

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En Bolivia, la creciente demanda de productos maderables y la disminución paulatina de muchas especies de importancia económica obliga a buscar cada vez nuevas especies de importancia económica que puedan ingresar al mercado maderero y para ello es necesario la realización de estudios para evaluar de manera individual cada una de las propiedades físicas de la madera, proporcionando así una idea muy aproximada de la cuál puede ser su comportamiento bajo las diferentes condiciones de uso y servicio. Por lo tanto, conocer los valores de las propiedades físicas y su variación proporcionará datos de gran valor que permiten encontrar los posibles usos más adecuados a las especies forestales (Aguirre1991).

La tecnología en torno a la madera ha ido evolucionando, garantizando la calidad del producto a través de los controles unidos al proceso de su fabricación. Así, el conocimiento de la madera, los sistemas de secado y las técnicas de tratamiento garantizan el éxito del uso de la madera y el control de sus características y propiedades mejora día a día.

Por lo que el presente trabajo pretende reunir los elementos necesarios para conocer el comportamiento físico de la madera Cuta 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 forestales 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

La sobre explotación de las especies valiosas tradicionales en el mercado; ha llevado a la escases de dichas especies lo que conlleva al estudio de investigación de nuevas especies forestales para ofertar al mercado.

El presente trabajo plantea conocer las propiedades físicas de la madera de Cuta del bajo paragua (*Apuleia leiocarpa*) con la finalidad de aportar datos técnicos de esta nueva especie no tradicional, y así poder conocer sus posible usos en los que se pueda

emplear esta especie y de esta manera contribuir más al conocimiento tecnológico de especies bolivianas.

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar las propiedades físicas de la especie Cuta del bajo paragua (*Apuleia leiocarpa*), (*J. vogel*), (*J.F. macbride*). basándose en la Norma COPANT MADERAS 30:1-013.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la densidad básica (DB).
- Peso específico (Pe).
- Contracciones de la madera (Ctn, Crn, Cvn y Ctt, Crt, Cvt.)
- Contenido de humedad (CH).
- Tasa de estabilidad (T/R)
- Porosidad (P), de la madera de la especie Cuta del bajo paragua (*Apuleia leiocarpa*).

CAPÍTULO II
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

Las propiedades físicas de la madera, son aquéllas que para conocer no requieren de la aplicación de una fuerza externa sobre la probeta, los valores se determinan sin alterar ni cambiar la estructura de la madera, consiste en la observación, pesaje, medición y el secado de cada probeta.

Para la preparación de las probetas se debe tomar en cuenta la correcta orientación de los anillos de crecimiento y que estén libres de defectos con una orientación definida en los diferentes ejes (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 y Peso Específico (verde, seco al aire y anhidro), Porosidad y Tasa de Estabilidad. (Vargas, 1987).

2.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (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).

2.2.2. 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 g. 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 franz 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 2004)

2.2.3. FORMAS EN QUE SE ENCUENTRA EL AGUA EN LA MADERA

a) 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.)

b) Agua de Impregnación o de saturación

Es la que impregna la pared de las células relleno 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).

c) 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).

2.2.4. 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:

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 Díaz Dionisio, Noviembre del 1991).

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 18 y 12 % 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. (Marco Hoheisel 1968).

Estado de la madera Anhidra, aquella madera que tiene un contenido de humedad menor de 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 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 oxidrilos reaccionen con las moléculas de agua (Cruz 2004).

2.2.4.1. 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 la desventajas es el tiempo que se necesita para obtener resultados, consiste en cortar una pieza de madera con dimensiones establecidas según normas COPANT MADERAS, 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 peso que es registrado como anhidro.

Para realizar su cálculo utilizamos la siguiente fórmula:

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

Dónde: **CH** = Contenido de humedad en % **Pv** = Peso verde en gr

Po = Peso Seco al Horno en gr.

b) Xilohigrómetro Eléctrico

Son medidores eléctricos de humedad, fáciles 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.

2.2.4.2. 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 Pena Santiago 2000).

2.2.5. DENSIDAD

Es la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad, expresada en gramos por centímetro cúbico (gr/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 comportamiento en el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas.

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 seco al aire (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.

2.2.6. 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 (Worldwide Science 2011).

2.2.6.1 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/cm³

P = peso (gr)

V = volumen (cm³)

2.2.6.2 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/cm³ variando tan solo cuando estas presentan mucha resina o están fuertemente lignificadas

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

P.E. Av. = peso específico de la madera verde gr/cm³

PV= peso de muestra en verde (gr)

VV= volumen de la muestra en verde (cm³)

2.2.7. POROSIDAD

Es el porcentaje total de espacios vacíos en la madera cuando es eliminada la totalidad del agua en la pieza (Galante1953).

2.2.8. 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.

2.2.9. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PESO ESPECÍFICO

2.2.9.1. Factores propios de la madera:

- Contenido de humedad
- Sustancias extractivas
- % de leño otoñal y primaveral

- Espesor de los anillos de crecimiento, etc.

2.2.9.2. Factores externos de la madera

- Lugar de crecimiento
- Tratamientos silviculturales.

2.2.9.3. Fenómenos climáticos

- Incendios
- Inundaciones
- Heladas, etc.

2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Descripción taxonómica de la especie Cuta del bajo paragua (*Apuleia leiocarpa*), (J. Vogel), J.F. Macbride.

Reino: Plantae.

Sub reino: Tracheobionta.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Rosidae.

Orden: Fabales.

Familia: Fabaceae.

Subfamilia: Caesalpinioideae.

Tribu: Cassieae.

Subtribu: Dialienae.

Género: *Apuleia*

Especie: (*Apuleia leiocarpa*), (J. Vogel), J.F. Macbride.

Nombre científico: *Apuleia leiocarpa*

Nombre común: Cuta del bajo paragua.

2.4. DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA.

2.4.1. ÁRBOL

Cuta del bajo paragua, alcanza de 25 a 40 m de altura y diámetros de 30 a 150 cm; fuste levemente sortuoso, tronco irregular a cilíndrico; a veces con aletones empinados y delgados.

Foto1: Especie arbórea Cuta (*Apuleia leiocarpa*)



2.4.2. LA COPA

Copa ancha, aplanada, no muy densa, poco abierta sobre el tercio superior de la altura total; follaje poco denso, de color verde amarillento al extremo superior de las ramas.

2.4.3. CORTEZA

La corteza superficial del tronco es lisa a ligeramente granulosa; la corteza muerta se desprende en placas irregulares grandes, a modo de piezas de rompecabezas, dejando huellas en bajo relieve en la superficie del tronco, donde queda una película de corcho que, al ser raspada, tiene color amarillento. Corteza viva de dos capas; una externa laminar, con sectores de color blanquecino y otra interna laminar y fibrosa, compacta.

Foto 2: Corteza externa e interna de la especie *Cuta (Apuleia leiocarpa)*



2.4.4. INFLORESCENCIA

Inflorescencias en cimas axilares o laterales, de 3 a 8 cm de largo con 10 a 100 flores hermafroditas y masculinas en proporción de uno a tres; flores amarillas de 5 a 8 mm de largo con tres pétalos y ovario ovado-oblongo, pubescente, con estilo grueso y estigma dilatado.

La especie florece en septiembre a octubre. La polinización es realizada probablemente por abejas.

Foto 3: Hoja flor y fruto de la especie de la Cuta (*Apuleia leiocarpa*)



2.4.5. HOJAS

Tiene hojas compuestas, alternas, pinnadas de 5 a 15 cm de largo; tiene 5-11 folíolos alternos, elípticos a oval-lanceolados u ovado-oblongos, de 2 a 6 cm de largo y de 1 a 1.5 cm de ancho, ápice emarginado y mucronado, base obrusa, margen entero, has verde oscuro y glabro, envés verde claro y pubescente. Peciolulo corto.

2.4.6. FRUTO

El fruto es una vaina indehisciente, subcariacea, ovoide-lanceolada a oval-oblonga, comprimida lateralmente, de 1.5 a 6 cm de largo, de 1.5 a 2.5 cm de ancho y de 3 a 5 mm de grosor, de color castaño claro.

La fructificación se produce y maduran de octubre a noviembre. La dispersión de las semillas es autocorica y anemocorica. (Vorgel y J.F.Macbr.).

2.4.7. CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

La madera es dura y pesada, con un Densidad básica de 0.75 a 1.0 g/cm³.

2.4.8. COLOR

El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color amarillo cremoso y las capas internas (duramen) de color amarillo, observándose entre ambas capas un abrupto contraste en el color. En la madera seca al aire la albura se torna de color amarillo y el duramen amarillo-marrón.

2.4.9. OLOR

Tiene un olor distintivo, parecido a almendras.

- **Lustre o brillo:**

Tiene un lustre moderado o mediano, tiene grano recto a levemente entrecruzado.

- **Textura**

Fina y homogénea y brillo suave. Es fácil de trabajar y presenta un secado lento y difícil. Y no es muy resistente al ataque de hongos.

2.5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Se distribuye naturalmente en América del Sur en los países de Venezuela, Perú, Bolivia, Brasil, Argentina y Paraguay. Su distribución altitudinal varía de 20 a 800 m.s.n.m, con precipitación anual de 1000 a 2000 mm y temperaturas de 17° a 26°C.

La especie Cuta de bajo paragua (*Apuleia leiocarpa*) se encuentra en el Bosque Sub Andino que forma parte del corredor del bosque montano protegido entre Bolivia y Perú.

Se reproduce muy abundantemente en bosques secundarios; a veces en agrupaciones puras. Abunda en faldeos y altos. Crece muy lentamente, hasta su edad media, que crece a razón de 8- 10 cm de altura /año. Es heliófita, pero en parte esciófita.

Pertenece a la formación de bosque húmedo estacional amazónico donde las especies alcanzan una altura dosel de 35 metros.

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

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.

Los suelos con pendientes entre 0-10%, son moderadamente profundos a profundos, y moderadamente bien a imperfectamente drenados con presencia de moteos en muchos casos. La textura es media a gruesa y varía entre franco, franco arenoso, franco arcilloso, franco arcilloso limoso, arena franco y arcillosa. La disponibilidad de nutrientes es media debido a los tenores de fósforo, 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 arenosa y franco arcillo arenosa. La disponibilidad de nutrientes es baja a muy baja debido a tenores de aluminio, calcio, magnesio, fósforo, 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. De nutrientes es baja debido a los tenores de aluminio, calcio, magnesio y carbono. El pH varía entre 4,0 a 4,5.

3.2.3 CLIMA

El clima en 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 define 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 60mm y temperatura media en invierno y verano mayor a 23°C.

3.2.4 PRECIPITACIÓN

El régimen de precipitación para la estación de Ixiamas, según el PDM 2009-2013 (GMAI 2008), Se caracteriza por ser mono modal y presenta una época seca (abril a octubre) y una época de lluvias (noviembre a marzo). Las precipitaciones mínimas oscilan entre 20mm 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 2000mm.

3.2.5 TEMPERATURA

Las máximas temperaturas, según el PDM 2009-2013 (GMAI 2008), se presentan entre octubre y diciembre ($\geq 27^{\circ}\text{C}$), mientras que la mínimas se dan en julio ($\leq 23^{\circ}\text{C}$), lo que significa que la oscilación térmica Anual de $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Existe una retiva 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 se 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 determina 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.

3.2.6 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.

3.2.7 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 la parte del corredor del bosque montano protegido entre Bolivia y peru. 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 la del bosque de pie de monte, zona de confluencia entre el bosque sub andino y bosque penillanura, en este tipo de formación se encuentra la mayor diversidad de árboles y de gran oferta alimentaria 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 del Desarrollo Sostenible de la TCO Tacana con Base en el Manejo de los Recursos Naturales 2001-2005, Las regiones ecológicas de la TCO se encuentra 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 encuentra 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 arboles del genero *Pouteria*, *Chrysophyllum*, y *Eschweilera* y otras como Palo maria (*Calopyllum brasiliensis*), verdolago (*Terminalia amazónica*), jacaranda copata, Cuta (apuleia leiocarpa) y varias especies de Angiosperma y *Calycophyllum acreanum*. Entre las palmeras se encuentran el motacu (*Attalea phalerata*), chonta (*Astrocaryum aculeatum*), majo (*Oenocarpus bataua*), asai (*Euterpe precatoria*), y copa (*Iriarteia deltoidea*).

En un inventario forestal realizado en la demanda de la TCO se determinó que los arboles 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 (*Biaca sp.*). Los árboles más altos alcanzan una altura entre 25 y 30 metros y los más abundantes son: gabu (*Otoba parviflora*), nui (*Pseudolmedia laevis*), chamane (*Poulsenia armata*), ochoo (*Hura crepitans*), verdolago (*Terminalia amazónica*), mapajo (*Ceiba pentandra*), y punero (*Pentaplaris davidsmithii*).

Las palmeras se encuentran representadas por copa (*Iriartea deltiodea*), cusí (*Orbignya phalerata*), asai (*Euterpe precatória*), chonta (*Astrcaryum aculeatum*), motacu (*Attalea phalerata*), y majo (*Oenocarpus batana*).

3.2.8 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	CITE S
MAMIFEROS					
Jochi pintado	Bashume	<i>Cuniculus paca</i>	Agoutidae	DD	

Leoncito	Chichulubasume	<i>Saguinus fuscicollis</i>	Callitrichidae	DD	II
Borochi	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>Eunectes murinus</i>	Boidae	LR	II
PECES					
Pacu		<i>Colossoma macroponum</i>	Characidae	LR	
Tambaqui		<i>Piaractus brachipomus</i>	Characidae	LR	
Piraiba		<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Pimelodidae	LR	
Coronel		<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Pimelodidae	LR	
Surubi		<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Pimelodidae	LR	

Fuente: CIPTA-WCS (2003)

3.2.9 HIDROGRAFÍA

La cuenca del Amazonas ocupa 724000 km² 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 m³/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 km². Limita al suroeste con la confluencia del rio Beni y laguna Sayuba y al noroeste con la confluencia del rio 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 km², su límites están determinados por la serranía del Tigre el suroeste y por la confluencia con el rio Beni al noroeste.

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

3.2.10 USO DE LA TIERRA

El uso de la tierra en el municipio se caracteriza por el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas y forestales, tanto de productos maderables como no maderables. Estos usos pueden presentar variaciones y/o combinaciones, dependiendo de las características específicas de la zona y las preferencias de los habitantes. El área donde se encuentra diversidad de usos de la tierra se concentra a lo largo de la red vial principal, en el tramo Tarene-Ixiamas-El Tigre (Alto Madidi), donde se localizan la mayoría de los centros poblados, haciendas ganaderas y aserraderos.

3.2.11 USO AGROSILVOPASTORIL

Uso agrosilvopastoril con cultivos anuales, perennes, y extracción de productos maderables y no maderables: Este uso se identifica a lo largo de la red vial principal. Las comunidades Tacanas han implementado ancestralmente sistemas agroforestales y de crianza de ganado desde tiempos coloniales. Se caracteriza por el desarrollo de tres actividades: agrícola, ganadera y forestal. En el chaco habilitado se siembran cultivos anuales y perennes (arroz, fríjol, maíz, maní, yuca, cacao, plátano y cítricos), en una parte; maderables y semilleros, en otra, y en la restante se siembra el pasto para el

ganado. Las características del sistema varían en composición y tipo de manejo, según las preferencias y disponibilidades del productor. La actividad agrícola se caracteriza por la utilización reducida de insumos, producción manual y prácticamente orgánica. Asimismo, la infraestructura de producción es escasa o inexistente y se aplican técnicas tradicionales de manejo. La producción en la mayoría de los casos está destinada al autoconsumo, con algún excedente para la comercialización (en el caso de productores de subsistencia).

3.2.12 USO FORESTAL

La actividad forestal es una de las principales en el municipio. De acuerdo a la disponibilidad de recursos del bosque se distinguen el uso forestal maderable y no maderable. Algunas áreas tienen planes de manejo forestal.

Uso forestal maderable: Extracción bajo plan de manejo. Corresponde a áreas de concesiones forestales, ASL, OFC, y propiedades privadas que realizan la extracción de madera de forma selectiva, reguladas por un plan de manejo y por la Superintendencia Forestal (ABT).

Estas áreas abarcan una superficie de 357.500 has (Plan Forestal Ixiamas, 2007) en los bosques siempre verdes de la Llanura Chaco-beniana, y también en parte de la serranía de El Tigre.

Las áreas de extracción de madera sin planes de manejo corresponden las superficies colindantes a las zona de uso agrosilvopastoril, es decir, al área de influencia, donde existe mayor número de asentamientos humanos. En estas áreas la extracción de madera también es de tala selectiva.

Las principales especies extraídas en ambos casos son: mara, cedro, roble (que no se encuentran con facilidad), aliso, mara macho, almendrillo, bibosí, mapajo, ochoo, palo maría y verdolago.

Uso forestal no maderable: Esta importante actividad permite obtener ingresos adicionales a las familias.

La realiza ancestralmente la comunidad local y recientemente las comunidades interculturales, que la han aprendido por convivencia y vecindad, y, en algunos casos, de procesos de capacitación. Se realiza un aprovechamiento consuntivo y no consuntivo.

Los principales productos que se extraen son: castaña, goma, cacao silvestre, majo y jatata. El cacao es vendido a intermediarios o –dependiendo de las posibilidades de la familia recolectora– directamente en Rurrenabaque, Cobija y Riberalta. Otros productos que se extraen del bosque son: palmito, assaí, chonta, etc.

En la mayor parte del municipio existe potencial para el aprovechamiento sustentable de productos no maderables orientados a la artesanía y la elaboración de productos alimenticios ecológicos.

3.2.13 USO URBANO

Según el INRA, el área destinada para uso urbano en el municipio es de 31,18 Km², de la cual 1,63Km² tienen un uso urbano consolidado (amanzanamiento definido).

3.2.14 ÁREA PROTEGIDA

El Parque Nacional y el Área Natural de Manejo Integrado Madidi cuentan con regímenes de protección y manejo específicos. El área del parque Madidi que se encuentra en Ixiamas es de 660.000 has, por lo que corresponde aproximadamente al 18% de la superficie total del municipio.

3.2.15 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Los complejos enlaces entre la dinámica de la población, bajos ingresos y desarrollo sustentable deben ser analizados en todo proceso de formulación de Planes de Ordenamiento Territorial. Generalmente los aspectos socioeconómicos se han desarrollado temáticamente en la formulación de los planes de Desarrollo Municipal, lo substancial es que en ambos se realice de un modo integral y de acuerdo a sus objetivos de formulación. En este documento, se ha incluido la descripción y análisis de los rasgos principales.

De acuerdo a los periodos de explotación de los recursos naturales mencionados al principio de esta sección, se han ido diversificando las actividades productivas y los servicios de la región. La población ocupada es de 36%. Un 68.86% de ella se dedica a la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura. Pese a que las actividades de agricultura, ganadería, forestaría y pesca son las que ocupan mayor mano de obra y emplean por tanto a la mayor parte de la población ocupada, los ingresos percibidos por el desarrollo de estas actividades son bajos por su carácter extractivo y/o primario (nula o baja generación de valor agregado). Las actividades de transporte, turismo y la reducida actividad manufacturera, que es más bien artesanal, así como los proyectos de construcción y obras públicas son actividades importantes, pero con menor participación de la población económicamente activa.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1 MATERIALES

Para la ejecución del presente trabajo se utilizó los siguientes materiales:

Materiales de Gabinete

- Libreta de anotaciones
- Materiales de escritorio
- Computadora
- Calculadora
- Material de escritorio
- Planillas de registro
- Norma COPANT MADERAS

Material Vegetal

Madera de la especie Cuta del bajo paragua (*Apuleia leiocarpa*), (*J. Vogel*), *J.F.*.
Macbride.

Materiales De Campo

- Motosierra

- Cámara fotográfica
- Vehículo para el transporte del material
- Machetes
- Flexómetro
- Hachas
- Brújula
- Mezcla de gasolina y Aceite para el funcionamiento de la motosierra
- Libreta de campo
- Spray de pintura

Materiales de laboratorio

- Balanza eléctrica (precisión de 0,01 gr)
- Estufa
- Soporte universal
- Agua destilada
- Formularios
- Cámara fotográfica
- Parafina
- Vaso de precipitados
- Marcador indeleble
- Punzón
- Recipiente
- Tornillo micrométrico
- Desecador

3.3.2 MÉTODOLÓGÍA

La metodología empleada para el siguiente trabajo de investigación corresponde a la metodología indicada por la Normas Técnicas de la Comisión Panamericana “COPANT MADERAS” para ensayos físicos. 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

3.3.2.1. SELECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

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

3.3.2.2. DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN

Para la realización de las propiedades físicas de la CUTA (*Apuleia leiocarpa*)

Se estableció las características de cada individuo tales como: especie, edad, diámetro a la altura al pecho (1,30 m).

3.3.2.3. SELECCIÓN DE LA ZONA

Para el estudio de las propiedades físicas, se extrajeron los arboles 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 arboles: 39, 112, 191, 256, 266, 411, 426, 455. (Ver cuadro Mapa N° 2 y N° 3)

La especie se encontraba asociada con especies arbóreas como ser: Almendrillo, Bibosi Colorado, Bitumbo, Cedro, Cedro Macho, Coloradillo, Copaibo, Gabun, Jorori, Lúcuma, Mani, Manicillo, Mapajillo, Mapajo, Mara Macho, Masaranduba, Murure, Ochoo, Palo Amarillo, Palo Maria, Paquio, etc.

3.3.2.4. SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES

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.

(Ver cuadro Mapa N° 2 y N° 3)

CUADRO 2: Arboles seleccionados con sus coordenadas

N° Faja	N° Pica	Coord. X	Coord. Y	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Calidad
3 N	1-N	548040	8507665	60	15	1
3 N	5-N	548020	8508076	60	10	1
3 N	10-N	547793	8508575	80	14	1
3 N	14-N	547760	8509018	50	16	1
3 N	15-N	547683	8509083	52	11	1
3 N	23-N	547773	8509923	50	11	1
3 N	23-N	548088	8509898	70	13	1
2 N	23-N	547288	8509868	60	13	1

Fuente: Elaboración propia.

Foto 4: Selección y marcado de los arboles

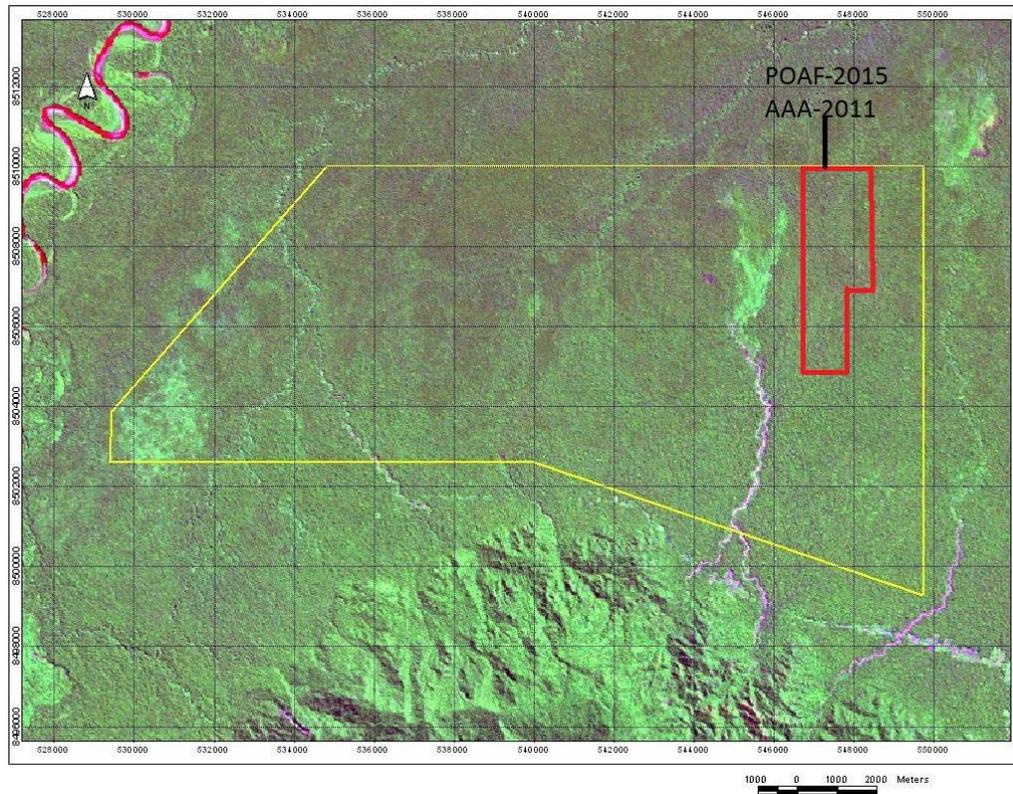


Haciendo un total de 8 árboles seleccionados y marcados con pintura roja, tomando en cuenta la sanidad y un buen fuste.

3.3.2.5. UBICACIÓN DEL ÁREA SELECCIONADA

Mapa 4: Poligonal del área de manejo de la ASL San Antonio, superpuesta a Imagen

satelital Landsat 2011.



Fuente elaborada en base (PMOT).

3.3.2.6. IDENTIFICACIÓN Y DERRIBE DE LOS ÁRBOLES

A los árboles se lo identificó con la ayuda de fotografías y supervisión de un matero fueron identificados en estado de pie, una vez ya identificados se procedió a su derribe con una motosierra Sthil, ya derribado el árbol se realizó el registro de todos los datos en las planillas de selección y recolección de muestras, asimismo a la recolección de muestras, tanto de hojas, flores, frutos.

3.3.2.7. SELECCIÓN DE LA TROZAS

El apeo de los árboles se realizó con la motosierra dividiendo el fuste en secciones de 100 cm de longitud teniendo en cuenta que estuvieran libre de defectos, las trozas fueron cortadas de la parte basal, media y alta la codificación utilizada fue A,B,C, obteniendo del primer árbol (3 troza), segundo árbol (2 trozas), tercer árbol (2 trozas),

cuartó árbol (3 trozas), quinto árbol (3 trozas), sexto árbol (2 trozas), séptimo árbol (2 trozas), y del octavo árbol (3 trozas) haciendo un total de 20 trozas de los ocho árboles, posteriormente se seleccionaron del primer árbol la (troza B), segundo árbol (troza B), tercer árbol (troza A), cuarto árbol (troza B), quinto árbol (troza C), sexto árbol (troza A), séptimo árbol (troza C), y octavo árbol (troza B) el total de trozas obtenidas para realizar del estudio fueron 8 trozas seleccionadas, las cuales fueron pintadas en sus extremos con pintura roja para evitar de esta manera la pérdida de humedad por los extremos, ataque de hongos y las rajaduras que podrían presentarse.

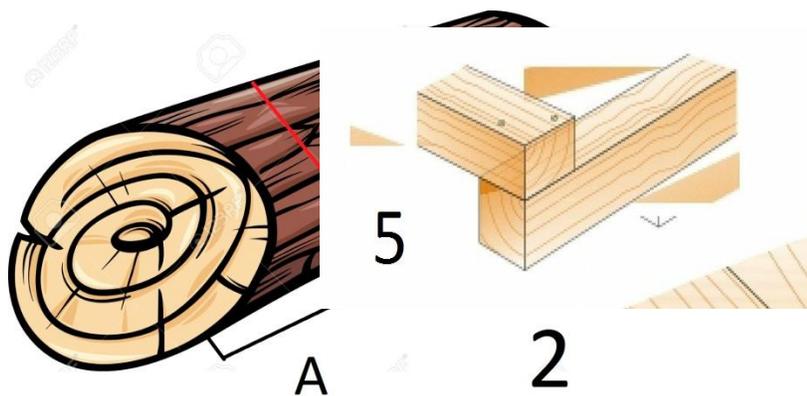
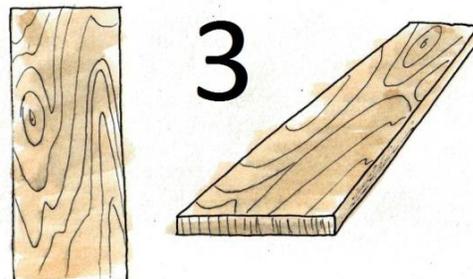
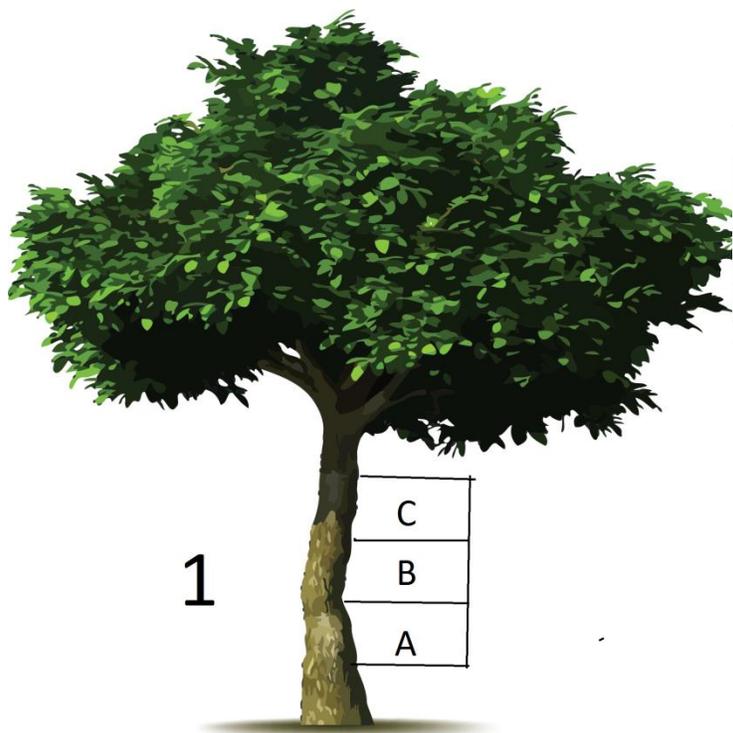
3.3.2.8. EXTRACCIÓN DE LAS TROZAS

La especie *Cuta* del bajo paragua una vez seleccionados los árboles, fueron volteados y respectivamente aserrados y transportados en tablones desde Ixiamas hasta la ciudad de Tarija.

3.3.2.9. SELECCIÓN DE LA VIGUETA DENTRO DE LA TROZA

Una vez llegado a Tarija los 8 tablones se obtuvieron las viguetas de 100cm de sección longitudinal teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento, obteniendo de cada uno de ellos las viguetas de 4cm de sección transversal para posteriormente darle una sección transversal requerida de 3*3 cm para la cual se utilizó la grueseadora, obteniendo del tablón 1 (3 viguetas), tablón 2 (3 viguetas), tablón 3 (2 viguetas), tablón 4 (2 viguetas) y tablón 5 (3 viguetas), tablón 6 (2 viguetas), tablón 7 (3 viguetas), y tablón 8 (2 Viguetas), haciendo un total de 20 viguetas obtenidas de los 8 tablones, de ahí se procedió a la selección de las viguetas de cada tablón, obteniendo una vigueta por tablón, haciendo un total de 8 viguetas utilizadas para el estudio, de cada una de las vigueta se obtuvo 4 probetas haciendo un total de 32 probetas de las 8 viguetas cada vigueta fue codificada de la siguiente forma: I, II, III, IV y V.

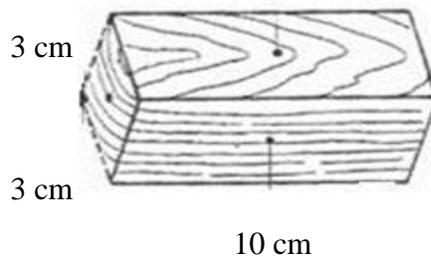
FIGURA N° 1. Trozado y aserrado de la madera. (Cruz 2006)



1. ÁRBOL
2. TROZA
3. TABLÓN
4. VIGUETA
5. PROBETA

3.3.2.10. 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 15 días cuando el contenido de humedad bajo se procedió a llevar las viguetas a la carpintería para la preparación de las probetas obteniendo las 32 probetas con las dimensiones de 3*3 cm con una longitud de 10 cm.



3.3.2.11. 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

Dónde:

2 = Número de árbol

A = Troza

III = Vigueta

1 = Probeta

3.4.1. EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

La determinación de las propiedades físicas se efectuó en tres etapas de acuerdo al estado de las probetas por su contenido de humedad.

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 en la que se encontraban en un proceso de remojo hasta 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°1).

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 radial, 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 seca 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°2).

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

Para obtener los resultados de las propiedades físicas se procedió a determinar:

- Contenido de Humedad en %
- Densidad Aparente y Básica en gr/cm^3
- Contracción normal y total (en Radial, Tangencial y Volumétrica en %)
- Tasa de estabilidad (T/R)
- Porosidad en %
- Humedad máxima en %

3.4.2. 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. 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. Para mejor comprensión se demuestra un ejemplo de cada uno de ellos con los datos en el siguiente Cuadro y en el Cuadro de resultados de propiedades físicas.

Cuadro N°3: Densidad en verde, Densidad seca al aire, Densidad anhidra y Densidad básica

PV	VV	PSA	VSA	PSH	VSH
Gr	Cm^3	gr	Cm^3	gr	Cm^3

117.58	88.76	92.89	83.45	71.35	80.44
117.22	89.20	95.01	84.8	73.15	79.83

Fuente: Elaboración propia.

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

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

$$DV = \frac{PV}{VV} = \qquad \qquad \qquad DV = \frac{117.58}{88.76} = 1.32 \text{ gr/cm}^3$$

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} = \qquad \qquad \qquad DSA = \frac{92.89}{83.45} = 1.11 \text{ gr/cm}^3$$

$$DANH = \frac{PSH}{VSH} = \qquad \qquad \qquad DANH = \frac{71.3}{80.44} = 0.89 \text{ gr/cm}^3$$

$$DB = \frac{PSH}{VV} = \qquad \qquad \qquad DB = \frac{71.35}{88.76} = 0.80 \text{ gr/cm}^3$$

3.4.3 CONTRACCIÓNES

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 N° 2).

Cuadro N° 4: Contracción Seca al aire: tangencial normal, radial normal y volumétrica normal

Fuente: Elaboración propia.

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

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

DRV mm	DTV Mm	VV Cm³	DRSA mm	DTSA mm	VSA cm³
29,79	29,80	88,76	29,11	29,48	83,45
29,68	29,83	89,20	28,99	28,91	84,80

VV = Volumen verde.

VSA = Volumen seco aire.

$$CRSA = \frac{DRV-DRSA}{DRV} * 100 =$$

$$CRSA = \frac{29.79-29.11}{29.79} * 100 = 2.28 \%$$

$$CTSA = \frac{DTV-DTSA}{DTV} * 100 =$$

$$CTSA = \frac{29.80-29.48}{29.80} * 100 = 1.07\%$$

$$CVSA = \frac{VV-VSA}{VV} * 100 =$$

$$CVSA = \frac{88.76-83.45}{88.76} * 100 = 5.98\%$$

Cuadro N° 5: Contracción Seca al Horno o Anhidra: tangencial total, radial total y Volumétrica total

Fuente: Elaboración propia.

DTV = Dimensión tangencial verde.

DRV = Dimensión radial verde

DT anh = Dimensión tangencial anhidra.

DR anh = Dimensión radial anhidra.

VV = Volumen verde.

Vanh = Volumen anhidra.

DTV	DT anh	DRV	DR anh	VV	V anh
29,80	28,07	29,79	28,67	88,76	80,44
29,83	28,00	29,68	28,63	89,20	79,83

$$CTT = \frac{DTV-DT\ anh}{DTV} * 100 =$$

$$CTT = \frac{29.80-28.07}{29.80} * 100 = 5.81\%$$

$$CTR = \frac{DRV-DR\ anh}{DRV} * 100 =$$

$$CTR = \frac{29.79-28.67}{29.79} * 100 = 3.76\%$$

$$CVT = \frac{VV - V_{anh}}{VV} * 100 = \quad CVT = \frac{88.76 - 80.44}{88.76} * 100 = 9.37\%$$

3.4.4 TASA DE ESTABILIDAD

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.

$$TASA = \frac{CTSA}{CRSA} = \frac{1.07}{2.28} = 0.47$$

TASA = Tasa

CTSA = Contracción tangencial seco aire.

CRSA = Contracción radial seco aire.

3.4.5. 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. Un Ejemplo.

Los posteriores resultados (Ver anexo N° 2)

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

$$Hm = \left(\frac{1}{0.89} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28 * 100 = 74.07\%$$

Hm = Humedad máxima (%)

ρ_0 = Peso específico anhidro (gr/cm³)

1.5 = Peso específico real de la madera (gr/cm³)

Todos los valores para las propiedades físicas se detallan en el Cuadro de resultados de propiedades físicas (Ver Anexo N° 2).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS 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 = 8
Número de probetas por árbol	= l = 4
Número total de probetas por ensayo	= N = 32

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

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

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

4.4.1. 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° 6: 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:

$$n_1 = k - 1 = 8 - 1 = 7$$

$$n_2 = N - k = 32 - 8 = 24$$

$$n_1 + n_2 = 32 - 1 = 31$$

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

Dónde:

$N = 32$ (número de probetas por ensayo)

$k = 8$ (número de árboles)

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

$$I = \frac{1}{N} * \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2 = \frac{(1679,47)^2}{32} = 88143.97$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^k x_i \right)^2 = 88989.49$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 119079.19$$

$$S_1^2 = \frac{II - I}{k - 1} = \frac{845.52}{7} = 120.79$$

$$S_2^2 = \frac{III - II}{N - k} = \frac{30089.70}{24} = 1253.74$$

$$S_T^2 = \frac{III - I}{N - 1} = \frac{30935.21}{31} = 997.91$$

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

4.4.2. 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:

$$S_1 = \sqrt{120.79} = \pm 10.99$$

$$S_2 = \sqrt{1253.74} = \pm 35.41$$

$$S_T = \sqrt{997.91} = \pm 31.59$$

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

$$CV_1 = \frac{S_1}{X} * 100 = \frac{10.99}{52.48} * 100 = 20.94 \%$$

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

$$CV_2 = \frac{S_2}{X} * 100 = \frac{35.41}{52.48} * 100 = 67.47 \%$$

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:

$$CV_T = \frac{S_T}{X} * 100 = \frac{31.59}{52.48} * 100 = 60.19 \%$$

4.4.3. 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°7. 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

$$q = \pm(k-1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 2,37 * \frac{10.99}{\sqrt{5,66}} = \pm 4.60$$

$$p = \frac{q}{X} * 100 = \frac{4.60}{52.48} * 100 = \%8.77$$

**CUADRO N°8: PROPIEDADES FÍSICAS: 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								
	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
1	64.79	71.87	79.28	70.65	67.22	72.74	66.67	63.09	
2	60.25	67.68	85.43	73.21	62.76	69.70	64.81	67.16	
3	62.40	62.51	95.19	72.23	66.50	65.77	70.34	68.62	
4	67.49	76.11	77.67	75.19	66.06	77.41	65.61	59.39	
<i>l</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	32
$\sum_{i=1}^l xi$	190.13	206.30	258.29	220.63	195.32	212.87	200.76	195.17	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K Xij = 1679,47$
$j \bar{X}$	47.53	51.58	64.57	55.16	48.83	53.22	50.19	48.79	$\sum_{j=1}^K j \bar{X} = 419,87$
$\sum_{i=1}^l xi^2$	12078.06	14280.96	22391.60	16229.74	12724.43	15175.37	13452.88	12746.16	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K Xij^2 = 119079,19(III)$
$\frac{1}{l} = \left(\sum_{i=1}^l Xi \right)^2$	9037.80	10639.95	16678.06	12168.89	9537.04	11328.85	10076.24	9522.65	$\sum_{i=1}^k \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^l Xj \right)^2 = 88989,49 (II)$

Datos requeridos para el análisis estadístico:

Nº árboles ensayados (K)	=	8
Nº probetas por árbol (l)	=	4
Nº total de probetas por especie (N)	=	32
Promedio total (\bar{X})	=	52,48

GRADOS DE LIBERTAD			VARIANZA	DESV. TIPICA
$n1 = k - 1 = 7$	I = 88143,97	$A1 = II - I = 845,52$	$S21 = 120,79$	$S1 = 10,99$
$n2 = N - k = 24$	II = 88989,49	$A2 = III - II = 30089,70$	$S22 =$	$S2 = 35,41$
$n3 = n1 + n2 = N - 1 = 31$	III = 119079,19	$A3 = III - I = 30935,21$	1253,74	$ST = 31,59$
			$S2T = 997,91$	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %			INTERVALO DE CONFIANZA	
$CV1 = 20,94$			$q = 4,60$	
$CV2 = 67,47$			$p = 8,77$	
$CVT = 60,19$			$\bar{X} \pm q = 52,48 \pm 4,60$	
			$\bar{X} \pm p = 52,48 \pm 8,77\%$	

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE CUTA

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.

5.5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

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

Contenido de humedad en estado verde: 52,48 %

Contenido de humedad en estado seco al aire: 16,95 %

5.5.2. 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:

- Peso específico en verde: 1,27 gr/cm³
- Peso específico seco al aire: 0,93 gr/cm³
- Peso específico seco al horno o anhidro: 0,84 gr/cm³

5.5.3 DENSIDAD BÁSICA Y PESO ESPECÍFICO AJUSTADO AL 12%

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

- Densidad básico: 0,75 gr/cm³
- Peso específico ajustado al 12%: 0,86 gr/cm³

5.5.4 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° 9 Contracciones; Seco al aire, Anhidro, Ajuste al 12%.

ESTADO	C.T%	C.R.%	C.V.%
Verde a Seco al Aire	2,97	2,21	5,77
De Verde a Anhidro	5,93	3,53	10,29
De Verde a C.H. 12%	3,83	2,59	7,07

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5. 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.

Los resultados promedios son los siguientes:

Cuadro N° 10 Taza de estabilidad: Seco al aire y Anhidro

ESTADO	TAZA DE ESTABILIDAD
Seco al Aire	1,35
Anhidro	1,76

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6. 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 = 44,23 %.**

5.5.7. MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es: **Contenido de Humedad Máximo: 81,26.**

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluida con la determinación de las propiedades físicas de la especie Cuta 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).

6.1. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

6.1.1. PESO ESPECÍFICO

- Según su peso específico básico promedio es de $0,75 \text{ gr/cm}^3$, que es un indicador de calidad de la madera, se clasifica como una madera **Muy Pesada**. se puede utilizar en obras de construcciones como: Puentes, graderías, parquet industrial, vigas, columnas, recubrimientos de exteriores y pisos.
- De acuerdo al peso específico ajustado al 12% es de $0,86 \text{ gr/cm}^3$, se clasifica como **Alto**.
- El peso específico anhidro es de $0,84 \text{ gr/cm}^3$, se clasifica como una madera **Pesada**.

6.1.2. CONTRACCIÓN

- Según el valor que presenta la contracción volumétrica de 10,29 %, se clasifica como madera **Mediano**.

6.1.3. TAZA DE ESTABILIDAD

- Por la tasa de estabilidad promedio de 1,76 la madera Cuta (*Apuleia leiocarpa*) se clasifica como una madera **Estable**.

La determinación de los posibles usos de la madera Cuta (*Apuleia leiocarpa*), 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 (Hoheisel 1,972). Me permitieron hacer las siguientes recomendaciones. (Ver anexos N°7).

6.2. RECOMENDACIONES

- Realizar una coordinación con las diferentes instituciones afines, para lograr una planificación a nivel regional y nacional para llevar adelante una investigación adecuada sobre especies poco conocidas, que con el tiempo se podrían convertir en sustitutos de especies que ya se encuentran en bajas proporciones.
- Recomendar a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho difundir los resultados de la información obtenida del presente estudio realizado a la especie *Cuta* para que el mismo sirva como base para realizar otros estudios complementarios como ser propiedades mecánicas, uniones estructurales, preservación e impregnación, trabajabilidad, secado y estudios anatómicos.