

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



**PROPIEDADES FÍSICAS DEL CARDÓN TABLA *Echinopsis  
tacaquirensis*, H. Friedrich & G. D. Rowley EN EL MUNICIPIO DE  
“TUPIZA”**

**Por:**

**EYMAR RIZO ACHU**

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 - 2017

**TARIJA - BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M.Sc. Ing. Orlando Erazo Campos

**DOCENTE GUÍA**

.....  
M.Sc. Ing. Freddy Castro Salinas *a.i.*

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....  
M.Sc. Ing. Luis Arandia Mendevil *a.i.*

**VICEDECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

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

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

.....  
M.Sc. Ing. Deimar Fernández

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

### **DEDICATORIAS:**

A tí bendito padre **JEHOVÁ**, por derramar sus bendiciones sobre mí y colmarme de fuerza para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.

A mis amados padres *Hugo y Esperanza* quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, por todo el esfuerzo y sacrificio por brindarme el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida.

A mis queridos hermanos *Mariel, Ibett, Ronald y Mireya* por estar siempre junto a mí, brindándome su apoyo moral y no abandonarme en los momentos de angustia.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A tí bendito padre **JEHOVÁ**, por estar junto a mí, iluminándome, guiando, cuidándome porque sin tí no hubiera logrado ninguno de mis propósitos.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en especial a la Carrera de Ingeniería Forestal, a todos mis docentes quienes fueron partícipes de mi formación profesional compartiendo sus conocimientos y experiencias.

A mi profesor guía el M.Sc. Ing. Orlando Erazo Campos por su orientación y amistad, que permitieron hacer posible el desarrollo del presente trabajo.

**ÍNDICE**  
**INTRODUCCIÓN**

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
	Página
1. Antecedentes .....	1
2. Justificación .....	2
3. Hipótesis.....	3
4. Objetivos .....	3
4.1. Objetivo general.....	3
4.2. Objetivos específicos .....	4

**CAPÍTULO I**

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

1.1. Especie en estudio .....	5
1.1.1. Importancia de la especie en estudio .....	5
1.2. Morfología de cactáceas columnares .....	5
1.2.1. Tallo y areolas .....	6
1.2.2. Costillas.....	6
1.2.3. Mamila o tubérculos.....	7
1.2.4. Espinas .....	7
1.2.5. Flores .....	8
1.2.6. Fruto .....	9

	Página
1.2.7. Semillas .....	9
1.2.8. Sistema de raíces .....	9
1.2.9. Fisiología.....	9
1.2.10. Fenología reproductiva.....	11
1.3. Descripción botánica.....	11
1.4. Porte .....	12
1.5. Germinación y desarrollo .....	12
1.6. Suelo.....	13
1.6.1. Protección del suelo .....	13
1.6.2. Requerimiento del suelo.....	13
1.7. Clasificación de las cactáceas .....	13
a) Columnares .....	13
b) Epifitas y trepadoras .....	13
c) Globosas.....	14
d) Nopales .....	14
1.8. Plagas y enfermedades .....	14
a) Plagas .....	14
Cochinilla algodonosa, ( <i>Aenodiella spp</i> ) .....	14
Piojo harinoso o cochinilla de la raíz, ( <i>Pseudicoccus spp</i> ).....	14
Pulgones .....	14
Escamas ( <i>Disapis echinocacti</i> ) .....	15

	Página
Araña roja ( <i>Tetranychus spp</i> ).....	15
Hormigas .....	15
Larvas diversas.....	15
b) Enfermedades.....	15
1.9. Anatomía de la madera de cactáceas.....	16
1.10. La madera de cactus seco .....	16
1.10.1. Modificación del tallo suculento .....	17
1.10.2. El cardón <i>Echinopsis spp.</i> .....	17
1.10.3. Diferencia del material leñoso.....	18
a) Cara exterior.....	18
b) Cara interior .....	18

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO**

2.1. Aspectos espaciales .....	19
2.1.1. Ubicación geográfica.....	19
2.1.2. Latitud y longitud .....	19
2.1.3. Límite territorial .....	19
2.1.4. Extensión territorial.....	20
2.2. Descripción fisiográfica .....	20
2.2.1. Altitudes .....	21



	Página
2.2.2. Relieve.....	21
2.2.3. Geología .....	21
2.2.4. Geomorfología .....	22
Unidades geomorfológicas de origen estructural.....	22
Unidades geomorfológicas de origen coluvio aluvial.....	22
Unidades geomorfológicas de origen aluvial.....	23
Unidades geomorfológicas de origen glacial .....	23
2.2.5. Hidrografía .....	23
Río Tupiza.....	23
2.2.6. Zonas agroecológicas .....	24
Valle .....	24
Cabecera de valle .....	24
Puna baja .....	24
Puna Alta.....	24
Alto Andino.....	26
2.2.7. Flora .....	26
2.2.8. Descripción del área de distribución de la especie en estudio .....	27
Prepuna .....	28
Puna norteña .....	28
Puna sureña .....	28
2.2.9. Fauna .....	29

	Página
2.3. Características climáticas .....	29
2.3.1. Temperatura .....	30
2.3.2. Precipitación.....	31
2.3.3. Diagrama bioclimático .....	32
2.3.4. Humedad relativa .....	33
2.3.5. Riesgos climáticos.....	33
Heladas.....	34
Escasez (falta de regularidad, lluvias).....	34
Granizadas.....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y METODOLOGÍA**

3.1. Materiales y metodología para la identificación, clasificación taxonómica y caracterización morfológica.....	35
3.1.1. Materiales .....	35
3.1.2. Metodología .....	35
3.2. Materiales y metodología para la determinación de las propiedades físicas... 35	
3.2.1. Materiales .....	36
Instrumentos.....	36
Equipo de campo.....	36
3.2.2. Metodología.....	36
3.2.3. Selección de la muestra .....	37

	Página
Ecológico .....	37
Volumen.....	37
Normativa.....	37
3.2.4. Preparación de las probetas .....	37
3.2.5. Normas utilizadas para el cálculo y análisis de las propiedades físicas.....	37
3.2.6. Codificación de las probetas .....	38
3.2.7. Proceso de toma de datos de las propiedades físicas .....	38
Etapa uno – madera en estado húmedo.....	38
Etapa dos – madera en estado seco al aire .....	39
Etapa tres – madera en estado anhidro.....	39
El contenido de humedad.....	40
Peso específico y densidad básica.....	40
La contracción.....	40
Tasa de estabilidad .....	41
La porosidad.....	41
Humedad máxima .....	41
3.2.8. Análisis estadístico de los resultados .....	41
Estimación de la varianza .....	42
Determinación del coeficiente de variación.....	43
Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total .....	44
Determinación del valor relativo del intervalo de confianza ( $\pm P$ ) .....	45

	Página
3.3. Materiales y metodología para la sistematización del conocimiento sobre el uso de Cardón tabla ( <i>Echinopsis tacaquirensis</i> ).....	46
3.3.1 Materiales .....	46
3.3.2. Metodología .....	46
3.3.3. Tipo de entrevista .....	46

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación y características de la especie.....	48
4.1.1. Identificación de la especie .....	48
4.1.2. Cambios en la nomenclatura científica .....	48
4.1.3. Clasificación taxonómica .....	48
4.1.4. Descripción morfológica .....	49
4.1.5. Hábitat .....	51
4.2. Propiedades físicas del Cardón tabla <i>Echinopsis tacaquirensis</i> .....	53
Contenido de humedad.....	53
Peso específico .....	54
Densidad básica y peso específico ajustado al 12%.....	55
Contracciones.....	55
Tasa de estabilidad .....	56
Porosidad.....	56
Contenido de humedad máximo.....	57

	Página
4.3. Uso y trabajabilidad del Cardón tabla <i>Echinopsis tacaquirensis</i> .....	57
4.3.1. Los usuarios.....	57
4.3.2. Regulaciones sobre el acceso al recurso .....	58
4.3.3. Principales productos elaborados .....	59
4.3.4. Características del aprovechamiento .....	59
4.3.5. Características de la transformación .....	60
4.3.6. Características del acabado del producto .....	61

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones de la identificación taxonómica y características de la especie	62
5.1.1. Identificación taxonómica y características de la especie .....	62
5.2. Conclusiones sobre las propiedades físicas Cardón tabla .....	62
5.2.1. Peso específico .....	62
5.2.2. Contracción .....	63
5.2.3. Tasa de estabilidad .....	63
5.2.4. Porosidad .....	63
5.3. Conclusiones sobre el uso y trabajabilidad Cardón tabla.....	63
5.3.1. Regulaciones sobre el acceso al recurso .....	64
5.3.2. Los usuarios y sus principales productos elaborados.....	64
5.3.3. Características de su aprovechamiento y su acabado final .....	64
5.4. Recomendaciones.....	65

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro N° 1 Extensión territorial.....	20
Cuadro N° 2 Altitudes de estaciones meteorológicas del municipio de Tupiza.....	21
Cuadro N° 3 Zonas agroecológicas del municipio de Tupiza .....	26
Cuadro N° 4 Principales especies de fauna silvestre del municipio de Tupiza.....	29
Cuadro N° 5 Registros meteorológicos de temperatura (°C) estación Tupiza .....	30
Cuadro N° 6 Datos de la precipitación pluvial total (mm) estación Tupiza.....	31
Cuadro N° 7 Registros (precipitación y temperatura) de la estación Tupiza .....	32
Cuadro N° 8 Registros meteorológicos de la estación Tupiza .....	33
Cuadro N° 9 Datos para el análisis estadístico.....	41
Cuadro N° 10 Fórmulas para determinar la varianza .....	42
Cuadro N° 11 Valores para la seguridad estadística .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1 Análisis estadístico de las propiedades físicas, porosidad .....	45
Tabla N° 2 Contenido de humedad del Cardón tabla .....	53
Tabla N° 3 Pesos específicos en sus diferentes contenidos de humedad .....	54
Tabla N° 4 Densidad básica y peso específico ajustado al 12% .....	55
Tabla N° 5 Contracciones tangencial, radial y volumétrica .....	55
Tabla N° 6 Tasas de estabilidad .....	56
Tabla N° 7 Porosidad .....	57
Tabla N° 8 Contenido de humedad máximo .....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico N° 1 Régimen térmico de la estación Tupiza .....	31
Gráfico N° 2 Régimen pluvial de la estación Tupiza .....	32
Gráfico N° 3 Diagrama bioclimático de la estación Tupiza .....	32
Gráfico N° 4 Distribución de la humedad relativa, estación Tupiza .....	33
Gráfico N° 5 Diferencia del contenido de humedad .....	53
Gráfico N° 6 Variación del peso específico .....	54
Gráfico N° 7 Ocupación de la porosidad en la madera .....	56
Gráfico N° 8 Consumidores del Cardón Tabla .....	57
Gráfico N° 9 Permisos de acceso al uso del Cardón Tabla .....	58
Gráfico N° 10 Productos elaborados del Cardón Tabla .....	59



## ÍNDICE DE MAPAS

	Página
Zonificación agroecológica del municipio .....	25

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía N° 1 La Cactácea y su flor.....	49
Fotografía N° 2 Tallo, pérdida de sus costillas y areolas .....	50
Fotografía N° 3 Areolas, costillas y espinas.....	51
Fotografía N° 4 Tallo, ramificación y raíces.....	51
Fotografía N° 5 Hábitat natural de la especie.....	52
Fotografía N° 6 Especies asociadas a <i>Echinopsis tacaquirensis</i> .....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Datos de peso, volumen y dimensiones .....	
Anexo N° 2 Datos totales de las propiedades físicas .....	
Anexo N° 3 Datos totales medios de las propiedades físicas.....	
Anexo N° 4 Análisis estadístico de las propiedades físicas .....	
Anexo N° 5 Fórmulas aplicadas para la determinación de las propiedades físicas.....	
Anexo N° 6 Clave para la identificación de maderas, Antonio Arostegui V. 1975 .....	
Anexo N° 7 Clasificación del uso de la maderas según sus propiedades físicas, Hannes Hoheissel 1972 .....	
Anexo N° 8 Planilla de la entrevista .....	
Anexo N° 9 Datos de la entrevista del uso y trabajabilidad del Cardón tabla <i>Echinopsis tacaquirensis</i> .....	
Anexo N° 10 Uso y trabajabilidad del Cardón tabla <i>Echinopsis tacaquirensis</i> .....	

## ÍNDICE DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO

Fotografía N° 1 Toma de datos dimensionales de las probetas.....	
Fotografía N° 2 Registro de datos dimensionales de la probeta.....	
Fotografía N° 3 Colocado de las probetas al horno para el secado anhidro.....	
Fotografía N° 4 Parafinado de las probetas en el calentador a baño María .....	
Fotografía N° 5 Toma de datos del peso y el volumen .....	
Fotografía N° 6 Toma de datos para la descripción botánica.....	
Fotografía N° 7 Toma de datos del diámetro .....	
Fotografía N° 8 Toma de datos del hábitat de la especie .....	
Fotografía N° 9 Proceso de transformación de la cactácea <i>Echinopsis tacaquirensis</i> a maderas muertas en pie .....	
Fotografía N° 10 Artesanías elaboradas por (CAEB-C1629) .....	
Fotografía N° 11 Tocón de la cactácea <i>Echinopsis tacaquirensis</i> aprovechada .....	