

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



**TESIS DE GRADO**

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE  
CUTA DEL BAJO PARAGUA (*Apuleia leiocarpa*), (*J. Vogel*), *J.F. Macbride*.  
DEL MUNICIPIO DE IXIAMAS DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

**Por:**

**CRISTHIAN GIOVANNY SÁNCHEZ AGUIRRE**

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

**Gestión 2016**

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
M. Sc. Ing. Fidel Ibarra Martínez  
**PROFESOR GUÍA**

.....  
M. Sc. Ing. Linder Espinoza Márquez  
**DECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

.....  
M. Sc. Ing. Henry Valdez Huanca  
**VICEDECANO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

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

.....  
Ing. Pedro Brozovich Farfan.

.....  
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**

Con infinita admiración y amor a mis padres **Juan Sánchez Díaz, Lucia Aguirre Fernández y hermanos**. Por haberme enseñado el respeto a las personas, la responsabilidad de los compromisos y el afán de superación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por bendecirme y haber hecho realidad este sueño tan anhelado.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, en especial a mi **Carrera de Ingeniería Forestal**, a mis docentes, por compartir sus conocimientos y experiencias en mi formación académica y a todos mis amigos y compañeros que directa e indirectamente me ayudaron en el transcurso de este proceso de formación.

**ÍNDICE**  
**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

	<b>Página.</b>
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2

**CAPÍTULO II**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

2.1. Propiedades físicas de la madera.....	3
2.2.1. Contenido de humedad.....	3
2.2.2. Movimiento del agua en la madera. ....	4
2.2.3. Forma en la que se encuentra el agua en la madera.....	4
2.2.4. Clasificación de la madera según su humedad.....	5
2.2.4.1. Determinación del contenido de humedad.....	6
2.2.4.2. Máximo contenido de humedad.....	7

2.2.5. Densidad.....	7
2.2.6. Peso específico de la madera.....	8
2.2.6.1. Peso específico.....	8
2.2.6.2. Peso específico aparente.....	8
2.2.7. Porosidad.....	9
2.2.8. Contracción.....	9
2.2.9. Factores que influyen en el peso específico.....	9
2.2.9.1. Factores propios de la madera.....	9
2.2.9.2. Factores externos de la madera.....	10
2.2.9.3. Fenómenos climáticos.....	10
2.3. Descripción de la especie.....	10
2.4. Descripción dendrológica.....	11
2.4.1. Árbol.....	11
2.4.2. La copa.....	11
2.4.3. La corteza.....	12
2.4.4. Inflorescencia.....	12
2.4.5. Hojas.....	13
2.4.6. Fruto.....	13
2.4.7. Características de la madera.....	13
2.4.8. Color.....	14

2.4.9. Olor.....	14
2.5. Distribución geográfica.....	14

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Descripción de la zona de estudio.....	15
3.2.1. Localización.....	15
3.2.2. Geología y suelos.....	16
3.2.3. Clima.....	16
3.2.4. Precipitación.....	17
3.2.5. Temperatura.....	17
3.2.6. Vientos.....	17
3.2.7. Vegetación.....	18
3.2.8. Fauna.....	19
3.2.9. Hidrografía.....	21
3.2.10. Uso de la tierra.....	22
3.2.11. Uso agrosilvopastoril.....	22
3.2.12. Uso forestal.....	23
3.2.13. Uso urbano.....	24
3.2.14. Área protegida.....	24



3.2.15. Aspectos socioeconómicos.....	24
3.3. Materiales y métodos.....	25
3.3.1. Materiales.....	25
3.3.2. Metodología.....	27
3.3.2.1. Selección y recolección de muestras.....	27
3.3.2.2. Definición de la población.....	27
3.3.2.3. Selección de la zona.....	27
3.3.2.4. Selección de los arboles.....	28
3.3.2.5. Ubicación del área seleccionada.....	30
3.3.2.6. Identificación y derribe de los arboles.....	30
3.3.2.7. Selección de las trozas.....	30
3.3.2.8. Extracción de las trozas .....	31
3.3.2.9. Selección de las viguetas dentro de las trozas.....	31
3.3.2.10. Obtención de las probetas dentro de las viguetas.....	33
3.3.2.11. Codificación de las probetas.....	33
3.4.1. Ejecución de los ensayos de propiedades físicas.....	34
3.4.2. Peso específico y densidad básica.....	35
3.4.3. Contracciones.....	36
3.4.4. Taza de estabilidad.....	38
3.4.5. Humedad máxima.....	38

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

4.1. Análisis estadístico de los resultados.....	40
4.4.1. Estimación de la varianza.....	41
4.4.2. Determinación del coeficiente de variación.....	42
4.4.3. Calculo del intervalo de confianza para el valor promedio total.....	43

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

5.1. Resultados para las propiedades físicas.....	46
5.5.1. Contenido de humedad.....	46
5.5.2. Peso específico aparente.....	46
5.5.3. Densidad básica y peso específico ajustado al 12%.....	47
5.5.4. Contracciones.....	47
5.5.5. Taza de estabilidad.....	47
5.5.6. Porosidad.....	48
5.5.7. Máximo contenido de humedad.....	48

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. Conclusiones de las propiedades físicas.....	49
6.1.1. Peso específico.....	49
6.1.2. Contracción.....	49
6.1.3. Taza de estabilidad.....	49
6.2. Recomendaciones.....	50

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

7.1. Bibliografía.....	51
------------------------	----

**ANEXOS VII**  
**ÍNDICE DE CUADROS**

	<b>Página.</b>
Cuadro 1: Especies de fauna y sus estados de conservación.....	20
Cuadro 2: Árboles seleccionados con sus coordenadas.....	28
Cuadro 3: Densidad en verde, seca al aire, anhidra, y básica.....	36
Cuadro 4: Contracción seca al aire, tangencial normal, radial normal y volumétrica normal	37
Cuadro 5: Contracción seco al horno, tangencial total, radial total y volumétrica total	37
Cuadro 6: Determinación de las variaciones.....	41
Cuadro 7: Valores estadísticos.....	43
Cuadro 8: Propiedades físicas: análisis estadístico: contenido de humedad en verde	44
Cuadro 9: Contracciones: seco al aire, anhidro, ajuste al 12%.....	47
Cuadro 10: Taza de estabilidad: seco al aire y anhidro.....	48

**ÍNDICE DE FOTOS**

Foto 1: Especie arbórea de la cuta del bajo paragua ( <i>Apuleia leiocarpa</i> ), ( <i>J. Vogel</i> ), <i>J.F. Macbride</i> .	11
Foto 2: Corteza externa e interna de la especie cuta del bajo paragua ( <i>Apuleia leiocarpa</i> ), ( <i>J. Vogel</i> ), <i>J.F. Macbride</i> .	12

Foto 3: Hoja, flor y fruto de la especie cuta del bajo paragua ( <i>Apuleia leiocarpa</i> ), ( <i>J. Vogel</i> ), <i>J.F. Macbride</i> .	13
Foto 4: Selección y marcado de los árboles.....	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos de las propiedades físicas de la cuta.....	54
Anexo 2: Cuadro de resultados.....	55
Anexo 3: Planillas de toma de datos.....	56
Anexo 4: Planilla de selección y colección de muestras.....	59
Anexo 5: Fórmulas utilizadas en las propiedades físicas.....	62
Anexo 6: Claves para la clasificación de maderas .....	68
Anexo 7: Clasificación según los posibles usos de la madera.....	70

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS EN ANEXOS

Fotografía 1: Derribe del árbol de la especie cuta.....	71
Fotografía 2: Materiales empleados en el estudio de las propiedades físicas de la especie cuta	72
Fotografía 3: Pesando las probetas en la balanza de precisión .....	72
Fotografía 4: Colocado de las probetas a la estufa.....	73
Fotografía 5: Parafinado de las probetas para sacar el volumen por inmersión.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trozado y aserrado de la madera.....	32
--	----

## ÍNDICE MAPAS EN ANEXOS

Mapa 1: Ubicación del municipio de Ixiamas.....	15
Mapa 2: Árboles aprovechables de la ASL San Antonio.....	74
Mapa 3: Ubicación de los árboles que fueron seleccionados para el estudio.....	75
Mapa 4: Poligonal del área de manejo de la ASL San Antonio, superpuesta a imagen Satelital, landsat 2011	30