
| 1.7.9 Temperatura..... | 9 |
| 1.8 TRABAJABILIDAD..... | 10 |
| 1.8.1 Cepillado..... | 10 |
| 1.8.2 Moldurado..... | 11 |
| 1.8.3 Torneado..... | 12 |

| | |
|--|----|
| 1.8.4 Lijado | 13 |
| 1.8.5 Taladrado..... | 14 |
| 1.9 DEFECTOS COMUNES EN EL MAQUINADO DE MADERA | 15 |
| 1.9.1 Grano arrancado o astillado..... | 15 |
| 1.9.2 Grano velloso o algodonado..... | 16 |
| 1.9.3 Grano levantado | 16 |
| 1.9.4 Grano rugoso..... | 16 |
| 1.10 CALIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS DE MAQUINADO | 17 |

CAPÍTULO II

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

| | |
|--------------------------------------|----|
| 2.1 Zona de estudio | 18 |
| 2.1.1 Ubicación | 19 |
| 2.1.2 Extensión..... | 19 |
| 2.2 Características Biofísicas | 19 |
| 2.2.1 Descripción Fisiográfica | 19 |
| 2.2.2 Relieve..... | 19 |
| 2.2.3 Clima..... | 20 |
| 2.2.4 Vegetación..... | 20 |
| 2.2.5 Fauna | 22 |
| 2.2.6 Suelos | 24 |
| 2.2.7. Grados de erosión..... | 24 |

| | |
|---|----|
| 2.2.8. Recursos Forestales | 24 |
| 2.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOCULTURALES | 25 |
| 2.3.1 Características Demográficas | 25 |
| 2.4 PRODUCCIÓN | 25 |
| 2.4.1. Tamaño y uso de la tierra | 25 |
| 2.5 PECUARIA..... | 25 |
| 2.5.1 Sistema de Producción | 25 |

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|--|----|
| 3.1 MATERIALES..... | 27 |
| 3.1.1 Materiales de gabinete..... | 27 |
| 3.1.2 Materiales y equipos de campo | 27 |
| 3.1.3 Maquinaria de carpintería..... | 27 |
| 3.1.4 Material biológico | 28 |
| 3.2 METODOLOGÍA | 28 |
| 3.2.1 Selección y colección de muestra..... | 28 |
| 3.2.2 Selección de la zona, aplicando la metodología de la norma COPANT 458 | 29 |
| 3.2.3 Selección de árboles | 30 |
| 3.2.4 Selección de la troza..... | 32 |
| 3.2.5 Extracción de las trozas..... | 32 |

| | |
|--|----|
| 3.2.6 Obtención de las probetas dentro de las trozas | 32 |
| 3.2.7 Secado de las probetas..... | 33 |
| 3.2.8 Densidad de la madera Mora (Maclura tinctoria) | 33 |
| 3.2.9. TRATAMIENTO PROFILÁCTICO | 33 |
| 3.3. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS | 34 |
| 3.3.1 Ensayo de cepillado..... | 34 |
| 3.3.1 Se utilizó una cepilladora con las siguientes características | 34 |
| 3.3.2 Accesorios | 34 |
| 3.3.3 Ensayos con madera seca | 34 |
| 3.3.4 Probetas | 34 |
| 3.3.6 Ensayo en condiciones comunes | 36 |
| 3.3.7 Resultados de ensayos de cepillado | 36 |
| 3.4 ENSAYO DE TALADRADO | 36 |
| 3.4.1 Probetas | 36 |
| 3.4.2 Procedimiento..... | 37 |
| 3.4.3 Calificación | 37 |
| 3.5 ENSAYO DE TORNEADO | 37 |
| 3.5.1 Probetas | 38 |
| 3.5.2 Materiales para el ensayo | 38 |
| 3.5.3 Herramientas | 38 |
| 3.5.4 Determinación de ángulo de corte para observación paralela al grano (Fondo) | 39 |

| | |
|---|----|
| 3.5.5 Ensayo de Corte Oblicuo..... | 39 |
| 3.5.5 Calificación | 39 |
| 3.6 ENSAYO DE LIJADO | 40 |
| 3.6.1 Probetas | 40 |
| 3.6.2 Requisitos Generales | 40 |
| 3.6.3 Procedimientos | 41 |
| 3.6.4 Calificación | 42 |
| 3.7 ENSAYO DE MOLDURADO | 43 |
| 3.7.1 Procedimiento..... | 43 |
| 3.7.2 Calificación | 44 |
| 3.7.3 Evaluación de probetas..... | 44 |
| 3.8 CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS EN BASE A SU EXTENSIÓN Y SEVERIDAD | 45 |
| 3.9 SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PROBETAS DE MAQUINADO . | 45 |
| 3.10. CALIFICACIÓN DE PROBETAS EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE PIEZAS LIBRES DE DEFECTO | 46 |
| 3.11. RANGO, CALIDAD, GRADO | 47 |

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| 4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO DE CEPILLADO | 48 |
|---|----|

| | |
|---|-----|
| 4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CEPILLADO | 48 |
| 4.1.1. Análisis de resultados de cepillado | 61 |
| 4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE TALADRADO | 62 |
| 4.3.1. Reporte de defectos secundarios del taladrado a 500 RPM | 63 |
| 4.3.2. Reporte de defectos secundarios del taladrado a 1000 RPM | 65 |
| 4.3.3. Análisis de resultados de taladrado a 500 y 1000 r.p.m. | 67 |
| 4.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE TORNEADO | 67 |
| 4.4.1. Análisis de resultado del torneado | 71 |
| 4.5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LIJADO | 72 |
| 4.6 RESULTADOS DE ENSAYOS DE MOLDURADO | 86 |
| 4.6.1. Calificación en corte doble..... | 86 |
| 4.6.2. Calificación en corte simple..... | 98 |
| 4.6.2. Calificación en corte simple..... | 107 |
| 4.7. DISCUSIÓN..... | 108 |

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|----------------------------|------------|
| 5.1. CONCLUSIONES | 109 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 110 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 112 |
| ANEXO | 115 |

ÍNDICE DE CUADRO

| | |
|--|----|
| CUADRO N° 1. Descripción Taxonómica | 6 |
| CUADRO N° 2. Evaluación y clasificación de las probetas de ensayo | 17 |
| CUADRO N° 3. Tipo de vegetación y especies | 21 |
| CUADRO N° 4. Tipo de aves y mamíferos | 23 |
| CUADRO N° 5. Norma que se empleó en el presente estudio | 28 |
| CUADRO N° 6. División de las parcelas en tres bloques. | 29 |
| CUADRO N° 7. Dimensiones y numero de probetas por ensayo | 33 |
| CUADRO N° 8. Dimensiones de las probetas para el ensayo de cepillado | 35 |
| CUADRO N° 9. Dimensiones de las probetas para el ensayo de taladrado a 500 y 1000 r.p.m. | 37 |
| CUADRO N° 10. Dimensiones de las probetas para el ensayo de torneado | 38 |
| CUADRO N° 11. Dimensiones de las probetas para el ensayo de lijado. | 40 |
| CUADRO N° 12. Dimensiones de las probetas para el ensayo de moldurado. | 43 |
| CUADRO N° 13. Extensión y severidad de los defectos. | 45 |
| CUADRO N° 14. Sistema de evaluación de probetas de maquinado. | 45 |
| CUADRO N° 15. Porcentaje de piezas sin defecto | 46 |
| CUADRO N° 16. Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto | 46 |
| CUADRO N° 17. Rango, calidad, grado | 47 |
| CUADRO N° 18. Velocidad de alimentación 12 m/min corte tangencial árbol 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 30° | 49 |

| | |
|--|----|
| CUADRO N° 19. Velocidad de alimentación 12 m/min corte tangencial árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 30° | 50 |
| CUADRO N° 20. Velocidad de alimentación 12 m/min corte radial árbol 1-2, | |
| 3-4 y 5-6 ángulo 30° | 51 |
| CUADRO N° 21. Velocidad de alimentación m/min corte radial árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 30° | 52 |
| CUADRO N° 22. Velocidad de alimentación 12 m/min corte oblicuo árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 30° | 53 |
| CUADRO N° 23. Velocidad de alimentación 12 m/min corte oblicuo árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 30° | 54 |
| CUADRO N° 24. Velocidad de alimentación 12 m/min corte tangencial árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 15° | 55 |
| CUADRO N° 25. Velocidad de alimentación 12 m/min corte tangencial árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 15° | 56 |
| CUADRO N° 26. Velocidad de alimentación 12 m/min corte radial árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 15° | 57 |
| CUADRO N° 27. Velocidad de alimentación 12 m/min corte radial árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 15° | 58 |
| CUADRO N° 28. Velocidad de alimentación 12 m/min corte oblicuo árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 15° | 59 |
| CUADRO N° 29. Velocidad de alimentación 12 m/min corte oblicuo árbol | |
| 1-2, 3-4 y 5-6 ángulo 15° | 60 |

| | |
|---|----|
| CUADRO N° 30. Resultados de ensayos de cepillado con ángulo de 30° y 15° | 61 |
| CUADRO N° 31. Tiempo de penetración de la madera en 500rpm y 1000 rpm | 63 |
| CUADRO N° 32. Resultado del ensayo de taladrado en corte tangencial a 500 r.p.m. | 63 |
| CUADRO N° 33. Resultado del ensayo de taladrado en corte radial a 500 r.p.m.... | 64 |
| CUADRO N° 34. Resultado del ensayo de taladrado en corte oblicuo a 500 r.p.m.... | 64 |
| CUADRO N° 35. Resultado del ensayo de taladrado en corte tangencial a 1000 r.p.m. | 65 |
| CUADRO N° 36. Resultado del ensayo de taladrado en corte radial a 1000 r.p.m.... | 65 |
| CUADRO N° 37. Resultado del ensayo de taladrado en corte oblicuo a 1000 r.p.m.. | 66 |
| CUADRO N° 38. Resultados de ensayo de taladrado | 66 |
| CUADRO N° 39. Resultado del ensayo del grano arrancado..... | 68 |
| CUADRO N° 40. Resultado del ensayo del grano vellosos..... | 69 |
| CUADRO N° 41. Resultado del ensayo del grano astillado..... | 70 |
| CUADRO N° 42. Resultados de ensayo de torneado | 71 |
| CUADRO N° 43. Resultado rayado tangencial a favor del grano..... | 73 |
| CUADRO N° 44. Resultado rayado tangencial en contra del grano | 74 |
| CUADRO N° 45. Resultado rayado radial a favor del grano | 75 |
| CUADRO N° 46. Resultado rayado radial en contra del grano..... | 76 |
| CUADRO N° 47. Resultado rayado oblicuo a favor del grano | 77 |

| | |
|--|-----|
| CUADRO N° 48. Resultado rayado oblicuo en contra del grano..... | 78 |
| CUADRO N° 49. Resultado vellosidad tangencial a favor del grano | 79 |
| CUADRO N° 50. Resultado vellosidad tangencial en contra del grano..... | 80 |
| CUADRO N° 51. Resultado vellosidad radial a favor del grano..... | 81 |
| CUADRO N° 52. Resultado vellosidad radial en contra del grano | 82 |
| CUADRO N° 53. Resultado vellosidad oblicuo en favor al grano..... | 83 |
| CUADRO N° 54. Resultado vellosidad oblicuo en contra al grano | 84 |
| CUADRO N° 55. Resultados de ensayo de lijado | 85 |
| CUADRO N° 56. Resultado del ensayo tangencial grano astillado | 87 |
| CUADRO N° 57. Resultado del ensayo tangencial grano arrancado | 88 |
| CUADRO N° 58. Resultado del ensayo tangencial grano vellosos | 89 |
| CUADRO N° 59. Resultado del ensayo radial grano astillado..... | 90 |
| CUADRO N° 60. Resultado del ensayo radial grano arrancado | 91 |
| CUADRO N° 61. Resultado del ensayo radial grano vellosos..... | 92 |
| CUADRO N° 62. Resultado del ensayo oblicuo grano astillado..... | 93 |
| CUADRO N° 63. Resultado del ensayo oblicuo grano arrancado | 94 |
| CUADRO N° 64. Resultado del ensayo oblicuo grano vellosos..... | 95 |
| CUADRO N° 65. Resultados de ensayo de moldurado de corte doble | 96 |
| CUADRO N° 66. Resultado del ensayo tangencial grano astillado | 98 |
| CUADRO N° 67. Resultado del ensayo tangencial grano arrancado | 99 |
| CUADRO N° 68. Resultado del ensayo tangencial grano vellosos | 100 |
| CUADRO N° 69. Resultado del ensayo radial grano astillado..... | 101 |

| | |
|---|-----|
| CUADRO N° 70. Resultado del ensayo radial grano arrancado | 102 |
| CUADRO N° 71. Resultado del ensayo radial grano velloso..... | 103 |
| CUADRO N° 72. Resultado del ensayo oblicuo grano astillado..... | 104 |
| CUADRO N° 73. Resultado del ensayo oblicuo grano arrancado | 105 |
| CUADRO N° 74. Resultado del ensayo oblicuo grano velloso..... | 106 |
| CUADRO N° 75. Resultados de ensayo de moldurado de corte simple | 107 |

ÍNDICE DE IMAGEN

| | |
|--|----|
| IMAGEN N°1. Planos de corte de la madera: Radial, tangencial y transversal | 5 |
| IMAGEN N°2. Cepilladora..... | 11 |
| IMAGEN N°3. Moldurado..... | 12 |
| IMAGEN N°4. Torneado | 13 |
| IMAGEN N°5. Lijado | 14 |
| IMAGEN N°6. Máquina de taladrado de madera | 15 |
| IMAGEN N°7. Ubicación geográfica del municipio de Villa Montes y zona de estudio de extracción de la madera | 18 |
| IMAGEN N°8. Imagen satelital de la extracción de la muestra..... | 31 |
| IMAGEN N°9. Ensayo de cepillado | 48 |
| IMAGEN N°10. Ensayo de taladrado | 62 |
| IMAGEN N°11. Ensayo del torneado..... | 67 |
| IMAGEN N°12. Ensayo del lijado..... | 72 |
| IMAGEN N°13. Ensayo del moldurado..... | 86 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1. Selección del árbol.

Anexo N°2. Seccionamiento de las trozas.

Anexo N°3. Extracción de la troza.

Anexo N°4. Corte de orilleros de la tronca.

Anexo N°5. Corte de probetas tangencial.

Anexo N°6. Corte de probetas radial.

Anexo N°7. Corte de probetas oblicuo.

Anexo N°8. Secado de las probetas.

Anexo N°9. Contenido de humedad.

Anexo N°10. Selección de probetas.

Anexo N°11. Cepillado de la probeta.

Anexo N°12. Lijado de la probeta.

Anexo N°13. Taladrado de la probeta.

Anexo N°14. Moldurado de la probeta.

Anexo N°15. Torneado de la probeta.

Anexo N°16. Censo de la parcela N° 1.

Anexo N°17. Censo de la parcela N° 2.

Anexo N°18. Censo de la parcela N° 3.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO II
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS