

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



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA**  
**MADERA DE QUEÑUA (*Polylepis tomentella* Wedd)**  
**PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE RAMADAS,**  
**MUNICIPIO DE YUNCHARÁ - TARIJA**

**POR:**

**NELSON ARMELLA JURADO**

Tesis presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería forestal

**GESTIÓN 2023**

**TARIJA - BOLIVIA**

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

## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir con mi carrera.

A mis padres Santiago Armella Galeán, Juliana Jurado y mis hermanos Jorge Carlos Armella Jurado, Yavile Gilda Armella Jurado y Fernando Armella Jurado, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional durante mi formación.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a dios por bendecirme y a ver hecho realidad este sueño tan anhelado.

Ala universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”  
Por darme la oportunidad de estudiar y ser profesional.

Ami docente guía Ing. Fidel Ibarra Martínez, al Ing. Ing. Javier Ariel Castillo Gareca, Ing. José Adel Molina Ramos e Ing. Pedro Brozovich Farfán por el apoyo brindado en la realización de mi tesis de grado.

A los docentes de la carrera de ingeniería forestal de la U.A.J.M.S. por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3

### CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. Madera	4
2.1. Estructura anatómica de la madera	4
2.1.1. Estructura macroscópica	4
2.2. Madera de tensión	6
2.3. Madera de compresión	7
2.4. Estructura microscópica	7
2.5. Célula vegetal	8
2.6. Estructura de la Pared Celular	11
2.7. Composición química de la madera	13
2.8. Movimiento del agua en la madera	15
2.8.1. Formas en que se encuentra el agua en la madera	15
2.9. Tipo de ensayos para el cálculo de propiedades físicas de la madera	17
2.10. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE QUEÑUA	21
2.10.1. Usos	22
2.10.2. Distribución	23
2.10.3. Pisos ecológicos de Tarija	24
2.10.4. Ecología de la especie	26
2.10.5. Importancia del Género <i>Polylepis</i>	27
2.11. Propiedades físicas de la madera	28
2.11.1. Contenido de humedad de la madera	28

2.11.2. Clasificación de la madera según su humedad	29
2.11.3. Determinación del Contenido de Humedad	30
2.11.4. Máximo Contenido de Humedad	31
2.12. Densidad	31
2.13. Cambios Dimensionales de la Madera	32
2.14. Peso Específico de la Madera	33
2.15. Peso Específico Real	33
2.16. Porosidad	34
2.17. Punto de Saturación de las Fibras (PSF)	34
2.17.1. Principio de Arquímedes	35

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	36
3.1. Tipo de investigación	36
3.1.2. Métodos aplicados	36
3.1.3. Técnicas de investigación	36
3.2. Descripción de la zona de estudio	36
3.2.1. Localización	36
3.2.2. Accesibilidad	37
3.2.3. Usos de la tierra	38
3.3. Características biofísicas	38
3.3.1. Clima	38
3.3.2. Temperatura	38
3.3.3. Suelo	41
3.3.4. Vegetación	41
3.3.5. Relieve	42
3.3.6. Fauna	43
3.4. Materiales	44
3.5. Selección y recolección de las muestras en fustes y Ramas	45
3.5.1. Selección y recolección de las muestras	46

3.5.2. Definición de la población	46
3.5.3. Selección de la zona	46
3.5.4. Selección de los árboles	47
3.5.5. Selección de las trozas	47
3.5.6. Extracción de las trozas y ramas primarias	48
3.5.7. Elaboración del tablón dentro de las trozas	48
3.5.8. Obtención de las probetas	48
3.5.9. Codificación de las probetas	50
3.5.10. Preparación de las probetas – propiedades físicas	51
3.6.. EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS	51
3.6.1. Peso específico y densidad básica	53
3.6.2. Contenido de humedad	54
3.6.3. Contracción	55
3.6.4. Tasa de estabilidad	58
3.6.5. Humedad máxima	58
3.6.6. Porosidad	59
3.6.7. Peso específico aparente al 12 %	60
3.6.8. Peso específico y densidad en ramas primarias	61

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS RESULTADOS	63
4.1. Estimación de la varianza	64
4.2. Determinación del coeficiente de variación	65
4.3. Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total	66
4.4. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA QUEUÑA ( <i>Polylepis tomentella</i> Wedd)	69
4.4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD	69
4.4.2. PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FUSTE	69
4.4.3. PESO ESPECÍFICO BÁSICO Y AL 12% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	69

4.4.4. CONTRACCIONES	70
4.4.5. TASA DE ESTABILIDAD	70
4.4.6. POROSIDAD	71
4.4.7. CONTENIDO DE HUMEDAD MÁXIMA	71
4.4.8. PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LAS RAMAS PRIMARIAS	71
4.4.9. PESO ESPECÍFICO BÁSICO DE LAS RAMAS PRIMARIAS	71
4.5. DISCUSIONES	74

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS	75
5.1. RECOMENDACIONES	77



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Taxonomía de especie Queuña ( <i>Polylepis tomentella</i> )	24
Cuadro N° 2. Datos climaticos	39
Cuadro N° 3. Diagrama de temperatura anual y precipitacion	40
Cuadro N° 4. Frecuencia de heladas (dias)	40
Cuadro N° 5. Arbustos (Comunidad de Ramadas)	41
Cuadro N° 6 . Pastos (Comunidad de Ramadas)	42
Cuadro N° 7. Árboles (Comunidad de Ramadas)	42
Cuadro N° 8. Fauna	43
Cuadro N° 9. Datos dasométricos de los árboles	47
Cuadro N° 10. Selecccion de las trozas y ramas primarias	48
Cuadro N°11. Dimensiones y número de probetas para los ensayos de propiedades físicas	50
Cuadro N°12. Dimensiones y número de probetas para los ensayos de propiedades físicas ramas primarias	50
Cuadro N°13. Densidad en verde, densidad seca al aire, densidad anhidra y densidad básica	54
Cuadro N° 14. Contenido de humedad	55
Cuadro N° 15. Contracciones, tangencial normal, radial normal, y volumétrica normal	55
Cuadro N° 16. Contracciones secas al horno, tangencial total, radial total, y volumétrica total	56
Cuadro N° 17. Tasa de estabilidad (seca al aire y seca al horno o anhidro)	58
Cuadro N° 18. Humedad máxima	59
Cuadro N° 19. Porosidad	60
Cuadro N° 20. Peso específico al 12 % CH	60
Cuadro N° 21. Densidad en verde, densidad seca al aire, densidad anhidra y densidad básica de las ramas primarias	61
Cuadro N° 22. Determinación de las variaciones (S12;S22;ST2)	64
Cuadro N° 23. Valores estadísticos	66
Cuadro N° 24. Contracción tangencial, radial y volumétrica	70
Cuadro N° 25. Tasa de estabilidad	70
Cuadro N° 26. Resultados de los ensayos de las propiedades fisicas del fuste	72
Cuadro N° 27. Resultados de los ensayos de las ramas primarias	73

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1. Anillos de crecimiento	6
Imagen N° 2. Madera de tensión	6
Imagen N° 3. Madera de compresión	7
Imagen N° 4. Esquema de los principales componentes de una célula vegetal.	9
Imagen N° 5. Parénquima	10
Imagen N°6. Colénquima laminar en el tallo	10
Imagen N° 7. Fibras de esclerénquima	11
Imagen N° 8. Esquema de la pared celular primaria y secundaria. S1, S2 y S3 son capas de la pared celular secundaria.	13
Imagen N° 9. Celulosa	14
Imagen N° 10. Hemicelulosa	14
Imagen N° 11. Alcoholes	15
Imagen N°12. Cuadro agua libre dentro de una estructura anatómica	16
Imagen N° 13. Agua de impregnación dentro de una estructura anatómica	16
Imagen N° 14. Agua de constitución dentro de una estructura anatómica	17
Imagen N°15. Proceso de pérdida del agua	17
Imagen N° 16. Probetas en estufa para el calculo de contenido de humedad	18
Imagen N° 17.° Xilohigrómetro	19
Imagen N° 18. Penetrómetro modelo Pylodin	20
Imagen N° 19. Equipo PLG para análisis de vibraciones	20
Imagen N° 20. Cuerpo sumergido en un liquido	35

## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA N° 1. Localización de la zona de obtención del material biológico	37
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1 Planilla para dimensiones en estado seco al aire	78
ANEXO N° 2 Planilla para dimensiones en estado verde	79
ANEXO N° 3 Planilla para dimensiones en estado seco al aire	80
ANEXO N° 4 Selección y colección de la muestra	81
ANEXO N° 5 Formulas a emplear en propiedades física	82
ANEXO N° 6 Clave para la clasificación de Maderas Arostegui A. 1975	88
ANEXO N° 7 Clasificación de las especies según los posibles usos de la madera mediante las propiedades físicas (hannes hoheisel.1972)	90
ANEXO N° 8 Taxonomía de la especie Queñua ( <i>Polylepis tomentella Wedd</i> )	92
ANEXO N° 9 Planilla toma de datos	93
ANEXO N° 10 Planilla toma de datos de las ramas primarias	95
ANEXO N° 11 Mapa de la Ubicación	96
ANEXO N° 12 Mapa de la parcela N° 1	97
ANEXO N° 13 Mapa de la parcela N° 2	100
ANEXO N° 14 Mapa de la parcela N° 3	103
ANEXO N° 15 Mapa de la parcela N° 4	106
ANEXO N° 16 Mapa de la parcela N° 5	109

## **ÍNDICE DE ANEXOS FOTOGRAFÍAS**

Fotografía N° 1	Selección de los Árboles	112
Fotografía N° 2	Derribe del Árbol	112
Fotografía N° 3	Codificación de trozas	113
Fotografía N° 4	Obtención de las Probetas	113
Fotografía N° 5	Codificación de cada probeta	114
Fotografía N° 6	Medición de la Probeta de las caras radial y tangencial	114
Fotografía N° 7	Peso en (g) de las Probetas	115
Fotografía N° 8	Pesado de las Probetas para sacar el volumen por el método de inmersión	115
Fotografía N° 9	Seco al Aire de las Probetas	116
Fotografía N° 10	Colocado de las probetas a la estufa	116
Fotografía N° 11	Probetas parafinadas con seré de vela	117