

## CAPÍTULO 1

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1. 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 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).

##### 1.1.1. 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, entendiéndose 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).

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

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

## **1.2. 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 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).

#### **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).

### **1.3. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA SEGÚN SU HUMEDAD**

Al aprear 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 D. (2004).

#### **1.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

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

##### **a) Secado al Horno o por Pesadas**

Es uno de los métodos más utilizados, debido a sus ventajas que presenta, ya que para su ejecución se utiliza muestras de pequeñas dimensiones, es preciso y sencillo, sin embargo una de las desventajas es el tiempo que se necesita para obtener resultados, 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:

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

**Donde:** 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.

#### **1.4.1. 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).

## 1.5. DENSIDAD

Es la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad, expresada en gramos por centímetro cúbico ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), la madera por ser un material poroso está constituido por sustancias las mismas que son indicadores de las propiedades mecánicas, características de trabajabilidad 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.

## 1.6. 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).

### 1.6.1 Peso Específico

Es la relación existente entre el peso de la madera solida (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>)

### 1.6.2 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/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>)

### 1.6.3. Porosidad

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

### 1.6.4. 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.

## **1.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PESO ESPECÍFICO**

### **1.7.1. Factores propios de la madera:**

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

### **1.7.2. Factores externos de la madera**

- Lugar de crecimiento
- Tratamientos silviculturales.

### **1.7.3. Fenómenos climáticos**

- Incendios
- Inundaciones
- Heladas, etc.

## 1.8. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Es un árbol grande, que alcanza 30-45 m de altura. Las hojas son alternas, elípticas, enteras, de 7 a 13 cm de longitud. Las flores son blancas, y se encuentran al comenzar la estación de las lluvias. El fruto es una drupa amarilla, de 3-5 cm de diámetro, comestible; que contiene una (ocasionalmente dos) semilla (s). Steyermark, J. (1995)

### 1.8.1. Taxonomía

Descripción taxonómica de la especie *Cambara Erisma uncinatum* Warm, Steyermark, J. (1995)

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Vochisiaceae
Género	<i>Erisma</i>
Especie	<i>Uncinatum</i> Warm.
Nombre común	Cambará

## 1.9. DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA

### 1.9.1. Forma del tronco y la copa

El Cambará hembra es un árbol de dimensiones grandes, siempre verde, de hasta 40 m de altura, alcanzando algunas veces 50 m (Mc Bride, 1950) y 180 cm de DAP. Ocupa posiciones superiores y emergentes en el dosel de bosques primarios (Parrotta et al,

1995). Tiene el fuste recto, cilíndrico, de altura variable, dependiendo del bosque; la base del fuste es acanalada a ondulada, observada en individuos de diámetros mayores. Los aletones son altos, pero no anchos, tornando al fuste de forma algo acanalada, más notorio en individuos grandes. Las ramas primarias y secundarias, por lo general, son muy tortuosas, sólo bien ramificadas hacia el final de éstas.

La copa es muy densa y siempre verde, en general longitudinalmente fungiforme y radialmente desde entera redondeada (67.2 %) hasta irregular asimétrica (20.6 %).

### **1.9.2. Corteza externa y corteza interna**

La corteza externa es de color gris rosado y de 0.5 cm de espesor, con pequeñas estrías y placas delgadas alargadas. Estas placas se van desprendiendo, en tiras rectangulares dejando un polvillo rosado gris sobre la superficie de la corteza. La corteza interna es delgada, de color naranja rojizo, con hebras o fibras de color crema que se tornan u oxidan hasta un color crema café. Estas últimas son más fibrosas que las del Cambará macho o colorado (*Qualea paraensis*). La albura es de color crema de transición abrupta al duramen de color marrón rojizo. El espesor de la albura oscila entre 5 y 12.5 cm. El espesor de la corteza y la albura, al igual que la forma de las hojas, son características dendrológicas diferenciales muy útiles para identificar las trozas y árboles del Cambará hembra, con respecto a las del Cambará macho. La albura del Cambará hembra es mucho más gruesa. Las hojas del Cambará hembra son más grandes y con nervaduras algo campilódromas. En el Cambará macho, las hojas son de menor tamaño y con nervaduras estrictamente paralelas y un par de estípulas glandulares cupuliformes, en la base del pecíolo.

### **1.9.3. Hojas**

Los primordios foliares, retoños, pecíolos, y parte inferior de las hojas están débilmente revestidas con indumentos de pelos estrellados de color grisáceo. Las hojas son simples, enteras, opuestas (Parrotta et al., 1995; observadas en Pando) ó 3-4 verticiladas (van Roosmalen, 1985; observada en el Bajo Paraguá), coriáceas, de color verde obscuro intenso en su cara superior, y algo pálido en la parte inferior, debido a la

presencia de pelos. La forma de las hojas fluctúa entre alargada ovobadas y oblongas, su dimensión corresponde a 10-17 x 4.5-8 cm. El ápice es redondeado obtuso o apiculado y la base cuneada; nervadura lateral compuesta de 4-7 nervios, éstos son curvados cerca del margen y el nervio marginal ausente (Stafleu, 1954). Los pecíolos son largos, de 1-2 cm, generalmente canaliculados en la parte inferior. Las estípulas pareadas, conspicuas, deciduas, que al caer dejan pequeñas glándulas en la base del pecíolo Parrotta et al. (1995).

#### **1.9.4. Flores**

Las inflorescencias están formadas por panículas tirsoideas terminales y subterminales, largamente pedunculadas y compuestas de cincinos de 2 a 5 flores. Las flores son medianas, con bractéolas grandes. El cáliz está recubierto de pelos estrellados, compuesto por 5 sépalos, 4 de ellos lobulados de 5-7 x 8-10 mm, uno espinescente (petaloide) fuertemente uncinado-curvado, comprimido a menudo más largo que los demás, y apicalmente redondeado. La corola está constituida por un solo pétalo ancho, bilobulado, fragante, de color azul grisáceo, con medidas de 12-15 x 12-15 mm. Presenta sólo un estambre, situado frente del quinto lóbulo calicinal; el filamento dos veces más largo que la antera; tiene de 0-4 estaminodios, filiformes de 0.5-1.5 mm de largo y a veces bifurcados o en serie de pares. El estilo mide más de 7 mm de largo, y la parte baja izquierda es pilosa. El ovario es semiínfero, con la parte apical emergente y pilosa, teniendo una sola cavidad bilobulada. El estilo es simple.

#### **1.9.5. Frutos**

El fruto es una sámara coriácea e indehiscente, compuesta de 4 alas de tamaño diferente, producto de los cálices acrescentes. La más grande está formada por el tercer lóbulo calicinal, con forma elíptica-oblonga de 4-7 x 1.5 cm y 2.5-3 x 1-1.5 cm, respectivamente; una mediana, formada por el segundo cáliz; y dos pequeñas formadas del primero y quinto lóbulo calicinal; el cuarto lóbulo del cáliz (espinescente), es caduco en el fruto. El fruto contiene de una a dos semillas lineales por fruto, van Roosmalen, 1985; Parrotta et al., (1995).

## 1.10. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

### 1.10.1. Distribución

El área de distribución del género *Erisma* está estrictamente limitada a los bosques primarios de tierra firme de la Amazonia (Hylean terra firme rain forest en Stafleu, 1954) y las Guayanas en el Neotrópico sudamericano. Sin embargo, *Erisma calcaratum* es un típico habitante del bosque inundado o de várzea (Killeen et al., 1993). En comparación con otras especies del mismo género, *Erisma uncinatum* posee un área de distribución más amplia; cubre muchos de los bosques de tierra firme en el alto y bajo Amazonas y las Guayanas. En el Brasil, se distribuye en los estados de Pará, Santarém (Parrotta et al., 1995), Amazonas (Nee, 1995), Acre, Rondônia y Roraima (Barbosa, 1990; ITTO, 1988). En Venezuela, se distribuye en la región de la Guayana Venezolana (Pérez, 1983). En la Guayana Francesa y Surinám (Thiel, 1983; Boggan et al. 1997). En el Perú, está distribuido en la zona este y noreste. Abarca la zona amazónica del Ecuador y en Bolivia, se la encuentra al este y noreste del país.

En Bolivia, el Cambará hembra se distribuye desde el bosque húmedo del Escudo Precámbrico (Killeen et al. 1993), que abarca la región del Bajo Paraguá hasta el río Negro, ubicado al noreste del departamento de Santa Cruz, y se prolonga hasta los bosques de influencia de los ríos Iténez y Baures. Hacia el norte, la distribución de la especie continúa hasta el bosque amazónico de tierra firme, en casi la totalidad del departamento de Pando y gran parte del norte de Beni y La Paz.

### 1.10.2. Asociaciones ambientales

El Cambará hembra es una especie estrictamente restringida a áreas del Neotrópico, con precipitaciones mayores a 1500 mm/año, tendencia a la estacionalidad de las lluvias y con la temperatura media anual entre 23-28°C. La especie está generalmente asociada a los bosques de tierra firme de la Amazonia. En general, todas las especies del género *Erisma* prefieren suelos bien drenados, a excepción de *Erisma calcaratum* que habita, regularmente, el bosque de várzea, que se caracteriza por permanecer estacionalmente inundado.

En Bolivia, *Erisma uncinatum* se encuentra, por lo general, en dos tipos de topografía:

1. Terrenos más o menos planos, de 200 a 300 m.s.n.m, donde a menudo aparecen bajíos con micro-relieves denominados “sartenejales” (Navarro, 1997), aunque según Wallace (1998) la especie no aparece en el sartenejal. Esta topografía está constituida por sedimentos lateríticos del terciario (RAP, 1998), cuyos suelos son livianos, ácidos (oxisoles, alfisoles y ultisoles) y de baja fertilidad. Y se extiende sobre la llanura y valles de inundación del oeste de la Meseta de Huanchaca, en la zona del bajo Paraguá (CORDECRUZ, 1994; Montes de Oca, 1997). La región se encuentra asociada a ríos de aguas negras. El tipo de vegetación corresponde al bosque húmedo del escudo precámbrico (Killeen et al., 1993) o “Macroserie termotropical pluviestacional húmeda de *Ocotea guianensis* y *Spondias mombin*” (Navarro, 1997), especialmente asociada a los bosques de patujú gigante (*Phenakospermum guianensis*) RAP, 1998).

2. Peneplanicie laterítica-lutítica, o llanuras onduladas, ubicadas al norte del país, constituidas por suelos medianos a pesados, profundos, ácidos (oxisoles y alfisoles) de conglomerados de lutitas, limolita y arcilitas (Montes de Oca, 1997), pobres en nutrientes (Llanque et al., 1993). Esta se encuentra sobre laderas y lomas, donde se desarrolla el bosque amazónico de tierra firme (según Killeen et al., 1993) o denominada, según Navarro (1997), como “Macroserie infratropical, pluviestacional húmeda, de *Apuleia leiocarpa* y *Bertholletia excelsa*”.

## **1.11. HISTORIA DE VIDA**

### **1.11.1. Floración**

La floración del Cambará se caracteriza más por su estacionalidad, que por su sincronización. Por lo general, ésta es masiva y puede cubrir toda la superficie de la copa, especialmente el área superior, tornándola de un tono azul violeta. En la zona del Bajo Paraguá, la floración comienza a manifestarse al terminar la estación seca, desde finales de agosto hasta mediados de septiembre. En Pando se produce entre los últimos días de julio y principios de noviembre Medina, no publicado; Killeen et al., (1993).

### **1.11.2. Polinización**

De acuerdo a la morfología floral de la especie, además de su fragancia muy particular, ésta estaría adaptada para la polinización por una gran variedad de insectos. No se descarta, sin embargo, que sólo un grupo reducido de éstos, como mariposas y abejas, se encarguen de esta función por ser los más indicados para ello.

### **1.11.3. Dispersión y producción de semillas**

Las semillas se esparcen junto con el fruto (samaroide) entre mediados y finales de noviembre (Killeen et al., 1993; Medina et al., en revisión). Éstas están adaptadas para la diseminación por medio del viento.

El fruto está formado por una serie de alas, que permiten una buena diseminación. La época de diseminación coincide con el fin de la estación seca, caracterizada por fuertes vientos. La sequedad en el clima provoca la caída de las hojas de una buena cantidad de especies del bosque, aunque la mayoría de éstas son siempre verdes. Los frutos se encuentran ubicados en la parte superior de la copa de los árboles de Cambará, permitiéndoles una diseminación a mayor distancia, pese a que el dosel del bosque no queda totalmente desprovisto de follaje.

La forma foliar y el color de los frutos brindan a la semilla un cierto mimetismo con la hojarasca abundante en áreas circundantes a las copas de los árboles madre. Esta característica confunde a una parte de los posibles depredadores de semillas. Si se toman en cuenta los 4 tipos de comunidades vegetales presentes en Tarumá, se nota que algunas de éstas son producto del aprovechamiento forestal. Existe regeneración natural mediana hasta baja en todas las comunidades, la cual corresponde en su mayoría a latizales superiores. También se puede apreciar que la regeneración natural en el bosque de bajío es superior a la de cualquier otro tipo de comunidad

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

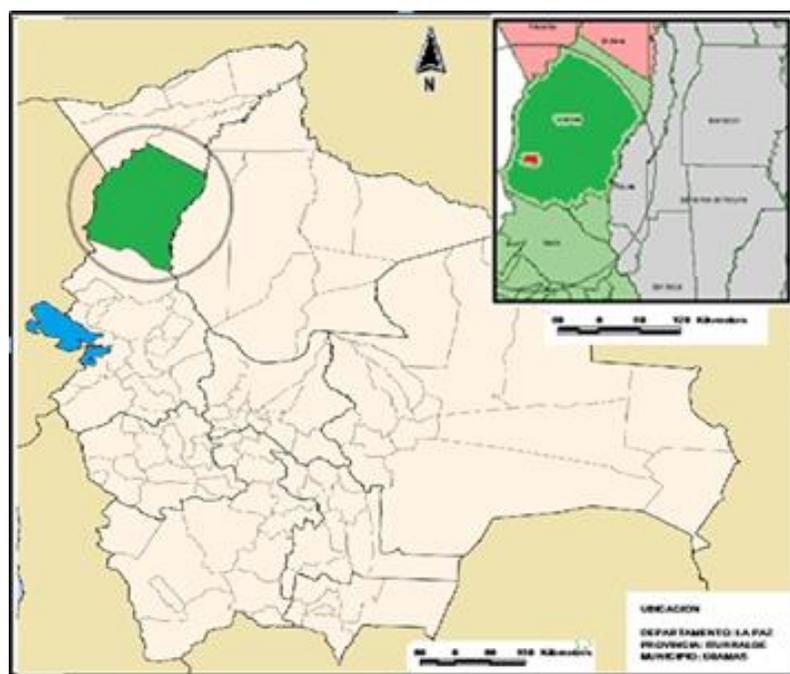
#### 2.1. Localización

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. , se encuentra entre las coordenadas  $11^{\circ} 51' 24,25''$  y  $14^{\circ} 13' 10,45''$ , de latitud sud, abarcando cerca de tres grados geográficos. Se encuentra en el hemisferio occidental, entre los meridianos  $66^{\circ} 55' 04,51''$  y  $69^{\circ} 04' 05,40''$ , de longitud oeste de Greenwich.

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. Montes O. (2007).

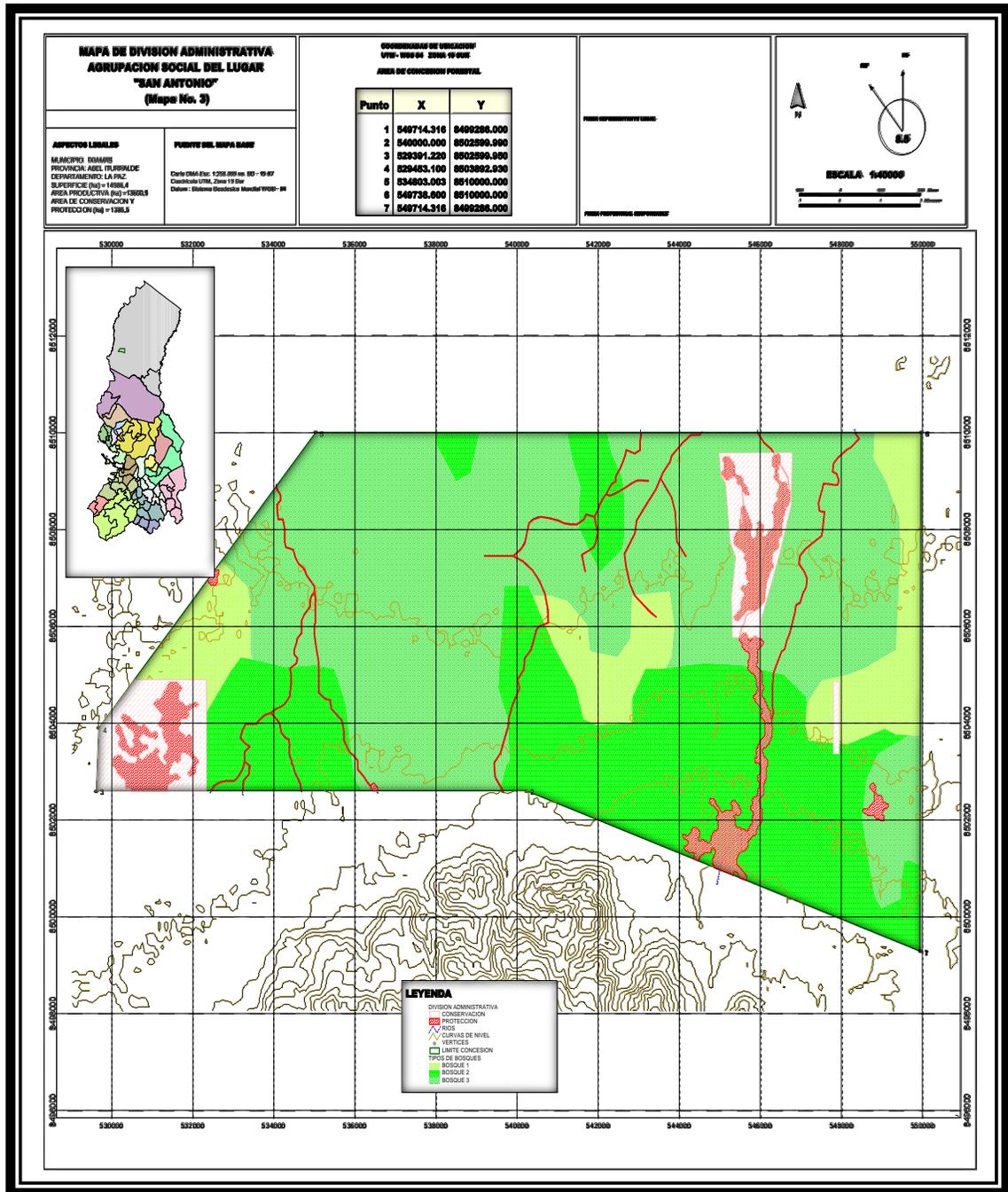
#### MAPA N° 1. Ubicación del Municipio de Ixiamas en el departamento de La Paz



Fuente: (PMOT) Plan Municipal De Ordenamiento Territorial Ixiamas

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

(PDM de Ixiamas 2009-2013)



## 2.2. CARACTERISTICAS BIOFISICAS

### 2.2.1 Clima

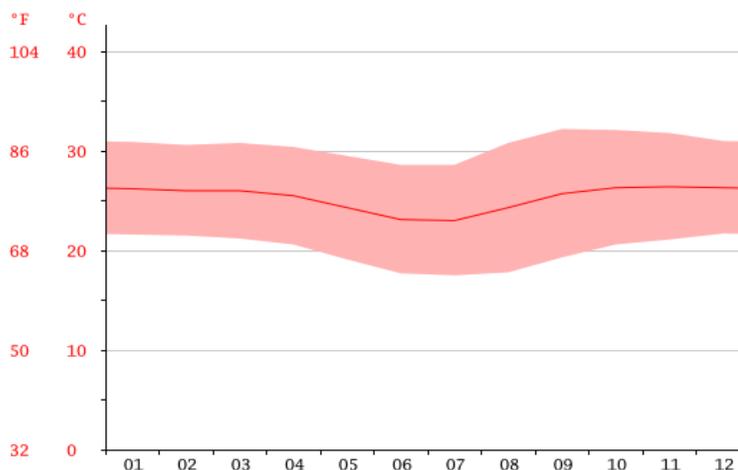
El clima en la zona está determinado principalmente por su posición intertropical y tropical, por los vientos cálidos y húmedos del noreste y por la barrera que constituye la Cordillera de los Andes, la misma que da lugar a una alta y constante precipitación.

Según el PDM de Ixiamas 2009-2013 (GMAI 2008), Ixiamas presenta un clima tropical monzonico-calido 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, presipitacion del mes más seco mayor a 60mm y temperatura media en invierno y verano mayor a 23°C.

#### 2.1.2. 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. Ontiveros R. (2007)

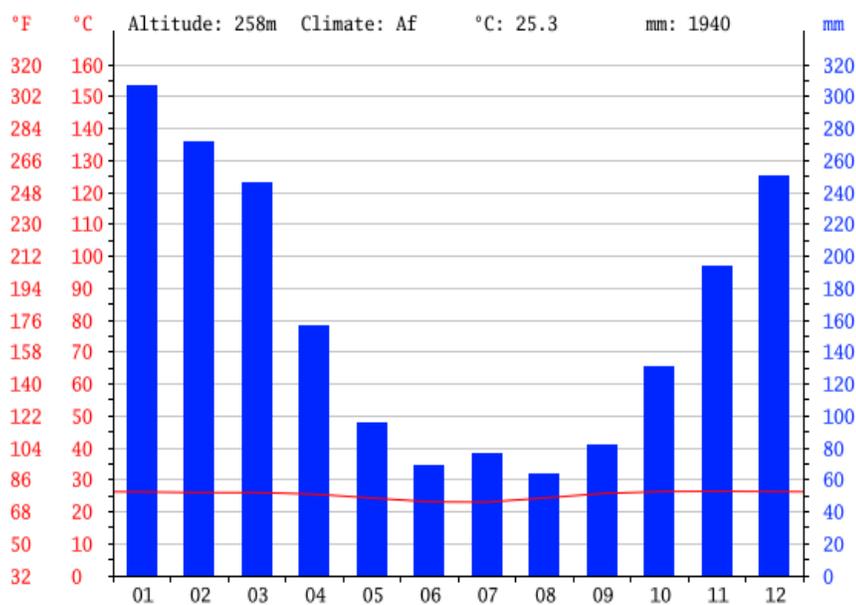
**DIAGRAMA DE TEMPERATURAS IXIAMAS**



### 2.1.3. Precipitación

El régimen de precipitaciones (lluvias) se caracteriza por ser unimodal y por 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, y entre 38,5 mm a 89,5 mm entre julio y agosto, para la región sur. Los valores máximos de precipitación se dan en febrero, con valores entre 244 mm y 316 mm, en la región norte, y de 203 mm a 377,4 mm entre diciembre y febrero, en la región sur. Para ilustrar mejor las variaciones se incluyen los mapas de precipitación promedio mensual de los meses más húmedos y más secos. SENAMHI (2007).

#### CLIMOGRAMA IXIAMAS



Climate-Data. (ORG)

### 2.1.4 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.

### **2.1.5. Humedad relativa**

Las máximas se presentan en febrero (85%) mientras que las mínimas se registra en septiembre (71,7%). La humedad relativa se incrementa con la altura y disminuye a menor altitud. SENAMHI (2007).

### **2.1.6. Evaporación y evapotranspiración**

La evaporación media anual es 4,3 mm/día, con una máxima en octubre de 4,9 mm/día y una mínima entre junio y julio, con 3,7 mm/día. La evapotranspiración potencial calculada para el municipio por el método Thornthwaite oscila entre 5,6 mm/día en diciembre y 2,6 mm/día en junio. SENAMHI (2007).

## **2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

### **2.2.1. Geología**

Las formaciones geológicas responden a los plegamientos de la Faja Subandina y los procesos de depositación de la Llanura Chaco-Beniana. En la Faja Subandina se encuentran unidades geológico-estratigráficas pertenecientes al Paleozoico y Cenozoico. La Faja se caracteriza por la presencia de rocas de los periodos Ordovícico, Devónico, Cretácico y también del Terciario. Los valles intermontanos de estas formaciones presentan depósitos aluviales y coluviales pertenecientes al holoceno, identificables principalmente en los valles del río Tuichi. En la Llanura Chaco-Beniana aparecen extensos depósitos de material poco consolidado del Cuaternario, principalmente aluviales que descansan en partes sobre el basamento, y en partes sobre sedimentitas terciarias sub-horizontales. ERTS-GEOBOL (1985)

### **2.2.2. Geomorfología**

Dos formaciones geomorfológicas están presentes dentro del municipio: el Subandino y la Llanura Chaco Beniana. El primero es un bloque montañoso y complejo caracterizado por la serranía de Manuque o del Bala, con rumbo paralelo al Subandino (noroeste-sureste) y la extensa llanura de inundación surcada por ríos de curso divagante. (FAO-CSIC. 2002)

### **2.2.3. Fisiografía**

De acuerdo a las características geomórficas descritas, se distinguen dos provincias fisiográficas: el Subandino y la Llanura Chaco-Beniana.

### **2.2.4. Suelos**

Suelos poco profundos a profundos; drenaje bueno a moderado, en algunos sectores de escaso a muy escaso; sin erosión aparente; reacción de ácida a alcalina; con baja a moderada fertilidad; sin y con mediana toxicidad de aluminio. Capacidad de uso: con limitaciones de humedad. Aptitud y potencialidades de uso fuera de áreas protegidas: Apto para ecoturismo, agroturismo. Altamente apto para uso forestal múltiple. Marginalmente apto para ganadería intensiva. Limitaciones: Inundación, erosión, fertilidad, suelos ácidos. Gobierno Municipal de Ixiamas (2008)

### **2.2.5. Hidrología**

El municipio presenta cinco unidades hidrológicas principales: Beni (desde Laguna Moa hasta la confluencia con el río Madidi), Madidi, Bajo Madre de Dios, Heath, Tambopata. Abasto L. (1987)

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 río Beni. Estas dos subcuencas son:

Subcuenca Beni-Ixiamas (desde la confluencia con laguna Sayuba hasta la confluencia con el río 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 río Beni y laguna Sayuba y al noroeste con la confluencia del río Beni con el río 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 límites 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.

### **2.2.6. Vegetación**

Debido a su ubicación entre el Subandino y la llanura Chaco – Beniana, el municipio cuenta con una elevada diversidad vegetal. Los bosques se caracterizan por la riqueza de especies maderables y por su alto valor de diversidad biológica. Se estima más de 6.000 especies de plantas superiores, que además albergan a una alta diversidad de fauna. SERNAP (2004)

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 género *Pouteria*, *Chrysophyllum* y *Eschweilera* y otras como palo maría (*Calophyllum brasiliensis*), verdolado (*Terminalia amazonia*), Jacaranda copata y varias especies de Angiospermas y *Calycophyllum acreanum*. Entre las palmeras se encuentra el motacu (*Attalea phalerata*), chonta (*Astrocaryum aculeatum*), majo (*Ocencarpus bataua*), asia (*Euterpe precatoria*) y copa (*Iriarte deltoidea*).

Es 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 (*Xilopia 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 gabu (*Otoba parviflora*), nui (*Pseudolmedia laevis*), chamane (*Poulsenia armata*), ocho (*Hura crepitans*), verdolago (*Terminalia amazónica*), mapajo (*Ceiba pentandra*), y punero (*Pentaplaris davidsmithii*). Las palmeras se encuentran representadas por copa (*Iriarte deltoidea*),

Cusi (*Orbignya phalerata*), asai (*Euterpe precatoria*), chonta (*Astrocaryum aculeatum*), motacu (*Attalea phalerata*) y majo (*Oenocarpus bataua*).

### 2.2.7. Fauna

La fauna en estos bosques se caracteriza por la presencia de monos como el maneche (*Alouatta spp.*), el marimono (*Ateles chamek*), el mono nocturno (*Aotus azarae*), el leoncito (*Saguinus fuscicollis*), el mono blanco (*Cebus albifrons*) y el silbador (*Cebus libidinosus*). De especies llamativas como el oso de oro (*Cyclopes didactylus*), la londra (*Pteronura brasiliensis*) y el mapache (*Procyon cancrivorus*). De especies apreciadas por su carne como el anta (*Tapirus terrestris*), el chancho de tropa (*Tayassu pecari*) y el pejichi (*Priodontes maximus*). De felinos como el jaguar (*Pantera onca*), el puma (*Puma concolor*) y el gato gris (*Puma yaguarondi*). Estudios realizados por Terán (en prensa) sugieren que algunas especies de murciélagos se encuentran restringidas a esta unidad: *Artibeus anderseni*, *Artibeus glaucus*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus obscurus*, *Dasypterus ega*, *Vampyressa pusilla*, *Phylloderma stenops* y entre otras. SERNAP (2004)

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).

#### Cuadro N° 1: Especies de fauna y su estado de conservación

Nombre común	Nombre tacana	Nombre científico	Familia	Lista roja	CITE S
<b>MAMÍFEROS</b>					
Jochi pintado	Bashume	<i>Cuniculus paca</i>	Agoutidae	DD	
Leoncito	Chichulubasume	<i>Saguinus fuscicollis</i>	Callitrichidae	DD	II
Borocho	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 brachypomus</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)

### 2.2.8. Cobertura vegetal

El municipio de Ixiamas tiene una cobertura predominantemente de bosques primarios que abarcan casi el 76% de su superficie. Las sabanas naturales ocupan una quinta parte del mismo. También es importante destacar que el uso actual de la tierra para actividades agrícolas y pecuarias no alcanza al 1% del territorio del municipio. (Gobierno Municipal de Ixiamas 2008)

### 2.2.9. 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. INE (2005)

### **2.2.10. 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. 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 principales especies extraídas son: mara, cedro, roble (que no se encuentran con facilidad), aliso, mara macho, almendrillo, bibosi, mapajo, ochoo, palo maría y verdolago.

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. INE (2005)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

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

##### 3.1.1 Materiales de Gabinete

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

##### 3.1.2. Material Vegetal

Madera de la especie "Cambará" (*Erisma uncinatum War*).

##### 3.1.3. 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

## **3.2. METODOLOGÍA**

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

### **3.2.1. 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 toda 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.

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

Para realizar el estudio de las propiedades físicas de la especie Cambara Se estableció las características de cada individuo tales como: 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 en madera de Cambará se extrajeron los árboles de la ASL (Agrupación Social del Lugar) San Antonio de la comunidad de Ixiamas, la concesión en sí cuenta con una superficie de 14.986,09 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 de los árboles

Los árboles seleccionados para el estudio de las propiedades físicas fueron escogidos al azar, dentro de las picas ya establecidas, en donde se estaban realizando los trabajos de aprovechamiento en la ASL San Antonio.

Una vez seleccionados, se tomaron de éstos las siguientes características que presentaron cada uno de los 5 árboles seleccionados.

### CUADRO 2: UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES

N° Faja	N° Pica	N° de Árbol Censados	Coord. X	Coord. Y	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Calidad
3 N	15 N	270	547939	8509053	94	28	1
2 N	11 N	710	547336	8508685	65	22	1
1 N	8 N	756	547493	8508373	76	23	1
1 N	3 N	949	546792	8507843		24	1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

### 3.2.5. Identificación y derribe de los árboles

Todos los árboles fueron identificados en estado de pie, se derribaron con una motosierra, donde se confirmó la identificación de la especie, de igual manera se realizó un registro de todos los datos en las planillas de campo (ver anexo I planilla N° 1).

### 3.2.6. Selección de la troza

Posteriormente al apeo de los árboles, se realizó el desramado y los fustes fueron divididos en secciones de 1.50 m de longitud, de las cuales cada sección se marcó en ambos extremos con las letras A, B, C, y D si correspondía desde la parte inferior a la superior de la troza para facilitar su identificación, luego de su correcta identificación

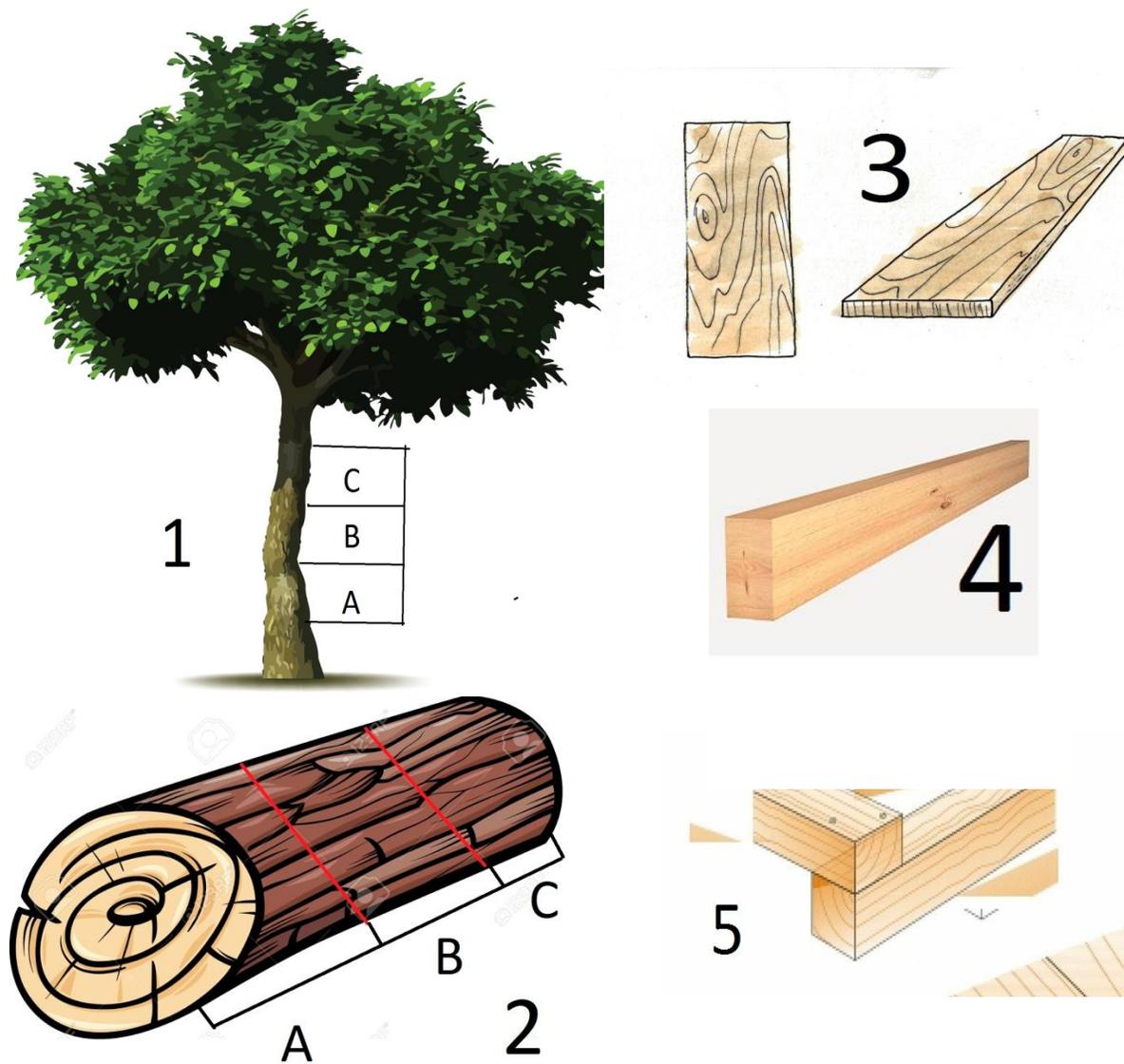
se realizó una selección aleatoria para determinar cuáles de las secciones del fuste se utilizarán para las pruebas.

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

Las viguetas fueron obtenidas de los tablones centrales y laterales, tratando que los lados estén bien orientados los mismos que se dividieron longitudinalmente obteniendo de cada uno de ellos las viguetas de 6,5 cm de sección transversal, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento y la dirección de las fibras. Posteriormente se pasó a darle una sección transversal requerida de 3x3 cm.

Cabe hacer notar que los ensayos aplicados son en seco al aire, primero se tuvo que acondicionar las viguetas (sección transversal de 6,5x 6,5 cm) durante un tiempo de 10 días, apilándolas en un galpón con buena circulación de aire.

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



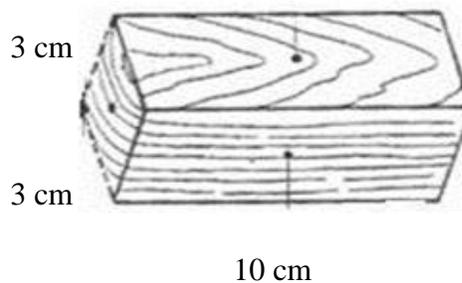
1. ÁRBOL
2. TROZA
3. TABLÓN
4. VIGUETA
5. PROBETA

### 3.2.8. Tratamiento profiláctico

Una vez obteniéndose los tabloncillos centrales en el aserradero, se procedió inmediatamente a limpiar el aserrín que queda después del corte y se fumigó con insecticida y fungicida para evitar el ataque de insectos u hongos. También se procedió al sellado de las testas para evitar las rajaduras debido a la rápida pérdida de humedad por los extremos.

### 3.2.9. 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.



### 3.2.10. Codificación de las probetas

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

2 A III 1
-----------

Donde:

2 = Número de árbol

A = Troza

III = Vigueta

1 = Probeta

### **3.3. 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  $101 \pm 2$  °C, hasta obtener un peso constante de las probetas, se retiraron las probetas de la estufa, y posteriormente se pesaron,

procediendo luego a medir las diferentes dimensiones de la cara radial y tangencial. Luego se procedió a determinar el volumen por el método de inmersión, cubriendo las probetas con una capa de parafina eliminándose el exceso de parafina, esto fue realizado para evitar la absorción de agua en la determinación del volumen.

Los valores registrados de los pesos, dimensiones y volúmenes en los diferentes estados como ser: Estado Verde, Estado Seco al Aire y Estado Seco al Horno o Anhidro. 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  $\text{gr/cm}^3$
- Contracción normal y total (en Radial, Tangencial y Volumétrica en %)
- Tasa de estabilidad (T/R)
- Porosidad en %
- Humedad máxima en %

### **3.3.1. 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

Árbol	Probeta	PV Gr	VV Cm <sup>3</sup>	PSA gr	VSA Cm <sup>3</sup>	PSH gr	VSH Cm <sup>3</sup>
1	1	82.54	97.68	51.19	98.85	45.45	88.70
	2	87.12	99.44	57.24	92.05	50.40	88.66

Fuente: Elaboración propia. 2017

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

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

Densidad verde (DV)

$$DV = \frac{PV}{VV} = \quad \quad \quad DV = \frac{82.54}{97.68} = 0.85 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad seca al Aire (DSA)

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} = \quad \quad \quad DSA = \frac{57.24}{92.05} = 0.62 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad Anhidra (DA)

$$DANH = \frac{PSH}{VSH} = \quad \quad \quad DANH = \frac{45.45}{88.70} = 0.51 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad Básica (DB)

$$DB = \frac{PSH}{VV} = \quad \quad \quad DB = \frac{45.45}{97.68} = \frac{0.47 \text{ gr}}{\text{cm}^3}$$

### 3.3.2. Contracciones

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 Contracciones Seca al aire tangencial normal, radial normal y volumétrica normal

Árbol	probeta	DRV	DTV	VV	DRSA	DTSA	VSA
	a	mm	Mm	Cm <sup>3</sup>	Mm	mm	cm <sup>3</sup>
1	1	30.51	30.95	97.68	29,78	29,19	98.85
	2	30.55	32.25	99.44	29.84	30.61	92.05

Fuente: Elaboración propia.2017

DRV = Dimensión radial verde.

DTV = Dimensión tangencial verde.

DRSA = dimensión radial seco aire.

DTSA = Dimensión tangencial seco aire.

VV = Volumen verde.

VSA = Volumen seco aire.

Contracción Radial Normal (CRN)

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

$$CRSA = \frac{30.51-29.78}{30.51} * 100 = 2.39 \%$$

Contracción Tangencial Normal (CTN)

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

$$CTSA = \frac{30.95-29.19}{30.95} * 100 = 5.69 \%$$

Contracción volumétrica normal (CVN)

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

$$CVSA = \frac{99.44-92.05}{99.44} * 100 = 7.94 \%$$

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

árbol	probeta	DTV	DT anh	DRV	DR anh	VV	V anh
1	1	30.95	29.34	30.51	29.29	97.68	88.70
	2	32.25	30,56	30.55	29.36	99.44	88.66

Fuente: Elaboracion propia. 2017.

Contracción Tangencial Total (CTT)

$$CTT = \frac{DTV - DT \text{ anh}}{DTV} * 100 = \quad CTT = \frac{30.95 - 29.34}{30.95} * 100 = 5.20\%$$

Contracción Radial Total (CRT)

$$CTR = \frac{DRV - DR \text{ anh}}{DRV} * 100 = \quad CRT = \frac{30.51 - 29.29}{30.51} * 100 = 4.00\%$$

Contracción Volumétrica Total (CVT)

$$CVT = \frac{VV - V \text{ anh}}{VV} * 100 = \quad CVT = \frac{97.68 - 88.70}{97.68} * 100 = 9.19\%$$

### 3.3.3. 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 de Estabilidad Relación Tangencial / radial (T/R)

$$TASA = \frac{CTT}{CRT} = \frac{5.69}{2.39} = 2.38$$

TASA = Tasa de Estabilidad Relación Tangencial / Radial

CTT = Contracción tangencial total.

CRT = Contracción radial total

### 3.3.4. 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)

$$Hm = \left( \frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100$$

$$Hm = \left( \frac{1}{0.51} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100 = 143.40\%$$

Hm = Humedad máxima (%)

$\rho_0$  = Peso específico anhidro (gr/cm<sup>3</sup>) probeta 1

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

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

### 3.3.5. Porosidad

$$P = \left( 1 - \frac{0,51}{1.5} \right) * 100 = 65.8\%$$

P = Porosidad de la madera (%)

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

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

Ajuste de las propiedades físicas al 12% de CH.

- a) Contracción radial al 12%
- b) Contracción tangencial al 12%
- c) Contracción volumétrica al 12%
- d) Peso específico aparente al 12%

## CAPITULO IV

### ANALISIS ESTADÍSTICO

#### 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 = 4
Número de probetas por árbol	= l = 4
Número total de probetas por ensayo	= N = 16

Donde:

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

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.

#### 4.2. Estimación de la varianza

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

Cuadro N° 6: 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>	$n_1 + n_2 = N - 1$	$A_1 + A_2 = III - I$	$S_T^2 = \frac{A_1 + A_2}{n_1 + n_2}$

Donde:

$$n_1 = k - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$n_2 = N - k = 16 - 4 = 12$$

$$n_1 + n_2 = 16 - 1 = 15$$

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

Donde:

N = 16 (número de probetas por ensayo)

$k = 4$  (número de árboles)

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

$$I = \frac{1}{N} * \left( \sum_{j=1}^N x_j \right)^2 = \frac{(1321.627)^2}{16} = 109168.59$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^k x_i \right)^2 = 109356.46$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 110545.58$$

$$S_1^2 = \frac{II - I}{k - 1} = \frac{1377.58}{3} = 62.62$$

$$S_2^2 = \frac{III - II}{N - k} = \frac{1189.12}{12} = 99.09$$

$$S_T^2 = \frac{III - I}{N - 1} = \frac{187.86}{15} = 91.80$$

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

$S_2^2$  = Variación promedio

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

### 4.3. Determinación del coeficiente de variación

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

$$S_1 = \sqrt{62.62} = \pm 7.91$$

$$S_2 = \sqrt{99.09} = \pm 9.95$$

$$S_T = \sqrt{91.80} = \pm 9.58$$

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

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100 = \frac{791}{8860} * 100 = 9.58 \%$$

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

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100 = \frac{995}{88.60} * 100 = 12.45 \%$$

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:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100 = \frac{958}{8860} * 100 = 11.60 \%$$

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

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

Cuadro N°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

$$q = \pm(k-1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 3,18 * \frac{7.91}{4} = \pm 6.06$$

$$p = \frac{q}{\bar{X}} * 100 = \frac{6.29}{52.48} * 100 = \%8.7.62$$

**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	TOTA
1	81.61	80.36	81.91	95.85	
2	72.86	81.90	85.87	80.24	
3	81.30	87.19	76.58	69.81	
4	90.64	85.44	104.71	65.33	
<i>l</i>	4	4	4	4	16
$\sum_{i=1}^l x_i$	326.41	334.89	349.08	311.26	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K X_{ij} = 1321.627$
$j \bar{X}$	81.60	83.72	87.81	55.16	$\sum_{j=1}^K j \bar{X} = 330.40$
$\sum_{i=1}^l x_i^2$	26793.60	28066.63	30913.13	24772.21	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K X_{ij}^2 = 110545.6(\text{III})$
$\frac{1}{l} = \left( \sum_{i=1}^l X_i \right)^2$	26635.28	28037.00	30464.06	24220.13	$\sum_{i=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^l X_j \right)^2 = 109356.5 (\text{II})$

Datos requeridos para el análisis estadístico:

N° árboles ensayados (K)	=	4
N° probetas por árbol (l)	=	4
N° total de probetas por especie (N)	=	16
Promedio total ( $\bar{X}$ )	=	88.60

GRADOS DE LIBERTAD				VARIANZA	DESV. TIPICA
$n1 = k - 1 = 3$	I = 109168,6	$A1 = II - I = 187,8635$		$S21 = 62.6212$	$S1 = 7.91$
$n2 = N - k = 12$	II = 110545,6	$A2 = III - II = 1189,12$		$S22 = 99.0934$	$S2 = 9.95$
$n3 = n1 + n2 = N - 1 = 15$	III = 109356,5	$A3 = III - I = 1376,984$		$S2T = 91.7989$	$ST = 9.58$
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %			INTERVALO DE CONFIANZA		
CV1 = 9,58			$q = 6.29$		
CV2 = 12.05			$p = 7.62$		
CVT = 11.56			$\bar{X} \pm q = 82.602 \pm 6.29$		
			$\bar{X} \pm p = 82.602 \pm 7.62\%$		

ANEXO N° 2: RESULTADOS DE PROPIEDADES FISICAS - CALCULO DEL ANALISIS ESTADISTICO																				CUADRO N°				
N° DE ARB.	N° DE PROB.	ESTADO VERDE		ESTADO SECO AL AIRE						AJUSTADO AL 12%						ESTADO ANHIDRO			TASA	DSH	DB	CH	POROC.	
		CHV	DV	CONTRACCIONES %			TASA	DSA	SA	CONTRACCIONES %			Pe	CONTRACCIONES %										
		%	g/cm3	%	%	%	T/R	g/cm3	%	%	%	%	g/cm3	%	%	%	T/R	g/cm3	g/cm3	MAXIM.	%			
1	1	81,61	0,85	2,39	5,69	7,94	2,38	0,52	12,63	2,47	5,66	8,00	0,55	4,00	5,20	8,99	1,30	0,51	0,47	156,49	65,84			
	2	72,86	0,88	2,32	5,09	7,29	2,19	0,62	13,57	2,51	5,10	7,48	0,61	3,90	5,24	8,93	1,35	0,57	0,51	137,25	62,10			
	3	81,30	0,85	2,89	5,74	8,46	1,98	0,59	13,12	2,94	6,03	8,79	0,57	3,45	9,11	12,25	2,64	0,54	0,47	148,17	64,32			
	4	90,64	0,89	3,89	5,20	8,90	1,34	0,58	12,82	3,91	5,40	9,10	0,57	4,22	8,27	12,14	1,96	0,53	0,47	149,19	64,51			
2	1	80,36	0,88	3,49	6,58	9,84	1,88	0,63	13,62	3,52	6,78	10,06	0,59	3,72	8,28	11,69	2,23	0,55	0,49	143,49	63,40			
	2	81,90	0,88	2,27	3,32	5,52	1,46	0,59	8,58	2,04	2,29	4,29	0,59	2,87	5,92	8,62	2,07	0,57	0,48	136,99	62,05			
	3	87,19	0,81	2,02	3,58	5,52	1,78	0,52	13,29	2,09	3,82	5,83	0,51	2,81	6,08	8,72	2,16	0,47	0,43	172,96	68,50			
	4	85,44	0,86	2,45	6,40	8,70	2,61	0,56	12,34	2,50	6,49	8,83	0,55	4,19	9,74	13,52	2,33	0,52	0,46	154,15	65,43			
3	1	81,91	0,96	2,12	3,46	5,51	1,64	0,67	13,83	2,34	3,93	6,17	0,64	3,77	6,96	10,47	1,84	0,60	0,53	127,00	59,76			
	2	85,87	0,93	2,73	6,46	9,02	2,36	0,59	10,66	2,46	6,10	8,42	0,59	4,88	9,29	13,72	1,90	0,56	0,50	141,15	62,92			
	3	76,58	0,92	3,69	6,69	10,14	1,81	0,64	12,46	3,73	6,78	10,25	0,63	4,73	9,02	13,32	1,91	0,59	0,52	130,29	60,54			
	4	104,71	0,98	2,34	5,16	7,37	2,21	0,58	12,86	2,43	5,36	7,66	0,57	3,75	8,17	11,62	2,18	0,53	0,48	148,85	64,45			
4	1	95,87	0,89	2,30	4,58	6,78	1,99	0,55	12,51	2,31	4,69	6,90	0,54	2,57	7,22	9,60	2,81	0,51	0,46	158,44	66,18			
	2	80,24	0,88	2,24	4,72	6,86	2,11	0,60	13,03	2,39	4,99	7,25	0,58	4,14	8,08	11,89	1,95	0,55	0,49	143,89	63,48			
	3	69,81	0,96	3,09	7,84	10,69	2,53	0,69	13,41	3,28	8,03	11,04	0,67	4,82	9,70	14,06	2,01	0,63	0,57	119,11	57,75			
	4	65,33	0,89	4,28	3,95	8,06	0,92	0,65	12,33	4,29	3,98	8,10	0,64	4,47	5,22	9,46	1,17	0,60	0,54	126,99	59,76			
X		82,60	0,89	2,78	5,28	7,91	1,95	0,60	12,57	2,83	5,34	8,01	0,59	3,89	7,59	11,19	1,99	0,55	0,49	143,40	63,19			
n1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
n2		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12			
n3		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			
I		109168,59	12,79	123,94	445,79	1001,54	60,80	5,73	2526,42	127,73	456,15	1026,56	5,52	242,44	922,84	2002,41	63,24	4,88	3,85	329024,58	63880,37			
II		110545,58	12,82	131,35	471,65	1041,30	63,90	5,77	2551,75	135,03	486,08	1071,86	5,54	249,84	963,13	2058,63	66,18	4,91	3,87	331881,67	63996,98			
III		109356,46	12,81	124,34	446,36	1003,01	60,83	5,74	2529,09	128,39	457,49	1029,75	5,52	244,10	926,85	2009,92	63,54	4,89	3,86	329721,39	63909,63			
A1		187,86	0,02	0,41	0,58	1,47	0,03	0,01	2,67	0,66	1,34	3,19	0,01	1,65	4,01	7,51	0,30	0,01	0,01	696,81	29,26			
A2		187,86	0,01	7,01	25,29	38,29	3,07	0,03	22,66	6,64	28,58	42,11	0,02	5,74	36,28	48,71	2,65	0,02	0,01	2160,28	87,35			
A3		1189,12	0,03	7,41	25,86	39,76	3,10	0,04	25,33	7,31	29,93	45,30	0,03	7,40	40,29	56,22	2,95	0,03	0,02	2857,10	116,61			
S21		62,62	0,01	0,14	0,19	0,49	0,01	0,00	0,89	0,22	0,45	1,06	0,00	0,55	1,34	2,50	0,10	0,00	0,00	232,27	9,75			
S22		99,09	0,00	0,58	2,11	3,19	0,26	0,00	1,89	0,55	2,38	3,51	0,00	0,48	3,02	4,06	0,22	0,00	0,00	180,02	7,28			
S2T		91,80	0,00	0,49	1,72	2,65	0,21	0,00	1,69	0,49	2,00	3,02	0,00	0,49	2,69	3,75	0,20	0,00	0,00	190,47	7,77			
S1		7,91	0,08	0,37	0,44	0,70	0,10	0,05	0,94	0,47	0,67	1,03	0,05	0,74	1,16	1,58	0,32	0,05	0,04	15,24	3,12			
S2		9,95	0,03	0,76	1,45	1,79	0,51	0,05	1,37	0,74	1,54	1,87	0,04	0,69	1,74	2,01	0,47	0,04	0,03	13,42	2,70			
ST		9,58	0,05	0,70	1,31	1,63	0,45	0,05	1,30	0,70	1,41	1,74	0,04	0,70	1,64	1,94	0,44	0,04	0,03	13,80	2,79			
CV1		9,58	9,08	13,21	8,32	8,85	5,06	8,85	7,51	16,65	12,53	12,87	8,17	19,06	15,22	14,14	15,92	8,48	8,90	10,63	4,94			
CV2		12,05	3,49	27,45	27,50	22,58	25,96	8,12	10,94	26,34	28,91	23,39	6,89	17,77	22,90	18,01	23,63	7,33	6,49	9,36	4,27			
CVT		11,60	5,12	25,26	24,88	20,58	23,33	8,27	10,34	24,71	26,45	21,70	7,16	18,04	21,58	17,31	22,30	7,57	7,04	9,62	4,41			
Q ±		6,29	0,06	0,29	0,35	0,56	0,08	0,04	0,75	0,37	0,53	0,82	0,04	0,59	0,92	1,26	0,25	0,04	0,03	12,12	2,48			
P ±		7,62	7,22	10,51	6,61	7,03	4,02	7,04	5,97	13,24	9,96	10,23	6,49	15,16	12,10	11,24	12,66	6,74	7,07	8,45	3,93			

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE CAMBARA *Erisma uncinatum Warm*

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.

#### 5.2. Contenido de humedad

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

Contenido de humedad en estado verde:	82.60 %
Contenido de humedad en estado seco al aire:	12.57 %

#### 5.3. 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: 0.85 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso específico seco al aire: 0,62gr/cm<sup>3</sup>
- Peso específico seco al horno o anhidro: 0,51 gr/cm<sup>3</sup>

#### 5.4. 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: 0,49 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso específico ajustado al 12%: 0,59 gr/cm<sup>3</sup>

### 5.5. 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	5,28	2,78	7,91
De Verde a Anhidro	7,59	3,89	11,19
De Verde a C.H. 12%	5.34	2,83	8,01

Fuente: Elaboración propia. 2017.

### 5.6. 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 Tasa de estabilidad de Estado Seco al Aire y Anhidro

ESTADO	TAZA DE ESTABILIDAD
Seco Al Aire	1.95
Anhidro	1.99

Fuente: Elaboración propia. 2017.

### 5.7. 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 = 65.8 %**.

### 5.8. Máximo contenido de humedad

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es: **Contenido de Humedad Máximo: 143.40 %**

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

### 5.9. DISCUSIÓN

Para la discusión del presente estudio se comparó los resultados obtenidos en los ensayos de las propiedades físicas de la especie Cambará (*Erisma uncinatum Warm*) procedentes del municipio de Ixiamas y los datos presentados en el proyecto de apoyo a la coordinación e implementación del plan de acción forestal para Bolivia FAO-PAFBOL (GCP/BOL/028/NET) SERIE TÉCNICA XII “INFORMACIÓN TÉCNICA PARA EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE 134 ESPECIES MADERABLES DE BOLIVIA” elaborado por Víctor Hugo Gutiérrez Rojas.

Para el caso específico de la especie Cambará (*Erisma uncinatum Warm*) los valores comparativos de los ensayos de las propiedades físicas tienen procedencia del departamento de Santa Cruz. Ambos estudios realizados, utilizaron como base metodológica las normas COPANT MADERAS.

En el ensayo de contenido de **humedad en verde** el presente estudio realizado obtuvo un valor de 82.60% en comparación al valor de 105 % obtenido en Santa Cruz, los resultados de **densidad básicas** obtenida en el estudio fue de 0,89kg/cm<sup>3</sup> comparado al valor de 0,47 kg/cm<sup>3</sup> obtenido en Santa Cruz.

En cuanto a la **densidad básica ajustado al 12% de humedad** se obtuvo el valor de 0,49kg/cm<sup>3</sup>, haciendo una comparación en Santa Cruz el valor es más bajo 0,47 kg/cm<sup>3</sup> (12%).

Para el ensayo de **contracción radial** se obtuvo un valor de 2,78 % pero con una diferencia al valor de 4.2 % obtenido en Santa Cruz. Para el ensayo de **contracción tangencial** el valor obtenido en el estudio fue de 5.28 %, con una diferencia de 9,1 % en el estudio realizado en Santa Cruz, en **contracción volumétrica** se obtuvo un resultado de 7.91% con una diferencia de 12,9% en el estudio realizado en Santa Cruz.

Y por último la relación de T/R se obtuvo un valor de 1,95 con una diferencia de 2,2 obtenido en la madera de Santa Cruz.

La variación de los datos comparados en este estudio puede deberse a una gran variedad de factores que actúan de forma directa o indirecta en el desarrollo de los árboles. Pese a ser una misma especie al tratarse de un material heterogéneo, la madera presenta variaciones, inclusive dentro de un mismo árbol, por la forma aleatoria de desarrollarse internamente. No resulta raro que en maderas, de la misma especie, de diferentes zonas se presenten diferencias principalmente por los factores ecológicos, por presentar mayor incidencia en las características anatómicas de las especies forestales estas diferencias se dan por diferencias de temperatura, precipitación, suelo, pisos altitudinales y otros que afectan directamente el desarrollo de los individuos.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluida con la determinación de las propiedades físicas de la especie *Cambara* 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).

#### 6.2 Peso específico

- Según su peso específico básico promedio es de 0,47 gr/cm<sup>3</sup>, que es un indicador de calidad de la madera, se clasifica como una madera **Mediana**. Es una madera que puede ser utilizada para la fabricación de muebles y carpintería en general, presenta un buen acabado superficial para puertas, marcos de puertas, ventanas y marcos de ventanas en la cual es muy utilizada quedando con una buena presentación al barnizarlos.
- De igual manera es utilizada para la fabricación de láminas de enchape, que brindan con diferentes tintes un fino acabado para variados usos.

- De acuerdo al peso específico ajustado al 12% es de 0,59 gr/cm<sup>3</sup>, se clasifica como **Mediano**.
- El peso específico anhidro es de 0,84 gr/cm<sup>3</sup>, se clasifica como una madera **Pesada**.

#### 6.3. Contracción

- Según el valor que presenta la contracción volumétrica de 7.94 %, se clasifica como madera **Mediano**.

#### 6.4. Taza de estabilidad

- Por la taza de estabilidad promedio de 1,95 la madera *Cambara (Erisma uncinatum Warm)* se clasifica como una madera **Estable**.

La determinación de los posibles usos de la madera *Cambara (Erisma uncinatum Warm)*, 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).

#### **6.5. 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 Cambara, 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.