

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL



“DETERMINACIÓN DEL TIEMPO OPTIMO DEL SECADO AL AIRE LIBRE MEDIANTE EL MÉTODO TRIANGULO HORIZONTAL, DE LA ESPECIE PALTA (*Persea americana* Mill), PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE EMBOROZU”.

Por:

GLORIA ROXANA HIDALGO MULLICUNDO

Tesis presentada a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Gestión 2017

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

Ing. Javier Ariel Castillo Gareca

DOCENTE GUIA

Msc. Ing. Freddy Castro Salinas

DECANO

FAC. Ciencias Agrícolas y

Forestales

Msc. Ing. Luis Arandia Mendivil

VICEDECANO

FAC. Ciencias Agrícolas y

Forestales

APROVADO POR:

TRIBUNAL:

Msc. Ing. Pedro Brozovich Farfán

Msc. Ing. Deimer Jesús Moreno Molina

Msc. Ing. José Adel Molina Ramos

DEDICATORIA:

A mi padre (Q.E.P.D.) con mucho amor en su memoria, a mi madre por toda la educación, apoyo y amor que me dio, a mis hermanos por todo el cariño que nos tenemos y a todas mis amigas que siempre estuvieron conmigo brindándome su amistad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a:

A Dios por iluminarme en mi camino por haber puesto en mí el don de sabiduría y fe, lo que me fortaleció para llegar a alcanzar mi propósito propuesto y ser lo que soy de todo corazón mil gracias.

A mi madre agradezco infinitamente por ser la voz de aliento, por su comprensión, cariño y amor que me brindo en la etapa de formación profesional, mi mayor gratitud ante ella.

A mis hermanos y hermana por estar a mi lado y apoyarme siempre día tras día.

Al personal académico y administrativo de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales por su valioso apoyo durante mi etapa de formación.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal por haberme enseñado, con mucha constancia y sabiduría en todos estos años de formación profesional.

A mi profesor Guía. Ing. Javier Ariel Castillo Gareca mil gracias...!! Por la colaboración y apoyo que me brindo en este tiempo.

A mis compañeros y amigos (as) por haber compartido momentos gratos que de seguro nunca he de olvidar.

ÍNDICE

Hoja de aprobación

Hoja de advertencia

Agradecimientos

Resumen

PÁG.

CAPITULO I

1 INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACION.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivo específicos.....	3

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Higroscopicidad de la madera.....	4
2.2 Tipos de agua en la madera.....	4
2.2.1 Agua libre.....	4
2.2.2 Agua de inhibición.....	5
2.2.3 Agua de constitución.....	5
2.3 Movimiento del agua en la madera.....	5
2.3.1 Gradiente de humedad en la madera.....	6
2.3.2 Determinación del contenido de humedad en la madera.....	7
2.3.3 Agua evaporable.....	7

2.4 Humedad relativa y humedad absoluta	8
2.4.1 humedad relativa (HR).....	8
2.4.2 Humedad absoluta (W).....	8
2.5 Humedad del aire.....	8
2.6 Humedad de equilibrio higroscópico (HEH).....	8
2.7 Velocidad del aire.....	9
2.8 Proceso de secado de la madera.....	9
2.8.1 Gradiente de secado.....	10
2.9 Resistencia a deterioro por agentes biológicos.....	10
2.10 Defectos en el secado de la madera.....	11
2.10.1 Causas de los defectos del secado.....	11
2.11 Tensiones internas en el transcurso del secad.....	12
2.12 Apilado en triangulo	12
2.13 secado natural (al aire libre).....	13
2.13.1 ventajas del secado natural de la madera.....	13
2.13.2 Desventajas del secado natural de la madera.....	14
2.14 Principios generales ligados a la estructura de la madera.....	14
2.15 Factores externos que influyen en la circulación natural del agua.....	15
2.16 Información climatológica.....	16
2.17 Descripción de la especie en estudio.....	18
2.18 Descripción dendrológica.....	18
2.18.1 Árbol	18
2.18.2 Inflorescencias.....	19
2.18.3 Fruto.....	20
2.18.4 Semillas.....	21
2.18.5 Uso.....	21
2.18.6 Distribución geográfica.....	22
CAPITULO III	
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23

3.1 Descripción de la zona de estudio.....	23
3.1.1 Localización.....	23
3.1.2 Accesibilidad.....	25
3.1.3 Geomorfología.....	25
3.1.4 Fisiografía.....	25
3.1.5 Suelo.....	26
3.2 Características meteorológicas.....	26
3.2.1 Clima	26
3.2.2 Hidrología.....	26
3.3 Características bióticas.....	27
3.3.1 Vegetación.....	27
3.3.2 Fauna silvestre.....	27
3.3.3 Tierra de uso forestal.....	28
3.4 Aspectos socioeconómicos.....	28
3.4.1 Sistema de producción agrícola.....	28
3.4.2 Uso actual de la tierra.....	28
3.4.3 Principales actividades económicas de las familias.....	29
3.4.4 Producción ganadera.....	29
3.5 MATERIALES.....	29
3.5.1 Fase de campo.....	29
3.5.2 Fase de gabinete.....	30
3.5.3 Material biológico.....	30
3.5.4 Fase de aserradero.....	30
3.5.5 Fase de laboratorio.....	30
3.6 METODOLÓGIA.....	31
3.6.1 Definición de la población.....	32
3.6.2 Selección de la zona.....	32
3.6.3 Selección de los arboles.....	32
3.6.4 Selección de las trozas.....	32

3.6.5 Obtención del tablón.....	32
3.6.6 Obtenían de las tablas.....	33
3.6.7 Obtención de las probetas.....	33
3.6.8 Codificación de las Probetas.....	34
3.6.9 Esquema de obtención de las muestras.....	35
3.6.10 Características de los arboles.....	36
3.6.11 Método de apilado.....	37
3.6.12 Base del apilado.....	37
3.6.13 Cubierta o techo.....	38
3.6.14 Orientación de la pila.....	38
3.7 Procedimiento para el control del secado.....	38
3.7.1 Registro de datos del secado al aire libre.....	39
3.7.2 Distribución d la humedad en la madera.....	39
3.8 Evaluación de defectos.....	40
3.9 Distribución de la humedad.....	40
CAPITULO IV	
4 RESULTADOS.....	42
4.1 Contenido de humedad inicial.....	42
4.2 Cálculo de la densidad básica y peso específico anhidro	43
4.3 Análisis estadístico	45
4.4 Control de defectos.....	52
4.5 Distribución de la humedad en el espesor.....	54
4.6 Gradiente y agua evaporable.....	57
CAPITULO V	
5.1 CONCLUSIONES.....	60
5.2 RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXOS FOTOGRAFICOS.....	65

INDICE DE IMAGEN

	PÁG.
Imagen N°1: Semilla.....	21

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
Cuadro N° 1: Datos climáticos AASANA – Tarija.....	16
Cuadro N° 2: Normas para Determinar los Ensayos.....	31
Cuadro N° 3: Características de los arboles	36
Cuadro N° 4: Clasificación visual por defectos para madera.....	40
Cuadro N° 5: Cálculo del contenido de humedad inicial.....	42
Cuadro N° 6: Determinación de la densidad básica y el peso específico.....	44
Cuadro N°7: Peso de control.....	46
Cuadro N° 8: Análisis estadístico del contenido de humedad de control para el secado al aire libre.....	47
Cuadro N° 9: Temperaturas y humedad relativa en periodo de secado.....	52
Cuadro N° 10: Defectos producidos en el secado.....	52
Cuadro N° 11: Distribución de la humedad (%) en el espesor de la madera secada al aire libre.....	55
Cuadro N° 12: Resultados de la humedad de equilibrio higroscópico HEH %.....	57
Cuadro N° 13: Cálculo del agua evaporable, gradientes de humedad y secado bajo cubierta.....	58

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

	PÁG.
Fotografía N°1: Triángulo horizontal.....	13
Fotografía N°2: Vista general del árbol.....	19
Fotografía N°3: Hojas.....	19
Fotografía N°4: Inflorescencia.....	20
Fotografía N°5: Fruto.....	20
Fotografía N°6: Método de apilado triangulo horizontal.....	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PÁG.
Figura N° 1: Temperatura y humedad relativa.....	17
Figura N°2: Esquema de aserrío de la especie palta.....	36
Figura N°3: Comportamiento promedio de la curva teórica de secado al aire libre según cuadro N° 10.....	49
Figura N°4: Comportamiento de la curva teórica de secado al aire libre del árbol N° 1.....	50
Figura N°5: Comportamiento de la curva teórica de secado al aire libre del árbol N° 5.....	51
Figura N°6: Distribución de la humedad en el espesor de la madera secada al aire libre.....	56

INDICE DE MAPAS

	PAG.
Zona de extracción de muestras – Emborozú.....	24
Mapa de ubicación campus universitario.....	72