

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

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

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

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

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

1.1.1. Contenido de humedad

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

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)

1.1.3. Formas en que se encuentra el agua en la madera

Según Cruz 2004, la madera perteneciente a árboles recientemente apeados contiene los siguientes tipos de agua:

a) Agua Libre

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

b) Agua de Impregnación

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

c) Agua de Constitución

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

1.1.4. 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 Dionicio, 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 12 y 18 % Es la forma más sencilla y económica para secar madera aserrada. Se utiliza principalmente para durmientes, postes y son maderas destinadas a tratamiento con protectores. (Marco Hoheisel 1968).

Estado de la madera Anhidra, aquella madera que tiene un contenido de humedad menor del 12 hasta 0 %. Todo este proceso que ocurre en una pieza de madera se debe a que esta es un material netamente higroscópico, es decir tiene la propiedad de ganar y perder humedad en intercambio con la humedad del ambiente, hasta establecerse en un equilibrio. Dicha propiedad se debe a dos características, una de ellas es la estructura porosa capilar que permite a la madera el paso de los vapores y líquidos a su interior, y la otra característica es su composición química, que hace que los grupos oxidrilos reaccionen con las moléculas de agua (Cruz 2004).

1.1.4.1. 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, 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 103 °C, + - 2 °C en intervalos de 24 horas peso que es registrado como anhidro.

Para realizar su cálculo utilizamos la siguiente fórmula:

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

Dónde: **CH** = Contenido de humedad en % **Ph** = Peso húmedo en g

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.

(Tito José 1988).

1.1.4.2. 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).

1.1.5. 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. (JUNAC). 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.

1.1.6. PESO ESPECÍFICO

El peso específico (P_e) 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).

Peso Específico Real

Es el peso que corresponde a la pared celular, es referido como el peso específico de la madera sin tomar el volumen de espacios inherentes a la misma, es un valor relativamente constante para todas las especies de maderas, ya que solamente se toma en cuenta la densidad de los componentes químicos que forman la pared celular de la madera. Para su determinación es necesario medir el volumen de los espacios vacíos, la manera de realizarlo es utilizando un elemento que desplace al aire de sus espacios. (Aguirre Santiago 1991).

1.1.7. POROSIDAD

Es el porcentaje total de espacios vacíos en la madera cuando es eliminada la totalidad del agua en la pieza (Galante1953).(Ver Anexo#5)

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Descripción taxonómica de la especie Chal Chal *Allophylus edulis*

(Ismael acosta 2014).

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Subdivisión: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Subclase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Archichlamideae

Grupo de Ordenes: Corolinos

Orden: Sapindales

Familia: Sapindaceae

Nombre científico: *Allophylus edulis* (St. Hil) Radlkofer

Nombre común: Chal - chal

1.2.1. DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA.

Árbol.

Foto1: Especie arbórea Chal Chal (*Allophylus edulis*)



Árbol Inerme, polígamo – dioico de unos 8 m de altura. Pertenece a la familia de las Sapindáceas. En algunos ambientes alcanza hasta los 15m de altura (Sánchez 2011).

Foto 2: Copa y ramificación de la especie Chal Chal (*Allophylus edulis*)



La forma de la copa es aparasolada, ramificación simpodial de follaje persistente a semipersistente de color verde claro (Sánchez 2011).

Foto 3: Corteza externa e interna de la especie Chal Chal (*Allophylus edulis*).



Corteza externa de apariencia lisa levemente agrietada en estado juvenil, cuyo ritidoma presenta una consistencia papirácea con desprendimiento irregular, mientras que en un árbol maduro se observa que la corteza externa pasa a tener una apariencia agrietada más profunda y la consistencia del ritidoma se torna leñosa, de color ferrugíneo que se desprende en escamas, corteza interna (floema) de textura fibrosa, color claro, blanco – amarillento, tiene un olor poco perceptible agradable, de sabor dulce, no presenta ningún tipo de secreciones. (Sánchez 2011).

Foto 4: Hojas y de la especie Chal Chal (*Allophylus edulis*)



Hojas puntiagudas alternas, compuestas, trifoliadas, peciolo escasamente pubescente. De 2-6 cm de largo, con folíolos subsésiles o de peciolulo corto la forma del limbo es oblanceolado-lanceolado, acuminados en el ápice y más o menos atenuados en la base, cuyas dimensiones van de 5-10 cm. de largo y 1.5-3 cm. de ancho, el borde del limbo es levemente dentado-serrado, casi entero. El folíolo del ápice es de mayor tamaño de consistencia papirácea; nervadura pinnatinervada curva, son glabros en la cara superior (haz) y en la cara inferior con pelos en las axilas de las nervaduras (envés) (Sánchez 2011).

1.2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA ESPECIE CHAL CHAL (*ALLOPHYLUS EDULIS*)

- **Inflorescencia.**

Polígamo dioicas, vienen en racimos paucifloros de 5-8 cm. de largo, de los cuales de 1-4 cm. corresponden al pedúnculo. Las flores vienen dispuestas en panículas axilares laterales pubescentes. Flores pequeñas de color blanco amarillentas de 3.4 mm. de diámetro, con 4 sépalos cóncavos libres de color verde, desiguales, 2 externos de forma cuculada u ovada y 2 internos subcirculares; 4 pétalos libres, con limbo ovado, presentando pubescencia en la parte interna, especialmente sobre los márgenes; 8 estambres, filamentos de 2-2,5 mm de largo de color amarillo, pubescentes. (Sánchez 2011).

Foto 5: Frutos de la especie Chal Chal (*Allophylus edulis*)



- **Fruto**

Drupa globosa u ovoide, glabra, de 7-11 mm. De diámetro, varia su coloración de acuerdo a su madurez, en la primera etapa es de color amarilla virando luego a una coloración rojiza, el carozo es algo piriforme (fot. D-1). Los frutos maduran de forma despareja en el racimillo, por lo que se observa una variedad de colores al mismo tiempo fructifica de septiembre a noviembre. (Sánchez 2011).

- **Semilla**

Forma ovoide, que mide aproximadamente 4 mm. De diámetro de color castaño en estado maduro, con un pequeño arilo. (Sánchez 2011).

- **Usos:**

Su fruto es comestible de gusto dulce y agradable, se prepara una bebida fermentada conocida como aloja de Chal Chal; tiene propiedades curativas muy valiosas en todas las enfermedades del hígado, se usa para contrarrestar intoxicaciones empleando, hojas y ramitas delgadas; su madera sólo se usa como combustible y carbón mezcla en pequeña escala (López, J.A; Little, E; Ritz, G; Rombold, J; Hahn, W. 1987).

En las comunidades aledañas a la zona de estudio, la utilizan en el ámbito medicinal, su madera no tiene importancia económica y solo es utilizada como combustible.

1.2.3. Distribución Geográfica de la especie Chal Chal (*Allophylus edulis*).

En Bolivia el género *Allophylus edulis* está distribuido en la zona tropical y subtropical del país, en bosques montanos, deciduos y amazónicos de tierra firme que están entre los 700 – 1900 m.s.n.m. Se encuentra en los departamentos de Pando, Santa Cruz y Tarija (provincia Arce, Rancho Nogalar entre Sidras y Tariquía) especie originaria de bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay y norte de Argentina.

(Killen, T.; García, E. y Beck, S.; 1993).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la Zona de Estudio

2.2.1. Localización

La Comunidad de Río Conchas, se encuentra ubicada al sur del departamento de Tarija, en la provincia Arce, Primera Sección, localizada aproximadamente a 150 Km distante de la ciudad de Tarija.

Limita al Este con Río Conchas, al Sur con tierras fiscales, al Oeste con el Río Salado y Norte con productores privados de la comunidad. Presenta altitudes que varían entre los 800 a 1.000 msnm, con un relieve montañoso y pendientes que por lo general son muy escarpadas

IMAGEN 1
MAPA DE TARIJA

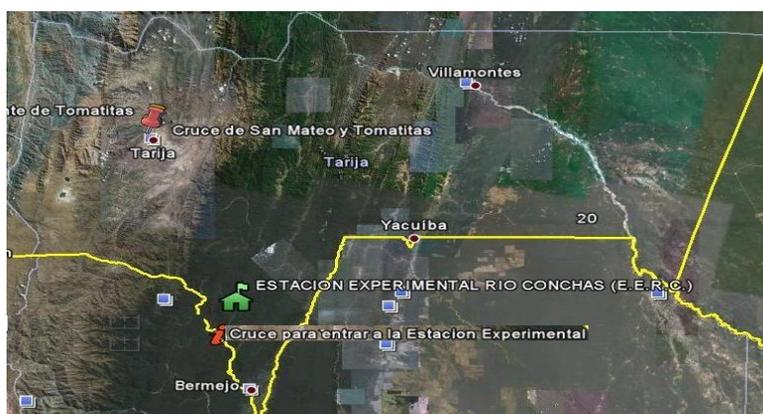


IMAGEN 2



Fuente: Ing. José Adel Molina Ramos

2.2.2. Accesibilidad

De acuerdo a la información de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), por el Sur del Departamento de Tarija pasa la red fundamental Ruta 1; Carretera Panamericana que une las ciudades de Tarija y Bermejo la misma que sirve como conexión a la República Argentina, está considerada como una carretera internacional, la cual cuenta con cubierta asfáltica (camino de primer orden) haciendo una distancia de 150 kilómetros de Tarija hasta el cruce de la comunidad del salado desde ahí se ingresa a la comunidad de Río Conchas por un camino ripiado con dirección norte de 21 kilómetros, distancia total al área de estudio son 171 kilómetros, cuentan con caminos de segundo y tercer orden, que en la época de lluvia se dificulta el acceso por la falta de mantenimiento de los caminos. (Sánchez Patricia, 2011).

2.2.3. Geología

Según el mapa geológico de Tarija (ZONISIG, 2001), la comunidad Río Conchas pertenece a los periodos Cretácico, Terciario y Cuaternario. La litología dominante está compuesta por limonitas, arcillitas, areniscas, calizas y otras.

El departamento de Tarija presenta tres tipos tectónicos de plegamientos bien definidos que corresponde a las provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental, el Subandino y la llanura Chaco Beniana, correspondiendo el área de estudio en este caso a la provincia fisiográfica del Subandino. El plegamiento y fallamiento en las formaciones geológicas son menos complejos en el Subandino.

(Sánchez Patricia, 2011).

2.2.4. Geomorfología

Según el estudio realizado por el ZONISIG (2001); la provincia fisiográfica del Sub Andino dónde se encuentra la comunidad Río Conchas, está constituida por un conjunto de paisajes dominados por serranías, colinas y valles. Las serranías y colinas del Subandino están orientadas en el sentido Norte-Sur, conformados por anticlinales estrechos y valles sinclinales más amplios, donde se encuentran los ríos más importantes, originando valles con llanuras aluviales de pequeña y mediana amplitud.

Las serranías presentan formas alargadas por cientos de kilómetros y paralelas entre sí, constituidas por rocas más resistentes y homogéneas, en tanto que los valles sinclinales se hallan constituidos por rocas menos resistentes y más blandas.

(Sánchez Patricia, 2011).

2.2.5. Fisiografía

El área de estudio se encuentra ubicada fisiográficamente entre: Serranía media, fuertemente disectada donde actúan procesos de remoción en masa, pendientes aluviales y coluviales son las principales geoformas que dominan este paisaje. Dónde se han desarrollado valles estrechos y profundos. El relieve general es escarpado a fuertemente escarpado, con pendientes de 50 a 200 m. de longitud aproximadamente.

(Patricia Sánchez, 2011).

2.2.6. Suelo

Según el estudio realizado por (ZONISIG. 2001), los suelos son superficiales a profundos de 30 a 150 cm. Excesivamente drenado a moderadamente bien drenado, materia orgánica superficial en estado de descomposición débil, con presencia de pocos fragmentos en un porcentaje del 2% de formas sub- redondeados, meteorizados de areniscas, limonitas y lutitas.

Los suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos a muy profundos, con texturas de franco a franco arenosas, con pH ligeramente ácido a ácido, la fertilidad es moderada. (Segovia Omar, Vasco Marino, Padcaya-Tarija, 2008-2012).

2.2.7. Clima

De acuerdo con el mapa ecológico de Bolivia el área de estudio se encuentra en una zona transicional del bosque húmedo templado, así mismo se tiene una precipitación promedio de 2000 mm/año que corresponde a la Comunidad de Río Conchas. Temperatura media es 20,2°C máxima de 26,7°C y mínima de 13,6°C. (SENAMI 2010)

2.2.8. Hidrología

La Comunidad de Río Conchas forma parte del Gran Sistema Hidrográfico de la Cuenca del Plata, la que a su vez tiene como parte de ella la cuenca del río Bermejo y ésta tiene como unas de sus Subcuencas tributarias del Río Salado y Conchas Dónde se encuentra el área de estudio.

La cuenca del río Bermejo en la Cordillera Oriental presenta un relieve accidentado dónde la gradiente longitudinal del curso de los ríos adquiere pendientes altas, mayores al 2,5%, como los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Camacho, y Santa Ana, tributarios principales del río Bermejo, que en el Valle Central de Tarija forman un valle amplio.

En el Subandino la cuenca del río Bermejo presenta valles amplios como le manifiestan los ríos de Entre Ríos, Salinas, Chiquiaca, Emborozú, Concha, y Playa Ancha con gradientes menores al 2%. El patrón de drenaje para esta cuenca es subparalelo en la unidad estructural del Subandino. (Sánchez Patricia, 2011).

2.2.9. Vegetación

Según el informe técnico presentado por el departamento de fitotecnia (2004), perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” el levantamiento florístico preliminar de la EERC, presenta una vegetación compuesta por árboles que están en el orden de los 15 a 20 m. de altura y una cobertura aproximada del 40 al 60 %, las especies que los integran en una mayoría corresponden a los sempervirentes (siempre verdes), y se encuentran algunas especies deciduas por la estación del año, especialmente en el dosel superior como los géneros: *Diatenopteryx*, *Tabebuia*, *Cedrela*, *Myroxylon*, *Tipuana*, y otros, en alturas de relieve que varían desde los 970 msnm. a los 1150 msnm.

Según Acosta 2004, estos bosques son generalmente densos, mayormente siempre verdes, medio altos, de estructura compleja con dos o tres estratos. El dosel superior presenta abundantes lianas, epifitas y musgos.

De este análisis podemos deducir que la vegetación existente en la Comunidad de Río Conchas corresponde a: Bosque denso siempre verde semideciduo submontano.

Presenta los siguientes estratos de vegetación.

2.2.10. Estrato Arbóreo

Se registran 32 especies arbóreas mayores a 10 cm de DAP, pertenecientes a 20 familias botánicas. Las especies con mayor número de individuos por hectárea es el *Nectandra* sp., siendo a su vez la más frecuente.

Cuadro N° 1 Especies del estrato arbóreo.

Familia	Nombre Científico	Nombre común
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp.	Laurel
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Aguay
Myrsinaceae	<i>Rapanea</i> sp.	Yuruma
Solanaceae	<i>Solanum riparium</i> Pers	Tabaquillo blanco
Sapindaceae	<i>Cupanea vernalis</i> Cambess	Condorillo
	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	Suiquillo
	<i>Allophylus esdulis</i> (St. Hil)	Chal Chal
Rosaceae	<i>Prunus tucumanensis</i> Lillo	Duraznillo
Mirtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	Guayabo
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Arrayán
	<i>Blepharocalix gigantea</i> Lillo	Barroso
Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Membrillo
	<i>Coccoloba filiceae</i> Lindau	Mandor
Flacourtiaceae	<i>Xilosma pubescens</i> Griseb	Amarillo
Nictaginaceae	<i>Bougainvillea</i> sp.	Huancar
Tiliaceae	<i>Heliocar puspapayanensis</i>	Cascarilla
Euphorbiaceae	<i>Croton densiflorus</i>	Tabaquillo rosado
Boraginaceae	<i>Patagonula americana</i> L.	Lanza blanca
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.)	Afata
	<i>Saccellium lanceolatum</i>	Lanza monteña
Rutaceae	<i>Fagara coco</i> (Gill.)	Sauco
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impefiginosa</i>	Lapacho rosado
	<i>Tabebuia heteropoda</i>	Lapacho amarillo
Proteaceae	<i>Roupala cataractarum</i> S.	-----
Juglandaceae	<i>Junglans australis</i> Griseb.	Nogal
Meliaceae	<i>Cedrela</i> sp.	Cedrillo
Anacardiaceae	<i>Astronium arundeuva</i> (Fr. All)	Urundel
Leg. Mimosoideae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell)	Cebil
	<i>Inga</i> sp.	Pacay
Leg. Papilionoideae	<i>Lonchocarpus lilloi</i> (Hassler)	Quina blanca
	<i>Tipuana tipu</i> (Benth)	Tipa blanca
	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.	Quina colorada

Fuente: (Acosta 2004)

2.2.11. Estrato arbustivo

El estrato arbustivo se encuentra disperso en la parte inferior del bosque, obteniendo un 22% de cobertura y una densidad de 2,343 individuos por hectárea como promedio general. Integrado en su mayoría por *Psychotriacart hagenencis* Jacq; con 1.714 individuos por hectárea. Esta especie está distribuida en áreas tropicales y sub tropicales en casi todo el mundo (Cabrera, 1993), corroborado por el documento de levantamiento florístico preliminar de la EERC de la UAJMS, ya que la zona de estudio está dentro de las áreas que indica este autor. La densidad y cobertura de las especies presentes demostraron ser descendentes de acuerdo al piso altitudinal. En la parte más baja de evaluación a los 970 msnm existen 3,200 individuos por hectárea y un 36,6% de cobertura, a los 1.000 msnm, hay 2,200 individuos por hectárea con una cobertura de 15,1%.

Cuadro N° 2: Especies del estrato arbustivo.

Familia	Especie
Solanaceae	<i>Solanum trichoneurom</i> Lillo
Rubiaceae	<i>Psychotriacart hagenensis</i> J.
Acanthaceae	<i>Aphelandra</i> sp.
Urticaceae	<i>Urera</i> sp.
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.

Fuente: (Acosta 2004)

2.2.12. Estrato Herbáceo

La cobertura de este estrato es del 10,3%, y una densidad de 84,167 individuos por hectárea, integrados por la familia Gramineae, Acanáceas y Asplenidiaceae, destacándose *Oplismenus hirtellus* (L.). Con 24,167 individuos por hectárea siendo muy consumido por el ganado bovino, de aspecto postrado y tallos tenues que les hace accesibles al pastoreo de los animales, su hábitat es en regiones boscosas, a la sombra (Renvoize, 1998), también se encuentra en este hábitat en todos los lugares

sombríos del bosque, sempervirente de la EERC. *Justicia Goudotii* V. A. con 20,000 individuos por hectárea, por las observaciones realizadas es también muy consumida por el ganado bovino encontrándose adaptadas para soportar el ramoneo de los animales. La cobertura y densidad de las especies tienen un ascenso en cuanto a los pisos altitudinales: a 970 msnm existe 26,666 individuos por hectárea y 4% de cobertura a 1.000 msnm. Existen 97,500 individuos por hectárea y 12,2% de cobertura.

Cuadro N°3 Especies del Estrato Herbáceo

Familia	Especie
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i> sp.
Acanthaceae	<i>Ruellia</i> sp.
	<i>Dicliptera</i> sp.
Maranthaceae	<i>Maranta</i> sp.
Gramineae	<i>Ichnantus</i>
	<i>Oplismenus hirtellus</i>
Acanthaceae	<i>Justicia goudotti</i> V. A.

Fuente: (Acosta 2004).

2.2.13. Uso Actual de la Tierra

El uso de la tierra en ganadería extensiva, seguido del aprovechamiento y uso forestal, plantaciones forestales y cultivos agrícolas (frutícola y anual), localmente se observan cultivos agrícolas (maíz, papa, frutales como cítricos y caña de azúcar), también se dedican a la ganadería, que tiene un manejo tradicional, entre los animales domésticos más importantes tenemos: caballos, vacas, cerdos, aves de corral etc (Montaño q. míguela. 2008).

2.2.14. Vías de Comunicación

De acuerdo a la información de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), por el Sur del Departamento de Tarija pasa la red fundamental Ruta 1; Carretera Panamericana que une las ciudades de Tarija y Bermejo la misma que sirve como conexión a la República Argentina, está considerada como una carretera internacional, la misma cuenta con cubierta asfáltica.

El ingreso a la comunidad de Río Conchas, hace por el cruce el Salado a través de un camino vecinal el que en épocas de lluvia se toma intransitable debido a las redes de drenaje existentes como el Río Salado y el Río Conchas, como también a los derrumbes, que se producen por las altas y constantes precipitaciones en periodo de lluvias. La distancia aproximada desde la carretera cruce el Salado hasta la Comunidad de Río Conchas es de 22 kilómetros. (Sánchez Patricia, 2011).

2.2.15. Población

Para el año 2010 la comunidad de Río Conchas tenía 783 habitantes, de los cuales 492 son hombres y 291 mujeres, en cuanto a la edad de los habitantes podemos decir que tiene una población predominantemente joven, es decir que más de la mitad tiene menos de 30 años. INE 2010.

2.2.16. Educación

La educación en la zona no alcanza los niveles secundarios y superiores además de que la infraestructura existente es muy precaria.

La asignación de maestros es deficiente y el proceso de enseñanza a los niños se dificulta por las distancias de los hogares a las escuelas. Esta serie de dificultades inciden la prevalencia de un elevado índice de analfabetismo.

(Sánchez Patricia, 2011).

2.3. MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 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 del Chal Chal (*Allophylus edulis*)

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 color rojo

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

Materiales para el preparado de probetas

- Obtención de las probetas dentro de la viguetas
- Sierra Sin fin
- Serrucho sierra manual
- Lija
- Marcador indeleble
- Escuadras y reglas de carpintería
- Cepilladora
- Grueseadora

2.3.2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para elaborar el siguiente trabajo de Tesis 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

2.3.2.1. Selección y recolección de muestras

El procedimiento de selección y recolección de la muestra se basó en el sistema al azar como recomienda la norma COPANT 458 de manera que todos los componentes (Zona, sub zona, árbol.) tengan la posibilidad de ser elegidos (Cruz 2006).

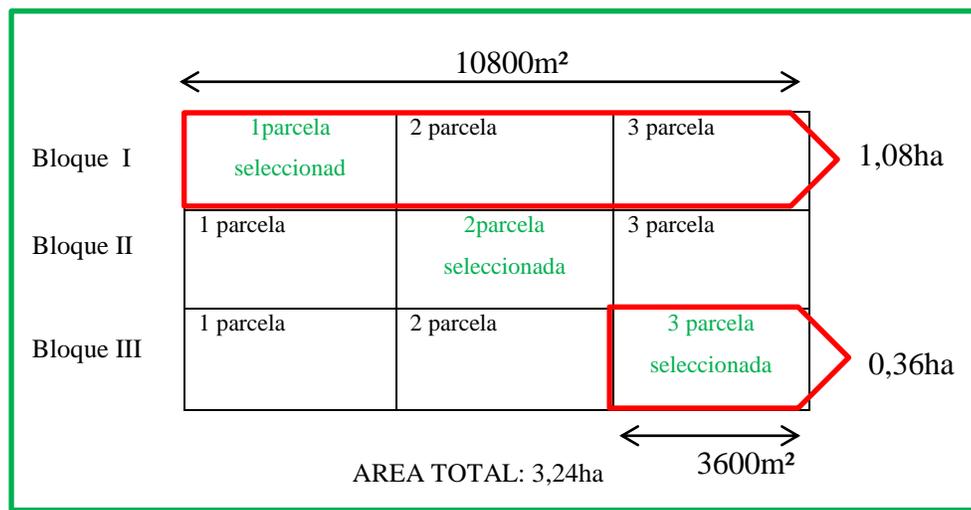
2.3.2.2. Definición de la población

Para la realización de las propiedades físicas del Chal chal se estableció las características de cada individuo tales como: especie, edad, diámetro a la altura del pecho (1,30 m).

2.3.2.3. Selección de la zona

La zona de Dónde se extrajeron los árboles pertenece a la comunidad de Río Conchas ubicado en la provincia Arce, debido a la existencia de una cantidad significativa de la especie en el bosque.

Se realizó la selección de la zona tomando en cuenta la representatividad de la especie en cuanto a sanidad y calidad de los individuos. La superficie total del área seleccionada fue de 3,24 ha, dividiendo la misma en tres bloques con medidas de 10800m² (1.08 ha) y cada bloque se subdividió en tres parcelas de 3600 m² (0,36 ha), seleccionando al azar una parcela por bloque. Ejemplo en el siguiente cuadro:



Fuente propia

La especie se encontraba asociada con especies arbóreas como ser: Lanza, Membrillo, Ala de Cóndor, Laurel, Suiquillo, Tipa, Lapacho Rosado, Afata, Sauco, Quina, Barroso, Cebil, Nogal, Urundel, Aliso, Duraznillo, Mandor, Tala, etc.

2.3.2.4. Selección de los árboles

Posteriormente se procedió a seleccionar los árboles del bloque I parcela I (2 árboles), bloque II parcela II (1 árbol), bloque III parcela III (2 árboles) haciendo un total de 5 árboles seleccionados y marcados con pintura roja, tomando en cuenta la sanidad y un buen fuste. La medición del primer árbol fue. Altura total 10 m, altura comercial 6.50 m, diámetro 26 cm; del segundo árbol su altura total 8 m, altura comercial 5 m, diámetro 25 cm; del tercer árbol altura total 10 m, altura comercial 6 m, diámetro 28 cm; del cuarto árbol altura total 9 m, altura comercial 4.50 m, diámetro 30 cm y del quinto árbol altura total 11 m, altura comercial 7 m, diámetro 29 cm.

2.3.2.5. UBICACIÓN DEL ÁREA SELECCIONADA



COORDENADAS UTM DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS				
BLOQUE I	PARCELA I	ARBOL 1	X	Y
			ARBOL 2	355270
BLOQUE II	PARCELA II	ARBOL 3	355230	7527810
BLOQUE III	PARCELA III	ARBOL 4	355342	7527778
		ARBOL 5	355310	7527750

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.6. 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 las cuales fueron llevadas al encargado del Herbario Universitario Ing. Ismael acosta Galarza el cual identifico a la especie y proporciono la descripción taxonómica (Ver anexos planilla N° 4).

2.3.2.7. 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 (3troza), segundo árbol (2trozas), tercer árbol (2trozas), cuarto árbol (3trozas) y del quinto árbol (3trozas) haciendo un total de 13 trozas de los cinco 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) el total de trozas obtenidas para realizar del estudio fueron 5 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.(Ver figura N°1).

2.3.2.8. Extracción de las trozas

Las trozas fueron transportadas desde el lugar de apeo hasta el camino en un primer tramo, posteriormente han sido transportadas hasta la ciudad de Tarija.

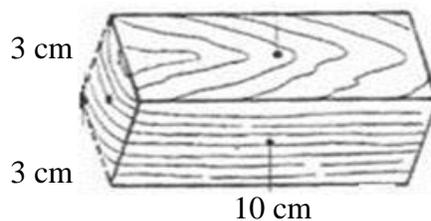
2.3.2.9. Selección de la vigueta dentro de la troza

Una vez llegado a Tarija las trozas fueron llevadas al aserradero donde se obtuvieron de cada troza un tablón central haciendo un total de 5 tablonces de los cuales se obtuvieron las viguetas de 100 cm 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 4 cm de sección transversal para posteriormente darle una sección transversal requerida de 3*3 cm para la cual se utilizó la gruesadora, obteniendo del tablón 1 (3 viguetas), tablón 2 (3 viguetas), tablón 3 (2 viguetas), tablón 4 (2 viguetas) y tablón 5 (3 viguetas), haciendo un total de 13 viguetas obtenidas de los 5 tablonces, de ahí se procedió a la selección de las viguetas de cada tablón, obteniendo una vigueta por tablón, haciendo un total de 5 viguetas utilizadas para el estudio, de cada una de las vigueta se obtuvo 4 probetas

haciendo un total de 20 probetas de las 5 viguetas cada vigueta fue codificada de la siguiente forma: I, II, III, IV y V.

2.3.2.10. 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 20 probetas con las dimensiones de 3*3 cm con una longitud de 10 cm.



2.3.2.11. 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:

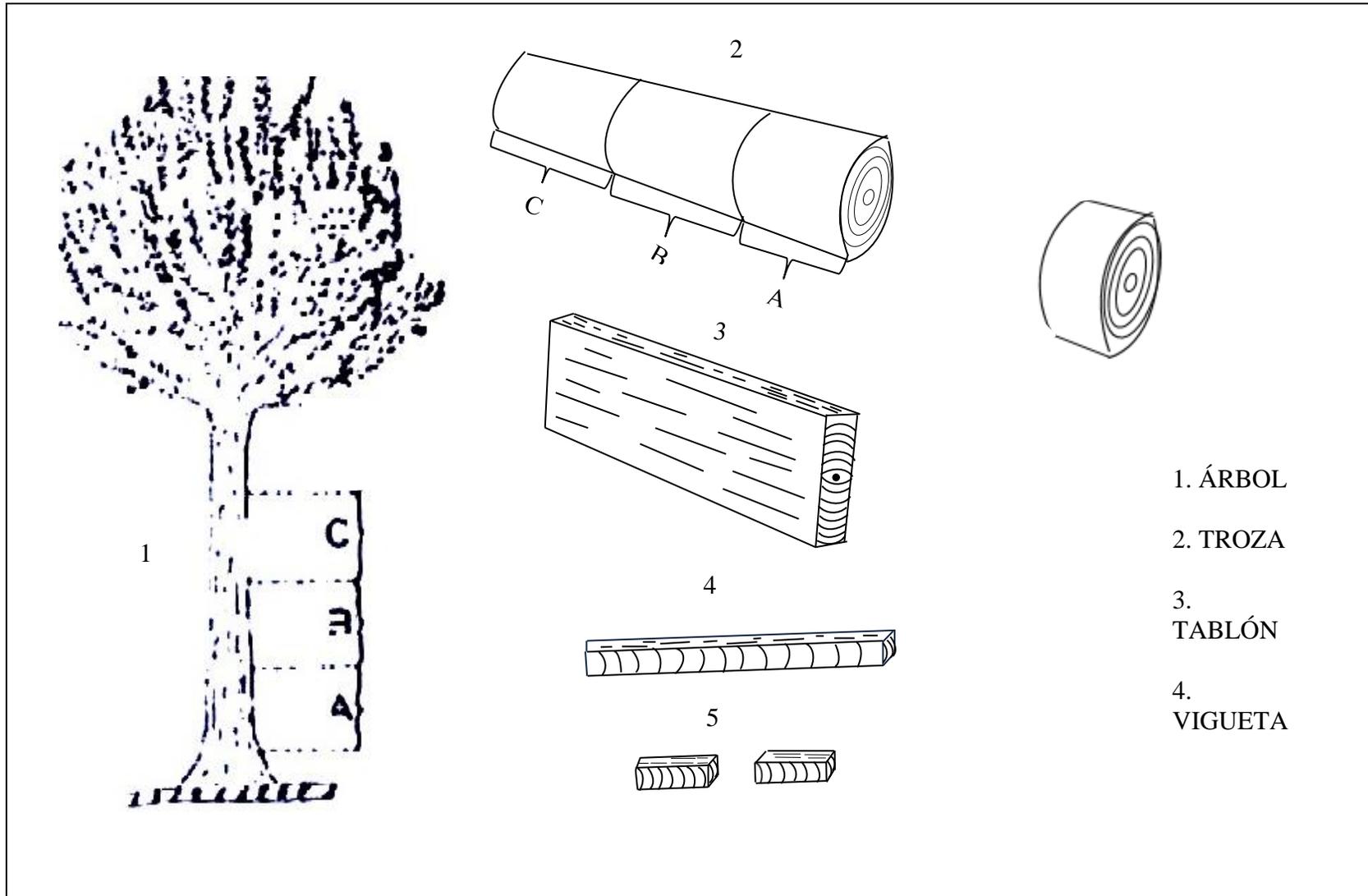
2 = Número de árbol

A = Troza

III = Vigueta

1 = Probeta

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



2.4.1. 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 planilla 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 seco al aire, se procedió a obtener las dimensiones radial, tangencial y la posterior determinación del volumen seco al aire por el método de inmersión en agua destilada. Los datos fueron tabulados en las planillas (Ver anexo planilla 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 103 ± 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.

(Ver anexo N°1)

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 %

2.4.2. 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 (Ver Anexo N° 2).

Cuadro N°4: Densidad en verde, seca al aire, anhidra y básica

PV Gr	VV Cm³	PSA gr	VSA Cm³	PSH gr	VSH Cm³
109,40	92,39	78,23	87,60	70,07	83,27
100,05	85,35	69,34	81,68	61,73	77,45

PV = Peso verde.

PSA = Peso seco aire.

PSH = Peso seco horno.

VV = Volumen verde.

VSA = Volumen seco aire.

VSH = Volumen seco horno.

$$DV = \frac{PV}{VV} = \frac{109,40}{92,39} = 1,18 \text{ Gr/cm}^3$$

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} = \frac{78,23}{87,60} = 0,89 \text{ gr/cm}^3$$

$$DANH = \frac{PSH}{VSH} = \frac{70,07}{83,27} = 0,84 \text{ gr/cm}^3$$

$$DB = \frac{PSH}{VV} = \frac{70,07}{92,39} = 0,76 \text{ gr/cm}^3$$

2.4.3. Contracción

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

Con las dimensiones iniciales y las obtenidas en los estados posteriores se procedió a determinar las respectivas Contracciones, tal cual se demuestra en el siguiente ejemplo, y en el Cuadro de resultados de propiedades físicas (Ver Anexo N° 2).

Cuadro N° 5: Contracción: tangencial normal, radial normal y volumétrica normal

DRV mm	DTV Mm	VV Cm ³	DRSA mm	DTSA mm	VSA cm ³
30,34	30,36	92,39	29,76	29,62	87,60
29,47	29,15	85,35	28,96	28,51	81,68

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.

$$\text{CRSA} = \frac{\text{DRV} - \text{DRSA}}{\text{DRV}} \times 100 =$$

$$\text{CRSA} = \frac{30,34 - 29,76}{30,34} \times 100 = 1,91 \%$$

$$\text{CTSA} = \frac{\text{DTV} - \text{DTSA}}{\text{DTV}} \times 100 =$$

$$\text{CTSA} = \frac{30,36 - 29,62}{30,36} \times 100 = 2,44 \%$$

$$\text{CVSA} = \frac{\text{VV} - \text{VSA}}{\text{VV}} \times 100 = \frac{92,36 - 87,60}{92,36} \times 100 = 5,18 \%$$

Cuadro N° 6: Contracción tangencial total, radial total y volumétrica total

DTV	DT anh	DRV	DR anh	VV	V anh
30,36	28,62	30,34	28,97	92,39	83,27
29,15	27,70	29,47	28,17	85,35	77,45

DTV = Dimensión tangencial verde.

DRV = Dimensión radial verde.

DT anh = Dimensión tangencial anhidra.

DR anh = Dimensión radial anhidra.

VV = Volumen verde.

Vanh = Volumen anhidra.

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

$$\text{CTT} = \frac{30,36 - 28,62}{30,36} \times 100 = 5,73 \%$$

$$\text{CRT} = \frac{\text{DRV} - \text{DR anh}}{\text{DRV}} \times 100 =$$

$$\text{CRT} = \frac{30,34 - 28,97}{30,34} \times 100 = 4,52 \%$$

$$\text{CVT} = \frac{\text{VV} - \text{V anh}}{\text{VV}} \times 100 =$$

$$\text{CVT} = \frac{92,39 - 83,27}{92,39} \times 100 = 9,87 \%$$

2.4.4. 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.

$$TASA = \frac{CTSA}{CRSA} = \frac{2,44}{1,91} = 1,28$$

TASA = Tasa

CTSA = Contracción tangencial seco aire.

CRSA = Contracción radial seco aire.

2.4.5. 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)

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

$$hm = \left(\frac{1}{0,84} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100) = 80,38 \%$$

hm = Humedad máxima (%)

ρ = 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 III

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

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

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

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

Los datos para el análisis estadístico son:

Número de árboles ensayados = $k = 5$

Número de probetas por árbol = $l = 4$

Número total de probetas por ensayo = $N = 20$

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.

3.3.1. 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 7°: Determinación de las variaciones $S_1^2; S_2^2; S_T^2$

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

Dónde:

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

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

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

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

Dónde:

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

$k = 5$ (número de árboles)

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

$$I = \frac{1}{N} * \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2 = \frac{(1159,180)^2}{20} = 67184,91$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^k x_i \right)^2 = 67211,850$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 67686,916$$

$$S_1^2 = \frac{II - I}{k - 1} = \frac{26,936}{4} = 6,734$$

$$S_2^2 = \frac{III - II}{N - k} = \frac{475,066}{15} = 31,671$$

$$S_T^2 = \frac{III - I}{N - 1} = \frac{502,003}{19} = 26,421$$

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

S_2^2 = Variación promedio

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

3.3.3. 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:

$$S_1 = \sqrt{6,732} = \pm 2,595$$

$$S_2 = \sqrt{31,671} = \pm 5,628$$

$$S_T = \sqrt{26,421} = \pm 5,140$$

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

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100 = \frac{2,595}{57,959} * 100 = 4,477 \%$$

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

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100 = \frac{5,628}{57,959} * 100 = 9,710 \%$$

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:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100 = \frac{5,140}{57,959} * 100 = 8,869 \%$$

3.3.4. 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°8 Valores estadísticos

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

:

$$q = \pm(k-1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 2,78 * \frac{2,595}{\sqrt{20}} = \pm 1,613$$

$$p = \frac{q}{X} * 100 = \frac{1,613}{57,959} * 100 = 2,783\%$$

CUADRO N°9: 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					TOTAL
	1	2	3	4	5	
1	56,13	59,64	50,35	46,1	58,63	
2	62,08	62,65	60,49	70,94	63,11	
3	55,85	57,85	56,94	60,49	58,8	
4	56,55	58,64	56,98	53,11	53,85	
<i>l</i>	4	4	4	4	4	20
$\sum_{i=1}^l x_i$	230,610	238,780	224,760	230,640	234,390	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K x_{ij} = \mathbf{1159,180}$
$j \bar{X}$	57,653	59,695	56,190	57,660	58,598	$\sum_{j=1}^K j \bar{X} = \mathbf{289,795}$
$\sum_{i=1}^l x_i^2$	13321,628	14267,224	12683,047	13637,406	13777,612	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K x_{ij}^2 = \mathbf{67686,916 (III)}$
$\frac{1}{l} = \left(\sum_{i=1}^l X_i \right)^2$	13295,243	14253,972	12629,264	13298,702	13734,668	$\sum_{i=1}^k \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^l X_j \right)^2 = \mathbf{67211,850 (II)}$

Datos requeridos para el análisis estadístico:

Nº árboles ensayados (K)	=	5
Nº probetas por árbol (I)	=	4
Nº total de probetas por especie (N)	=	20
Promedio total (\bar{X})	=	57,96

GRADOS DE LIBERTAD			VARIANZA	DESV. TIPICA
$n1 = k - 1 = 4$	I = 67184,914	$A1 = II - I = 26,936$	$S21 = 6,734$	$S1 = 2,595$
$n2 = N - k = 15$	II = 67211,850	$A2 = III - II = 475,066$	$S22 = 31,671$	$S2 = 5,628$
$n3 = n1 + n2 = N - 1 = 19$	III = 67686,916	$A3 = A1 + A2 = III - I = 502,003$	$S2T = 26,421$	$ST = 5,140$
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %			INTERVALO DE CONFIANZA	
$CV1 = 4,477$			$q = 1,613$	
$CV2 = 9,710$			$p = 2,783\%$	
$CVT = 8,869$			$\bar{X} \pm q = 57,96 \pm 1,613$	
			$\bar{X} \pm p = 57,96 \pm 2,783\%$	

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CHAL CHAL

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

4.4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

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

Contenido de humedad en estado verde: 57,96 %

Contenido de humedad en estado seco al aire: 11,94 %

4.4.3. 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:

- Densidad verde: 1,18 gr/cm³
- Densidad seca al aire: 0,88 gr/cm³
- Densidad anhidra: 0,83 gr/cm³

4.4.4. PESO ESPECÍFICO BÁSICO

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.

- Peso específico básico: 0,75 gr/cm³
- Densidad ajustada al 12%: 0,85 gr/cm³

4.4.5. 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
4.4.6. Taza de estabilidad

ESTADO	C.T%	C.R.%	C.V.%
Verde a Seco al Aire	2,14	1,61	4,68
De Verde a Anhidro	5,29	4,15	9,55
De Verde a C.H. 12%	2,13	1,60	4,65

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

ESTADO	TAZA DE ESTABILIDAD
Seco al Aire	1,36
Anhidro	1,28

4.4.7. 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 = 44,87 %.**

4.4.8. MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es: **Contenido de Humedad Máximo: 82,32.**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluida con la determinación de las propiedades físicas del Chal Chal se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones de acuerdo a las estipulaciones de la Clave de Clasificación de Maderas (Arostegui A. 1975) (Ver anexos N°6).

5.1. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

5.1.1. PESO ESPECÍFICO

- Según su peso específico básico promedio es de 0,75 gr/cm³, que es un indicador de calidad de la madera, se clasifica como una madera **Pesada**.
- De acuerdo al peso específico ajustada al 12% de contenido de Humedad de 0,85 gr/cm³, se clasifica como **Alto**.
- El peso específico anhidro de 0,83 gr/cm³, se clasifica como una madera **Pesada**.

5.1.2. CONTRACCIÓN

- Según el valor que presenta la contracción volumétrica de 9,55 %, se clasifica como madera **Bajo**.

5.1.3. TAZA DE ESTABILIDAD

- Por la taza de estabilidad promedio de 1,28 la madera del Chal Chal se clasifica como una madera **Muy estable**.

Los resultados promedios obtenidos para las propiedades físicas de la madera del chal chal indican que es una especie de madera pesada de acuerdo a la Clave de Clasificación de Maderas. (Ver anexos N°6).

5.2. RECOMENDACIONES

La determinación de los posibles usos de la madera del Chal chal, según las propiedades físicas, están sujetos a los valores obtenidos en los diferentes ensayos y de acuerdo a los requisitos que deben cumplir las maderas basándose en la clasificación de las especies según (Hannes Hoheisel 1,972). Me permitieron hacer las siguientes recomendaciones. (Ver anexos N°7).

- Recomendar el uso adecuado de la madera de la especie Chal chal para obras de construcciones pesadas como: puentes, graderías, parquet industrial, chapas decorativas, pisos, recubrimientos de exteriores, vigas y columnas.
- La realización de estudios tecnológicos complementarios como propiedades mecánicas, trabajabilidad, uniones estructurales, secado, preservación e impregnación.
- 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” socialice y publique los resultados del estudio tecnológicos a las empresas madereras, aserraderos, carpinterías y empresas constructoras y a la sociedad en general.