

**[UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL**



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA  
ESPECIE PALTA *Persea americana Mill* PROCEDENTE DE LA  
COMUNIDAD PAMPA GRANDE, MUNICIPIO DE SAN  
LORENZO - TARIJA**

**Por:**

**LUIS MIGUEL CASTRILLO ZENTENO**

Trabajo de tesis presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal.

Gestión - 2018

**TARIJA - BOLIVIA**

**VºBº**

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

**DOCENTE GUÍA**

.....  
M.Sc. Ing. Freddy Castro Salinas

**DECANO *a.i.***

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....  
M.Sc. Ing. Luis Arandia Mendevil

**VICEDECANO *a.i.***

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
M.Sc. Ing. Carlos Alberto Cossío Narváez

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

.....  
Ing. For. Javier Ariel Castillo Gareca

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

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis queridos padres *Santiago* y *Elva*, por el sacrificio y esfuerzo dado a lo largo del camino que hizo posible mi formación profesional.

A mis amigos y familiares por el apoyo incondicional durante todo este tiempo y a mi hijo *Mariano Jesús* que fue el pilar que me impulso durante todo este proceso

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a **Dios**, a mis padres y amigos por el gran apoyo brindado en todos los años de estudio y en mi vida.

A todos los docentes, administrativos y amigos de la Carrera de Ingeniería Forestal por compartir sus conocimientos y cooperación que forjo mi formación profesional.

A mi tribunal revisor por sus más sinceras y correctas observaciones en la revisión.

## ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	

## INTRODUCCIÓN

	Página
1. Antecedentes .....	1
2. Justificación.....	2
3. Objetivos .....	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivos específicos .....	3

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Los árboles fuera del bosque.....	4
1.2. Descripción morfológica de la Palta <i>Persea americana Mill</i> .....	4
1.2.1. Hojas .....	4
1.2.2. Flores.....	4
1.2.3. Fruto .....	5
1.2.4. Taxonomía.....	5
1.2.5. Características botánicas de la Palta .....	5
1.3. Aspectos técnicos de la Palta .....	6
a) Ecología.....	6
b) Altitud .....	6
c) Precipitación.....	6
d) Humedad .....	6
e) Suelos y topografía.....	6

	Página
1.3.1. Usos más frecuentes de la Palta .....	6
1.4. Importancia de la madera .....	7
1.4.1. Factores que influyen en las propiedades físicas de la madera .....	7
1.4.2. Contenido de humedad en la madera .....	8
1.4.3. Tipos de agua existentes en la madera .....	8
1.4.3.1. Agua libre.....	9
1.4.3.2. Agua de saturación, higroscópica o fija .....	9
1.4.3.3. Agua de constitución.....	9
1.5. Propiedades físicas de la madera.....	9
1.5.1. Anisotropía.....	10
a) Dirección axial .....	10
b) Dirección radial .....	10
c) Dirección tangencial .....	10
1.5.2. Higroscopicidad .....	10
1.5.3. Densidad.....	11
1.5.4. Peso específico.....	11
1.5.5. Contracciones.....	11
1.5.5.1. Contracción y distorsión de la madera .....	12
1.5.6. Contenido de humedad de equilibrio .....	12
1.5.7. Punto de saturación de la pared celular (PSPC).....	12
1.5.8. Sorción de la madera.....	13
1.5.9. Hinchazón y merma .....	13

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

2.1. Ubicación de la área de estudio.....	14
2.1.1. Acceso al área de estudio .....	14
2.1.2. Población.....	16
2.2. Aspectos biofísicos.....	16

	Página
2.2.1. El clima .....	16
a) Clima cálido desértico.....	17
b) Clima cálido semiárido .....	17
2.3. Suelo.....	18
2.4. Vegetación.....	18
2.4.1. Primer piso ecológico (Puna > 3100 msnm).....	20
2.4.2. Segundo piso ecológico (Prepuna 2300 – 3100 msnm).....	20
2.4.3. Tercer piso ecológico (Montano 2000 a 2300 msnm) .....	21
2.4.4. Cuarto piso ecológico (Subandino y Valluno < a 1900 msnm) .....	21
2.5. Fauna .....	21
2.6. Aspectos socioeconómicos.....	23
2.6.1. Uso de la tierra .....	23

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y METODOLOGÍA**

3.1. Materiales.....	24
3.1.1. Materiales de campo .....	24
3.1.2. Materiales de laboratorio.....	24
3.1.3. Materiales de gabinete.....	25
3.2. Metodología .....	25
3.3. Selección de la zona .....	26
3.3.1. Selección de los árboles .....	26
3.3.2. Selección de las trozas .....	26
3.3.3. Selección de las viguetas dentro de la troza .....	26
3.3.4. Obtención de la probetas dentro de las viguetas .....	27
3.3.5. Codificación de la probetas.....	27
3.4. Proceso de toma de datos de las propiedades físicas .....	28
3.4.1.1. Etapa uno – madera en estado verde.....	28
3.4.1.2. Etapa dos – madera en estado seco al aire.....	28



	Página
3.4.1.3. Etapa tres – madera en estado anhidro .....	29
3.4.2. Determinación del contenido de humedad.....	29
3.4.3. Determinación del peso específico y densidad básica .....	29
3.4.4. Determinación de la contracción.....	30
3.4.5. Determinación de la tasa de estabilidad.....	30
3.4.6. Determinación de la porosidad.....	30
3.4.7. Determinación de la humedad máxima.....	30
3.5. Análisis estadístico de los resultados .....	31
a) Valor promedio ( $\bar{X}$ ) de los valores individuales por árbol.....	31
b) Estimación de la varianza.....	31
c) Determinación del coeficiente de variación .....	33
d) Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total .....	34
e) Determinación del valor relativo del intervalo de confianza ( $\pm P$ ) .....	34

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Presentación de resultados .....	36
4.1.1. Contenido de humedad.....	36
4.1.2. Peso específico.....	36
4.1.3. Densidad básica y peso específico ajustado al 12%.....	37
4.1.4. Contracciones .....	38
4.1.5. Tasa de estabilidad .....	38
4.1.6. Porosidad.....	38
4.1.7. Contenido de humedad máximo.....	39

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	43
a) Peso específico.....	43

	Página
b) Contracción .....	43
c) Tasa de estabilidad .....	43
d) Porosidad.....	44
5.2. Recomendaciones.....	44
Bibliografía .....	45
Anexos.....	.....

### **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro N° 1 Taxonomía de la Palta .....	5
Cuadro N° 2 Registros meteorológicos de la estación Campanario.....	17
Cuadro N° 3 Vegetación endémica de la zona .....	19
Cuadro N° 4 Especies endémicas de la fauna .....	22
Cuadro N° 5 Datos para el análisis estadístico .....	31
Cuadro N° 6 Fórmulas para determinar la varianza .....	32
Cuadro N° 7 Valores para la seguridad estadística .....	34

### **ÍNDICE DE MAPAS**

Mapa N° 1 Ubicación del área de investigación .....	15
---	----

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla N° 1 Análisis estadístico de las propiedades físicas, contenido de humedad seco al aire.....	35
Tabla N° 2 Contenido de humedad .....	36
Tabla N° 3 Pesos específicos en sus diferentes contenidos de humedad .....	36
Tabla N° 4 Densidad básica y peso específico ajustado al 12% .....	37
Tabla N° 5 Contracciones tangencial, radial y volumétrica .....	38
Tabla N° 6 Tasas de estabilidad .....	38
Tabla N° 7 Porosidad .....	39
Tabla N° 8 Contenido de humedad máximo .....	39
Tabla N° 9 Datos de peso, volumen y dimensiones tomados en laboratorio .....	40

	Página
Tabla N° 10 Datos totales de las propiedades físicas .....	41

### **ANEXOS**

Anexo N° 1 Clave para la identificación de maderas, Antonio Arostegui V. 1975	
Anexo N° 2 Clasificación del uso de la maderas según sus propiedades físicas, Hannes Hoheissel 1972	
Anexo N° 3 Análisis estadístico de las propiedades físicas	

### **ÍNDICE DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO**

Fotografía N° 1 Seccionamiento de las muestras en el área de estudio	
Fotografía N° 2 Extracción de las muestras fuera del área de estudio	
Fotografía N° 3 Dimensionamiento para las probetas	
Fotografía N° 4 Corte en la sierra sinfín de las probetas	
Fotografía N° 5 Probetas preparadas para los ensayos en laboratorio	
Fotografía N° 6 Toma de datos dimensionales de las probetas	
Fotografía N° 7 Toma de datos del peso y el volumen	
Fotografía N° 8 Probetas colocas al horno y parafinado de las mismas	