

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los bosques naturales en Bolivia, constituyen una tradicional fuente de múltiples recursos complementarios a la subsistencia diaria de los pueblos rurales, originarios e indígenas. También son la base de una creciente industria de bienes y servicios maderables y no maderables que generan fuentes de trabajo e importantes ingresos al sector privado y al Estado (Gobierno Nacional, Gobernaciones y Gobiernos Municipales). Gran parte de los bosques bolivianos conforman ecosistemas forestales tropicales, los cuales son reconocidos internacionalmente por las funciones y servicios ambientales que cumplen. (Unidad de análisis de políticas sociales y económicas (UDAPE), 2004).

Actualmente hay mercados internacionales que promocionan el uso de la madera poco conocida pretendiendo buscar sustitutos de las especies valiosas en vías de agotamiento. El departamento de Tarija cuenta en la actualidad con bosques naturales los cuales contienen una amplia gama de especies forestales, entre las especies no tradicionales tenemos la especie Toborocho blanco (*Chorisia insignis H.B.K.*) existentes en el departamento que aún no había sido estudiada. El presente trabajo plantea conocer las propiedades físicas de la madera de la *Chorisia insignis H.B.K.* con la finalidad de poder proporcionar los posibles usos de la especie.

Cada árbol es distinto a los otros individuos, e incluso dentro del mismo árbol las características y las propiedades físicas de la madera varían con la posición en relación al eje y a la altura sobre el nivel del mar. Las propiedades físicas de la madera, en términos generales se producen entre especies y dentro de cada individuo. (VIGNOTE, 2000).

## **1.1. JUSTIFICACIÓN.**

La sobre explotación de especies valiosas tradicionales en el mercado, ha conducido a un proceso de extinción potencial de dichas especies lo que conlleva a investigar nuevas especies forestales para incorporar al mercado.

La investigación que se llevó a cabo tiene un aporte importante en cuanto a las características y propiedades físicas de la especie en estudio, para poder conocer sus posibles usos (maderables o no maderables) y aplicaciones; contribuyendo de esta manera al conocimiento tecnológico en cuanto a las especies en Bolivia.

## **1.2. HIPOTESIS.**

La propiedad física de la madera nos permite evaluar la calidad de la madera y los posibles usos de acuerdo a las características que presenta la especie Toborocho blanco *Chorisia insignis H.B.K.*

## **1.3. OBJETIVOS:**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Determinar las propiedades físicas de la madera Toborocho blanco (*Chorisia insignis H.B.K.*), con la finalidad de conocer sus características y así poder recomendar los posibles usos de la madera, en el marco de la Norma COPANT Maderas.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la densidad básica, peso específico, contracción tangencial total, contracción radial total, contracción volumétrica total, tasa de estabilidad y porosidad de la madera de la especie.
- Determinar el Contenido de humedad (CH).

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA.**

Las propiedades físicas de la madera, son aquéllas que para manifestarse no requieren de la aplicación de una fuerza externa sobre la muestra, se determinan sin alterar ni cambiar la integridad de la misma, consiste en la observación, pesada, medida y el secado de cada probeta.

Para la preparación de las probetas, se debe tomar en cuenta la correcta orientación de los anillos de crecimientos y que estén libres de defectos, con una orientación bien definida en las diferentes caras (radial y tangencial).

Según (Hoheisel, 1968), las propiedades dependen tanto del crecimiento, edad, contenido de humedad, posición del tronco y de la ubicación del terreno, de la cantidad de sustancias, y la proporción de los componentes primarios que se encuentran presentes en la pared celular y de la orientación y arreglo de los materiales de los diferentes tejidos.

Las propiedades físicas pueden ser determinadas tomando en cuenta los siguientes parámetros: Contenido de Humedad, Humedad Máxima, Contracciones (tangencial, radial, volumétrica), Densidad o Peso Específico (verde, seco al aire y anhidro), Porosidad y Tasa de Estabilidad. (Vargas, 1987).

##### **2.1.1. Contenido de humedad.**

El contenido de humedad de la madera, es uno de los parámetros más importantes a considerar para los distintos propósitos en que será utilizada la madera. El contenido de humedad (CH) es la cantidad de agua que existe en una pieza de madera, expresada como un porcentaje del peso que tendría ésta en condición totalmente anhidra, por estar el contenido de humedad referido a un porcentaje del peso anhidro de la madera, su valor puede ser superior al 100 %. (Galante, 1953).

### **2.1.2. Movimiento del agua en la madera.**

En las frondosas el movimiento de agua es a través de los vasos y fibras, durante el secado el movimiento del agua es mayor en sentido longitudinal, luego radial y es mínimo en sentido tangencial. (Fromet, 1954.)

El agua se mueve de las zonas de mayor contenido de humedad a zonas de menor contenido de humedad, es decir que la superficie debe poseer menor contenido de humedad con relación al interior. (Kollmann, 1951)

El principio de la pared fría nos indica que el agua se mueve de las zonas más calientes a zonas frías, es necesario que el centro esté más caliente que la superficie, para facilitar la salida del agua del interior hacia fuera de la madera. (Cruz, 2006).

### **2.1.3. Formas en que se encuentra el agua en la madera.**

Según (Cruz, 2006), la madera perteneciente a árboles recientemente apeados contiene los siguientes tipos de agua:

#### **2.1.3.1. Agua libre.**

Es el agua que se encuentra en las cavidades celulares o el lumen de los elementos vasculares, dando a la madera lo que comúnmente se denomina la “condición verde” y al iniciarse el secado, el agua libre de los poros se va perdiendo fácilmente por evaporación ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. En este punto, la madera estará en lo que se denomina “punto de saturación de las fibras”, que corresponde a un contenido de humedad que fluctúa entre 20-30 %. A partir de esta condición, se producen modificaciones en las propiedades físicas.

#### **2.1.3.2. Agua de impregnación.**

Se suele también llamar agua de inhibición, es el agua retenida en la pared celular, o la máxima cantidad de agua que puede absorber en una atmosfera saturada, comprendida entre 0% a 30% de contenido de humedad.

### **2.1.3.3. Agua de constitución.**

Es aquella que entra a formar parte de los compuestos químicos que constituyen la madera, al eliminar o disminuir esta agua se origina la destrucción de la madera ya que la misma puede ser eliminada solamente por carbonización.

### **2.1.4. Clasificación de la madera según su humedad.**

Al apelar un árbol su madera del mismo posee gran cantidad de agua, el contenido es variable según la especie, procedencia y época de corta.

Dependiendo de la cantidad de agua presente en una madera se presentan tres estados los cuales son:

#### **2.1.4.1. Estado de la madera Verde.**

Es aquella cuyo contenido de humedad es superior a 20%, este tipo de madera se utiliza en construcción, pilotes sumergidos en agua. El mayor riesgo que presentan estas maderas, son las pudriciones, la madera verde se seca en el sitio de utilización de la misma; se usa para la construcción de puentes, caballetes y galpones de baja calidad. (Cruz, 2006).

#### **2.1.4.2. Estado de la madera Seca al Aire.**

Es la que se somete a un proceso de secado, ya sea natural o artificial lo que hace que pierda el agua libre y parte del agua de imbibición. Posee un contenido de humedad entre 12 y 18 %. Es la forma más sencilla y económica para secar madera aserrada. Se utiliza principalmente para durmientes, postes y son maderas destinadas a tratamiento con protectores. (Hoheisel, 1968).

#### **2.1.4.3. Estado de la madera Anhidra.**

Aquella madera que tiene un contenido de humedad menor del 12 %. Todo este proceso que ocurre en una pieza de madera se debe a que esta es un material netamente higroscópico, es decir tiene la propiedad de ganar y perder humedad en intercambio con la humedad del ambiente, hasta establecerse en un equilibrio. Dicha propiedad se debe a dos características, una de ellas es la estructura porosa capilar que permite a la

madera el paso de los vapores y líquidos a su interior, y la otra característica es su composición química, que hace que los grupos oxhidrilos reaccionen con las moléculas de agua. (Cruz, 2006).

### **2.1.5. Determinación del contenido de humedad.**

Existen diversos métodos para ejecutar el cálculo del contenido de humedad los mismos que serán descritos a continuación:

#### **a) Secado al horno o por pesadas.**

Es uno de los métodos más utilizados, debido a sus ventajas que presenta, ya que para su ejecución se utiliza muestras de pequeñas dimensiones, es preciso y sencillo, sin embargo, una de las desventajas es el tiempo que se necesita para obtener resultados, el método consiste en cortar una pieza de madera con dimensiones establecidas según normas COPANT, las muestras son pesadas en la balanza obteniendo así su peso húmedo, posteriormente se la introduce a una estufa con temperatura de 40°C, 60°C y 101°C, + - 2°C en intervalos de 24 horas, lográndose obtener el peso anhidro.

Para realizar su cálculo utilizamos la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100\%$$

Dónde: CH = Contenido de humedad en % Ph = Peso húmedo en gr.

Po = Peso Seco al Horno en gr.

#### **b) Xilohigrómetro Eléctrico.**

Es un medidor eléctrico de humedad, fácil de manejar y se obtienen lecturas rápidas permiten realizar el cálculo del contenido de humedad sin cortar la pieza, existen dos tipos de xilógrafos que son de resistencia y de capacidad.

#### **c) Xilohigrómetro de Resistencia.**

Poseen dos electrodos de tipo aguja, cuando éstos se introducen a la madera a una profundidad de 1/5 de espesor, el resultado brindado es el promedio del contenido de humedad de la muestra en estudio, lo mismo que se debe al normal gradiente que tiene.

Una de las ventajas que presenta las lecturas realizadas son confiables únicamente entre el 0% al 30% (Agua Higroscópica), debido a que la resistencia eléctrica es proporcional sólo en el rango mencionado.

#### **d) Método por Destilación.**

Al ejecutar el método por pesadas en especies que poseen maderas que contienen sustancias volátiles, aceites y resinas los errores pueden alcanzar del 5 % al 10 % del peso seco, utilizando el método por destilación se puede eliminar los errores.

(ITTO, 1998).

Consiste en colocar unos 10 gramos de madera (astillas pequeñas) en un recipiente de vidrio que contenga aproximadamente 250 cm<sup>3</sup> de un disolvente insoluble en agua (xilol, tolueno, tetracloroetano). Sobre el recipiente se coloca un dispositivo refrigerante que actuará como condensador de vapores, conectado a un medidor de volumen, de capacidad adecuada y graduado en cm<sup>3</sup>. Se aplica una fuente de calor en la base del recipiente de vidrio que contiene las astillas de madera y el disolvente con agua. Al calentarse, los vapores se condensan al llegar al dispositivo refrigerante, siendo recogido el destilado en el tubo graduado. Allí se separan en dos capas perfectamente diferenciadas de agua y de disolvente, debido a los diferentes pesos específicos. El volumen de agua recogida, en cm<sup>3</sup> o ml, será igual al peso del agua recogida en gr. El CH se obtiene a través de la siguiente fórmula: (Ing. Ftal. Spavento, 2008)

$$CH(\%) = \frac{\text{Peso del agua recogida}}{\text{Peso de la muestra de madera} - \text{Peso del agua recogida}} * 100$$

#### **2.1.6. Máximo Contenido de Humedad.**

Se presenta cuando las paredes celulares se encuentran completamente saturadas y los lúmenes están llenos de agua, se da al colocar la madera en un ambiente demasiado húmedo, como ser sumergir la madera en un recipiente o estanque con agua por largo tiempo. (VIGNOTE, 2000).

### **2.1.7. Densidad.**

Es la masa por unidad de volumen de un determinado cuerpo, expresada en gramos por centímetro cúbico ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), la madera por ser un material poroso está constituido por sustancias, las mismas que son indicadores de las propiedades mecánicas, características de trabajabilidad, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas. (JUNAC, 1984). Se distingue cuatro densidades para la misma muestra de madera que son:

**Densidad Verde (DV)**, es la relación existente entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).

**Densidad Seca al Aire (DSA)**, relación existente entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).

**Densidad Anhidra (DA)**, relación que existe entre el peso anhidro (PSH) y el volumen anhidro (VSH).

**Densidad Básica (DB)**, es la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV), es bastante utilizada debido a las condiciones en las que se basa, ya que son estables en una especie determinada, ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

### **2.1.8. Peso específico.**

El peso específico (Pe) es la relación entre el peso de la madera a un determinado contenido de humedad y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera, considerando que la densidad del agua es igual a 1, se dice que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua iguala a su peso específico (WorldwideScience, 2011).

### **2.1.9. Peso específico real.**

Es el peso que corresponde a la pared celular, es referido como el peso específico de la madera sin tomar el volumen de espacios inherentes a la misma, es un valor relativamente constante para todas las especies de maderas, ya que solamente se toma en cuenta la densidad de los componentes químicos que forman la pared celular de la

madera. Para su determinación es necesario medir el volumen de los espacios vacíos, la manera de realizarlo es utilizando un elemento que desplace el aire de sus espacios. (Aguirre, 1991).

#### **2.1.10. Porosidad.**

Es el porcentaje total de espacios vacíos en la madera cuando es eliminada la totalidad del agua en la pieza (Galante, 1953).

### **2.2. LA MADERA.**

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones, pero para lograr un resultado excelente en su trabajabilidad hay que tener presente ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado. (Sosa, 2005).

La madera es un material heterogéneo, porosa, higroscópico y deformable, susceptible a cambios debido a la variación de la humedad ambiental, sufre alteraciones químicas por efectos del sol, y es atacada por insectos y hongos. La madera se considera como el material de los troncos y ramas de árboles y arbustos desprovistos de corteza. Independientemente de la especie, la madera puede ser considerada como un material biológico, anisotrópico e higroscópico.

### **2.3. PARTES DEL ÁRBOL.**

- Copa: es el conjunto de ramas y hojas que forman la parte superior del árbol.
- Tronco o Fuste: se encuentra entre las raíces y la copa. Está constituido por millones de células leñosas como las fibras, radios y vasos.
- Raíz: es la parte inferior del árbol que penetra en el suelo, cuya función es absorber agua y nutrientes minerales y fijar la planta al suelo. (Sosa, 2005).

## **2.4. PARTES DE UN TRONCO.**

- La Corteza: es la parte más externa, formada por materia muerta de aspecto resquebrajado debido a que el árbol sigue creciendo en espesor mientras que la corteza no. Esta capa sirve de protección contra los agentes atmosféricos.
- Líber o floema: es una capa más o menos delgada de apariencia similar a la corteza, más blanda cuyas funciones en el árbol es la conducción de la savia elaborada.
- Cambium: es una capa prácticamente inapreciable a simple vista, formada por células con funciones reproductoras, formando xilema hacia adentro y floema hacia afuera.
- Xilema o madera: es la capa más interna, normalmente gruesa en relación con las demás capas, cuyas funciones son las de sostén del propio árbol y la de conducción de la savia sin elaborar. (Sosa, 2005).

### **Estructura de las maderas Latifoliadas.**

- Vasos.

Son grupos de células que forman una estructura tubiforme en sentido axial, cuya función es conducir líquidos. Se conectan entre sí a través de puntuaciones en los extremos llamada placa de perforación y a través de la pared lateral denominada puntuaciones intervasculares. En un corte transversal de la madera los vasos reciben el nombre de poros y presentan diferentes características de cantidad, tamaño y densidad según las especies.

- Parénquima axial.

Células del parénquima del sistema axial de los tejidos vasculares secundarios; en contraste con las células parenquimáticas radiales. Forma parte de los tejidos conductores, y cuyas células orientan su eje mayor en el mismo sentido que los vasos, es la encargada del almacenamiento de sustancias nutritivas del leño.

- Fibras.

Son células alargadas y delgadas conformadas por diferentes polímeros de celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, importantes a nivel mundial en el proceso textil, alimentario e industrial.

- Parénquima radial (Radios).

El parénquima radial o radiomedular es originado por las células iniciales radiales del cambium. Hay dos tipos de células por su disposición y forma: células procumbentes y células verticales, forman los radios que atraviesan transversalmente al leño, sirven para el transporte de nutrientes.

- Traqueidas vasculares.

Se encuentran en algunas especies y desempeñan la función de conducción de líquidos. Se encuentran agrupadas y presentan puntuaciones areoladas en sus paredes.

- Traqueidas baricéntricas.

Aparecen en leño temprano o tardío, siempre están asociadas con los vasos; son amplias, más cortas y con puntuaciones iguales a las de los vasos y más densas que las de las fibrotraqueidas o fibras libriformes que pueden acompañarlas. Se encuentran en árboles o arbustos siempreverdes o deciduos invernales. (Sosa, 2005).

## 2.5. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.

Descripción taxonómica de la especie Toborocho blanco (*Chorisia insignis* H.B.K.), es la siguiente:

- **Reino:** Vegetal.
- **Phylum:** Telemophytae.
- **División:** Tracheophytae.
- **Sub división:** Anthophyta.
- **Clase:** Angiospermae.
- **Sub clase:** Dicotyledoneae.
- **Grado Evolutivo:** Archichlamydeae.

- **Grupo de Ordenes:** Corolinos.
- **Orden:** Malvales.
- **Familia:** Bombacaceae.
- **Nombre científico:** *Chorisia insignis* HBK.
- **Nombre común:** Toborocho blanco
- **Fuente:** (Herbario Universitario T.B., 2021)

### 2.5.1. Descripción dendrológica.

Según la Guía Dendrológica de Especies Forestales de Bolivia II, (Justiniano&Peña, 2003) es la siguiente:

#### Características Dendrológicas.

#### Árbol.

**FIGURA 1: ESPECIE ARBÓREA TOBOROCHI BLANCO (*CHORISIA INSIGNIS* HBK.)**



Fuente: Elaboración propia

Árbol mediano de hasta 15m. de alto, sin embargo, suelen ser árboles dominantes en su habitat. El fuste hinchado en la parte media y no presenta aletones. (Justiniano&Peña, 2003)

**FIGURA 2: CORTEZA EXTERNA E INTERNA DE LA ESPECIE TOBOROCHI BLANCO *CHORISIA INSIGNIS* HBK.**



Fuente: Elaboración propia

La corteza externa lisa, algunas veces estriada, de color gris con estrías de color verde, ornamentada con acúleos cónicos. Corteza interna blanquecina suave, algo fibrosa. (Justiniano&Peña, 2003)

**FIGURA 3: HOJAS DE LA ESPECIE TOBOROCHI BLANCO (*CHORISIA INSIGNIS* HBK.)**



Fuente: Elaboración propia

Hojas palmati-compuestas, alternas, bien pecioladas. Las flores vistosas, de color blanco. (Justiniano&Peña, 2003)

**FIGURA 4: FLOR DE LA ESPECIE TOBOROCHI BLANCO (*CHORISIA INSIGNIS* HBK.)**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 5: FRUTO ABIERTO DE LA ESPECIE TOBOROCHI BLANCO (*CHORISIA INSIGNIS* HBK.)**



Fuente: Elaboración propia

El fruto es una capsula leñosa dehiscente que se parte por cinco suturas, contiene numerosas semillas envuelta en un capullo de algodón, estas son globosas de color marrón oscuro. (Justiniano&Peña, 2003)

**Ecología.**

Especie decidua, heliofita durable, característica de las formaciones xerofíticas del Chaco boreal. Florece hacia el final de la estación húmeda entre abril y junio, cuando comienza a perder las hojas. Fructifica en la época seca entre agosto y septiembre. Las semillas son dispersadas por el viento a gran distancia. (Justiniano&Peña, 2003)

**Distribución geográfica.**

Especie encontrada en Bolivia solo en las áreas del Chaco boliviano, en el sur del departamento de Santa Cruz, este de Chuquisaca y Tarija. En suelos ricos, pesados generalmente bien drenados. En un rango de altitud entre los 350 y 900 m.s.n.m. (Justiniano&Peña, 2003)

**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE OBTENCION DE LA MADERA.**

##### **3.1. Localización.**

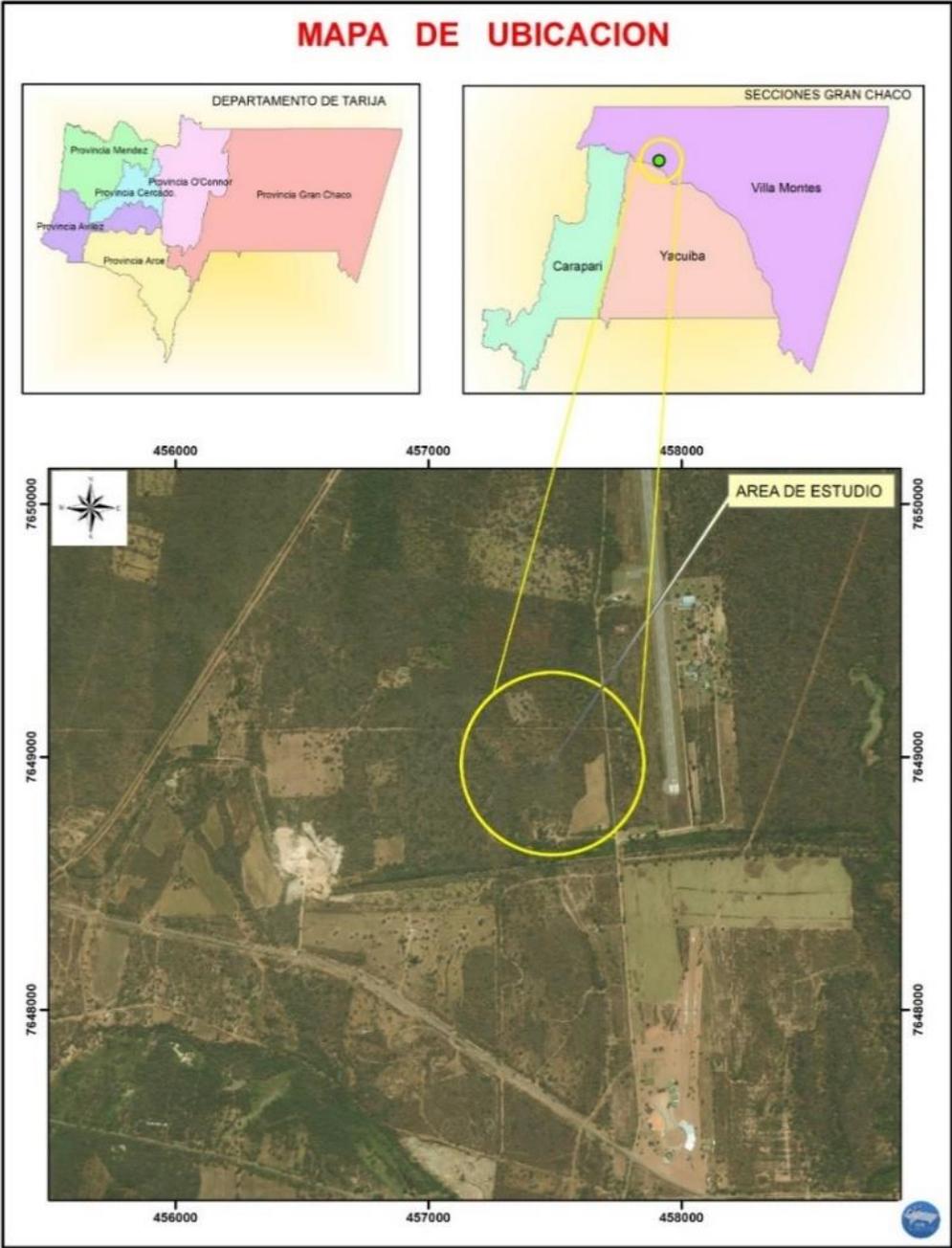
El municipio de Villa Montes se encuentra ubicado al noroeste del departamento de Tarija con una superficie de 11300 km<sup>2</sup>. Es la tercera sección de la provincia Gran Chaco limita al norte con el Departamento de Chuquisaca, al sur con el municipio de Yacuiba y la república de Argentina, al este con Paraguay y al oeste con la provincia de O'Connor del departamento de Tarija.

La zona de obtención de la madera está ubicada en la comunidad de Cototo Norte, con coordenadas 21°15'36" Latitud Sur y 63°24'29" Longitud Oeste, con una superficie de 20.79 ha. Perteneciente al distrito 9 del Municipio de Villa Montes, Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija, se encuentra a 6km de distancia de la ciudad de Villa Montes. Según el mapa N° 1.

##### **3.2 Accesibilidad.**

El acceso a la comunidad de cototo norte, es a través del camino carretero de la ruta nacional N° 11 a 6 km de la ciudad, ingresando 1km por la entrada del aeropuerto, la cual tiene camino de tierra limitado como colindante con la propiedad del señor Wilson Garzón al sur-este, al sur-oeste con la propiedad Casasola, al Nor-oeste con la propiedad del señor Marco, al Nor-este con la brigada aérea. (Espinoza, 2021).

**MAPA N° 1: MAPA DE UBICACIÓN DE EXTRACCIÓN DE LOS ÁRBOLES**



**Fuente:** (Lab.SIG.UAJMS, 2021)

### 3.2. Características biofísicas.

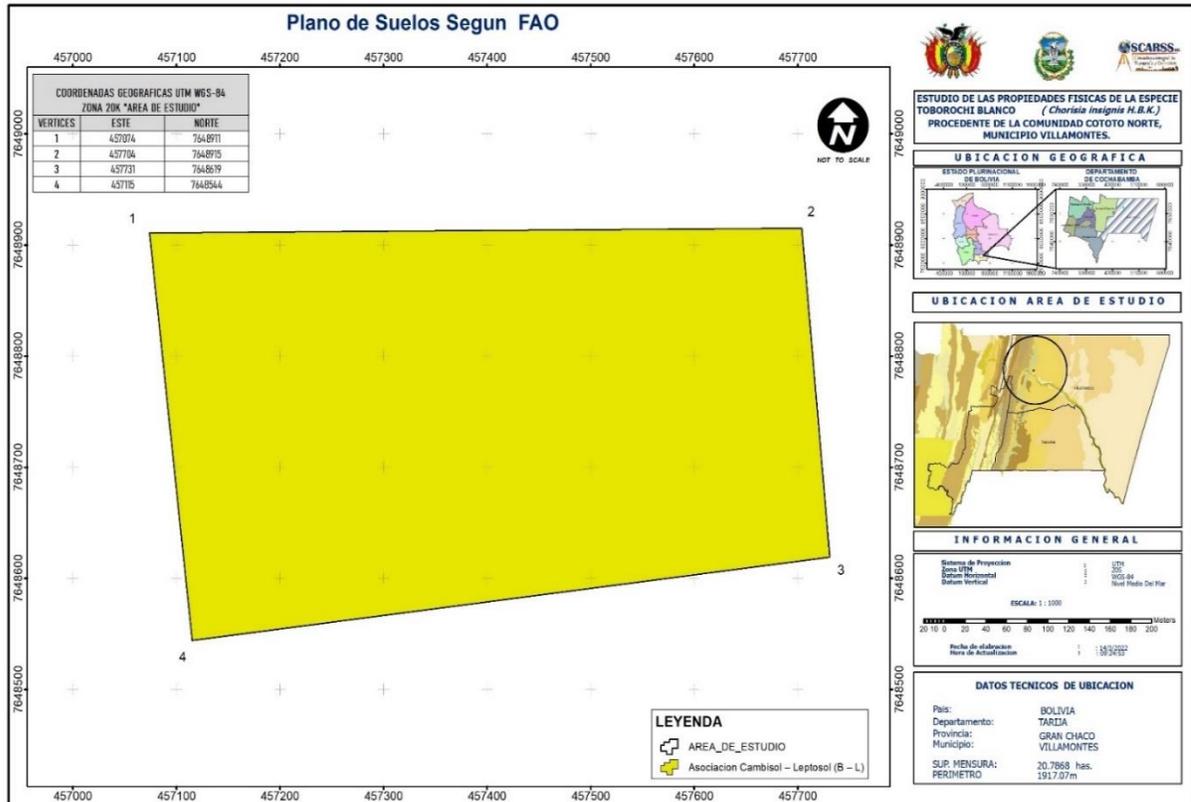
#### 3.2.1. Fisiografía.

Pertenece desde la zona de pie de monte a la provincia fisiográfica de la Llanura Chaqueña Beniana. La llanura está constituida por planicies, llanuras eólicas y llanuras aluviales. (PDM., 2008).

#### 3.2.2. Suelo.

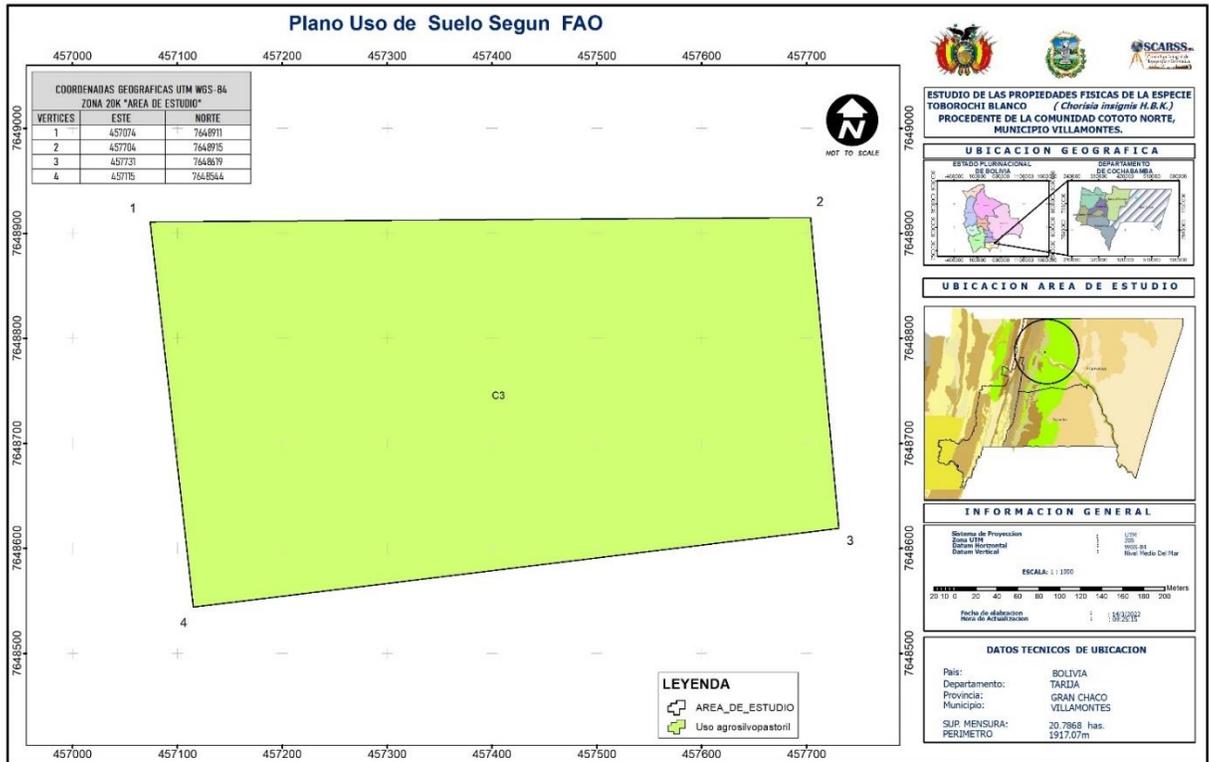
Los suelos son mayormente profundos a muy profundos con poca pedregosidad superficial, con texturas medias a finas, con drenaje superficial mayormente rápido. (ZONISIG-APDS, 2000)

MAPA N° 2: SUELOS



Fuente: Oscarss srl.,2021

### MAPA N° 3: USO DEL SUELO



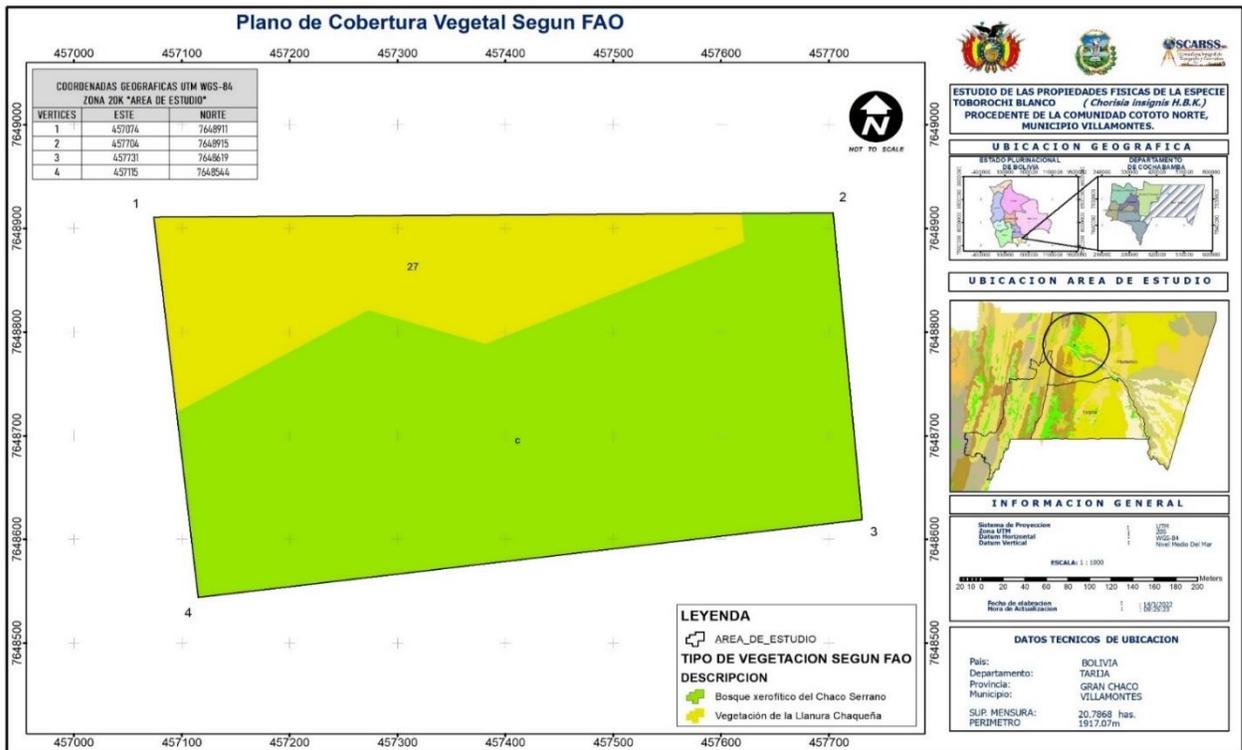
Fuente: Oscarss srl.,2021.

### 3.2.3. Vegetación.

La vegetación está compuesta por especies xeromórficas con follaje caducifolio, adaptadas a condiciones de extrema sequía y altas temperaturas. En la composición florística se observa un predominio de especies con apéndices espinosos, troncos fisurados y suculentas. Fueron determinadas 37 familias, de las cuales las Caesalpinaceae, Anacardiaceae, Mimosaceae y Cactaceae son las más dominantes.

El aspecto general de la vegetación chaqueña es de una gran uniformidad de conjunto, con un panorama paisajístico casi monótono de monte espinoso, de cobertura generalmente densa, a veces impenetrable y con árboles emergentes en forma rala o en manchas. Este tipo de formación también se denomina monte semiárido bajo, matorral del Chaco o matorral espinoso del Chaco. (ZONISIG, 2001 )

## MAPA N° 4: VEGETACIÓN



Fuente: Oscarss srl.,2021.

### 3.2.3.1. Estrato arbóreo.

Se presenta una variedad de especies arbóreas que se encuentran asociadas a la especie en estudio. (ZONISIG, 2001 )

### CUADRO N° 1: ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Apocynaceae	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	Quebracho Blanco
Anacardiaceae	<i>Schinopsis quebracho colorado</i>	Quebracho Colorado
Leguminosae	<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	Algarrobilla
Cactaceae	<i>Neocardenasia herzogiana</i>	Carapari

Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Cebil
Ulmaceae	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	Perilla
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mistol</i>	Mistol
Cannabaceae	<i>Celtis espinosa</i>	Tala
Bombacaceae	<i>Chorisia insignis</i>	Toborocho blanco

Fuente: (ZONISIG, 2001 )

### 3.2.3.2. Estrato arbustivo.

El sotobosque es alto, ralo a denso, en sectores casi impenetrables, con una variedad de especies arbustivas. (ZONISIG, 2001 )

#### CUADRO N° 2: ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Apocynaceae	<i>Ruprechtia triflora</i>	Duraznillo o Cheroque
Anacardiaceae	<i>Peltophorum dubium</i>	Porotillo
Leguminosae	<i>Bougainvillea sp.</i>	Palo Huanca
Cactaceae	<i>Tabebuia nodosa</i>	Palo Cruz
Fabaceae	<i>Mimozyanthus sp.</i>	Iscallante
Ulmaceae	<i>Capparis salicifolia</i>	Sacha Sandia
Leguminosae	<i>Lippia turbinata</i>	poleo

Fuente: (ZONISIG, 2001 )

### 3.2.3.3. Estrato herbáceo.

El estrato herbáceo es generalmente pobre y ralo y consta de las especies características del lugar. (ZONISIG, 2001 )

**CUADRO N° 3: ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO**

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Bromeliaceae	<i>Bromelia serra</i>	Brava Carahuata
Alliaceae	<i>Petiveria alliaceae</i>	Calajchín
Leguminosae	<i>Lippia turbinata</i>	Poleo
Acanthaceae	<i>Chaetothylax boliviensis</i>	Ramoneo

Fuente: (ZONISIG, 2001 )

### 3.2.4. Fauna.

Por sus características ecológicas y condiciones de la región se presenta una variada e importante riqueza faunística y de vida silvestre cuyas especies son:

**Aves:** halcones urracas, tucanes, loros, pavas, palomas, colibrís, perdiz, charatas avestruz y otros.

**Peces:** sábalo, dorado, surubí, bagre, boga, salmón de río, chujruma y otros

**Abejas:** extranjera, señorita, burrito, frontino, y otros.

Mamíferos; tapir, oso hormiguero, chanco montes, puma, mono, iguana, anta, quirquincho, tatú, lagartijas, serpientes, acutí, leopardo, zorro, charata, comadreja, conejo, entre otros.. (PDM Villamontes, 2009).

**CUADRO N° 4: ESPECIES DE MAMÍFEROS**

<b>MAMÍFEROS</b>		
<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
Felidae	<i>Felis concolor</i>	Puma
Cebidae	<i>Cebus apella</i>	Mono
Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Anta
Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Oso hormiguero
Vespertilionidae	<i>Myotis nigricans</i>	Murciélago
Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	Zorrillo
Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	liebre
Dasypodidae	<i>Tolypeutes matacus</i>	Quirquincho
Didelphidae	<i>Dipelphis albiventris</i>	Comadreja
Lacertidae	<i>Podarcis hispánica</i>	Lagartija

Fuente: (PDM Villamontes, 2009)

**CUADRO N° 5: ESPECIES DE AVES**

<b>AVES</b>		
<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
Psittasidae	<i>Ara militaris</i>	Paraba
Trochilidae	<i>Oreotrochilus adela</i>	Picaflor

Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón
Psittasidae	<i>Aratenga sp</i>	Cotorra
Psittasidae	<i>Amazona mercenaria</i>	Loro
Ramphastidae	<i>Ranpaltos sp</i>	Tucán
Tinamidae	<i>Rhychotus rufescens</i>	Perdiz
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza
Cracidae	<i>Ortalis canicollis</i>	Charata
Cracidae	<i>Penelope dabbenei</i>	Pava de monte

Fuente: (PDM Villamontes, 2009)

#### CUADRO N° 6: ESPECIES DE PECES

PECES		
FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i>	Sábalo
Charasidae	<i>Salminus maxillosus</i>	Dorado
Pimelodidae	<i>Pseudoplastytoma fasciatum</i>	Surubí
Heptapteridae	<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre

Fuente: (PDM Villamontes, 2009)

### **3.2.5. Características climáticas.**

#### **3.2.5.1. Clima.**

El clima depende en gran medida del relieve y de su variación altitudinal, se pueden distinguir tres condiciones climáticas, una seca en la llanura, otra un poco más húmeda en la zona de transición y una húmeda en el pie de monte y en la cordillera del Aguarague. Presenta un clima semiárido tórrido, mesotermal, con poco o ningún exceso de agua; teniéndose entre las más representativas de esta unidad climática a las comunidades de la Llanura chaqueña. En invierno hay mucho menos lluvia que en verano. (PDM., 2008).

#### **3.2.5.2. Temperatura.**

La temperatura promedio anual es de 23.5°C en verano de 27.2°C y en invierno de 18.4°C. con máximas que superan los 40°C en los meses de verano y mínimas que bajan hasta menos 6°C en invierno con frentes fríos del sur que afectan a la agricultura de la zona. (PDM., 2008).

#### **3.2.5.3. Precipitación.**

Tiene una precipitación promedio anual de 929.6 mm., de los cuales el 80% se distribuye entre los meses de noviembre a mayo. En la parte oriental las precipitaciones están alrededor de 600 mm al año. Las heladas son condicionantes en la producción agrícola, que los productores tienen que tomar en cuenta a la hora de decidir que cultivo producir, durante los meses de riesgo de ocurrencia de helada (junio-agosto). La ola de sequía prolongada por falta de precipitaciones ocasiona pérdidas considerables en agricultura y ganadería. Siendo un problema que se presenta todos los años, poniendo a la población en situación de emergencia. (PDM., 2008).

#### **3.2.5.4. Vientos.**

En el municipio de Villa Montes la época de mayor viento ocurre entre los meses de julio y agosto con vientos predominantes del sur y Norte con velocidades de 9.3 km/hora. (PDM., 2008).

## CUADRO N° 7: DATOS CLIMATOLÓGICOS

RESUMEN CLIMATOLÓGICO														
Período Considerado: 1998 - 2020														
Estación: VILLA MONTES - AEROPUERTO Provincia: GRAN CHACO Departamento: TARIJA						Latitud S.: 21° 15' 17" Longitud W.: 63° 24' 27" Altitud: 403 m.s.n.m.								
Indice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	34,7	33,6	31,7	28,9	25,3	24,7	25,7	29,7	32,3	34,2	34,5	34,6	30,8
Temp. Min. Media	°C	20,1	20,0	19,2	16,8	13,4	10,3	9,0	10,2	13,4	18,0	19,1	20,0	15,8
Temp. Media	°C	27,4	26,8	25,4	22,8	19,4	17,5	17,3	20,0	22,8	26,1	26,8	27,3	23,3
Temp.Max.Extr.	°C	44,6	44,2	42,2	40,0	40,1	39,0	38,3	43,8	45,3	46,7	46,7	45,0	46,7
Temp.Min.Extr.	°C	12,1	11,5	10,5	1,1	0,4	-5,1	-7,0	-5,0	-2,5	4,4	7,9	9,8	-7,0
Dias con Helada		0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	5
Humed. Relativa	%	68,3	71,2	75,6	77,2	78,0	74,4	67,2	58,0	54,1	56,7	60,8	65,7	67
Presion Barometrica	hPa	962,2	962,8	964,0	966,2	968,0	968,2	968,7	967,2	965,6	963,2	962,1	961,5	965,0
Precipitación	mm	164,1	170,3	143,3	87,0	29,8	12,9	4,9	1,6	4,8	45,9	91,9	147,9	904,3
Pp. Max. Diaria	mm	177,1	138,2	137,3	103,1	63,8	16,1	17,1	7,2	16,4	87,2	76,2	112,7	177,1
Dias con Lluvia		9	9	11	10	7	4	2	1	1	5	7	9	76
Direccion del viento		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Velocidad del viento	km/hr	6,8	7,5	5,8	7,3	4,8	4,7	7,3	8,3	10,6	11,5	11,6	8,3	7,9
Viento Maximo	km/hr	41,6	37,5	38,9	48,6	38,9	41,6	41,6	51,3	48,6	48,6	41,6	55,5	55,5
Dias con Tormenta Elec.		3	3	2	1	0	0	0	0	0	1	2	3	16
Dias con Granizo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (SENAMHI, 2020)

### 3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.3.1. MATERIALES.

Para cada fase se utilizarán los siguientes materiales:

##### Fase de gabinete.

- Mesa o escritorio.
- Planillas de registro.
- Normas COPANT MADERAS.
- Material de escritorio.
- Computadora.
- Impresora.

### **Material biológico.**

- Madera de la especie Taborochi blanco (*Chorisia insignis H.B.K.*).

### **Fase de campo.**

- Motosierra.
- Machetes.
- Brújula.
- Eclímetro.
- Cinta métrica.
- Flexómetro.
- Marcadores.
- Cámara fotográfica.
- Planillas de campo.
- Pintura al aceite.
- Vehículo para el transporte del material.

### **Fase de laboratorio.**

- Balanza eléctrica (0.01 gr. de precisión).
- Soporte universal.
- Horno o estufa eléctrica.
- Vernier.
- Punzón.
- Recipiente de 5 litros.
- Desecador.
- Parafina(velas).
- Vasos de precipitación.
- Tornillos micrométricos.

## **Materiales para preparado de probetas.**

- Sierra sin fin.
- Sierra circular.
- Cepilladora.
- Grueseadora.
- Lija.
- Marcadores.
- Serrucho.
- Flexómetro.
- Escuadras y reglas de carpintería.
- Cepillo manual.
- Marcadores y lápices.
- Planillas de registro.

### **3.4. METODOLOGÍA.**

El trabajo se realizó bajo la metodología establecida de las Normas Técnicas de la Comisión Panamericana (COPANT MADERAS, 1974), la cual se empleó para determinar las propiedades físicas. Las normas empleadas son:

COPANT 458 Selección y recolección de muestras.

COPANT 459 Acondicionamiento de las muestras físico – mecánicos.

COPANT 460 Método de determinación del contenido de humedad.

COPANT 461 Método de determinación del peso específico aparente.

COPANT 462 Método de determinación de contracción.

COPANT 30:1-012 Análisis estadístico.

#### **3.4.1. Selección y recolección de las muestras.**

Un aspecto importante en la ejecución de este tipo de trabajos de investigación corresponde a la correcta selección y colección de muestras, para lo cual se determinaron los elementos a tomar en cuenta al azar, de manera que todos los

componentes (Zona, sub zona, árbol, etc.) tengan la misma posibilidad de ser elegidas, formar parte del estudio y ser representativas en el área de estudio.

- Selección de la zona.
- Selección de los árboles.
- Selección de las trozas.
- Extracción de las trozas.
- Obtención de las viguetas.
- Obtención de las probetas a partir de las viguetas.
- Codificación de las probetas.

**3.4.1.1. Selección de la zona.**

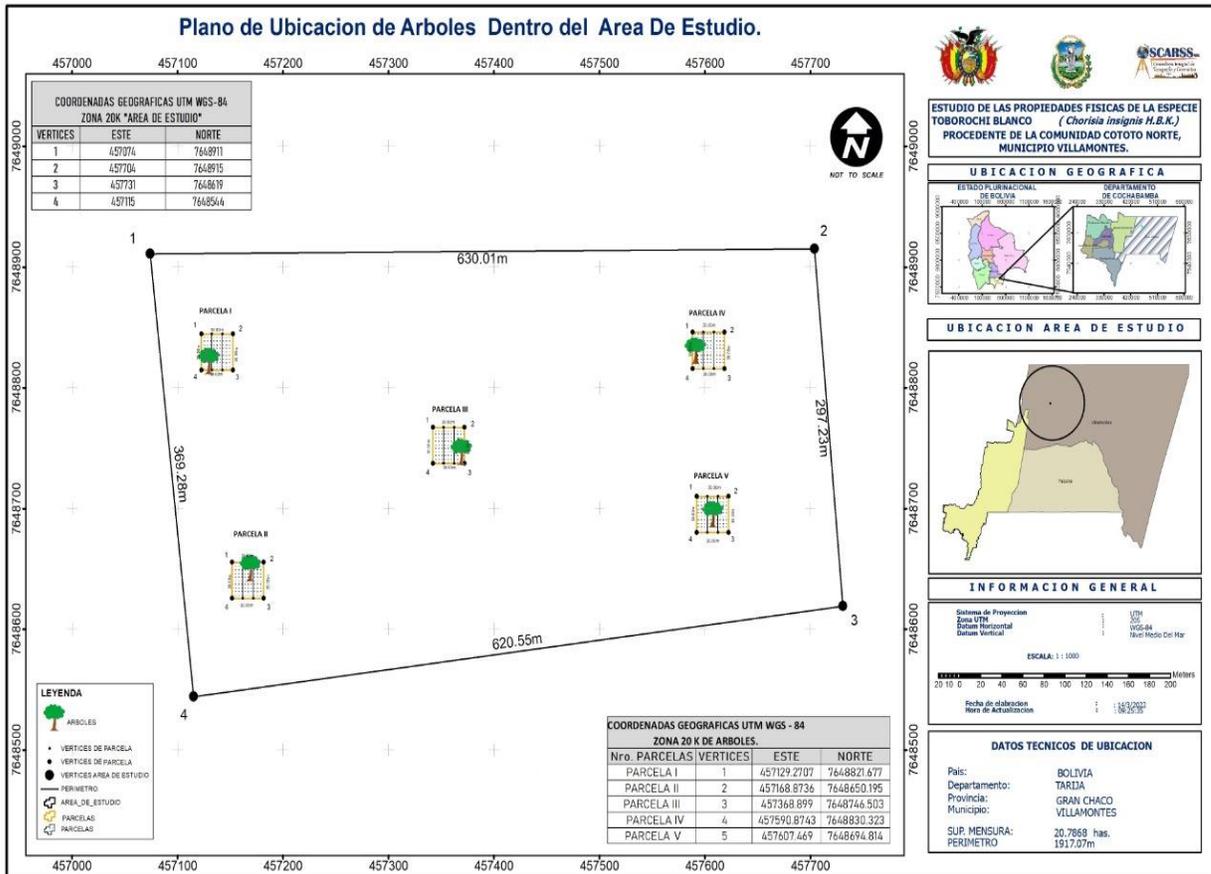
El primer aspecto a tomar en cuenta fue la representatividad (en cuanto a la población y calidad de individuos) que tiene la especie Toborocho blanco (*Chorisia insignis* H.B.K.), para este propósito de la superficie total del área seleccionada, fue dividida en cinco parcelas de 30\*30 metros, de los cuales se seleccionó un árbol por parcela haciendo un total de 5 individuos extraídos.

**CUADRO N° 8. SELECCIÓN DE ÁRBOLES**

<b>ZONA</b>	<b>PARCELA I</b>	Árbol #1
	<b>PARCELA II</b>	Árbol #2
	<b>PARCELA III</b>	Árbol #3
	<b>PARCELA IV</b>	Árbol #4
	<b>PARCELA V</b>	Árbol #5

Fuente: elaboración propia

## MAPA N°5: MAPA DE UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE ESTUDIO



Fuente: Oscarss srl.,2021.

### 3.4.1.2. Selección de los árboles.

Se procedió a seleccionar un árbol por cada parcela, la selección de cada árbol se realizó tomando en cuenta sus características morfológicas, DAP y estado sanitario, de cada individuo se ha obtenido los siguientes datos. Ver cuadro N° 9.

**CUADRO N° 9. DATOS DASOMETRICOS DE LOS ÁRBOLES**

N° Árbol	DAP cm	AT m	AC m	Estado sanitario			bifurcaciones
				1	2	3	
1	90	10	6		X		.....
2	62	11	8	X			.....
3	95	15	10	X			.....
4	85	10	7		X		.....
5	75	12	9	X			.....

Fuente: Elaboración propia.

Dónde: DAP: Diámetro altura del pecho.

AT: Altura total.

AC: Altura comercial.

Calidad: 1: Bueno.

2: Regular.

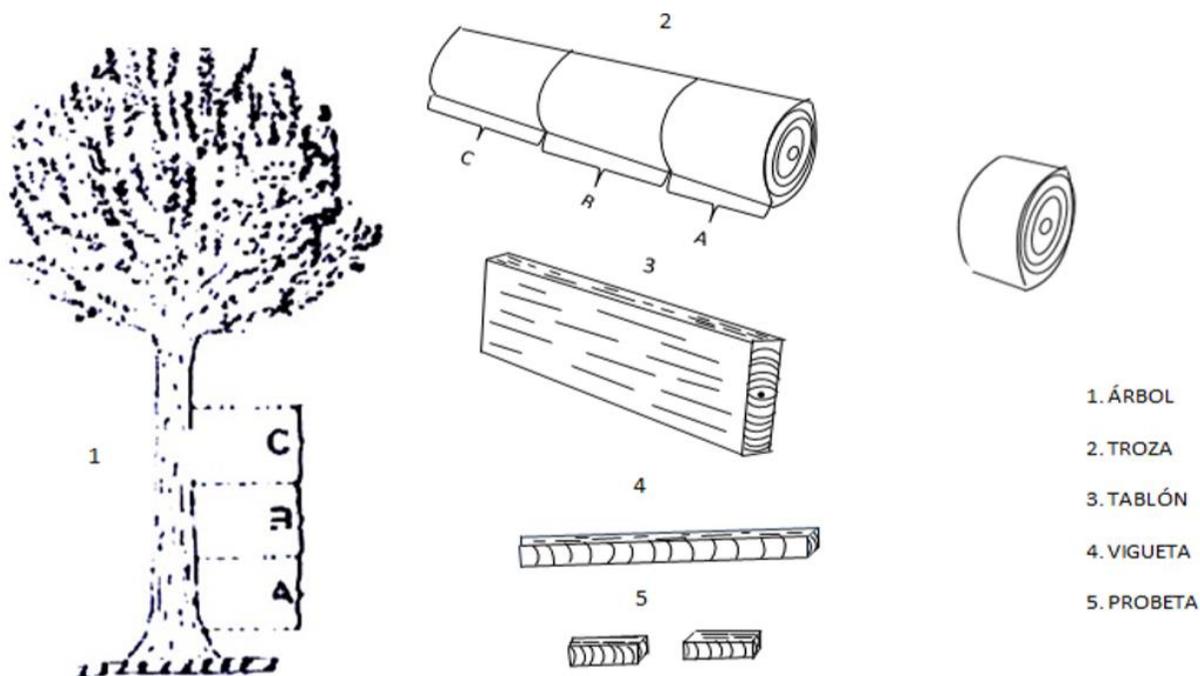
3: Malo.

### **3.4.1.3. Selección de la troza.**

Identificado los arboles a ser tumbados para el presente estudio, se procedió al derribe de los mismos, aplicando la técnica de corte a 25 cm de altura a partir del nivel del suelo.

Las trozas utilizadas corresponden a la sección A del tronco de cada uno de los árboles, cada troza tiene una longitud de 100 cm, las mismas fueron marcadas con pintura spray para su fácil identificación y reconocimiento.

**FIGURA N° 6: TROZADO Y ASERRADO DE LA MADERA**



#### **3.4.1.4. Extracción de las trozas.**

Las trozas fueron transportadas desde el lugar del apeo, hasta el aserradero para proceder con el aserraje y luego obtener las probetas que se utilizaran en el presente estudio.

#### **3.4.1.5. Tratamiento profiláctico.**

Una vez obtenidos los tabloncillos centrales en el aserradero los cuales serán utilizados en la obtención de las probetas, se procedió a limpiar el aserrín de los tabloncillos y posteriormente el sellado de las testas con protector natural (cebo de vaca), para evitar las rajaduras y el ataque de insectos y hongos.

#### **3.4.1.6. Selección de la vigueta dentro de la troza**

Las viguetas fueron obtenidas de los tabloncillos centrales, tratando que los lados estén bien orientados los cuales fueron de 100 cm de sección longitudinal, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento y obteniendo de cada uno de ellos las viguetas de 4 cm de sección transversal para

posteriormente darle una sección transversal requerida de 3\*3 cm, cada vigueta fue codificada de la siguiente forma: I, II, III.

#### **3.4.1.7. Obtención de las probetas dentro de las viguetas**

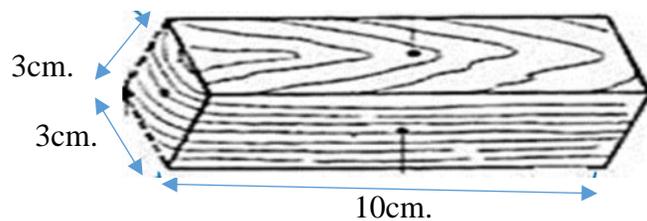
En la etapa siguiente las viguetas fueron colocadas en un galpón con una buena circulación de aire después de un lapso de tiempo, cuando el contenido de humedad bajo se procedió a llevar las viguetas al aserradero para la preparación de las probetas los cuales fueron elegidos al azar como indica la norma COPANT de tal forma que dos lados opuestos tengan una cara tangencial paralela a los anillos de crecimiento y los otros dos lados presenten una cara radial.

#### **CUADRO N° 10: DIMENSIONES Y NÚMERO DE PROBETAS PARA LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS.**

<b>Ensayo</b>	<b>Dimensiones de la probeta (cm)</b>	<b>Número de árboles</b>	<b>Número de probetas por árbol</b>	<b>Número total</b>
densidad básica	3 x 3 x 10	5	10	50
peso específico	3 x 3 x 10			
contracción tangencial total	3 x 3 x 10			
contracción radial total	3 x 3 x 10			
contracción volumétrica total	3 x 3 x 10			
tasa de estabilidad	3 x 3 x 10			
porosidad	3 x 3 x 10			

Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N° 7: ORIENTACIÓN DE LAS PROBETAS**



#### **3.4.1.8. Codificación de las probetas**

La codificación de las probetas se realizó con la finalidad de poder facilitar la correcta tabulación de los datos.

2 A III 1

#### **Donde:**

2 = Número de Árbol

A = Troza

III= Vigueta

1= Probeta

#### **3.5. Ejecución de los ensayos de propiedades físicas.**

La determinación de las propiedades físicas se efectuó en tres etapas:

##### **a) Estado verde.**

##### **• Primera etapa.**

Una vez obtenidas las probetas fueron colocadas en un recipiente con agua para evitar la pérdida de humedad posteriormente las probetas fueron extraídas del recipiente, después de alcanzar un contenido de humedad mayor al 30 %, debido a que la madera pierde rápidamente humedad desde el momento del apeo hasta la preparación de las probetas. Posteriormente se procedió a pesar y medir las dimensiones, radial,

tangencial y la determinación del volumen por el método de inmersión, datos que se tabularon en las respectivas planillas. (ver anexo N°6).

**b) Estado seco al aire.**

• **Segunda etapa.**

En esta etapa se procedió a hacer secar las probetas en condiciones normales de humedad procediendo a pesar y medir las dimensiones radiales, tangencial cada 5 días y luego cada 10 y 15 días, hasta que las probetas tengan un peso constante. Una vez obtenido el peso constante correspondiente a la etapa seco al aire, se procedió a obtener las dimensiones radial, tangencial y la posterior determinación del volumen seco al aire por el método de inmersión en agua destilada. Los datos fueron tabulados en las planillas. (ver anexo N°6).

**c) Estado seco al horno.**

• **Tercera etapa.**

Realizada las anteriores lecturas del ensayo y registrados en las planillas correspondientes, se procedió a colocar las probetas en la estufa dejándose 24 horas a 40°C, incrementándose la temperatura a 60 °C durante 24 horas, luego a 80 °C por el lapso de 24 horas y finalmente a  $101 \pm 2$  °C, hasta obtener un peso constante de las probetas, se retiraron las probetas de la estufa, y posteriormente se pesaron, procediendo luego a medir las diferentes dimensiones de la cara radial y tangencial. Luego se procedió a determinar el volumen por el método de inmersión, cubriendo las probetas con una capa de parafina eliminándose el exceso de parafina, esto fue realizado para evitar la absorción de agua en la determinación del volumen.

Los valores registrados de los pesos, dimensiones y volúmenes en los diferentes estados como ser: Estado Verde, Estado Seco al Aire y Estado Seco al Horno o Anhidro fueron registrados en planillas. (ver anexo N°6)

. Con los datos obtenidos se procedió a realizar los diferentes cálculos.

- Contenido de humedad %.
- Densidad aparente y básica en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

- Contracción normal y total (radial, tangencial y volumétrica en %).
- Tasa de estabilidad (T/R).
- Porosidad en %.
- Humedad máxima en %.

### **3.5.1. Contenido de humedad.**

De acuerdo a la norma COPANT 460 se determinó el contenido de humedad por el método de pesas o secado en estufa para cada una de las probetas, en la misma se utilizó una balanza de (0,01 gr) de precisión y una estufa que permita regular la temperatura de 101 +-2°C. (Cruz, 2006).

Se procedió a poner las probetas en la estufa, la misma que contiene un termorregulador, cada 24 horas se incrementó la temperatura en forma gradual de 40, 60, 80, hasta llegar a los 101+-2°C, con la finalidad de que dos pesos lleguen a ser constantes, para luego extraer las probetas y dejarlas en un desecador para posteriormente pesar y registrar los pesos en la planilla correspondiente. Y con los datos obtenidos calcular el contenido de humedad.

$$CH = \frac{PV - PSH}{PSH} * 100\%$$

CH = Contenido de humedad (%)

PV = Peso de la probeta en estado verde (gr)

PSH = Peso de la probeta en estado anhidro (gr)

### **3.5.2. Peso específico y densidad básica**

Según la norma COPANT MADERAS 461, a través de la lectura de la balanza se obtuvo el peso de las probetas en gramos y el volumen mediante el método de medición indirecta por inmersión en agua. Después con los datos se determinó el peso específico aparente para los tres estados correspondientes. Con la relación peso anhidro y volumen verde se obtuvo la densidad básica o peso específico básico. Conforme se observa en el siguiente cuadro y en función de los datos de planilla. (ver anexo N°7)

**CUADRO N° 11: DENSIDAD EN VERDE, DENSIDAD SECA AL AIRE,  
DENSIDAD ANHIDRA Y DENSIDAD BÁSICA.**

Arbol	Probeta	PV	VV	PSA	VSA	PSH	VSH
		gr.	cm <sup>3</sup>	gr.	cm <sup>3</sup>	gr.	cm <sup>3</sup>
1A	1A11	102,45	95,42	18,93	79,52	16,04	71,68
2A	2A11	96,61	98,40	22,64	90,35	19,72	86,42

Fuente: (Elaboración propia. 2021)

Cálculo para la probeta 1 correspondiente al arbol 1

PV = Peso verde.            PSA = Peso seco aire.            PSH = Peso seco horno.

VV = Volumen verde.    VSA = Volumen seco aire.    VSH = Volumen seco horno.

Peso Verde (DV)

$$DV = \frac{PV}{VV} = DV = \frac{102,45}{95,42} = 1,07 \text{ gr/cm}^3$$

Peso Seca al Aire (DSA)

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} = DSA = \frac{18,93}{79,52} = 0,24 \text{ gr/cm}^3$$

Peso Anhidra (DA)

$$DSH = \frac{PSH}{VSH} = DSH = \frac{16,04}{71,68} = 0,22 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad Básica (DB)

$$DB = \frac{PSH}{VV} = DB = \frac{16,04}{95,42} = 0,17 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.5.3. Contracción.

La contracción tanto Cr, Ct y Cv; se determinó según la norma COPANT MADERAS 462, por lo cual se acondiciono de tal forma que las probetas alcancen la condición de equilibrio tanto en el peso como en las medidas, tal como lo demuestra el siguiente ejemplo, y en el cuadro de resultados de propiedades físicas (ver planilla anexo 7).

**CUADRO N° 12: CONTRACCIONES, TANGENCIAL NORMAL, RADIAL NORMAL Y VOLUMÉTRICA NORMAL.**

Arbol	Probeta	DRV	DTV	VV	DRSA	DTSA	VSA
		mm.	mm.	cm <sup>3</sup>	mm.	mm.	cm <sup>3</sup>
1A	1AI1	30,10	30,02	95,42	28,76	26,25	79,52
2A	2AI1	30,91	31,12	98,40	30,18	29,32	90,35

Fuente: (Elaboración propia 2021)

Cálculo para la probeta 1 correspondiente al arbol 1

DRV = Dimensión radial verde.      DTV = Dimensión tangencial verde.

DRSA = dimensión radial seco aire.      DTSA = Dimensión tangencial seco aire.

VV = Volumen verde.      VSA = Volumen seco aire.

Contracción radial normal (CRN)

$$CRN = \frac{DRV-DRSA}{DRV} * 100 = CRN = \frac{30,10-28,76}{30,10} * 100 = 4,45\%$$

Contracción tangencial normal (CTN)

$$CTN = \frac{DTV-DTSA}{DTV} * 100 = CTN = \frac{30,02-26,25}{30,02} * 100 = 12,56\%$$

Contracción volumétrica normal (CVN)

$$CVN = \frac{VV-VSA}{VV} * 100 = CVN = \frac{95,42-79,52}{95,42} * 100 = 16,66\%$$

**CUADRO N° 13: CONTRACCIÓN SECA AL HORNO O ANHIDRA:  
TANGENCIAL TOTAL, RADIAL TOTAL Y VOLUMÉTRICA TOTAL**

Arbol	Probeta	DTV	DTAnh.	DRV	DRAnh.	VV	VAnh
1A	1AI1	30,02	25,32	30,10	27,89	95,42	71,68
2A	2AI1	31,12	28,57	30,91	29,67	98,40	86,42

Fuente: (Elaboración propia 2021)

Cálculo para la probeta 1 correspondiente al arbol 1

Contracción tangencial total (CTT)

$$CTT = \frac{DTV - DTAnh}{DTV} * 100 = CTT = \frac{30,02 - 25,32}{30,02} * 100 = 15,66\%$$

Contracción radial total (CRT)

$$CRT = \frac{DRV - DRAnh}{DRV} * 100 = CRT = \frac{30,10 - 27,89}{30,10} * 100 = 7,34\%$$

Contracción volumétrica total (CVT)

$$CVT = \frac{VV - VAnh}{VV} * 100 = CVT = \frac{95,42 - 71,68}{95,42} * 100 = 24,88\%$$

#### **3.5.4. Tasa de estabilidad.**

Se determinó en función CTT respecto a la radial que relaciona la contracción tangencial y la contracción radial. Este valor dimensional que expresa la estabilidad de la madera durante el proceso de secado. (ver anexo N° 7).

$$TASA = \frac{CTT}{CRT} = TASA = \frac{15,66}{7,34} = 2,13$$

TASA = Tasa

CTT= Contracción tangencial total

CRT= Contracción radial total

### 3.5.5. Porosidad.

Para su cálculo se utilizó los valores de la densidad anhidra. Se relaciona de manera inversa con la densidad; es decir, a mayor porosidad menor densidad, a mayor densidad menor porosidad, los valores expresados en porcentaje (%) ejemplo. (ver anexo N° 7).

Probeta 1AI-1

$$P = \left(1 - \frac{Pea}{1.5}\right) * 100 \quad P = \left(1 - \frac{0,22}{1.5}\right) * 100 = 85,33\%$$

P = Porosidad de la madera (%)

Pea = Peso específico anhidro (gr/cm<sup>3</sup>)

1.5 = Peso específico real (gr/cm<sup>3</sup>)

### 3.5.6. Peso Específico Ajustado al 12 %.

Probeta 1AI-1

$$D_{12\%} = Do * \frac{1 + 0.12}{1 + 0,84 * Do * 0.12}$$

$$D_{12\%} = Do * \frac{1+0.12}{1+0,84*0.22*0.12} = 0.24 \text{ gr/cm}^3$$

D<sub>12%</sub> = Peso específico aparente al 12 % de contenido de humedad

Do = Peso específico anhidro en (gr/cm<sup>3</sup>)

0.84 = Constante

### 3.5.7. Humedad máxima.

Se utilizó la medición indirecta de la cantidad de agua que contiene la madera (agua libre y agua de impregnación) la que puede albergar la madera cuando se encuentra completamente saturada. Donde la humedad se expresa en porcentaje (%) y con sus

valores podemos deducir el peso específico máximo en estado verde de la madera o árbol recién apeado. (resultados ver anexo N° 7).

Probeta 1AI-1

$$hm = \left( \frac{1}{f_o} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100$$

$$hm = \left( \frac{1}{0,22} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100 = 415,879\%$$

hm= humedad máxima (%)

$f_o$  = Peso específico anhidro(gr/cm<sup>3</sup>)

1.5 = Peso específico real de la madera (gr/cm<sup>3</sup>)

## **CAPÍTULO IV**

# **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

#### 4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

Para realizar el análisis estadístico, se tomó en cuenta las siguientes condiciones indispensables para la ejecución de este análisis:

- Que los árboles del área y cuya madera no presenten defectos y tengan la misma posibilidad de entrar en el muestreo.
- La recolección de las probetas fue realizada según el muestreo al azar.

El análisis estadístico, se realizó de acuerdo a la norma COPANT 30:1-012 que establece el procedimiento y la presentación de los resultados para poder determinar las propiedades de la madera.

Los datos para el análisis estadístico son:

Número de árboles ensayados =  $k = 5$

Número de probetas por árbol =  $l = 10$

Número total de probetas por ensayo =  $N = 50$

Dónde:

$$N = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + \dots + l_k = \sum_{j=1}^k l_j$$

Los datos anteriores permiten calcular los siguientes valores:

Valor promedio ( $\bar{X}$ ) de los valores individuales por árbol

$$\bar{X} = \frac{1}{l} * (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_l) = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l x_i$$

(x) es la variable que indica cada uno de los valores de los resultados obtenidos en cada probeta.

#### 4.2. Estimación de la varianza.

La estimación de las varianzas, se determina en base a las relaciones indicadas más adelante para el cálculo de la varianza de valores individuales, estimación de la varianza promedio y la varianza total ( $S_1^2$ ;  $S_2^2$ ;  $S_T^2$ )

**CUADRO N° 14: DETERMINACIÓN DE LAS VARIACIONES ( $S_1^2$ ;  $S_2^2$ ;  $S_T^2$ )**

	Grados de Libertad	Suma de cuadrados de la desviación	Varianza
Entre los grupos	$n_1 = k - 1$	$A_1 = II - I$	$S_1^2 = \frac{A_1}{n_1}$
Dentro de los grupos	$n_2 = N - k$	$A_2 = III - II$	$S_2^2 = \frac{A_2}{n_2}$
Total	$n_1 + n_2 = N - 1$	$A_1 + A_2 = III - I$	$S_T^2 = \frac{A_1 - A_2}{n_1 - n_2}$

Dónde:

$$n_1 = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$n_2 = N - k = 50 - 5 = 45$$

$$n_1 + n_2 = N - 1 = 50 - 1 = 49$$

Los números romanos son agrupadores de datos y/o fórmulas; para su desarrollo se presenta el siguiente ejemplo:

Dónde:

N = 50 (número de probetas por ensayo)

k = 5 (número de árboles)

l = 10 (número de probetas dentro de un árbol por ensayo)

$$I = \frac{1}{N} * \left( \sum_{j=1}^N x_j \right) = \frac{(21980,43)^2}{50} = 9662786,06$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^k x_i \right)^2 = 9964738,25$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 10244443,89$$

$$S_1^2 = \frac{II-I}{k-1} = \frac{301952,19}{4} = 75488,05$$

$$S_2^2 = \frac{III-II}{N-k} = \frac{279705,64}{45} = 6215,68$$

$$S_T^2 = \frac{III-I}{N-1} = \frac{581657,83}{49} = 11870,57$$

$S_1^2$  =Variación de los valores individuales entre los árboles

$S_2^2$  =Variación promedio

$S_T^2$  =Variación de todos los valores individuales al rededor del promedio total

### 4.3. Determinación del coeficiente de variación.

Se desarrolló primeramente el cálculo de la desviación típica, que es la raíz cuadrada de los valores de variación, obteniéndose:

$$S_1 = \sqrt{75488,05} = \pm 274,75$$

$$S_2 = \sqrt{6215,68} = \pm 78,84$$

$$S_T = \sqrt{11870,57} = \pm 108,95$$

Coefficiente de variación (  $CV_1$  ) para la varianza promedio de los valores individuales entre (k) árboles se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100 = \frac{274,75}{439,61} * 100 = 62,50\%$$

Coefficiente de variación (  $CV_2$  ) para la varianza promedio de los valores de las varianzas dentro de los (k) árboles se determinó como sigue:

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100 = \frac{78,84}{439,61} * 100 = 17,93\%$$

El coeficiente de variación total (  $TCV$  ) para la varianza de los valores individuales ( $x_i$ ) Alrededor del promedio total ( $\bar{X}$ ) se obtuvo según:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100 = \frac{108,95}{439,61} * 100 = 24,78\%$$

#### 4.4. Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total.

En esta fórmula “t” es un factor que depende de (k-1) y que tiene los siguientes valores para una seguridad estadística de 95%. como demuestra la siguiente tabla:

**CUADRO N° 15: VALORES ESTADÍSTICOS**

K-1	2	3	4	5	7	9	14	19	&
t(k-1)	4,3	3,18	2,78	2,57	2,37	2,26	2,15	2,09	1,96

$$q = \pm(k-1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 2,78 * \frac{274,75}{\sqrt{50}} = \pm 108,018$$

$$p = \frac{q}{\bar{X}} * 100 = \frac{108,018}{439,61} * 100 = 24,571\%$$

**CUADRO N°16: PROPIEDADES FÍSICAS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO: CONTENIDO DE HUMEDAD EN VERDE (CHV) %**

PROBETAS	ÁRBOLES ENSAYADOS					TOTAL
	1	2	3	4	5	
1	538,72	389,91	423,77	590,83	580,71	
2	712,56	403,08	324,63	454,44	405,17	
3	723,14	462,99	264,48	577,43	582,63	
4	530,52	286,77	454,27	522,39	273,59	
5	599,93	395,79	311,20	381,37	402,96	
6	491,19	393,21	398,07	433,99	286,19	
7	712,97	361,08	316,86	513,79	506,78	
8	459,68	311,01	333,01	343,07	458,78	
9	409,42	378,67	437,58	289,72	443,87	
10	638,17	376,97	361,40	321,44	410,23	
	10	10	10	10	10	50
$\sum_{j=1}^l x_i$	5816,30	3759,48	3625,27	4428,47	435091,91	21980,43
$j\bar{X}$	581,63	375,95	362,53	442,85	435,09	2198,05
$\sum_{i=1}^N x_i^2$	3498045,15	1339201,63	1349963,85	2064641,46	1992591,80	10244443,89
$\sum \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^l x_i \right)^2$	3382934,57	1413368,99	1314258,26	161134	1893041,78	9964738,25

Datos requeridos para el análisis estadístico:

Nº árboles ensayados ( K ) = 5

Nº probetas por árbol ( l ) = 10

Nº total de probetas por especie (N) = 50

Promedio total = 439,61

GRADOS DE LIBERTAD			VARIANZA	DESV. TÍPICA
n1 = k - 1 = 4	I = 9662786,06	A1= II-I = 301952,190	S21= 75488,05	S1 = 274,75
n2 = N - k = 45	II = 9964738,25	A2= III-II = 279705,640	S22= 6215,68	S2 = 78,84
n3=n1 +n2 =N - 1 = 49	III = 10244443,89	A3= A1+A2 =III- I = 581657,830	S2T= 11870,57	ST = 108,95
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %			INTERVALO DE CONFIANZA	
CV1 = 62,50 CV2 = 17,93 CVT = 24,78			q= 108,18 p = 24,571%	
			$\bar{X} \pm q= 439,61 \pm 108,18$ $\bar{X} \pm p= =$ 439,61± 24,571%	

## **CAPÍTULO V**

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **5.1. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL TOBOROCHI BLANCO.**

Una vez concluido con los ensayos de las propiedades físicas y obtenido los valores correspondientes de cada etapa, se procedió a realizar los diferentes cálculos físicos y el posterior análisis estadístico según lo estipulado por las normas COPANT MADERAS 30:0.12, en lo referente a la obtención de los resultados individuales.

### **5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Se determinó en tanto por ciento del peso seco con valores promedios de:

Contenido de humedad en estado verde: 439,61 %

Contenido de humedad en estado seco al aire: 16,39 %

### **5.2. PESO ESPECÍFICO APARENTE.**

La determinación del peso específico aparente es considerada como una de las propiedades más importante en la madera, puesto que de él dependen directamente otras propiedades físicas y mecánicas.

Los resultados obtenidos en sus tres estados (verde, seco al aire y anhidro), es determinado mediante la relación entre el cociente del peso sobre el volumen de las probetas, obteniéndose resultados promedios en sus tres estados, los mismos que son:

- Densidad verde: 1,05 gr/cm<sup>3</sup>
- Densidad seca al aire: 0,27 gr/cm<sup>3</sup>
- Densidad anhidra: 0,25 gr/cm<sup>3</sup>

### **5.3. PESO ESPECÍFICO BÁSICO.**

Conjuntamente el peso específico ajustado al 12%, la densidad básica, son variables relacionadas con la resistencia mecánica de la madera, además a coadyuvar a dar los posibles usos de la madera.

- Densidad básica: 0,20 gr/cm<sup>3</sup>

- Peso específico ajustado al 12%: 0,27 gr/cm<sup>3</sup>

#### 5.4. CONTRACCIONES.

La contracción tiene su importancia en los procesos de absorción, si una pieza de madera seca se pone en contacto con vapor de agua, absorbe ese vapor hasta que se produzca un equilibrio, dicho fenómeno se llama absorción, el cual es responsable de las modificaciones que se presentan según las diferentes dimensiones lineales y volumétricas de la madera, los resultados de los diferentes estados se presentan en el siguiente Cuadro.

**CUADRO N° 17: CONTRACCIONES EN ESTADO RADIAL, TANGENCIAL Y VERDE**

ESTADO	C.T%	C.R.%	C.V.%
Verde a Seco al Aire	9,52	5,38	13,90
De Verde a Anhidro	13,32	7,91	19,53
De Verde a C.H. 12%	10,55	6,20	15,46

**Fuente:** (Elaboración propia 2021)

#### 5.5. TASA DE ESTABILIDAD.

La determinación de la estabilidad adimensional se realiza mediante el cociente de la contracción tangencial y la radial, es un valor adimensional que sirve para indicar el comportamiento de la madera al secado y a otros diversos usos.

Los resultados promedios son los siguientes:

**CUADRO N° 18: TASA DE ESTABILIDAD**

ESTADO	TASA DE ESTABILIDAD
Seco al aire	2,07
Anhidro	1,81

**Fuente:** (Elaboración propia 2021)

## **5.6. POROSIDAD.**

La obtención de la porosidad es una propiedad física importante para la determinación del contenido de humedad máximo de la madera, se determina mediante la fórmula que establece la relación de sustracción entre el volumen anhidro igual a 1 cm y el volumen real del mismo.

Obteniéndose un promedio de: Porosidad = 83,40 %.

## **5.7. MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es: Contenido de Humedad Máximo: 372,85% .

## **5.8. USOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL TOBOROCHI BLANCO (*Chorisia insignis H.B.K.*).**

Según los valores obtenidos en el presente estudio la densidad básica es 0,20 gr/cm<sup>3</sup>, se utiliza para alma de multilaminado, y principalmente para artesanías. Según el peso específico se obtuvo 0,25 gr/cm<sup>3</sup>, se caracterizan por su baja resistencia, baja durabilidad natural, son utilizadas en la construcción como aislantes, revestimientos, laminas, y cajonería liviana.

## **5.9. DISCUSIÓN.**

Dado los resultados obtenidos en el presente estudio, se realizó la búsqueda de trabajos relacionados con el estudio de las propiedades físicas de la especie Taborochi blanco (*Chorisia insignis H.B.K.*), no se encontró dicha información. Se hizo la comparación con una especie de la misma familia.

Se comparó los resultados obtenidos en los ensayos de las propiedades físicas de la especie Taborochi blanco (*Chorisia insignis H.B.K.*), procedentes de la comunidad Cototo Norte del municipio Villa Montes y los datos presentados en el proyecto de apoyo a la coordinación e implementación del plan de acción forestal para Bolivia FAO-PAFBOL (GCP/BOL/028/NET) SERIE TÉCNICA XII

“INFORMACIÓN TÉCNICA PARA EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE 134 ESPECIES MADERABLES DE BOLIVIA” elaborado por Víctor Hugo Gutiérrez Rojas. Para el caso específico de la especie Toborochoi rosado, *Chorisia speciosa* (A. St. -Hil.), los valores comparativos de los ensayos de las propiedades físicas tienen procedencia del departamento de Santa Cruz. Ambos estudios realizados, utilizaron como base metodológica las normas COPANT MADERAS.

El peso específico básico de la especie Toborochoi blanco es de 0,20 gr/cm<sup>3</sup>, con relación a 0,39 gr/cm<sup>3</sup> del Toborochoi rosado, peso específico ajustado al 12% de contenido de humedad de 0,27 gr/cm<sup>3</sup> del Toborochoi blanco, con relación a 0,42 gr/cm<sup>3</sup> del Toborochoi rosado, la contracción radial del Toborochoi blanco es de 5,38 %, con relación a 3% del Toborochoi rosado, la contracción tangencial del Toborochoi blanco es de 9,52% comparado con 8 % del Toborochoi rosado, la relación T/R de 2,07 % del Toborochoi blanco, comparado con 2,05 % del Toborochoi rosado obtenido de la madera de Santa Cruz.

La variación de los datos comparados en este estudio puede deberse a una gran variedad de factores que actúan de forma directa o indirecta en el desarrollo de los árboles. No resulta raro que, en maderas, de la misma familia, de diferentes zonas se presenten diferencias principalmente por los factores ecológicos, por presentar mayor incidencia en las características anatómicas de las especies forestales, estas diferencias se dan por diferencias de temperatura, precipitación, suelos, pisos altitudinales y otros que afectan directamente el desarrollo de los individuos. Por ende, se puede decir que la madera del Toborochoi blanco, es más liviana que la madera del Toborochoi rosado.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

Concluida la investigación de las propiedades físicas del Taborochi blanco se llegó a las siguientes conclusiones.

Propiedad física	Básica	Seca al aire	Anhida
Densidad gr/cm <sup>3</sup>	<b>*0,20</b> (0,05/22,50)	0,27 (0,05/16,67)	0,25 (0,05/18,00)
<b>*Clasificación de la madera: Muy liviana</b>			
Propiedad física	Ajuste 12%		Clasificación
Peso específico	0,27 (0,05/16,67)		Muy bajo
Propiedad física	Normal %	Total %	Clasificación
Contracción radial	5,38 (2,72/50,58)	7,91 (3,06/38,67)	--
Contracción tangencial	9,52 (3,54/37,04)	13,32 (3,33/24,96)	--
Contracción volumétrica	13,90 (5,65/40,64)	<b>*19,53</b> (6,22/31,84)	*Muy alta
Propiedad física	Seca al aire	Anhidro	Clasificación
Tasa de estabilidad (T/R)	2,07 (0,92/44,35)	1,81 (0,51/28,29)	Estable
Propiedad física	Valor promedio ( % )		
Porosidad	83,40 (2,64/3,16)		
Máximo contenido de humedad	372,85 (98,71/26,48)		

- Números entre paréntesis representan Desviación estándar total – coeficiente de variación.
- Clave para la clasificación de maderas según Arostegui A, 1975.

## 6.2. RECOMENDACIONES.

La determinación de los posibles usos de la madera del Taborochi blanco, según las propiedades físicas, están sujetos a los valores obtenidos en los diferentes ensayos y de acuerdo a los requisitos que deben cumplir las maderas basándose en la clasificación de las especies según (Hannes Hoheisel 1,972). Me permitió hacer las siguientes recomendaciones.

- Recomendar a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” socialice y publique los resultados del estudio de las propiedades físicas de la especie Taborochi blanco, a las empresas madereras, aserraderos, carpinterías y empresas constructoras y a la sociedad en general.
- Se recomienda la identificación botánica previa de las especies forestales para la confiabilidad de la investigación.
- Recomendar hacer el estudio de la especie del taborochi rosado.
- Dar a conocer la existencia del Taborochi blanco (*Chorisia insignis H.B.K.*) a nivel departamental y nacional.