

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



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE
LA ESPECIE *Persea americana* Mill PROCEDENTE DE LA
COMUNIDAD PAMPA GRANDE, MUNICIPIO DE SAN
LORENZO, PROVINCIA MÉNDEZ, TARIJA**

Por:

NELVIN JAVIER GARECA ESPINDOLA

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

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

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. Pedro Brozovich Farfán

.....
M.Sc. Ing. Deimer Jesús Moreno Molina

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

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

Esté trabajo lo dedico a mis queridos padres *Francisco y Natividad* por ser los responsables de mi formación, por su fe inquebrantable, amor, ejemplo de vida, razones de mí existir que los tendré siempre presente conmigo.

A mis hermanos *Fidel y Magali* que son el complemento de mi felicidad, quienes me brindaron su cariño y comprensión en cada momento de mi vida y ha toda mi hermosa familia que comparten conmigo esté logro y alegría.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante de mi vida y situarme en una vida con posibilidades únicas.

Al Ingeniero Forestal Javier Ariel Castillo Gareca, a los propietarios del predio, por su incondicional apoyo en la culminación de este trabajo, a quien respeto, admiro y tengo un cariño especial.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, en especial a mi Carrera de Ingeniería Forestal, a mis estimados docentes, por las enseñanzas vertidas en estos primeros pasos de mi formación académica y a todas las personas que directa e indirectamente me ayudaron a realizar este trabajo.

ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	

INTRODUCCIÓN

	Página
1. Antecedentes	1
2. Justificación	3
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos	4

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. La madera	6
1.1.1. Estructura de la madera	6
1.1.2. Planos de corte de la madera	6
a) Corte transversal	6
b) Corte tangencial	6
c) Corte radial	7
1.2. Propiedades mecánicas de la madera	7
1.2.1. Factores que inciden sobre las propiedades mecánicas de la madera	7
1.2.1.1. Contenido de humedad	7
1.2.1.2. Densidad	8
1.2.1.3. Angulo de las fibras	8
1.2.1.4. Nudosidad	8
1.2.1.5. Temperatura	8
1.2.1.6. Otras influencias	9

	Página
1.3. Carga y esfuerzo	9
1.3.1. Diagrama esfuerzo - deformación	10
1.3.2. Ley de Hooke	12
1.4. Recursos forestales.....	13
1.4.1. Bosques siempre verdes y húmedos en tierras bajas.....	14
1.4.2. Bosque húmedo subtropical	14
1.4.3. Bosque semihúmedo bajo	14
1.4.4. Bosque semiárido bajo	14
1.5. Clasificación de las zonas forestales	15
1.6. Descripción morfológica de la Palta <i>Persea americana Mill</i>	15
1.6.1. Hojas.....	15
1.6.2. Flores	15
1.6.3. Fruto	16
1.6.4. Taxonomía	16
1.6.5. Características botánicas de la Palta	16

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Ubicación de la zona de estudio	18
2.1.1. Acceso a la zona de estudio	18
2.1.2. Población.....	20
2.2. Aspectos biofísicos.....	20
2.2.1. El clima	20
a) Clima cálido desértico.....	21
b) Clima cálido semiárido	21
2.3. Suelo	22
2.4. Vegetación	22
a) Primer piso ecológico (Puna > 3100 msnm)	24
b) Segundo piso ecológico (Prepuna 2300 – 3100 msnm)	24

	Página
c) Tercer piso ecológico (Montano 2000 a 2300 msnm).....	25
d) Cuarto piso ecológico (Subandino y Valluno < a 1900 msnm).....	25
2.5. Fauna.....	25
2.6. Aspectos socioeconómicos.....	27
2.6.1. Uso de la tierra	27

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Materiales	28
3.1.1. Materiales de campo	28
3.1.2. Materiales de aserradero.....	28
3.1.3. Materiales de laboratorio.....	28
3.1.4. Materiales de gabinete	29
3.2. Metodología	29
3.2.1. Selección y colección de muestras.....	29
3.2.1.1. Definición de población	30
3.2.2. Selección de los árboles	30
3.2.2.1. Ubicación de los árboles en el área de estudio	30
3.2.3. Selección de las trozas.....	30
3.2.3.1. Selección de las viguetas dentro de la troza.....	30
3.2.3.2. Aplicación del tratamiento profiláctico	31
3.2.3.3. Obtención de las probetas dentro de las viguetas	31
3.2.4. Codificación de las probetas	33
3.2.5. Realización de los ensayos.....	34
3.2.5.1. Determinación de flexión estática.....	34
a) Esfuerzo limite proporcional ELP	35
b) Módulo de ruptura MOR	36
c) Módulo de elasticidad MOE	36
3.2.5.2. Determinación de la compresión paralela al grano	37

	Página
3.2.5.3. Determinación de la compresión perpendicular al grano	39
3.2.5.4. Determinación de la dureza	40
3.2.5.5. Determinación de cizalladura	41
3.2.5.6. Extracción de clavos	43
3.3. Análisis estadístico de los resultados	44
a) Valor promedio (\bar{X}) de los valores individuales por árbol.....	44
b) Estimación de la varianza	44
c) Determinación del coeficiente de variación	46
d) Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total.....	47
e) Determinación del valor relativo del intervalo de confianza ($\pm P$)	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados.....	49
4.1.1. Flexión estática.....	49
4.1.2. Compresión paralela al grano	50
4.1.3. Compresión perpendicular al grano	50
4.1.4. Dureza	51
4.1.5. Extracción de clavos	51
4.1.6. Cizallamiento.....	51

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	59
a) Flexión estática	59
b) Compresión paralela.....	59
c) Compresión perpendicular.....	59
d) Dureza.....	60

	Página
e) Extracción de clavos	60
f) Cizallamiento	60
5.2. Recomendaciones	60
Bibliografía	62
Anexos	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Superficie de las zonas forestales.....	15
Cuadro N° 2 Taxonomía de la Palta	16
Cuadro N° 3 Rangos de clasificación climática de (Caldas).....	21
Cuadro N° 4 Vegetación endémica de la zona	23
Cuadro N° 5 Especies endémicas de la fauna	26
Cuadro N° 6 Coordenadas de los árboles	30
Cuadro N° 7 Número y dimensiones de las probetas	33
Cuadro N° 8 Datos para el análisis estadístico	44
Cuadro N° 9 Fórmulas para determinar la varianza	45
Cuadro N° 10 Valores para la seguridad estadística	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Análisis estadístico, propiedades mecánicas Flexión estática MOR	48
Tabla N° 2 Flexión estática	50
Tabla N° 3 Compresión paralela al grano	50
Tabla N° 4 Compresión perpendicular al grano	50
Tabla N° 5 Dureza	51
Tabla N° 6 Extracción de clavos	51
Tabla N° 7 Cizallamiento	51
Tabla N° 8 Datos totales de las propiedades mecánicas, flexión estática	53

	Página
Tabla N° 9 Datos totales de las propiedades mecánicas, compresión paralela al grano	54
Tabla N° 10 Datos totales de las propiedades mecánicas, compresión perpendicular al grano.....	55
Tabla N° 11 Datos totales de las propiedades mecánicas, dureza	56
Tabla N° 12 Datos totales de las propiedades mecánicas, extracción de clavos	57
Tabla N° 13 Datos totales de las propiedades mecánicas, cizallamiento	58

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica N° 1 Diagrama esfuerzo – deformación	11
Gráfica N° 2 Diagrama del ensayo de compresión paralela.....	12
Gráfica N° 1 Flexión estática	49

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1 Flexión estática.....	35
Fotografía N° 2 Compresión paralela al grano.....	37
Fotografía N° 3 Compresión paralela al grano.....	39
Fotografía N° 4 Determinación de la dureza de los extremos.....	40
Fotografía N° 5 Determinación de la cizalladura	42
Fotografía N° 6 Extracción de clavos.....	43

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa de ubicación del área de investigación	19
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS, ANTONIO AROSTEGUI V. 1975
Anexo N° 2 FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN, PADT-REFORT 1982

Anexo N° 3 FALLAS EN LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN PARALELA PADT-
REFORT 1982

ÍNDICE DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO

Fotografía N° 1 Hoja y fruto de la Palta *Persea americana Mill*.....

Fotografía N° 2 Seccionamiento del fuste para el traslado al aserradero.....

Fotografía N° 3 Dimensionamiento para las probetas.....

Fotografía N° 4 Dimensionamiento de las probetas.....

Fotografía N° 5 Probetas preparadas para el ensayo de laboratorio.....

Fotografía N° 6 Probetas acondicionadas para el ensayo en estado verde.....

Fotografía N° 7 Fallo en el ensayo de flexión estática, tracción simple

Fotografía N° 8 Fallo en el ensayo de compresión paralela, aplastamiento.....