

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



ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE
EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* W. Hill EX MAIDEN) PROCEDENTE
DE LA COMUNIDAD EMBOROZÚ, TARIJA-BOLIVIA

Por:

YOLANDA FLORES TARIFA

Tesis 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

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres **Belisario Flores Gutierrez y Dina Tarifa Lopez**, por su amor, trabajo, sacrificio y apoyo a lo largo de mi carrera universitaria, **Y a mis Hermanos(as)** y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa.

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

| | Páginas |
|-----------------------|----------------|
| Introducción | 1 |
| Justificación | 2 |
| Hipótesis | 2 |
| Objetivos | 2 |
| Objetivo general | 2 |
| Objetivos específicos | 2 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|---|
| 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 1.1 Descripción de la especie Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i> W.HILL EX MAIDEN) | 4 |
| 1.1.1 Clasificación taxonómica | 4 |
| 1.1.2 Descripción Dendrológica | 4 |
| 1.1.3 Estudio Tecnológico de la Madera | 6 |
| 1.2 Factores que influyen en las propiedades físicas | 6 |
| 1.3 Propiedades físicas de la madera | 6 |
| 1.4 Contenido de humedad de la madera | 7 |
| 1.5 Clasificación de la madera según su contenido de humedad | 7 |
| 1.5.1 Estado de la madera verde | 7 |
| 1.5.2 Estado de la madera Seca al Aire | 7 |
| 1.5.3 Estado de la madera anhidra | 8 |
| 1.6 Contenido de humedad en equilibrio | 8 |
| 1.7 Formas en que se encuentran el agua en la madera | 8 |
| 1.7.1 Agua libre | 8 |
| 1.7.2 Agua de Impregnación | 9 |
| 1.7.3 Agua de Constitución | 9 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.8 | Determinación del Contenido de Humedad | 9 |
| 1.8.1 | Secado al horno por pesadas | 10 |
| 1.8.2 | Xilohigrómetro Eléctrico | 10 |
| 1.8.3 | Xilohigrómetro de resistencia | 10 |
| 1.8.4 | Método por destilación | 10 |
| 1.9 | Máximo Contenido de Humedad | 11 |
| 1.10 | Densidad | 11 |
| 1.11 | Contracción de la madera | 11 |
| 1.12 | Peso específico | 12 |
| 1.13 | Peso específico real | 12 |
| 1.14 | Factores que influyen en el peso específico | 12 |
| 1.14.1 | Factores Propios de la Madera | 12 |
| 1.14.2 | Factores Externos de la Madera | 12 |
| 1.14.3 | Fenómenos Climáticos | 12 |
| 1.15 | Porosidad | 13 |

CAPÍTULO II

| | | |
|-------|-----------------------------------|----|
| 2 | MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| 2.1 | Descripción de la zona de estudio | 14 |
| 2.1.1 | Localización | 14 |
| 2.1.2 | Accesibilidad | 15 |
| 2.1.3 | Fisiografía | 15 |
| 2.1.4 | Clima | 15 |
| 2.1.5 | Suelos | 16 |
| 2.1.6 | Flora | 17 |
| 2.1.7 | Fauna | 20 |
| 2.2 | Materiales | 21 |
| 2.2.1 | Fase de Gabinete | 21 |
| 2.2.2 | Fase de Campo | 21 |
| 2.2.3 | Material biológico | 22 |
| 2.2.4 | Fase de Aserradero | 22 |
| 2.2.5 | Fase de Laboratorio | 22 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2.6 | Reactivos | 22 |
| 2.3 | Metodología | 23 |
| 2.3.1 | Selección y colección de las muestras | 23 |
| 2.3.2 | Selección de la Zona | 23 |
| 2.3.3 | Selección de los árboles en las parcelas identificadas | 25 |
| 2.3.4 | Selección de la troza | 27 |
| 2.3.5 | Obtención y selección de las viguetas a partir de la troza | 28 |
| 2.3.6 | Obtención de las probetas a partir de las viguetas | 29 |
| 2.3.7 | Codificación de las probetas | 29 |
| 2.3.8 | Ejecución de los ensayos de las propiedades físicas | 30 |
| 2.3.9 | Contenido de humedad | 31 |
| 2.3.10 | Peso específico y densidad básica | 31 |
| 2.3.11 | Contracción | 32 |
| 2.3.12 | Contracción seca al aire | 33 |
| 2.3.13 | Contracción seca al horno | 34 |
| 2.3.14 | Tasa o coeficiente de estabilidad | 34 |
| 2.3.15 | Porosidad | 34 |
| 2.3.16 | Humedad máxima | 35 |
| 2.4 | Análisis estadístico de los resultados | 35 |
| 2.4.1 | Promedio (\bar{x}) de los valores individuales por árbol | 36 |
| 2.4.2 | Estimación de la varianza | 36 |
| 2.4.3 | Determinación de los coeficientes de variación | 38 |
| 2.4.4 | Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total | 39 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----|---|----|
| 3 | Resultados para las propiedades físicas | 40 |
| 3.1 | Contenido de humedad | 40 |
| 3.2 | Peso específico aparente | 40 |
| 3.3 | Peso específico básico | 40 |
| 3.4 | Contracciones | 41 |
| 3.5 | Taza de estabilidad | 41 |
| 3.6 | Porosidad | 41 |

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| 3.7 | Máximo contenido de humedad | 42 |
|-----|-----------------------------|----|

CAPÍTULO IV

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 4.1 | Conclusión de las propiedades físicas | 44 |
|-----|---------------------------------------|----|

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 4.2 | Recomendaciones | 45 |
|-----|-----------------|----|

| | | |
|--|--------------|----|
| | Bibliografía | 46 |
|--|--------------|----|

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|--|---------------|
| CUADRO N°1: Denominación de la madera en función al contenido de Humedad | 9 |
| CUADRO N°2: Datos climatológicos | 16 |
| CUADRO N°3: Especies Arbóreas | 17 |
| CUADRO N°4: Especies Arbustivas y Herbáceas | 19 |
| CUADRO N°5: Fauna, principales Especies | 20 |
| CUADRO N°6: Datos dasométricos de los árboles | 25 |
| CUADRO N°7: Seleccionado de las trozas | 27 |
| CUADRO N°8: Densidad en verde, seca al aire, anhídrida y básica | 32 |
| CUADRO N°9: Contracción tangencial normal, radial, volumétrico | 33 |
| CUADRO N°10: Contracción total tangencial, radial y volumétrica | 33 |
| CUADRO N°11: Datos para el análisis estadístico | 36 |
| CUADRO N°12: Determinación de las variaciones | 37 |
| CUADRO N°13: Valores estadísticos | 39 |
| CUADRO N°14: Contracciones en estado radial, tangencial y verde | 41 |
| CUADRO N°15: Propiedades físicas: análisis estadístico: contenido de humedad en verde | 42 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| FIGURA N°1: Tipos de porosidad | 13 |
| FIGURA N°2: Codificación de las trozas | 27 |
| FIGURA N°3: Troceado y aserrado de la madera | 28 |
| FIGURA N°4: Codificación de las viguetas | 29 |
| FIGURA N°5: Orientación de las probetas | 29 |

ÍNDICE DE MAPAS

| | Página |
|--|---------------|
| MAPA N°1: Mapa de Ubicación | 14 |
| MAPA N°2: Mapa de Ubicación de bloques y parcelas | 26 |

ÍNDICE DE PLANILLAS

| | Página |
|---|---------------|
| PLANILLA N° 1: Toma de datos | 48 |
| PLANILLA N° 2: Cuadro de resultados | 51 |
| PLANILLA N° 3: Toma de datos | 54 |
| PLANILLA N° 4: Planillas de selección y colección de muestras | 57 |
| PLANILLA N° 5: Fórmulas utilizadas en propiedades físicas | 58 |
| PLANILLA N° 6: Clave para la clasificación de maderas | 64 |
| PLANILLA N° 6: Clasificación de las especies según los posibles usos de la madera mediante las propiedades físicas | 65 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | Página |
|---|---------------|
| FOTOGRAFÍA N° 1: Selección del árbol y derribe del árbol | 67 |
| FOTOGRAFÍA N° 2: Medición para las trozas de 1.5 m y troceado y seccionamiento del fuste | 67 |
| FOTOGRAFÍA N° 3: Traslado de la troza al camino y transporte de las trozas | 68 |
| FOTOGRAFÍA N° 4: Corte para los tablones y cepillado de los tablones | 68 |
| FOTOGRAFÍA N° 5: Tablones sometido a la gruesadora y codificación de los tablones (100 cm log) | 69 |
| FOTOGRAFÍA N° 6: Obtención de las viguetas y obtención de las probetas | 69 |
| FOTOGRAFÍA N° 7: Codificación de las probetas y remojo de las probetas | 70 |
| FOTOGRAFÍA N° 8: peso de las probetas en estado verde y mediciones de las probetas | 70 |

| | |
|--|----|
| FOTOGRAFÍA N° 9: Volúmenes de las probetas y colocado de las probetas al horno | 71 |
| FOTOGRAFÍA N° 10: Probetas en el horno y preparación de la parafina | 71 |
| FOTOGRAFÍA N° 11: Colocado de las probetas en parafina y volumen de las probetas en parafina | 72 |