

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

La superficie boscosa de Bolivia abarca una extensión de 53 millones de hectáreas, es decir, casi un 50% del territorio nacional está cubierto por algún tipo de bosques desde los bosques de queñuas en la Región andina hasta los tropicales lluviosos en la Amazonía. El 63% de estos bosques (33.5 millones de Has) tienen vocación exclusivamente forestal. (FAO PAFBOL, 2001).

Es de gran importancia contar con un sistema de clasificación estructural de las especies de interés económico y en base a análisis de laboratorio asignarle a cada especie su valor de resistencia más confiable, con el objeto de brindar un mejor uso y desempeño. (Peniche, 1990).

Los usos y las aplicaciones de la madera dependen en gran medida de sus propiedades físicas, como la densidad, contracción e hinchamiento, punto de saturación de las fibras, anisotropía entre otros. De las que en cada caso particular tienen requerimientos específicos (fuentes 1990, Honorato y Fuentes. 2001)

Los valores de las propiedades físicas de la madera es información importante ya que las maderas tienen características propias que la diferencian de otras. Aún para una misma especie, tienen un amplio margen de variabilidad debido a las condiciones de crecimiento del árbol, relacionados con la latitud, calidad del suelo y características de clima, entre otros.

Por lo que el presente trabajo pretende reunir los elementos necesarios para conocer el comportamiento físico de la madera de Lúcumá proveniente de los bosques de Ixiamas capital de la provincia Abel Iturralde del departamento de La Paz como una contribución al conocimiento tecnológico de la especie forestal de interés comercial con lo cual se podrá sugerir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales en nuestro país.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Con el presente trabajo de investigación se pretende brindar información documentada de las propiedades físicas de la especie Lúcumá *Pouteria lúcumá* (Ruiz & Pav.) Kuntze, proveniente de la comunidad de Ixiamas capital de la provincia Abel Iturralde del departamento de La Paz.

En vista de la gran presión que se ha ejercido sobre los bosques naturales, a consecuencia de la sobre explotación de las especies valiosas tradicionales en el mercado, además del poco conocimiento de las especies, hace necesario la búsqueda de nuevas especies que puedan ser promocionadas al mercado local, nacional como internacional.

La determinación y el conocimiento de las propiedades en tecnología de la misma tienen una importancia primordial porque pueden variar según la procedencia y las condiciones de crecimiento, por eso es importante estudiar las propiedades físicas que a través de los resultados a obtener se podrá identificar el uso más adecuado de la madera de la especie Lúcumá.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Investigar las propiedades físicas de la especie Lúcumá *Pouteria lúcumá* (Ruiz & Pav.) Kuntze proveniente de los bosques de Ixiamas empleando la norma COPANT maderas con la finalidad de conocer sus características y poder dar algunas recomendaciones respecto a sus posibles usos en el laboratorio de tecnología de la madera de la facultad de ciencias agrícolas y forestales.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar las propiedades físicas de la madera de Lúcumá como ser:

- Densidad básica
- Peso específico

- Contracción tangencial total
- Contracción radial total
- Contracción volumétrica total
- Contenido de humedad
- Tasa de estabilidad
- Porosidad de la madera

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

## 2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Dilleniidae
<b>Orden</b>	Ericales
<b>Familia</b>	Sapotaceae
<b>Genero</b>	Pouteria
<b>Especie</b>	Lúcuma (Ruiz & Pav.) Kuntze

[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Pouteria\\_lucuma](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Pouteria_lucuma)

## 2.2 DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA DE LA ESPECIE

### 2.2.1 ÁRBOL

Es de fuste recto y cilíndrico que alcanza de 15 a 20 metros de altura y 1.5 m de diámetro en la base.

**Foto N 1 Especie arbórea Lúcuma (*Pouteria lúcuma*)**



### 2.2.2 LA COPA

Es densa y de forma esférica con un diámetro de 6 a 10 metros presenta abundantes ramas cuyos brotes tienen pubescencia color marrón oscuro.

**Foto N 2 Copa de la especie Lúcumá (*Pouteria lúcumá*)**



### 2.2.3 HOJAS

Las hojas alternas, lanceoladas u oblongas, elípticas u obovadas, con bordes ondulados en algunos cultivares, hasta 25 cm de largo y 10 cm de ancho, ápice obtuso o sub agudo. Hojas jóvenes color verde claro o rosado y muy pubescentes; hoja adulta verde oscuro brillante y glabra.

**Foto N 3 Hojas de la especie Lúcumá (*Pouteria lúcumá*)**



#### **2.2.4 FLORES**

Las flores se dan solitarias o en racimos de dos o tres, axilares y de forma tubular; son pequeñas, de color amarillo o verdoso e invariablemente hermafroditas. Muestran cinco a siete sépalos vellosos, que quedan adheridos al punto de inserción del pecíolo en el fruto, que tarda casi nueve meses en madurar desde la fertilización de la flor.

#### **2.2.5 FRUTOS**

El fruto es una baya esférica, frecuentemente con un ápice cónico redondeado, y está recubierto por una piel delicada de color verde brillante cuando todavía no está maduro. Durante la maduración está saturado de látex; una vez listo para su consumo la pulpa es de color amarillo-anaranjado, inusualmente seca y almidonosa, y muy dulce. Contiene de dos a cinco semillas ovales y achatadas, de color pardo oscuro.

**Foto N 4 Fruto de la especie Lúcuma (*Pouteria lúcuma*)**



#### **2.2.6 CORTEZA INTERNA Y EXTERNA**

La corteza externa es de color café blancuzco ligeramente áspera, fisura fina y desprendiéndose en piezas circulares e irregulares, la corteza interna de color rosado, sin olor, Su madera es de color claro, grano fino y resistente.

## **2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE**

*Pouteria lúcum* (Ruiz & Pav.) Kuntze se encuentra desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm. Se trata de un árbol que alcanza 15 a 20 m de altura, 1.5 m de diámetro en la base y con diámetro de copa de 6 a 10 m. Se desarrolla en climas tropicales y subtropicales; tolera lluvias temporales, más no precipitaciones constantes. El rango de temperatura donde se desarrolla comprende de 8 a 27 °C y humedad de 80% a 90%, siendo el rango óptimo de 14 a 24 °C. Se adapta a climas fríos constantes, pero no tolera fuertes heladas, pudiendo morir con temperaturas menores de 5 °C. Este árbol se puede adaptar fácilmente a diferentes clases de suelos, pero responde muy bien a la oxigenación radical que otorgan los suelos franco-arenosos. Se adapta muy bien a suelos arenosos y rocosos, de buen drenaje; tolera suelos moderadamente salinos y calcáreos, pero prefiere los suelos aluviales profundos con abundante materia orgánica. La reactividad del suelo donde responde bien la Lúcum fluctúa en un pH de 6 a 7. ([www.biblioteca.udep.edu.pe/tesis/pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/tesis/pdf))

## **2.4 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA**

Las propiedades físicas son las características cuantitativas de la madera y su comportamiento a las influencias externas con fuerzas aplicadas.

Se incluyen la anisotropía, el contenido de humedad, estabilidad dimensional, propiedades térmicas, eléctricas y químicas; la densidad y la resistencia a la pudrición Winandy (1994),

### **2.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA (CH)**

El contenido de humedad de la madera se define como el peso del agua en la madera expresada como una fracción, normalmente un porcentaje y del peso de madera secada al horno.

El contenido de humedad de una madera influye mucho en su peso y por lo tanto en su comercialización, a la vez que afecta a otras propiedades físicas (como el peso

específico y la contracción e hinchamiento de sus dimensiones), las propiedades de resistencia mecánica y de resistencia al ataque de hongos e insectos xilófagos. La madera es un material higroscópico, entendiendo por tal aquel que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera. Según indican, esta capacidad la presenta debido a dos razones fundamentales:

**a.** La atracción que ejercen los grupos polares existentes en la pared celular de la madera sobre aquellas moléculas, de naturaleza polar o polarizables, que entran en su órbita de acción, en particular el agua.

**b.** Debido al efecto de los fenómenos físicos de capilaridad. (Acuña y Casado 2005),

El agua es el vehículo de transporte que utilizan las plantas para su desarrollo fisiológico, esto unido a la higroscopicidad de la madera, hace que ésta tenga normalmente en su interior cierta cantidad de agua, que, tradicionalmente, se establece que puede presentarse de tres formas diferentes. Kollman (1959)

## **2.4.2 FORMAS EN LA QUE SE ENCUENTRA EL AGUA EN LA MADERA**

### **2.4.2.1 Agua de constitución o agua combinada**

Es aquella que entra a formar parte de los compuestos químicos que constituyen la madera. Forma parte integrante de la materia leñosa (de su propia estructura), y no se puede eliminar si no es destruyendo al propio material (por ejemplo, quemándola) (Gálvez, 2011).

### **2.4.2.2 Agua de impregnación o de saturación**

Es la que impregna la pared de las células rellenando los espacios submicroscópicos y microscópicos de la misma. Se introduce dentro de la pared celular, siendo la causa de la contracción de la madera cuando la pierde (desorción) y de su hinchazón cuando la recupera (sorción: retención de agua). Se puede eliminar por calentamiento hasta 100 - 110° C (Forest Products Laboratory, 1999).

### 2.4.2.3 Agua libre

El agua que se encuentra llenando las cavidades, es la que llena el lumen de las células o tubos (vasos, traqueídas, etc.) Es absorbida por los fenómenos de capilaridad. El agua libre, una vez eliminada durante los procesos de secado, ya no puede ser recuperada a partir de la humedad atmosférica, para hacerlo deberá conseguirse por inmersión directa en agua.

A medida que la madera se seca (a partir de su estado verde es decir con la humedad al momento del apeo del árbol) va perdiendo el agua libre que poseen los lúmenes celulares, no constatándose en esta etapa cambios en las dimensiones de las piezas. Pero llega a un momento en que comienza a registrarse esos cambios denominándose a ese punto de humedad **punto de saturación de las fibras** que determina el límite entre agua libre y la higroscópica. Quiere decir que la madera ha perdido toda su agua libre, pero mantiene saturadas completamente sus paredes celulares (Calderón a. s. f.)

Si la madera continúa perdiendo humedad por debajo del punto de saturación de las fibras comienza a registrarse entre otros el fenómeno de contracción de sus dimensiones. La sequedad total no existe, pero en el laboratorio se puede llegar a un peso constante, sometiendo a la madera a una temperatura de 103°C±2°C a esta temperatura queda todavía un residuo de humedad que varía entre 0.5% y 1% denominado agua de constitución la cual se elimina mediante la calcinación de la madera. Convencionalmente se expresa el contenido de humedad de las maderas como un porcentaje referido al peso del leño totalmente seco (anhidro) la fórmula que se aplica es la siguiente:

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

En donde:

CH = contenido de humedad de la madera en %

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

PSH = peso de la probeta en estado seco al horno (gr)

A veces se necesita conocer el peso del agua contenida en la madera, en función del peso húmedo de ésta o del estado de humedad en que se recibe para ser elaborada o secada. En estos casos la fórmula que se aplica es la siguiente:

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

### **2.4.3 PESO ESPECÍFICO DE LA MADERA**

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

#### **2.4.3.1 Peso específico**

Es la relación existente entre el peso de la madera sólida (sin poros) y el volumen que ocupa. Ambos valores deben ser medidos en condición anhidra para que la humedad no influya.

$$Pe = \frac{P}{V}$$

**Pe** = peso específico gr/cm<sup>3</sup>

**P** = peso (gr)

**V** = volumen (cm<sup>3</sup>)

#### **2.4.3.2 Peso específico aparente**

Toma en consideración el volumen y el peso de la madera con poros estos valores son medidos en diversidad de condiciones. Es importante destacar que la humedad de la madera influye tanto en su peso como en su volumen.

El valor del peso específico real es casi igual para todas las maderas y tiene un valor de más o menos 1.54 gr/ cm<sup>3</sup> variando tan solo cuando éstas presentan mucha resina o están fuertemente lignificadas.

$$P. E. Av = \frac{PV}{VV}$$

**P.E. Av.** = peso específico de la madera verde gr/cm<sup>3</sup>

**PV**= peso de muestra en verde (gr)

**VV**= volumen de la muestra en verde (cm<sup>3</sup>)

#### **2.4.4 DENSIDAD**

Es la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad, expresada en gramos por centímetro cúbico (gr/cm<sup>3</sup>), la madera por ser un material poroso está constituido por sustancias las mismas que son indicadores de las propiedades mecánicas, características de trabajabilidad comportamiento en el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas.

Se distingue cuatro densidades para la misma muestra de madera que son:

##### **2.4.4.1 Densidad Verde (DV)**

Es la relación existente entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).

##### **2.4.4.2 Densidad Seca al Aire (DSA)**

Relación existente entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).

##### **2.4.4.3 Densidad Anhidra (DA)**

Relación que existe entre el peso anhidro (PSH) y el volumen seco al aire (VSH).

##### **2.4.4.4 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.

### **2.4.5 CONTRACCIÓN**

La madera es un material poroso y por lo tanto puede absorber determinada cantidad de humedad la cual es absorbida por las paredes celulares.

Los límites generalmente aceptados en los cuales la madera se contrae o hincha debido a la pérdida o ganancia de humedad están ubicadas entre 0% y 30% las contracciones fueron medidas en las siguientes direcciones

- Tangencial
- Radial

Se establece una relación entre la contracción tangencial y la radial como una indicación del comportamiento de una madera respecto a su estabilidad dimensional.

Los valores de contracción se obtienen midiendo las dimensiones de la probeta, las mismas deben estar orientadas según los planos típicos de corte siendo el eje de las probetas paralelos a la dirección del grano.

### **2.4.6 POROSIDAD**

La porosidad es el porcentaje total de espacios vacíos en la madera cuando es eliminada la totalidad del agua en la pieza (Galante1953) (Ver fórmulas anexo Planillo N° 2).

## **2.5 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA SEGÚN SU CONTENIDO DE HUMEDA**

### **2.5.1 Madera verde**

Corresponde a la humedad en el momento del apeo del árbol (superior a 35%) en estas condiciones no puede ser empleada ya que al secarse se contrae y agrieta.

### **2.5.2 Madera seca al aire**

La que ha sido sometida a un proceso de secado mediante el cual alcanza un contenido de humedad en equilibrio con la humedad relativa promedio del ambiente de 12 y 18 %

### **2.5.3 Madera desecada**

La que ha sido sometida a un proceso de secado mediante el cual alcanza un contenido de humedad menor al 13%.

### **2.5.4 Madera anhidra**

Correspondiendo a una madera en el cual se ha eliminado el agua libre y el agua higroscópica mediante el secado a temperatura de  $101 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta alcanzar peso constante después de dos pesadas consecutivas con un contenido de humedad menor 12 hasta 0%.

## **2.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PESO ESPECÍFICO**

### **2.6.1 Factores propios de la madera:**

- Contenido de humedad
- Sustancias extractivas
- % de leño otoñal y primaveral
- Espesor de los anillos de crecimiento, etc.

### **2.6.2 Factores externos de la madera**

- Lugar de crecimiento
- Tratamientos silviculturales.

### **2.6.3 Fenómenos climáticos**

- Incendios
- Inundaciones
- Heladas, etc.

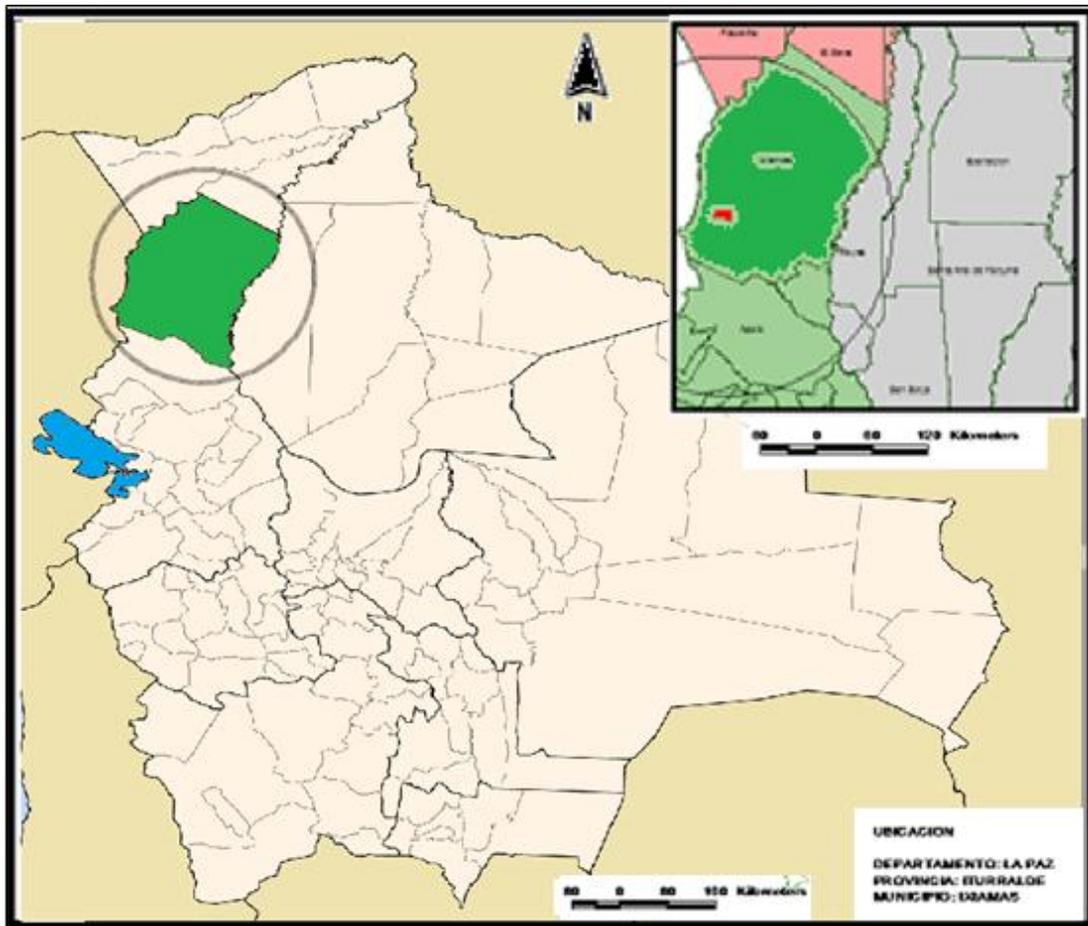
## **2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **2.7.1 LOCALIZACIÓN**

El Municipio de Ixiamas, Primera Sección de la Provincia Abel Iturralde, se encuentra ubicado al norte del Departamento de La Paz, la altura varía entre 137 y 2.348 msnm, siendo el punto más bajo cerca del río Beni y el más alto en la serranía.

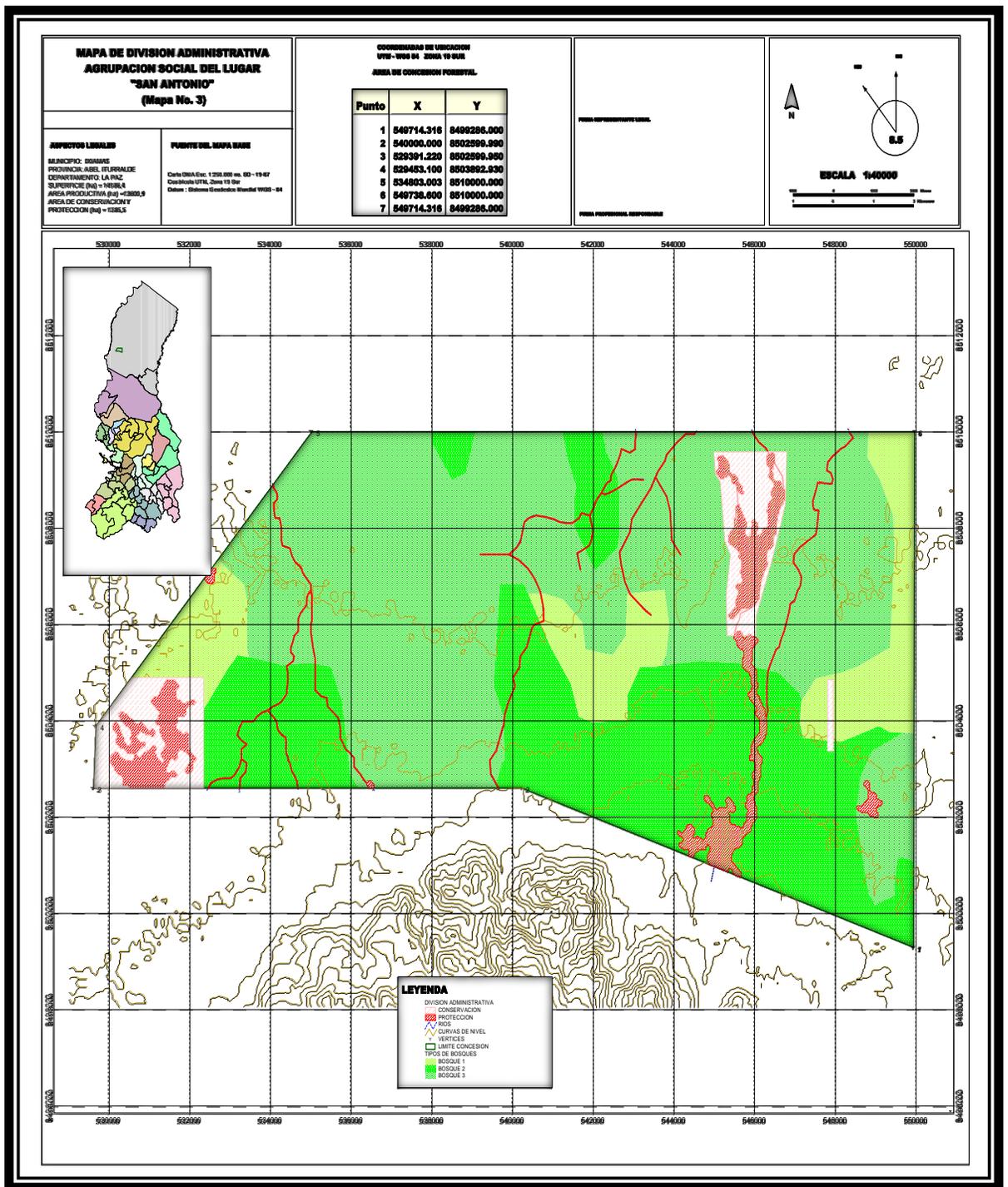
Su capital, el centro poblado de Ixiamas, se encuentra a 604 km de la ciudad de La Paz. El municipio es el de mayor superficie en el Departamento de La Paz, con 36.263,34 km<sup>2</sup>, por lo que corresponde al 90,63% de la superficie de la Provincia Abel Iturralde. PDM de Ixiamas (2009-2013)

#### **Mapa N° 1 Ubicación del Municipio de Ixiamas en el departamento de La Paz**



PDM de Ixiamas (2009-2013)

**Mapa N° 2 Ubicación de la AAA (Área de Aprovechamiento Anual) de la ASL SAN ANTONIO**



PDM de Iximas (2009-2013)

## 2.7.2 GEOLOGÍA Y SUELOS

Las formaciones geológicas, según el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ixiamas 2009-2013 (PDM), responden a los plegamientos de la Faja Sub andina y los procesos de deposición de la Llanura Chaco-Beniana (GMAI, 2008).

Los suelos con pendientes entre 0-10%, son moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien a imperfectamente drenados con presencia de moteos en muchos casos. La textura es media a gruesa y varía entre franco, franca arenosa, franca arcillosa, franco arcillo limosa, areno franco y arcillosa. La disponibilidad de nutrientes es media debido a los tenores de fosforo, el pH varía entre 4,4 a 6,1.

Los suelos con pendientes entre 10-15%, son suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien a imperfectamente drenados con presencia de moteos en muchos casos. La textura es media y varía entre franco arenoso y franco arcillo arenoso. La disponibilidad de nutrientes es baja a muy baja debido a tenores de aluminio, calcio, magnesio, fosforo, potasio y carbono. El pH varía entre 4,0 a 4,3.

Los suelos con pendientes entre 15-30%, son suelos superficiales moderadamente bien drenados. La textura es media y varía entre franco arenosa y franco. La disponibilidad de nutrientes es baja debido a los tenores de aluminio, calcio, magnesio y carbono. El pH varía entre 4,0 a 4,5.

### **2.7.3 CLIMA**

El clima de la zona está determinado principalmente por su posición intertropical y tropical, por los vientos cálidos y húmedos del noreste y por la barrera que constituye la Cordillera de los Andes, la misma que da lugar a una alta y constante precipitación.

Según el PDM de Ixiamas 2009-2013 (GMAI 2008), Ixiamas presenta un clima tropical monzónico-cálido que se comporta con relativa homogeneidad en el espacio y cierta estacionalidad en el tiempo, se distingue una estacionalidad temporal, que definen la época de lluvia desde noviembre a marzo con máximas en febrero y la época seca desde abril a octubre. Esta característica climática se manifiesta entre los

140 a 260 msnm con temperaturas mensuales mayores a 18°C, precipitación del mes más seco mayor a 60 mm y temperatura media en invierno y verano mayor a 23°C.

#### **2.7.4 PRECIPITACIÓN**

El régimen de precipitación para la estación Ixiamas, según el PDM 2009-2013 (GMAI 2008), se caracteriza por ser mono modal y presentar una época seca (abril a octubre) y una época de lluvias (noviembre a marzo). Las precipitaciones mínimas oscilan entre 20 mm a 69,8 mm en julio, para la región norte. Los valores máximos de precipitación se dan en febrero, con valores entre 244 mm y 316 mm en el norte. La precipitación anual oscila entre 1800 y 2000 mm

#### **2.7.5 TEMPERATURA**

Las máximas temperaturas, según el PDM 2009-2013 (GMAI 2008), se presentan entre octubre y diciembre ( $>27^{\circ}\text{C}$ ), mientras que las mínimas se dan en julio ( $< 23^{\circ}\text{C}$ ), lo que significa una oscilación térmica anual de  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ . Existe una relativa variación espacial de la temperatura, influida directamente por las serranías.

Durante los últimos 60 años la temperatura se ha incrementado en 0,5 grados centígrados lo que confirma la existencia de cambios en el clima que puede derivar en modificaciones en los ecosistemas.

La temperatura media anual varía alrededor de los 25° C de acuerdo a los registros de la estación ASAANA de Rurrenabaque. Las bajas temperaturas se deben a la presencia de frentes fríos (sures) que determinan un descenso de la temperatura por debajo de los 10° C y un brusco aumento de la humedad por ligeras precipitaciones que por lo general se presenta de junio a agosto.

#### **2.7.6 VIENTOS**

Los vientos dominantes son de Este a Oeste, de baja intensidad con velocidades promedio entre 20-30 km/hora.

Según referencias de los comunarios del lugar la época de vientos se inicia en junio y culmina entre los meses de agosto y septiembre.

### **2.7.7 VEGETACIÓN**

Según el Plan de Desarrollo Municipal de Ixiamas, indica que el municipio es un área que está catalogada como una de las más diversas del mundo. Se identifica las siguientes unidades de vegetación: bosque sub andino que forma parte del corredor del bosque montano protegido entre Bolivia y Perú, también indica que es un área de captación y regulación térmica e hídrica para la zona, las principales especies son de los géneros *Juglans*, *Weinmania*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Ficus*.

La otra formación es el bosque de pie de monte, zona de confluencia entre el bosque sub andino y bosque de penillanura, en este tipo de formación se encuentra la mayor diversidad de árboles y de gran oferta de alimenticia para la fauna silvestre. Finalmente, en el bosque de penillanura, posee gran cantidad de especies no maderables utilizadas por las comunidades.

Por otro lado, según la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la TCO Tacana con Base en el Manejo de los Recursos Naturales 2001-2005, las regiones ecológicas de la TCO se encuentran conformada por tres tipos de unidades: bosque muy húmedo de pie de monte; bosque húmedo estacional amazónico y bosque ribereño. Además de estos tres tipos de bosque, se encuentran también dos tipos de sabanas: sabana de inundación estacional y sabana arbolada.

El bosque húmedo estacional amazónico es de una altura de dosel hasta de 35 metros, entre las especies representativas se tiene a los árboles del genero *Pouteria*, *Chrysophyllum* y *Eschweilera* y otras como palo maria (*Calophyllum brasilensis*), verdolago (*Terminalia amazonica*), Jacaranda copata y varias especies de Angiosperma y *Calycophyllum acreanum*. Entre las palmeras se encuentra el motacú (*Attalea phalerata*), chonta (*Astrocaryum aculeatum*), majo (*Oenocarpus bataua*), asaí (*Euterpe precatoria*) y copa (*Iriarte deltoidea*).

En un inventario forestal realizado en la demanda de la TCO se determinó que los árboles alcanzan una altura promedio de 17 metros y las especies más representativas son bibosi (*Ficus* sp.), caicoma (*Licania oblongifolia*), chicle (*Clarisia biflora*), piraquina (*Xylopia ligustrifolia*), sapuraqui (*Trichilia inaequilatera*), tarara (*Platymiscium ulei*) y urucusillo (*Bixa* sp.). Los árboles más altos alcanzan una altura entre 25 y 30 metros y los más abundantes son gabú (*Otoba parviflora*), nui (*Pseudolmedia laevis*), chamane (*Poulsenia armata*), ochoó (*Hura crepitans*), verdolago (*Terminalia amazonica*), mapajo (*Ceiba pentandra*) y punero (*Pentaplaris davidsmithii*). Las palmeras se encuentran representadas por copa (*Iriarteia deltoidea*), cusi (*Orbignya phalerata*), asaí (*Euterpe precatoria*), chonta (*Astrocaryum aculeatum*), motacú (*Attalea phalerata*) y majo (*Oenocarpus bataua*).

### **2.7.8 FAUNA**

En base al conocimiento local, se registraron 46 especies de mamíferos grandes y medianos (< 1 Kg.), 78 especies de aves, 16 especies de reptiles y 54 especies de peces complementada por trabajos realizados en la zona (PGMF, Carmen Pecha 2005).

Entre los mamíferos típicos del bosque de tierra firme están los primates de la familia Cebidae (mono nocturno, silbador, lucashi, marimono y manechi), los carnívoros zorro y perro del monte, el anta, los chanchos de monte (Taitetu y tropero), los jochis pintados y colorados y ardillas.

Entre los herbívoros, el tapir se lo encuentra en los bosques altos humeados y bosques de galería, mientras que el taitetú y el tropero pueden encontrarse en hábitats más secos. La presencia de urina fue mencionada únicamente por las comunidades del norte Santa Fe, San Pedro, Carmen Pecha y Macahua asociada a sabanas. Especies como el oso bandera, oso hormiguero, pejichi, tatu, perro de monte, huaso, tigrecillo, leopardo y tigre se encuentran en variedad de hábitats, desde sabanas hasta bosques húmedos.

La distribución de aves también depende del tipo de vegetación y de los estratos de los bosques, aquellas aves de mayor tamaño como las pavas y perdices.

**Cuadro N° 1 Especies de fauna y su estado de conservación**

Nombre común	Nombre tacana	Nombre científico	Familia	Lista roja	CITES
<b>MAMIFEROS</b>					
Jochi pintado	Bashume	<i>Cuniculus paca</i>	Agoutidae	DD	
Leoncito	Chichulubasume	<i>Saguinus fuscicollis</i>	Callitrichidae	DD	II
Borochoi	Buhuequi	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	Canidae	VU	II
Perro de monte	Egie huchi	<i>Speothos venaticus</i>	Canidae	DD	I
Zorro	Cuacua	<i>Atelocynus microtis</i>	Canidae	DD	
Maneche	D'hu	<i>Alouatta seniculus</i>	Cebidae	DD	II
Marimono	Bihua	<i>Ateles chamek</i>	Cebidae	VU	II
Nocturno	Didia	<i>Aotus sp</i>	Cebidae	DD	
Ciervo		<i>Blastocerus dichotomus</i>	Cervidae	VU	I
Huaso	Duquey	<i>Mazama americana</i>	Cervidae	DD	
Urina	Yat'hi Duquey	<i>Mazama gouazoubira</i>	Cervidae	DD	
15 kilos	T'hudhy pacha	<i>Dasypus kappleri</i>	Dasypodidae	DD	
Pejichi	T'hud+ipa	<i>Priodontes maximus</i>	Dasypodidae	VU	I
Gato gris	Ibadebe	<i>Herpailurus yaguarondi</i>	Felidae	DD	II
Leopardo	Duquey iba	<i>Puma concolor</i>	Felidae	DD	II
Tigre	Iba	<i>Panthera onca</i>	Felidae	VU	I
Tigrecillo	Juri	<i>Leopardus pardalis</i>	Felidae	VU	I
Lobo	Quetcha	<i>Lutra longicaudis</i>	Mustelidae	VU	I
Londra	Quetcha aidha	<i>Pteronura brasiliensis</i>	Mustelidae	EN	I
Oso bandera	Huarayo	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Muymecophagidae	VU	II
Oso de oro		<i>Cyclopes didactylus</i>	Muymecophagidae	DD	
Anta	Ahuada	<i>Tapirus terrestres</i>	Tapiridae	VU	II
Taitetu	Huabuquere	<i>Tayassu tajacu</i>	Tayassidae	VU	II

Tropero	Huabu	<i>Tayassu pecari</i>	Tayassidae	VU	II
AVES					
Aguila arpia	Cacatara	<i>Harpia harpyja</i>	Accipitridae	VU	I
Pato roncador		<i>Neochen jubata</i>	Anatidae	LR	
Garza toro	Ibaojo	<i>Tigrisoma fasciatum</i>	Ardeidae		I
Mamaco		<i>Crax globulosa</i>	Cracidae	VU	
Pio		<i>Rhea americana</i>	Rheidae	LR	II
REPTILES					
Boa	Boye	<i>Boa constrictor</i>	Boidae	LR	II
Caimán		<i>Melanosuchus niger</i>	Alligatoridae	EN	I
Galapago	Chepere	<i>Platemys platycephala</i>	Chelidae	LR	II
Lagarto	Matucha	<i>Caiman yacaré</i>	Alligatoridae	LR	II
Peni	Pid`hud`hu	<i>Tupinambis teguixin</i>	Teiidae	LR	II
Peta del agua	Ena D`hati	<i>Podocnemis unifilis</i>	Pelomedusidae	VU	II
Peta del seco	Yahua D`hate	<i>Geochelone denticulata</i>	Testudinidae	LR	II
Sicuri		<i>Eunecte murinus</i>	Boidae	LR	II
PECES					
Pacu		<i>Colossoma macroponum</i>	Characidae	LR	
Tambaqui		<i>Piaractus brachypomus</i>	Characidae	LR	
Piraiba		<i>Brachyplatystom a filamentosum</i>	Pimelodidae	LR	
Coronel		<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Pimelodidae	LR	
Surubi		<i>Pseudoplatistom a fasciatum</i>	Pimelodidae	LR	

Fuente: CIPTA-WCS (2003)

### 2.7.9 HIDROGRAFÍA

La cuenca del Amazonas ocupa 724000 km<sup>2</sup> de la superficie del país, por lo que discurren los ríos más importantes, que se caracterizan por su caudal navegable y su aprovechamiento piscícola potencial. Se estima que por la cuenca del Amazonas se vierte 280 mil millones de m<sup>3</sup>/año (Zúñiga, 2005)

Por otro lado, el Plan de Ordenamiento Territorial para Ixiamas del 2009 (GMAI, 2009), señala que la población de Ixiamas participa de 2 subcuencas que forman la cuenca del Rio Beni. Estas dos subcuencas son:

**Subcuenca Beni-Ixiamas** (desde la confluencia con laguna Sayuba hasta la confluencia con el rio Madidi), abarca principalmente el municipio de Ixiamas en La Paz y de Reyes en el Beni, con un área de 8143 km<sup>2</sup>. Limita al suroeste con la confluencia del rio Beni y laguna Sayuba y al noroeste con la confluencia del río Beni con el rio Madidi. **Subcuenca Madidi**, esta cuenca se ubica en su totalidad dentro del municipio de Ixiamas, drena un área de aproximadamente 12776 km<sup>2</sup>, su limites están determinados por la serranía del Tigre el suroeste y por la confluencia con el río Beni al noroeste.

El principal tipo de cobertura son bosques tropicales, aunque también se tiene, en menor proporción, bosques de galería y sabanas inundables.

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

### **3.1 MATERIALES**

#### **3.1.1 Materiales de gabinete**

Libreta de anotaciones

Material de escritorio

Calculadora

Computadora

Planilla de registro

Norma COPANT maderas

#### **3.1.2 Materiales de campo**

Motosierra

Cámara fotográfica

Cinta métrica

Pintura

Libreta

Machete

Brújula

#### **3.1.3 Material biológico**

Madera de Lúcumá (*Pouteria lúcumá*)

#### **3.1.4 Materiales de laboratorio**

Balanza eléctrica (0.01 gr de precisión)

Estufa

Formulario

Soporte universal

Vaso de precipitado

Parafina

Punzón

Tornillo micrométrico

Agua destilada

### **3.1.5 Material para preparar las probetas**

Sierra sin fin

Serrucho

Lija

Marcador

Escuadras

Grueseadora

Cepilladora

## **3.2 METODOLOGÍA**

La metodología aplicada al trabajo de investigación se realizó en base a las Normas Técnicas de la Comisión Panamericana “COPANT MADERAS” para ensayos físicos, las normas empleadas fueron:

- 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

### **3.2.1 Selección y recolección de muestras**

La selección y recolección de las muestras se realizó al azar como recomienda la norma “COPANT”458 debido a que la madera presenta variaciones en sus propiedades físicas en árboles de la misma especie, sitio en que se desarrollan y otros factores como la edad, diámetro, altura, anillos de crecimiento entre otros.

### **3.2.2 Definición de la población**

Para realizar las propiedades físicas de la especie en estudio (Lúcuma) se estableció las características de cada individuo como ser: diámetro a una altura de 1.30 m, edad, sanidad, entre otros.

### **3.2.3 Selección de la zona**

Para el estudio de las propiedades físicas, se extrajeron los árboles de la ASL (Agrupación Social del Lugar) San Antonio de la comunidad de Ixiamas, la concesión en si cuenta con una superficie de 14986.09 Has.

La superficie de donde se extrajeron los árboles fue de 504 Has la misma que se encontraba divididas en fajas y en picas por el trabajo que realizó la ASL San Antonio de las cuales se eligió al azar los siguientes árboles: 236, 270, 710, 756 y 949 (ver anexos Mapa N° 3 y N° 4)

### **3.2.4 Selección y ubicación de los arboles**

Una vez seleccionados los arboles al azar dentro de las picas se procedió a tomar las siguientes características como se muestra en la siguiente tabla.

**Cuadro N° 2 Selección y ubicación de los arboles**

N° Faja	N° Pica	N° de Árbol censados	Coord. X	Coord. Y	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Calidad
3 N	13 N	236	547908	8508853	53	13	1
3 N	15 N	270	547939	8509053	53	12	1
2 N	11 N	710	547336	8508685	60	12	1
1 N	8 N	756	547493	8508373	65	12	1
1 N	3 N	949	546792	8507843	60	12	1

Ejemplo: 3 es número de faja N= norte magnético

### **3.2.5 Identificación y derribe de los arboles**

Los árboles fueron identificados en estado de pie, siendo su derribe con una motosierra, ya que los mismos estaban sujetos a ser aprovechados por la ASL San Antonio, donde posteriormente se procedió al registro de todos los datos en las planillas de campo. Así mismo la recolección de las muestras tanto de hojas, flores y fruto (Ver anexo Planilla N°4)

### **3.2.6 Selección de las trozas**

Una vez realizado el apeo del árbol se procedió al desrame y al seccionado de las trozas a 1.30 m de longitud, teniendo en cuenta que estuvieran libres de defectos, las mismas para facilitar su identificación se utilizó letras mayúsculas en orden secuencial (A B C D) desde la parte inferior hacia la parte superior del fuste, por último, se realizó el sorteo al azar de las trozas a utilizar de cada a árbol. Donde salieron sorteadas las trozas 1B, 3A, 3C, 5D, 2D (Ver Figura N° 1)

### **3.2.7 Selección de la vigueta dentro de la troza**

Una vez transportadas las trozas al aserradero se procedió aserrar y extraer un tablón de la parte central de cada una de las trozas haciendo un total de 5 tablonés de 1.30 m de longitud por 4 cm de sección transversal para posteriormente darle las dimensiones requerida de 3\*3 cm para lo cual se tomó en cuenta la orientación de los anillos de crecimiento y la dirección de las fibras.

De los mismos tablonés se obtuvieron 10 viguetas (2 por tablón) posteriormente se procedió a la selección de 5 viguetas elegidas al azar, de cada vigueta se obtuvo 4 probetas haciendo un total de 20 probetas las mismas que fueron sorteadas y codificadas. (I, II, III, IV y V).

### **3.2.8 Obtención de las probetas dentro de las viguetas**

En esta etapa las viguetas fueron colocadas en un lugar con una buena circulación de aire, después de unas dos semanas se procedió a la elaboración las probetas en la carpintería con las dimensiones que establece las norma COPAN maderas.

De las viguetas se obtuvieron 20 probetas de 3cm\*3cm \*10 cm de longitud de tal forma que los lados opuestos tengan una cara tangencial y otra cara radial.

### **3.2.9 Codificación de las probetas**

Con la ayuda de marcadores se codificaron las probetas con la finalidad de poder facilitar la correcta tabulación de los datos a obtener de los ensayos.

#### **1 B III 8**

Donde:

1 = N° de árbol

B = Troza

III = Vigueta

8 = Probeta

**Figura N°1 Trozado y aserrado de la madera.**





- 1.- árbol
- 2.- troza
- 3.- tablón
- 4.- vigueta
- 5.- probeta

Fuente propia

### **3.3 EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS**

Para determinar las propiedades físicas de la madera de Lúcumá se realizó en tres estados que son:

#### **3.3.1 ESTADO VERDE**

Una vez obtenidas las probetas fueron colocadas en un recipiente con agua para evitar la pérdida de humedad y así alcanzar un contenido de humedad mayor a 30% debido a que la madera perdió humedad desde el momento del apeo hasta la preparación de las probetas. Posteriormente se realizaron varias pesadas a las probetas hasta que sus dos últimas pesadas fueron constantes y por último se procedió a pesar y a medir la cara radial, tangencial con la ayuda de un tornillo micrométrico y la determinación del volumen por el método de inmersión utilizando agua destilada.

#### **3.3.2 ESTADO SECO AL AIRE**

Se procedió a hacer secar las probetas en condiciones normales protegiéndolas del sol y de la lluvia. Se colocó las probetas sobre una malla para que el secado sea homogéneo hasta conseguir pesos y dimensiones aproximadamente constantes. El primer control se realizó a los 5 días después a los 10 y por último 15 y 18 días donde las probetas mostraron en sus últimas pesadas pesos constantes. Y nuevamente se procedió registrar los datos como ser dimensión de las caras tanto radial y tangencial, peso y volumen.

### **3.3.3 ESTADO SECO AL HORNO**

Se procedió al colocado de las probetas en la estufa por 72 horas a 50°C luego se incrementó a  $101 \pm 2$  °C durante 24 horas, posteriormente se realizó un control de peso y nuevamente se dejaron las probetas en la estufa manteniendo a  $101 \pm 2$  °C por 24 horas más, donde finalmente las dos últimas pesadas dieron constantes.

Se procedió a pesar y a medir la cara radial y tangencial de las 20 probetas y por último se procedió al parafinado de las mismas para que estas no absorban agua, cuando sean sumergidas en la determinación del volumen por el método de inmersión

Los datos de los tres estados de las probetas fueron registrados en una planilla (Ver anexo Planilla N° 1 y N° 3)

Para obtener los resultados de las propiedades físicas de la madera de Lúcumá (*Pouteria lúcumá*) se procedió a la determinación del contenido de humedad (CH%), densidad aparente y básica ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), contracción normal y total (radial, tangencial y volumétrica), tasa de estabilidad (T/R), porosidad (%) y humedad máxima (%).

### **3.4 PESO ESPECÍFICO Y DENSIDAD BÁSICA**

Según la Norma COPANT 461, el peso específico es el cociente del peso y el volumen, ambos a un determinado contenido de humedad.

Se obtiene el peso de las probetas en gramos por la lectura de la balanza y el volumen mediante el método de medición indirecta por inmersión en agua destilada.

Obtenido los datos se determinó el peso específico aparente para los tres estados correspondientes; con la relación peso anhidro y volumen verde se obtiene la densidad básica o peso específico básico. (Los datos de los siguientes ejemplos se encuentran en anexos Planilla N° 1 y las formulas empleadas en anexos Planilla N° 5)

#### **3.4.1 DENSIDAD**

##### **3.4.1.1 Densidad verde**

$$DV = \frac{PV}{VV} = \text{gr/cm}^3 \quad DV = \frac{103.66 \text{ gr}}{100.40 \text{ cm}^3} = 1.032 \text{ gr/cm}^3$$

#### 3.4.1.2 Densidad seca al aire

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} = \text{gr/cm}^3 \quad DSA = \frac{79.38 \text{ gr}}{93.56 \text{ cm}^3} = 0.848 \text{ gr/cm}^3$$

#### 3.4.1.3 Densidad anhidra

$$DSH = \frac{PSH}{VSH} = \text{gr/cm}^3 \quad DSH = \frac{69.78 \text{ gr}}{88.27 \text{ cm}^3} = 0.791 \text{ gr/cm}^3$$

#### 3.4.2 DENSIDAD BÁSICA

$$DB = \frac{PSH}{VV} = \text{gr/cm}^3 \quad DB = \frac{69.78}{100.40} = 0.695 \text{ gr/cm}^3$$

#### 3.4.3 PESO ESPECÍFICO AJUSTADO AL 12%

$$D_{12\%} = D_o * \frac{1 + 0.12}{1 + 0.84 * D_o * 0.12}$$

$$D_{12\%} = * 0.791 \frac{1+0.12}{1+0.84*0.791*0.12} = 0.820 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.5 CONTRACCIÓN

La Norma COPANT 462 Maderas, establece el procedimiento para determinar las contracciones, Radial, Tangencial y Volumétrica. La contracción es una reducción dimensional que sufre la probeta, desde la condición verde, hasta la seca al horno, denominada Contracción Total y desde la dimensión verde a la seca al aire, Contracción Seca al Aire.

Con las dimensiones iniciales y las obtenidas en los estados posteriores se procedió a determinar las respectivas Contracciones, tal cual se demuestra en el siguiente ejemplo, y en el Cuadro de resultados de propiedades físicas (Ver Anexo Planilla N° 1 y las formulas empleadas en anexos Planilla N° 5)

### 3.5.1 CONTRACCIÓN SECA AL AIRE

#### 3.5.1.1 Contracción tangencial normal (ctn)

$$CTSA = \frac{DTV - DTSA}{DTV} * 100 \qquad CTSA = \frac{29.77 - 28.78}{29.77} * 100 = 3.33\%$$

#### 3.5.1.2 Contracción radial normal (crn)

$$CRSA = \frac{DRV - DRSA}{DRV} * 100 \qquad CRSA = \frac{29.75 - 28.80}{29.75} * 100 = 3.19 \%$$

#### 3.5.1.3 Contracción volumétrica normal (cvn)

$$CVSA = \frac{VV - VSA}{VV} * 100 \qquad CVSA = \frac{100.40 - 93.56}{100.40} * 100 = 6.81\%$$

### 3.5.2 CONTRACCIÓN SECA AL HORNO O ANHIDRA

#### 3.5.2.1 Contracción tangencial total (ctt)

$$CTT = \frac{DTV - DTSH}{DTV} * 100 \qquad CTT = \frac{29.77 - 26.87}{29.77} * 100 = 9.74 \%$$

#### 3.5.2.2 Contracción radial total (crt)

$$CRT = \frac{DRV - DRSR}{DRV} * 100 \qquad CRT = \frac{29.75 - 26.90}{29.75} * 100 = 9.58 \%$$

### 3.5.2.3 Contracción volumétrica total (cvt)

$$CVT = \frac{VV - VSH}{VV} * 100 \qquad CVT = \frac{100.40 - 88.27}{100.40} * 100 = 12.08 \%$$

## 3.6 TASA DE ESTABILIDAD (T/R)

Es el cociente que relaciona la Contracción tangencial y la Contracción radial. Es un valor adimensional que expresa la estabilidad de la madera durante el proceso de secado

### 3.6.1 Tasa de estabilidad seca al aire

$$TASA = \frac{CTSA}{CRSA} \qquad TASA = \frac{3.33}{3.19} = 1.04$$

### 3.6.2 Tasa de estabilidad seca al horno

$$TASA = \frac{CTSH}{CRSH} \qquad TASA = \frac{9.74}{9.58} = 1.02$$

## 3.7 HUMEDAD MÁXIMA

Es la medición indirecta de la cantidad de agua que contiene la madera (agua libre y agua de impregnación), que puede albergar la madera cuando se encuentra completamente saturada. La humedad máxima es expresada porcentualmente (%) y con su valor podemos deducir el peso específico máximo en estado verde de la madera o árbol recién apeado

$$H_{\max} = \left( \frac{1}{0,791} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100) = 87.83\%$$

### 3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

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.

<b>Cuadro N° 3 Datos para el Análisis Estadístico</b>	
Número de árboles ensayados	<b>k = 5</b>
Número de probetas por árbol	<b>l = 4</b>
Número total de probetas por ensayo	<b>N = 20</b>

DONDE

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

#### 3.8.1 VALOR PROMEDIO ( $\bar{x}$ ) DE LOS VALORES INDIVIDUALES POR ÁRBOL

$$\bar{X} = \frac{1}{l} * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots \dots \dots + x_l) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x_i$$

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

#### 3.8.2 ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA

Para 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

**Cuadro N° 4 Determinación de las variaciones  $S_1^2; S_2^2; S_T^2$**

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de cuadrados de la desviación</b>	<b>Varianza</b>

<b>Entre los grupos</b>	$n_1 = k - 1$	$A_1 = II - I$	$S_1^2 = \frac{A_1}{n_1}$
<b>Dentro de los grupos</b>	$n_2 = N - k$	$A_2 = III - II$	$S_2^2 = \frac{A_2}{n_2}$
<b>Total</b>	$n_1 + n_2 = N - 1$	$A_1 + A_2 = III - I$	$S_T = \frac{A_1 + A_2}{n_1 + n_2}$

Donde:

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

$$n_2 = N - k = 20 - 5 = 15$$

$$n_1 + n_2 = N - 1 = 19$$

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

$N = 20$  (número de probetas por ensayo)

$k = 5$  (número de árboles)

$l = 4$  (número de probetas dentro de un árbol por ensayo)

$$I = \frac{1}{N} * \left( \sum_{j=1}^N x_j \right)^2 = \frac{(947.04)^2}{20} = 44844.24$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^l x_i \right)^2 = 44880.11$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 44904.30$$

$$S_1^2 = \frac{II - I}{k - 1} = \frac{35.87}{4} = 8.97$$

$$S_2^2 = \frac{III - II}{N - k} = \frac{24.19}{15} = 1.61$$

$$S_T^2 = \frac{III - I}{N - 1} = \frac{60.06}{19} = 3.16$$

$S_1^2$  = 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

### 3.8.3 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN

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

$$S_1 = \sqrt{8.97} = \pm 2.99$$

$$S_2 = \sqrt{1.61} = \pm 1.27$$

$$S_T = \sqrt{3.16} = \pm 1.78$$

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

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100 = \frac{2,99}{47,35} * 100 = 6.32 \%$$

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

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100 = \frac{1,27}{47,35} * 100 = 2.68 \%$$

El coeficiente de variación total ( $CV_T$ ) para la varianza de los valores individuales

( $x_i$ ) Alrededor del promedio total ( $\bar{X}$ ) se obtiene según:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100 = \frac{1,78}{47,35} * 100 = 3.76 \%$$

### 3.8.4 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° 5 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

$$p = \frac{q}{\bar{X}} * 100 = \frac{1,859}{47,35} * 100 = 3.93\% \quad q = \pm(k-1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 2,78 * \frac{2,99}{\sqrt{20}} = \pm 1,859$$

**Cuadro N° 6 Análisis Estadístico: Contenido de humedad en verde (chv) %**

PROBETAS	Á R B O L E S E N S A Y A D O S					TOTAL
	1	2	3	4	5	
1	48.55	45.04	47.71	48.52	48.31	

2	48.67	45.42	46.50	46.08	47.11	
3	47.77	45.28	47.53	50.87	48.27	
4	49.11	43.71	49.04	48.42	45.13	
l	4	4	4	4	4	20
$\sum_{i=1}^l xi$	194.10	179.45	190.78	193.89	188.82	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K Xij = 947.04$
$j \bar{X}$	48.53	44.86	47.70	48.47	47.21	$\sum_{j=1}^K j \bar{X} = 236.76$
$\sum_{i=1}^l xi^2$	9419.64	8052.42	9102.52	9409.81	8919.92	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K Xij^2 = 44903.98(III)$
$\frac{1}{l} = \left( \sum_{i=1}^l Xi \right)^2$	9418.70	8050.58	9099.25	9398.33	8913.25	$\sum_{i=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^l Xj \right)^2 = 44880.12(II)$

Datos requeridos para el análisis estadístico:

Nº árboles ensayados (K) = 5

Nº probetas por árbol (l) = 4

Nº total de probetas por especie (N) = 20

Promedio total ( $\bar{X}$ ) = 47.35

GRADOS DE LIBERTAD			VARIANZA	DESV. TIPICA
$n1 = k - 1 = 4$	<b>I</b> = 44843.91	<b>A1</b> = II-I = 36.21	<b>S21</b> = 9.05	<b>S1</b> = 3.01
$n2 = N - k = 15$	<b>II</b> = 44903.98	<b>A2</b> = III-II = 23.86	<b>S22</b> = 1.59	<b>S2</b> = 1.26
$n3 = N - 1 = 19$	<b>III</b> = 44880.12	<b>A3</b> = III- I = 60.07	<b>S2T</b> = 3.16	<b>ST</b> = 1.78
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %			INTERVALO DE CONFIANZA	
<b>CV1</b> = 6.4	<b>CV2</b> = 2.7	<b>CVT</b> = 3.8	<b>q</b> = 1.87	<b>p</b> = 3.95%

	$\bar{X} \pm q = 47.35 \pm 1,87$	$\bar{X} \pm p = 47.35 \pm 3.95\%$
--	----------------------------------	------------------------------------

## **CAPÍTULO IV**

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LÚCUMA**

Una vez concluido con los ensayos de las propiedades físicas y obtenidos 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.

##### **4.1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD**

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

Contenido de humedad en estado verde:	47.35 %
Contenido de humedad en estado seco al aire:	13.26 %

##### **4.1.2 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

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.

Peso específico en verde	1.07 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico seco al aire	0.89 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico seco al horno	0.83 gr/cm <sup>3</sup>

#### 4.1.3 DENSIDAD BÁSICA PESO Y ESPECIFICO AJUSTADO AL 12%

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

densidad básica:	0.73 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico ajustado al 12%:	0.85 gr/cm <sup>3</sup>

#### 4.1.4 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.

	C.T (%)	C.R (%)	C.V (%)
<b>Verde-seco al aire</b>	3.20	3.02	6.76
<b>Verde-anhidro</b>	8.76	8.37	11.81
<b>Verde-a CH 12%</b>	3.73	3.52	7.21

#### 4.1.5 TAZA DE ESTABILIDAD

La determinación de la estabilidad dimensional 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.

ESTADO	TAZA DE ESTABILIDAD
Seco al Aire	1.06
Anhidro	1.05

#### 4.1.6 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.

Porosidad	44.91%.
-----------	---------

#### 4.1.7 MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es:

Contenido de Humedad Máximo	82.53%
-----------------------------	--------

## **CAPÍTULO V**

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluida con la determinación de las propiedades físicas de la especie en estudio (*Pouteria lúcuma*) se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones de acuerdo a las estipulaciones de la Clave de Clasificación de Maderas (Arostegui A. 1975) (Ver anexos N°6).

## 5.1 CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

### 5.1.1 PESO ESPECÍFICO

Según su peso específico básico promedio es de  $0,73 \text{ gr/cm}^3$ , que es un indicador de calidad de la madera, se clasifica como una madera **PESADA**. se puede utilizar en obras de construcciones como: vigas, columnas, recubrimientos de exteriores y pisos.

De acuerdo al peso específico ajustada al 12% de contenido de Humedad de  $0,85 \text{ gr/cm}^3$ , se clasifica como **ALTO**.

El peso específico anhidro de  $0,83 \text{ gr/cm}^3$ , se clasifica como una madera **PESADA**.

### 5.1.2 CONTRACCIÓN

Según el valor que presenta la contracción volumétrica en estado anhidro es de **11.81 %**, se clasifica como madera **MEDIANO**.

### **5.1.3 TAZA DE ESTABILIDAD**

Por la taza de estabilidad promedio de **1,05** la madera de lúcumá se clasifica como una madera **MUY ESTABLE**.

Los resultados de acuerdo con las claves de clasificación de maderas indican que la madera de la lúcumá es una madera pesada (ver anexo Planilla N° 5)

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Recomendar a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho difundir los resultados de la información obtenida del presente estudio realizado a la especie Lúcumá para que el mismo sirva como base para realizar otros estudios complementarios como ser propiedades mecánicas, uniones estructurales, preservación e impregnación, trabajabilidad, secado, estudios anatómicos y organolépticos eléctricas, acústica ya que debido a que actualmente no se cuenta con ningún registro de estudios que se lo haya realizado anteriormente a esta especie.

