

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

**“PRESERVACIÓN DE MADERA DE EUCALIPTO (*Eucalyptus
camaldulensis.*) MEDIANTE DESPLAZAMIENTO FORZADO DE
SAVIA, EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA”**

Por:

DIEGO GONZALO MARTINEZ CARDOZO

Tesis presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Noviembre de 2014

TARIJA - BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Dionicio Cruz Díaz
DOCENTE GUIA

.....
Ing. Linder Espinoza M.
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES

.....
Ing. Henry Valdez H.
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Pedro Brozobich F.

.....
Ing. Adel Molina M.

.....
Ing. Ariel Castillo G.

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

El presente documento está dedicado a mis padres Santos e Isabel, a mi esposa Jiovana, mi hija Micaela, mis hermanos y amigos, y a todo aquel que se digne a hacer uso del mismo, pues el conocimiento no existe si este no es compartido

AGRADECIMENTOS

Agradecido, inicialmente con Dios por brindarme la esperanza y la fuerza de cumplir con las metas, de crecer como persona, y obtener este título. Por unir a toda mi familia, con un arduo amor y enorme fidelidad, gracias por unos padres tan maravillosos, unos hermanos unidos, una hija bellísima, sana y llena de alegría, y una esposa dispuesta a compartir juntos, un gran apoyo, sueños y metas.

Brindar el mayor de todos los agradecimientos a mis padres **Santos Martínez A.** e **Isabel Cardozo**, por el inmenso Amor y Sacrificio, que me brindaron, con el paso del tiempo, y sobre todo por compartir juntos el gran anhelo de realizar una más de las metas en la Vida, por la comprensión, el apoyo y otorgar al mayor de sus esfuerzos para que nunca me faltara nada.

Agradezco a mí esposa, **Jiovana Flores** que supo apoyarme y contribuir en este gran sacrificio, demostrar una enorme voluntad, llena de amor y felicidad; a mi hija, **Sofía Micaela** por ser el mayor motivo de lucha, alegría, dicha, inmenso amor y felicidad en mi vida.

Además quiero agradecer a mis hermanos: Giovanni, Santos, Carla y Magali, que me apoyaron de distintas maneras durante los años de estudiante universitario y a diario demuestran un compromiso familiar eterno.

Agradecer, a mi profesor guía Ing. Dionicio Cruz y a los profesores Sebastián Ramos y Fidel Ibarra, los que me orientaron en la realización de mi estudio de tesis.

Agradecido de igual forma con Andrés Morón por el apoyo desinteresado y muestra de gran amistad, que me dio durante todos los meses de inicio en este trabajo.

Y finalmente agradecer a todo el plantel Docente, de la Carrera de Ingeniería Forestal, por compartir sus conocimientos, y acrecentarnos como buenos profesionales a través de la formación en la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Viajero, escucha:
Yo soy la tabla de tu cuna,
la madera de tu barca
la superficie de tu mesa,
la puerta de tu casa.

Yo soy el mango de tu herramienta,
el bastón de tu vejez.
Yo soy el fruto que se te regala y te nutre,
la sombra bienhechora que te cobija
contra los ardores del estío
el refugio amable de los pájaros...

Yo soy la leña que te calienta
en los días de invierno,
el perfume que te regala
y embalsama el aire a todas horas,
la salud de tu cuerpo
y la alegría de tu alma...

Por todo esto,
viajero que me contemplas
tú que me plantaste con tu mano
y puedes llamarme hijo
o que me has contemplado tantas veces
mírame bien,
pero... no me hagas daño

Rabindranath Tagore

ÍNDICE

| | Página |
|-----------------------|--------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| JUSTIFICACIÓN | 2 |
| OBJETIVO GENERAL | 3 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |
| HIPÓTESIS | 3 |

CAPÍTULO I FUNDAMENTO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 1.1 LA MADERA..... | 4 |
| 1.1.1 ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA MADERA..... | 4 |
| 1.1.2 COMPOSICIÓN DE LA MADERA..... | 6 |
| 1.1.3 DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA..... | 8 |
| 1.1.4 DURABILIDAD ADQUIRIDA DE LA MADERA..... | 9 |
| 1.1.5 PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA MADERA..... | 10 |
| 1.2 AGENTES DE DETERIORO DE LA MADERA..... | 10 |
| 1.2.1 DETERIORO DE LA MADERA POR CAUSALES BIOLÓGICAS..... | 11 |
| • HONGOS LIGNÍCOLAS..... | 11 |
| • INSECTOS LIGNÍCOLAS..... | 11 |
| 1.2.2 DETERIORO DE LA MADERA POR CAUSALES NO BIOLÓGICAS..... | 12 |
| • Temporización o meteorización..... | 12 |
| • Fuego..... | 12 |
| • Radiación solar..... | 12 |
| 1.3 PRESERVACIÓN DE LA MADERA..... | 13 |
| 1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE UN PRESERVANTE..... | 13 |
| • Toxicidad..... | 13 |

| | Página |
|--|--------|
| • Penetrabilidad | 13 |
| • Permanencia..... | 14 |
| • Inocuidad..... | 14 |
| • No Corrosiva..... | 14 |
| • No Combustible..... | 14 |
| • Fácil de Aplicar..... | 14 |
| • Permitir Acabados..... | 14 |
| • No Fitotoxicas (solo en productos especiales)..... | 14 |
| 1.4 MÉTODOS Y SISTEMAS DE PRESERVACIÓN | 15 |
| 1.4.1 Procesos sin presión..... | 15 |
| • Brochado y Pulverizado..... | 15 |
| • Inmersión en frío..... | 15 |
| • Inmersión instantánea | 16 |
| • Inmersión en caliente | 16 |
| • Ascensión simple..... | 17 |
| • Ascensión doble..... | 17 |
| • Baño caliente – frío..... | 17 |
| 1.4.2 Procesos a presión..... | 18 |
| • Proceso de Bethell o Célula Llena..... | 18 |
| • Proceso Rueping | 19 |
| • Proceso Rueping Mejorado..... | 19 |
| • Proceso Lowry o Célula Vacía..... | 20 |
| 1.4.3 Procesos Especiales..... | 20 |
| Método Boucherrie..... | 20 |
| 1.5 TIPO DE PRESERVANTE A SER UTILIZADO | 21 |
| 1.6 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO..... | 23 |
| 1.6.1 DESCRIPCION..... | 23 |
| 1.6.2 BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA..... | 24 |

| | Página |
|---|--------|
| 1.6.3 HABITAT..... | 24 |
| 1.6.4 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES..... | 24 |
| 1.6.5 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS..... | 24 |
| 1.6.6 CARACTERITICAS FÍSICAS..... | 25 |
| 1.6.7 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS..... | 25 |
| 1.6.8 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS..... | 26 |
| 1.6.9 TRABAJABILIDAD..... | 27 |
| 1.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 28 |
| 1.7.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... | 28 |
| 1.7.2 SUELOS..... | 28 |
| 1.7.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS..... | 28 |
| 1.7.4 HIDROGRAFÍA..... | 29 |
| 1.7.5 TEMPERATURA..... | 29 |
| 1.7.6 HÚMEDAD..... | 29 |

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|----|
| 2 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 30 |
| 2.1 MATERIALES..... | 30 |
| 2.1.1 Materiales para el Equipo de Presión..... | 30 |
| 2.1.2 Materiales para el Ensayo de Impregnación..... | 30 |
| 2.2 METODOLOGÍA..... | 30 |
| 2.2.1 Descripción del Ensayo..... | 30 |
| 2.2.2 Selección y Marcado de Árboles..... | 31 |
| 2.2.3 Madera..... | 32 |
| 2.2.4 Descripción del Equipo de Preservación..... | 32 |
| 2.2.5 Lugar de Ejecución..... | 32 |
| 2.2.6 Tumbado de árboles..... | 33 |

| | Página |
|---|--------|
| 2.3 Proceso de Impregnación..... | 33 |
| 2.4 Evaluación..... | 34 |
| 2.4.1 Absorción..... | 34 |
| • Absorción líquida..... | 35 |
| • Absorción sólida..... | 35 |
| 2.4.2 Retención..... | 36 |
| • Retención líquida..... | 36 |
| • Retención sólida..... | 36 |
| 2.4.3 Penetración..... | 37 |
| • Penetración Lateral Media..... | 38 |
| 2.4.4 Consumo del Preservante..... | 38 |
| 2.4.5 Volumen Realmente Impregnado..... | 39 |
| 2.4.6 Tiempo de Impregnación..... | 39 |
| • Desplazamiento..... | 39 |

CAPÍTULO II

RESULATDOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 40 |
| 3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 40 |
| 3.2 RESULTADOS..... | 40 |
| 3.2.1 ABSORCIÓN..... | 43 |
| 3.2.2 RETENCIÓN..... | 46 |
| 3.2.3 PENETRACION LATERAL MEDIA..... | 50 |
| 3.2.4 TIEMPO DE IMPREGNACIÓN..... | 53 |
| 3.2.5 CONSUMO DEL PRESERVANTE..... | 55 |
| 3.2.6 VOLUMEN REALMENTE IMPREGNADO..... | 56 |
| 3.2.7 DESPLAZAMIENTO..... | 57 |

CAPÍTULO III
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | Página |
|----------------------------------|--------|
| 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 4.1 CONCLUSIONES..... | 59 |
| 4.2 RECOMENDACIONES..... | 60 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 61 |
| | |
| ANEXOS | |

Índice de Gráficos

| | |
|---|----|
| Figura N°1: Partes de la Madera (tronco) | 7 |
| Figura N° 2: Clasificación según la capacidad de Absorción..... | 35 |

Índice de Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro N° 1: Composición Química de la Madera..... | 6 |
| Cuadro N°2: Durabilidad de la Madera..... | 9 |
| Cuadro N° 3 Composición de Preservante Osmose K33..... | 21 |
| Cuadro N° 4: Valores físico-mecánicos más destacables (TINTO, 1991)..... | 26 |

Página

| | |
|--|-----------|
| Cuadro N°5: Aptitud de trabajabilidad de los eucaliptos en Argentina. (Sánchez, 1991)..... | 27 |
| Cuadro N° 6: Valores de Retención según Zona Geográfica en Bolivia..... | 37 |
| Cuadro N° 7: Resultados de Promedios Totales para todos los parámetros de Evaluación. | 58 |

Índice de Gráficas

| | |
|---|----|
| Gráfica N°1: Absorción Líquida..... | 43 |
| Gráfica N°2: Relación CH/AL..... | 44 |
| Gráfica N° 3: Absorción Sólida..... | 45 |
| Gráfica N°4: Relación CH/AS..... | 46 |
| Gráfica N°5: Retención Líquida..... | 47 |
| Gráfica N° 6: Relación CH/RL..... | 48 |
| Gráfica N° 7: Retención Sólida..... | 49 |
| Gráfica N°8: Relación CH/RS..... | 50 |
| Gráfica N° 9: Penetración Lateral Media..... | 51 |
| Gráfica N°10: Relación Contenido de Humedad/ PLM..... | 52 |
| Gráfica N°11: Penetración Lateral Media/ Tiempo..... | 53 |
| Gráfica N°12: Tiempo de Impregnación..... | 54 |
| Gráfica N°13: Relación CH/Tiempo de Impregnación..... | 55 |
| Gráfica N°14: Consumo del Preservante..... | 56 |
| Gráfica N°15: Volumen Realmente Impregnado..... | 57 |
| Gráfica N° 16: Consumo del Preservante..... | 58 |

Índice de Tablas

| | Página |
|--|--------|
| Tabla N° 1: Resultados para ensayo con Corteza Real..... | 41 |
| Tabla N° 1: Resultados para ensayo con Corteza Simulada..... | 42 |

Índice de Anexos

Anexo N°1 Foto satelital Valle Central de Tarija Zona de Estudio

Anexo N°2 Imagen de Penetración según (JUNAC, 1923).

Anexo N°3 Planilla de Levantamiento de Datos

Anexo N°4: Datos Básicos de Probetas ensayadas con Corteza

Anexo N°5: Datos Básicos de Probetas ensayadas sin Corteza

Anexo N° 6. Memoria fotográfica.