

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Los Bosques Naturales en Bolivia constituyen una enorme fuente de múltiples recursos complementarios a la subsistencia diaria de los pueblos, también son la base de una creciente industria de bienes maderables y no maderables que generan fuentes de trabajo e importantes ingresos al sector privado y al Estado Gobierno Nacional, Prefecturas y Gobiernos Locales. UDAPE, (2004)

Los bosques tienen una amplia gama de valores de uso directo, indirecto y de no-uso. Entre los valores de uso directo se incluyen los recursos maderables, materiales de construcción, productos no maderables comestibles, medicinales e industriales, recursos genéticos, recreación, turismo y uso educacional. Entre los valores de uso indirecto se puede citar la protección y el mantenimiento de las cuencas, la captura y el almacenamiento de carbono, la regulación del clima, la protección de paisajes y otros. Entre los valores de no-uso se puede incluir la opción de usos futuros directos y del valor intrínseco de la biodiversidad y relación con la cultura. BOLFOR, (2003)

La madera fue el primer material empleado por el hombre debido a sus características como: facilidad de conformación, bajo peso específico, apariencia agradable y buenas propiedades físicas, mecánicas, térmicas y acústicas, etc. Estas propiedades, entre otras, han dado a la madera un campo de aplicación muy variado, especialmente como material de construcción. La principal característica de la madera es su diferenciación individual, que hace que cada especie tenga un comportamiento distinto, en función de la cual tendrá diferentes usos. Umerez, (2015)

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

Por lo que el presente trabajo pretende reunir los elementos necesarios para conocer el comportamiento físico de la madera de Algarrobilla proveniente del municipio de Caraparí del Departamento de Tarija, como una contribución al conocimiento tecnológico de las especies forestales de interés comercial con lo cual se podrá seguir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales en nuestro país.

1.2.JUSTIFICACIÓN

La escasez de información técnica de las maderas procedentes de las distintas formaciones boscosas de Bolivia, se traduce en una mala utilización de los productos maderables y un aprovechamiento de pocas especies. Los productos obtenidos con altos costos y baja calidad, se traducen en una baja participación en los mercados.

El presente trabajo plantea conocer las propiedades físicas de la madera de Algarrobilla del municipio de Caraparí provincia Gran Chaco Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, **Burkart**) con la finalidad de aportar datos técnicos de esta nueva especie, y así poder conocer sus posibles usos en los que se pueda emplear esta especie y de esta manera contribuir al conocimiento tecnológico de especies bolivianas.

1.3.HIPÓTESIS

El estudio tecnológico de las propiedades físicas de la madera permite dar a conocer el comportamiento de la madera, evaluar la calidad y uso de acuerdo a sus características que presenta la especie Algarrobilla.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar las propiedades físicas según la NORMA COPANT MADERA de la especie Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, **Burkart**), de la provincia Gran Chaco, con la finalidad de conocer sus características y poder dar algunas recomendaciones respecto a sus posibles usos de la madera.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el peso específico aparente en contenidos de humedad verde, seca al aire (ajustado al 12%) y anhidra, aplicando la Norma COPANT MADERAS 461.
- Determinar las contracciones normales y totales (tangencial, radial y volumétrica) de la madera, Según la Norma 462.
- Determinar el coeficiente de estabilidad y porosidad para relacionar con la variabilidad de sus propiedades físicas.
- Inferir los posibles usos en base a la clasificación de propiedades físicas de la madera de la especie Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, **Burkart**).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

“Algarrobilla”

(Caesalpinia paraguariensis, Burkart)

Es un árbol inerte desprovisto de espinas, de 8 a 15 hasta 20 metros de altura de tronco de 30 a 60cm aproximadamente hasta 1 metro de diámetro, corteza lisa, verde-grisácea, posee hojas alternas, foliolos opuestos.

Su copa muy amplia y redondeada poco densa debido a lo delicado del follaje, da poca sombra. Tronco relativamente corto. Es una especie endémica de argentina, habita variedad de sitios de muy secos a húmedos, ocupando en el bosque chaqueño los estratos superiores no tolera suelos salinos ni alcalinos. Tortorelli, (1956)

2.1.1. Descripción botánica de la especie

- **Hojas:** compuestas, alternas, bipinnadas, foliolos oblongos, raquis principal glabro de 2-5cm de largo, con 2-4 pares de raquis secundarios laterales y opuestos y un raquis terminal, glabros, de 1-3cm de largo, cada uno con 6-10 pares de folículos opuestos o sub-opuestos, sub-sésiles, oblongos de 3-7mm de largo por 1,5-3mm de ancho, ápice obtuso, margen entero, la nervadura central manifiesta, las secundarias conspicuas.



Figura 1: Hojas

- **Flor:** inflorescencias en racimos axilares de 1,5-4cm de largo, generalmente pauciflorus. Flores amarillo-anaranjadas de 10mm de largo, sobre pedicelos glabros de 4-5mm de longitud. Cáliz glabro, acampanado, tubo de 3mm de largo, con 5 lóbulos desiguales, el inferior más grande y cóncavo de 5mm de largo. Con 5 pétalos, libres, glabros, desiguales, espatulados de 6mm de largo por 2,5mm de ancho.
- **Inflorescencias:** en racimos axiales de vistosas flores amarillas en primavera.
- **Fruto:** vaina leñosa, indehiscente, orbicular a ovoide, algo comprimida lateralmente, de 2-6cm de largo por 2cm de ancho, con un grosor algo menos de 1cm, negra, lustrosa, ápice obtuso, generalmente con un pequeño mucrón. Semillas ovoideas, de 8mm de largo por 5mm de ancho, algo comprimidas, 1-8 semillas por vaina, castañas, lisas, algo lustrosas.
- **Corteza:** delgada, gris-verdosa, cuando se cae la corteza deja manchas irregulares color ocre o herrumbre, muy características. tronco de corteza verde grisácea, delgada y lisa, que se desprende dejando ver sus características manchas de diferentes tonalidades.



Figura 2: Corteza

- **Propiedades:** son medicinales, forrajeras, ornamentales, melíferas, tintóreas y tánicas.

2.1.2. Características de la Madera de Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, Burkart)

Es una madera muy dura, muy pesada, contracciones medianas, impenetrable, vetado suave, brillo mediano, textura fina y homogénea, grano entrelazado, poco durable.

- **Aspectos generales:** Límites de anillos de crecimiento distintos (demarcados por bandas 1-2 células, de parénquima marginales).
- **Duramen:** Café, rojizo, negro y morado.
- **Color:** Uniforme, albura distinto color del duramen.
- **Olor:** Imperceptible o ausente.
- **Densidad básica aproximada:** 0,95-1,2 gr/cm³.

- **Vasos:** Madera de porosidad difusa vasos dispuestos en patrón no especificado, agrupados generalmente en grupos radiales cortos de 2-3 vasos, placas de perforaciones simples, punteaduras intervasculares alternas, diámetro vertical 7-10um. Verde Chaco, (2016).

2.1.3. Descripción Macroscópica

Es madera de porosidad difusa; poros pequeños, solitarios y en menor número unidos de a dos; están rodeados de una angosta faja de tejido flojo, que a menudo, se hace confluyente uniéndolos lateralmente. Los radios leñosos son rayitas rectilíneas y angostas.

En corte longitudinal tangencial se nota disposición estratificada poco visible; si mojamos suavemente la superficie lisa de la madera; esta disposición es más notable y total; en sección radial también puede observarse disposición estratificada. Los elementos vasculares siguen un trayecto sinuoso y rectilíneo. Tortorelli, (1956).

2.1.4. Taxonomía de la Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, Burkart)

Cuadro N°1

Taxonomía de la especie Algarrobilla

Reino	Vegetal.
Phylum	Telemophytae.
División	Tracheophytae.
Subdivisión	Anthophyta.
Clase	Angiospermae.
Subclase	Dicotyledoneae
Grado Evolutivo	Archichlamydeae
Grupo de Ordenes	Corolinos
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
SubFamilia	Caesalpinioideae
Nombre Científico	<i>Caesalpinia paraguariensis</i> Burkart
Nombre Común	Algarrobilla

Fuente: Acosta, (2019) Encargado del Herbario de Botánica (U.A.J.M.S).

Etimología

Caesalpinia paraguariensis: fue descrito por (D.Parodi) Burkart y publicado en Darwiniana, (1952).

Caesalpinia: nombre genérico que fue otorgado en honor del Botánico italiano Andrea Cesalpino (1519-1603).

Paraguariensis: Epíteto geográfico que alude a su localización en Paraguay. Lucas A (1956)

2.1.5. Fenología

Árbol caducifolio.

Cuadro N° 2 Fenología del árbol

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fruto		Flor	Flor	Flor	Fruto						

Fuente: Verdechaco, (2016).

-) **Distribución:** en Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay. En Argentina se encuentra en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago de Estero, Catamarca, La Rioja, San Luis, Formosa, Chaco, Corrientes y Santa Fe. En Yungas se encuentra en los sectores geográficos norte, centro y sur, en el piso ecológico de la Selva Pedemontana.
-) **Usos:** madera usada para trabajos de artesanía, como muebles e instrumentos. La corteza es excelente contra disentería y para enfermedades de la piel y sífilis. Se atribuye a las hojas propiedades antimicrobianas. Es muy utilizado como madera de obra, durmientes, postes y malecones por su característica duración bajo agua y a la intemperie. En carpintería y tornería se la utiliza para fabricar rayos de carros, cabos de herramientas, carrocerías, bochas, instrumentos musicales, ebanistería, mangos, palenques y artesanías. Madera muy pesada ya que su Peso específico es de 1,426 kg /dm³. Como leña campana proporciona combustible de mayor poder calorífero que el “quebracho colorado”, según lo demuestran las determinaciones de latina que da para la “algarrobilla”; poder calorífico superior 4200 kcal/kg e inferior 3850 kcal/ kg. Los ferrocarriles aceptan en las compras de leña para locomotoras hasta un 30 por ciento de algarrobilla y el resto quebracho colorado. El duramen proporciona 12 por ciento de extracto tánico, que se venía mezclando con el de urunday bajo la denominación generan de extracto marca urumday. Galante, (1953)

2.1.6. Usos Posibles

Con respecto a sus propiedades físico-mecánicas y su aspecto general, así como sus propiedades organolépticas y de estructura, se asemeja mucho al “ébano”, al que podría reemplazar en ciertos usos. Galante, (1953)

2.2. LA MADERA

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

La madera es un material heterogéneo, porosa, higroscópico y deformable, susceptible a cambios debido a la variación de la humedad ambiental, sufre alteraciones químicas por efectos del sol, y es atacada por insectos y hongos.

La madera se considera como el material de los troncos y ramas de árboles y arbustos desprovistos de corteza. Independientemente de la especie, la madera puede ser considerada como un material biológico, anisotrópico e higroscópico.

2.3. PARTES DEL ÁRBOL

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

2.4. PARTES DE UN TRONCO

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

Estructura de los maderas Latifoliadas

✓ Vasos

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

✓ Parénquima axial

Células del parénquima del sistema axial de los tejidos vasculares secundarios; en contraste con las células parenquimáticas radiales.

Forma parte de los tejidos conductores, y cuyas células orientan su eje mayor en el mismo sentido que los vasos, es la encargada del almacenamiento de sustancias nutritivas del leño

✓ **Fibras**

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

✓ **Parénquima radial (Radios)**

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

✓ **Traqueidas vasculares**

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

✓ **Traqueidas baricéntricas**

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

2.5. 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.

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. Vignote, (1995)

2.5.1. Contenido de Humedad

Es la cantidad de agua que contiene la madera, expresada en porcentaje. La variación del contenido de humedad en la madera, produce una variación de sus dimensiones; cuando aumenta dicho contenido se hincha, mientras que cuando disminuye se contrae a partir del punto de saturación de las fibras. Silva, (2006)

El contenido de humedad influye en el peso de la madera, a la vez que afecta a otras propiedades físicas (como el peso específico y contracción o hinchamiento de sus dimensiones. Respecto al comportamiento, la humedad es un factor determinante en su durabilidad, resistencia, peso y sobre todo en sus dimensiones, se hincha cuando gana humedad y contrae cuando la pierde humedad. Puchaicela, (2013)

En un árbol recién cortado Pérez, (1983); Cuevas, (2003), la madera contiene una gran cantidad de agua que se localiza tanto en los vasos y lúmenes celulares como en la pared celular y en otros espacios que constituyen la misma.

Cuando el contenido de humedad es modificado directamente varían las dimensiones, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El método de secado en estufa o pesada, es el más exacto y confiable. Díaz, (2005)

2.5.2. 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, (1995).

2.5.3. Contracción o Cambios Dimensionales

Se entiende por contracción, a la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el punto de saturación de fibras (PSF) y se expresa como porcentaje de la disminución de madera en estado verde. Las contracciones se producen bajo PSF, donde comienza a disminuir de volumen como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa se amorfa y aproximarse unas a otras las microfibrillas. La contracción es proporcional al contenido de humedad bajo el PSF Cuevas, (2003).

La contracción en la dirección tangencial es siempre más importante que la contracción radial y más característico del comportamiento de una madera en cuanto a estabilidad durante el proceso de secado. Tuset, (1981)

La contracción y la expansión de la madera presentan valores diferentes en las tres direcciones: la contracción longitudinal es del orden del 0,1 %, la contracción tangencial y radial son las principales responsables del cambio volumétrico. León y Espinoza, (2001)

2.5.4. Densidad

Silva, (2006), menciona que la densidad de la madera es la relación entre la masa y el volumen. La densidad depende de la especie y es muy variable.

Según Campos, (2006), la densidad, está descrita como la característica física más importante de la madera, y dentro de los criterios más usados para determinar la calidad de la madera. Existe variación de la densidad de la madera a diferentes niveles de altura y en diámetro; además del tamaño de las fibras, espesor de la pared celular, tipo y diámetro de las células, la edad de los árboles y la interacción con el medio ambiente. Cuando la madera alcanza su estado seco, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres en las cavidades celulares disponibles para almacenar líquidos, es decir, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograr la madera.

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

- J **Densidad Verde (DV)**, es la relación existente entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).
- J **Densidad Seca al Aire (DSA)**, relación existente entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).
- J **Densidad Anhidra (DA)**, relación que existe entre el peso anhidro (PSH) y el volumen anhidro (VSH).
- J **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. (gr/cm³). JUNAC, (1984)

2.5.5. 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)

2.5.6. Peso Específico Real

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

2.5.7. Porosidad

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

2.5.8. Hinchazón de la Madera

El proceso de hinchamiento y contracción de la madera es consecuencia de la transferencia de agua con el medio ambiente, tendiente a buscar una condición de equilibrio higroscópico. La humedad se encuentra en la madera en tres formas diferentes: i) como agua libre, ocupando los espacios intercelulares y celulares o lúmenes, ii) como agua de impregnación adsorbida, que se encuentra impregnando los

espacios submicroscópicos de la pared celular, y iii) como agua de constitución, formando parte de las células. Coronel, (1994)

2.5.9. Higroscopicidad

La higroscopicidad de la madera es la variación de la densidad de la misma cuando su contenido de humedad varía en una unidad. Una madera colocada en un local, por ejemplo, al 40% de humedad relativa y 20°C de temperatura, alcanzará una humedad de equilibrio del 8%. Esto significa que será necesario secarla hasta ese valor y colocarla con ese contenido de humedad para que no sufra alteraciones de humedad y por consiguiente cambios dimensionales. Puchaicela, (2013)

2.6. MOVIMIENTO DEL AGUA EN LA MADERA

El agua en la madera se mueve de zonas de alto contenido de humedad a las de más bajo contenido, si las condiciones de humedad relativa y temperatura del ambiente permanecen constantes, la madera se secará o absorberá humedad hasta que alcanza el equilibrio higroscópico.

Las características de los conductos y la permeabilidad de la madera determinan la velocidad del movimiento del agua.

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

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

-) **Agua de sorción:** es la que esta retenida por fuerzas de tipo Vander Waals, consecuencia de los grupos activos de la pared celular. Esta agua es el que más

fuertemente queda retenido por la pared celular. La madera puede llegar a contener un 8% de peso de agua respecto del peso de la madera seca.

- J) **Agua de adsorción:** es el agua que queda retenida en la pared celular como consecuencia de la fuerza de adhesión superficial. La madera puede llegar a contener un 6 a un 8% de peso de agua respecto del peso de la madera seca.
- J) **Agua de condensación o capilar:** es la que esta retenida por las fuerzas capilares, provocadas por los espacios entre microfibrillas. La madera puede llegar a contener un 14 a un 16 % de peso de agua respecto del peso de la madera seca.
- J) **Agua libre:** es la que está contenida en el lumen de las células parenquimatosas. Su fuerza de retención es muy pequeña, de forma que no puede captar agua de la atmosfera solo si se produce inmersión de la madera en agua. Vignote, (1995)

2.7. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA SEGÚN SU HUMEDAD

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

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

- J) **Estado de la madera Verde,** es aquella cuyo contenido de humedad es superior a 18%, este tipo de madera se utiliza en construcción, pilotes sumergidos en agua. El mayor riesgo que presentan estas maderas, son las pudriciones, la madera verde se seca en el sitio de utilización de la misma; se usa para la construcción de puentes, caballetes y galpones de baja calidad. Cruz, (2006)
- J) **Estado de la madera Seca al Aire,** es la que se somete a un proceso de secado, ya sea natural o artificial lo que hace que pierda el agua libre y parte del agua de imbibición. Posee un contenido de humedad entre 12 y 18% Es la forma más sencilla y económica para secar madera aserrada. Se utiliza principalmente para

durmientes, postes y son maderas destinadas a tratamiento con protectores. Hoheisel, (1968)

-) **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, (2006)

2.8. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Existen diversos métodos para ejecutar el cálculo del contenido de humedad, los mismos que son 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 460, las muestras son pesadas en una 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:

$$CH X \frac{Ph Z Po}{Po} * 100\%$$

Dónde:

CH = Contenido de humedad en %

Ph = Peso húmedo en gr.

Po = Peso seco al horno en gr.

b) Xilohigrómetro Eléctrico

Son medidores eléctricos de humedad, fáciles de manejar y se obtienen lecturas rápidas, permiten realizar el cálculo del contenido de humedad sin cortar la pieza, existen dos tipos de xilógrafos que son de resistencia y de capacidad.

c) Xilohigrómetro de Resistencia

Poseen dos electrodos de tipo aguja, cuando éstos se introducen a la madera a una profundidad de 1/5 de espesor, el resultado brindado es el promedio del contenido de humedad de la muestra en estudio, lo mismo que se debe al normal gradiente que tiene. Una de las ventajas que presenta las lecturas realizadas son confiables únicamente entre el 0 % al 30 % (Agua Higroscópica), debido a que la resistencia eléctrica es proporcional sólo en el rango mencionado.

d) Método por Destilación

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

2.9. SORCIÓN EN LA MADERA (ABSORCIÓN)

Es la capacidad que tienen ciertos materiales de absorber humedad de la atmósfera que le rodea y de retenerla en forma de agua líquida o vapor de agua. La madera contiene huecos en el lumen celular, todos ellos susceptibles de ser ocupados por agua. Por otra parte, la atmósfera tiene una fuerza desecante dependiente de la temperatura, humedad relativa y presión a la que se encuentra, es también capaz de captar agua de la pared celular de la madera. Dependiendo de la fuerza de uno u otro, la madera capta o cede agua. http://www.arqhys.com/contenidos/madera_propiedades.html. 2012

2.10. ENCOGIMIENTO DE LA MADERA

La madera pierde humedad a medida que se seca. Si el resto de humedad baja lo suficiente, la madera comienza a encogerse generando deformación y puede provocar que la madera se deforme. Las microfibrillas de la pared celular secundaria de espesor están alineadas paralelamente entre sí se extienden en dirección longitudinal. La pared celular puede absorber una cantidad considerable de agua, y sólo una vez que el contenido de humedad cae por debajo del punto de saturación no se comenzará a disminuir. http://www.arqhys.com/contenidos/madera_propiedades.html”2012

2.11. ENCOGIMIENTO TRANSVERSAL Y VOLUMÉTRICO

La diferencia entre la contracción transversal y la tangencial es la causa por la que se deforman las maderas durante el proceso de secado; por esa razón, en ebanistería se emplean maderas cuyas contracciones radiales y tangenciales son muy parecidas, siendo más apreciada la madera cuanto menor es la diferencia entre ambas. http://www.arqhys.com/contenidos/madera_propiedades.html”2012

2.12. IMPORTANCIA DE LA MADERA

La madera de la algarrobilla es muy apreciada por su gran duración a la intemperie, bajo agua o enterrada, encontrando excelente utilización como durmientes, postes, construcciones hidráulicas, pilotes y armazón de puentes, tranqueras, varilla de alambrados, etc., entre otros usos. Su madera es dura y pesada y difícil de trabajar, inalterable a la intemperie y a la humedad.

También encuentra aplicación en la fabricación de diversas partes de instrumentos musicales, como diapasones, botones, cejillas y clavijas de violines y guitarras, etc.

3.1.2. Ubicación

La Comunidad de Campo largo se localiza al este del departamento de Tarija, en la provincia Gran Chaco Segunda Sección Caraparí, localizada aproximadamente a 15Km. de la ciudad de Caraparí. Entre otras características de importancia se tiene una altitud que oscila entre los 800 a 1000 msnm.

3.1.3. Accesibilidad

De acuerdo a información de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), por Caraparí pasa la red fundamental que une al Gran Chaco con la ciudad de Tarija; la carretera nacional sirve de conexión con la República Argentina considerada como una carretera internacional, la cual cuenta con un sector asfaltado y la mayor parte de tierra (Camino de primer orden), desde la ciudad de Caraparí se puede ingresar a la zona de estudio por un camino de segundo y tercer orden, que en la época de lluvia se dificulta la transpirabilidad por el descuido de su mantenimiento.

3.1.4. Geología

Según el mapa geológico de Tarija ZONISIG, (2001), el área de estudio 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.

3.1.5. Geomorfología

Según el estudio realizado por el ZONISIG, (2001); La provincia fisiográfica del

Subandino 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 instalan 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.

3.1.6. Fisiografía

Las formaciones presentes en el área son los paisajes de llanuras aluviales, coluviales y las serranías del sub-andino.

-) El paisaje aluvial presenta formas, como las terrazas de formación incipiente ubicadas en las cercanías de los ríos con pendientes cortas y planas 1% con alturas sobre el nivel del río de 0,70 metros. Las terrazas bajas de 1,50 a 2,50m.
-) Existen pequeñas áreas que presentan características de cauces abandonados, con sedimentos arenosos y con piedras en la superficie.
-) El paisaje de serranías se caracteriza por presentar un relieve bastante accidentado, las pendientes inferiores presentan mejores características edáficas que el resto de la unidad, con gradientes de 4 a 8%. Cortez, (1999)

3.1.7. Suelo

Según el estudio realizado por ZONISIG (2001), los suelos del área de estudio son superficiales a profundos de 30 a 150cm. 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. La textura de estos suelos pertenece al

grupo medio como: franco, franco arcillo y franco arenoso, la conductividad eléctrica es muy baja, con pH de moderado a fuertemente ácido.

3.2.CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

3.2.1. Clima

De acuerdo con el mapa ecológico de Bolivia del área de estudio se encuentra en una zona transicional del bosque húmedo templado, así mismo se tiene una precipitación promedio de 2000 mm/año en el área de estudio. ZONISIG, (2001)

3.2.2. Hidrología

La comunidad Campo Largo, perteneciente a la segunda sección de Caraparí forma parte del gran Sistema hidrográfico de la cuenca de La Plata, la que a su vez tiene como parte de ella a cuenca del río Caraparí. ZONISIG, (2001)

3.3.CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS

3.3.1. Vegetación

Según el informe técnico presentado por el departamento de fitotecnia (2004), pertenecientes a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, el levantamiento florístico preliminar del área de estudio, presenta una vegetación compuesta por árboles que están en el orden de los 15 a 20m. 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: *Tabebuia*, *Cedrela*, *Myroxylon*, *Tipuana*, y otros, en alturas de relieve mayores a los 800 msnm. De este análisis podemos deducir que la vegetación existente en la Comunidad de

Campo Largo corresponde a: Bosque denso siempre verde semideciduo submontano. Dirección de medio ambiente, (2008)

3.3.2. 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 chal-chal y *Nectandra sp.* Siendo las más frecuentes en todos los sitios de evaluación. Por otro lado, se tiene un total de 468 individuos por hectárea. La vegetación a los 970 msnm. Se caracteriza por ser un bosque ralo de ladera inferior escarpada, con una densidad de 320 individuos por hectárea. Dirección de medio ambiente, (2008)

Cuadro N° 3

Estrato Arbóreo

Familia	Especie	Nombre común
Lauraceae	<i>Cinnamomum porphyria</i> - (Kosterm.)	Laurel
Sapotaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.)Arrab.ex.Steudel	Aguay
Myrsinaceae	<i>Rapanea sp.</i>	Yuruma
Solanaceae	<i>Solanun ripariun Pers</i>	Tabaquillo blanco
Sapindaceae	<i>Cupanea vernalis Cambess</i>	Condorillo
	<i>Diatenopteryx sorbifolia Radlkofer</i>	Suiquillo
	<i>Allophylus edulis (Camb.) Radlk</i>	Chal-chal
Rosaceae	<i>Prunas tucumanensis Lillo</i>	Duraznillo
Mirtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	Guayabo
	<i>Eugenia uniflora L.</i>	Arrayán
	<i>Bleparocalyx gigantea L.</i>	Barroso
Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora L.</i>	Membrillo

	<i>Coccoloba tiliaceae</i> Lindau	Mandor
Flacourtiaceae	<i>Xilosma pubescens</i>	Amarillo
Nictaginaceae	<i>Bougainvillea</i> sp.	Huancar
Tiliaceae	<i>Heliocarpus papayanensis</i>	Cascarilla
Euphorbiaceae	<i>Croton densiflorus</i>	Tabaquillo rosado
Boraginaceae	<i>Patagonula americana</i>	Lanza blanca
	<i>Cordia trichotoma</i>	Afata
	<i>Saccellium lanceolatum</i>	Lanza monteña
Rutaceae	<i>Fagara coco</i>	Sauco
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impefiginosa</i>	Lapacho rosado
	<i>Tabebuia heteropoda</i>	Lapacho amarillo
Juglandaceae	<i>Juglans australis</i>	Nogal
Meliaceae	<i>Cedrela</i> sp.	Cedrillo
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	Urundel
Leg. Mimosoidea	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Cebil
	<i>Inga edulis</i> – Martius	Pacay
Leg. Papilonoidea	<i>Lonchocarpus lilloí</i> - (Hassl.) Burk.	Quina blanca
	<i>Tipuana tipu</i> - (Benth.) O.Kuntze	Tipa
	<i>Myroxylon peruiferum</i> - L.f.	Quina colorada
Leguminosea	<i>Caesalpinea Praguariensis</i>	Algarrobilla

Fuente: Dirección de medio ambiente, (2008)

3.3.3. 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 *Psychotria carthagansensis*; con 1.714 individuos por hectárea. Esta especie está distribuida en áreas tropicales y subtropicales en casi todo el mundo, Cabrera, (1993). 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 3200 individuos por hectárea y un 36.6% de cobertura, a los 1000 msnm, hay 2200 individuos por hectárea con una cobertura de 15,1%.

Cuadro N° 4

Estrato Arbustivo

Familia	Especie
Solanaceae	<i>Solanum trichoneurom</i>
Rubiaceae	<i>Psychotria carthagansensis</i>
Acanthaceae	<i>Aphelandra sp.</i>
Urticaceae	<i>Urera sp.</i>
Piperaceae	<i>Piper sp.</i>

Fuente: Dirección de medio ambiente, (2008)

3.3.4. Estrato herbáceo

La cobertura de este estrato es del 10.3%, integrados por la familia Gramineae, Acanthaceae y Asplenidiaceae, destacándose *Oplismenus hirtellus*. siendo muy consumido por el ganado bovino, de aspecto postrado y tallos tenues que les hace accesibles al pastoreo de los animales, su habitad es en regiones boscosas, a la sombra, también se encuentra en este hábitat en todos los lugares sombríos del bosque, sempervirente. La cobertura y densidad de las especies tienen un ascenso en cuanto a los pisos altitudinales a 970 msnm, y 4 y 12.2% de cobertura a 1000 msnm.

Cuadro N° 5
Estrato Herbáceo

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

Fuente: Dirección de medio ambiente, (2008)

3.4.ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

3.4.1. Uso actual de la tierra

En general, el uso dominante es la agricultura y ganadería, seguido del aprovechamiento y uso forestal, plantaciones forestales.

Gran parte de la comunidad de Campo Largo de la segunda sección de Caraparí, está cubierto por bosques explotados en distintos grados de intensidad, localmente se observan cultivos agrícolas (maíz, papa, frutales como cítricos), también se dedican a la ganadería, la cual tiene un manejo tradicional, entre los animales domésticos más importantes tenemos: caballos, vacas, cerdos, aves de corral etc. ZONISIG, (2001)

3.4.2. Descripción de características biofísicas del lugar

La especie Algarrobilla se rodea de bastante vegetación, árboles, arbustos, y hiervas, (siempre verdes) y se encuentran algunas especies deciduas por la estación del año; por

un conjunto de paisajes dominados por serranías, colinas y valles, conformado por altiplanicies estrechos y valles sinclinales más amplios, colindantes con ríos, el más importante originado de valles con llanura aluvial.

Según el mapa fisiográfico del estudio de ZONISIG (2001), el área 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.

3.5. MATERIALES

Para lograr un buen desarrollo y eficiente trabajo sobre el “Estudio de las propiedades físicas de la algarrobilla se utilizarán los siguientes materiales para las diferentes fases de campo, aserradero, laboratorio y gabinete.

3.5.1. Materiales de gabinete

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

3.5.2. Material vegetal

Madera de la especie Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, Burkart.) De la comunidad de Campo Largo Municipio de Caraparí.

3.5.3. Materiales de campo

-) Motosierra
-) Cámara fotográfica
-) Vehículo para el transporte del material
-) Machetes
-) Fluxómetro
-) Hachas
-) Brújula
-) Libreta de campo
-) Spray color rojo

3.5.4. 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

3.5.5. Materiales para el preparado de probetas

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

3.6. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para elaborar el presente trabajo corresponde a la metodología indicada por la Normas Técnicas de la Comisión Panamericana “COPANT MADERAS” para ensayos físicos. Las normas empleadas son:

Cuadro N° 6

Normas “COPANT MADERAS”

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

3.6.1. 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)

3.6.2. Definición de la población

Para la realización de las propiedades físicas de la especie Algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*, Burkart). De la comunidad de Campo Largo, se estableció las características de cada individuo tales como: especie, edad, diámetro a la altura del pecho 1,30m.

3.6.3. Selección de la zona

Para la selección de la zona se tomó en cuenta la distribución de los individuos en el área, de tal manera que la selección de los individuos sea equitativa. Teniendo siempre presente los accidentes hidrográficos, geográficos y otros puntos. La topografía del terreno es plana sin pendientes.

La zona de dónde se extrajo los árboles pertenece al municipio de Caraparí provincia Gran Chaco Departamento de Tarija, 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.

3.6.4. Selección de los árboles

Se selecciono al azar tres árboles, los cuales fueron marcados y posteriormente apeados, teniendo siempre presente que los individuos reúnan las características específicas requeridas en el estudio a realizar y obtener el material para la elaboración de las probetas y la determinación de las propiedades físicas.

3.6.5. Selección de la troza

Posteriormente al apeo de los árboles se realizó el desramado y se obtuvo del árbol trozas de 0.50 m. de longitud, las cuales fueron marcadas en sus extremos para facilitar su identificación, utilizando letras mayúsculas en orden secuencial desde la parte inferior a la parte superior de la troza, luego se realizó un sorteo de las trozas a utilizar de cada árbol, posteriormente se registró los datos relacionados con las trozas en una planilla. Cruz, (2006)

3.6.6. Selección de la vigueta dentro de la troza

Las viguetas fueron obtenidas de los tablones centrales, 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 para darle una sección transversal requerida de 3*3cm x 10cm. Cruz, (2006)

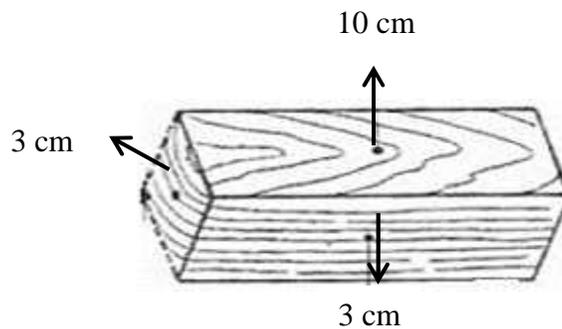
3.6.7. Obtención de las probetas dentro de las viguetas

En una primera fase se procedió a aserrar los tablones centrales para luego apilarlos en un galpón el mismo que debe tener una buena circulación de aire.

Después de un lapso de 15 días cuando el contenido de humedad baje, se efectuó la preparación de listones y probetas de tal forma que dos lados opuestos tengan una cara tangencial paralela a los anillos de crecimiento y los otros dos lados presenten una cara radial.

De los listones seleccionados se elaboraron las probetas de dimensiones establecidas por las normas de COPANT MADERAS 458, posteriormente en lo posible mediante métodos al azar se seleccionó las probetas para la ejecución de los ensayos, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 4: Dimensión de la probeta



3.6.8. Clasificación de las probetas

La codificación de las probetas se realizó con la finalidad de poder facilitar la correcta tabulación de los datos a obtener en los ensayos, y poder remplazar correctamente, en el caso de que existan probetas falladas.

2 A III 1

Dónde:

2 = Número de árbol

A = Troza

III = Vigueta

1 = Probeta

3.6.9. Preparación de las probetas – propiedades físicas

Las probetas fueron las más representativas posible, obteniéndolas de una sección transversal completa y uniforme el volumen de la probeta debe ser de 90cm^3 , se debe utilizar para la ejecución del corte herramientas adecuadas.

Las dimensiones de las probetas para la ejecución del estudio de propiedades físicas son de 3cm. x 3cm. con una longitud de 10cm.

3.7. EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

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

a) Estado verde

Primera etapa

Las probetas fueron extraídas del recipiente donde se encontraron en remojo hasta alcanzar un contenido de humedad mayor a 30% debido a que la madera pierde humedad desde el momento del apeo hasta la preparación de las probetas. Luego de escurrir el agua de las probetas se procedió a pesarlas, posteriormente se determinó las dimensiones radiales, tangencial y longitudinal y posteriormente el volumen por el método de inmersión, los datos fueron tabulados en las respectivas planillas. (Ver Anexo N° 1).

b) Estado seco al aire

Segunda etapa

En este caso las probetas se las dejó secar en condiciones normales de humedad procediendo a medir cada 5 días y luego cada 10 y 15 días hasta que las probetas lleguen a un peso constante. Los valores correspondientes al peso seco al aire, son las dimensiones radial, tangencial y longitudinal, la determinación del volumen seco al aire por el método de inmersión en agua destilada, los datos fueron tabulados en la planilla. (Ver Anexo N°1)

c) Estado seco al horno

Tercera etapa

Se procedió a colocar las probetas en la estufa dejándose 24 horas, a 40°C, incrementando la temperatura a 60°C durante 24 horas, luego 80°C por el lapso de 24 horas y finalmente a 101-+ 2°C, hasta obtener un peso constante, se retiraron las probetas de la estufa y posteriormente se procedió a pesar y medir sus dimensiones de la cara radial, tangencial y longitudinal. Luego se cubrió las probetas con parafina líquida esto se realizó para evitar la absorción de agua en la determinación del volumen por el método de inmersión.

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 que se obtuvo se procedió a realizar los diferentes cálculos.

-)] Contenido de humedad %
-)] Densidad aparente y básica en gr/cm^3
-)] Contracción normal y total (radial, tangencial, y volumétrica en %)

-) Tasa de estabilidad (T/R)
-) Porosidad en %
-) Humedad máxima en %

3.7.1. Contenido de humedad

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

Se puso las probetas en la estufa, la misma que contenía un termostato que cada 24 horas se incrementó la temperatura en forma gradual de 40, 60, 80, hasta llegar a los 101±2°C, con la finalidad de que los pesos lleguen a ser constantes, para luego extraer las probetas y dejarlas en un desecador para posteriormente pesar y registrar los pesos en la planilla correspondiente. Con los datos obtenidos se calculó el contenido de humedad.

$$C = \frac{P - P_1}{P_1} * 100$$

CH = Contenido de humedad (%)

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

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

3.7.2. Peso específico y densidad básica

Según la norma COPANT MADERAS 461, se registró el peso de las probetas en gramos y el volumen mediante el método de medición indirecta por inmersión en agua. Después de obtener 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.

Cuadro N°7

Peso Específico y Densidad Básica

PV	VV	PSA	VSA	PSH	VSH
118,13	89,63	101,04	85,95	89,63	80,18
114,52	88,30	94,57	84,36	83,78	79,16

PV = Peso verde. PSA = Peso seco al aire. PSH = Peso seco al horno.
 VV = Volumen verde. VSA = Volumen seco aire. VSH = Volumen seco horno.

DENSIDAD VERDE

$$D = \frac{P}{V} \text{ gr/ cm}^3 \quad P = \frac{1,1}{8,6} = 1,32 \text{ gr/ cm}^3$$

DENSIDAD SECO AL AIRE

$$D = \frac{P}{V} \text{ gr/ cm}^3 \quad P = \frac{1,0}{8,9} = 1,18 \text{ gr/ cm}^3$$

DENSIDAD ANHIDRIDA

$$D = \frac{P}{V} \text{ gr/ cm}^3 \quad P = \frac{8,6}{8,1} = 1,12 \text{ gr/ cm}^3$$

DENSIDAD BASICA

$$D = \frac{P}{V} \text{ gr/ cm}^3 \quad D = \frac{8,6}{8,6} = 1,0 \text{ gr/ cm}^3$$

Calculo para la proveta 1 correspondiente al arbol 1

3.7.3. Contracción

La contracción tanto Corte Radial, Corte Tangencial y Corte Volumétrico. se determinó según la norma COPANT MADERAS 462, por lo cual se acondiciono las probetas en un alcancen para que pueda tener un equilibrio tanto en el peso como en las medidas. Se procedió a introducir las probetas en la estufa durante tres días graduando la temperatura de 40, 60, 80, hasta los 101-+2°C con el fin de evitar las rajaduras, se registró las mediciones hasta obtener un peso constante en todas las probetas.

Cuadro N°8

Dimensiones Radial, Tangencial y Volumétrica.

DRV	DTV	VV	DRSA	DTSA	VSA
mm	mm	cm ³	mm	Mm	cm ³
31,67	30,79	89,63	29,35	29,50	85,95
30,82	30,56	88,30	29,05	28,98	84,36

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 (CR)

$$C = \frac{D - D'}{D} * 100 \%$$

$$C = \frac{3,6 - 2,3}{3,6} * 100 = 7,33 \%$$

Contracción tangencial (CT)

$$C = \frac{D - D'}{D} * 100 \%$$

$$C = \frac{3,7 - 2,3}{3,7} * 100 = 4,19 \%$$

Contracción volumétrica (CV)

$$C = \frac{V - V'}{V} * 100\%$$

$$C = \frac{8,6 - 8,9}{8,6} * 100 = 4,11\%$$

3.7.4. Tasa de estabilidad

Se determinó en función Ctt respecto a la radial que relaciona la contracción tangencial y la contracción radial. Este valor dimensional que expresa la estabilidad de la madera durante el proceso de secado.

$$T = \frac{C}{CRT}$$

$$T = \frac{4,3}{7,1} = 0,61$$

TASA = Tasa

CTSA = Contracción tangencial seco aire.

CRSA = Contracción radial seco aire.

3.7.5. Humedad máxima

Se utilizó la medición indirecta de la cantidad de agua que contiene la madera (agua libre y agua de impregnación) la que pueden albergar la madera cuando se encuentra completamente saturada. Donde la humedad se expresa en porcentaje (%) y con sus valores podemos deducir el peso específico máximo en estado verde de la madera o árbol recién apeado.

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

$$hm = \left(\frac{1}{1,0} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100 = 53,61\%$$

hm = humedad máxima (%)

fó = Peso específico anhidro(gr/cm³)

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

3.8. PESO ESPECÍFICO APARENTE AL 12 %

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

$$D_{12\%} = 1,08 * \frac{1 + 0.12}{1 + 0.84 * 1,08 * 0.12} = 1.09$$

$D_{12\%}$ = Peso específico aparente al 12 % de contenido de humedad
 D_o = Peso específico anhidro en (gr/cm³)
0.84 = Constante

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

b. Estimación de la varianza

La estimación de la varianza, 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°9

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	$n_1 \text{ Xk ZI}$	$A_1 \text{ XII ZI}$	$S_1^2 \text{ X} \frac{A_1}{n_1}$
Dentro de los grupos	$n_2 \text{ XN Zk}$	$A_2 \text{ XIII ZII}$	$S_2^2 \text{ X} \frac{A_2}{n_2}$
Total	$n_1 \Gamma n_2 \text{ XN ZI}$	$A_1 \Gamma A_2 \text{ XIII ZI}$	$S_T^2 \text{ X} \frac{A_1 \Gamma A_2}{n_1 \Gamma n_2}$

Dónde:

$$n_1 \text{ Xk ZI} = 3 - 1 = 2$$

$$n_2 \text{ XN Zk X} 12 - 3 = 9$$

$$n_1 \Gamma n_2 \text{ XN ZI X} 11$$

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

Dónde:

N = 12 (número de probetas por ensayo)

k = 3 (número de árboles)

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

$$I \quad X \frac{1}{N} * \sum_{j \in I} x_j^2 \quad X \frac{408,01 \text{ A}}{12} \quad X 13872,46$$

$$II \quad X I * \sum_{j \in I} x_j^2 \quad X \frac{1}{l} \sum_{i \in I} x_i^2 \quad X 13874,81$$

$$III \quad X \sum_{i \in I} x_i^2 \quad X 13962,55$$

$$S_1^2 \quad X \frac{II \quad Z \quad I}{k \quad Z \quad I} \quad X \frac{2,35}{2} \quad X 1,18$$

$$S_2^2 \quad X \frac{III \quad Z \quad II}{N \quad Z \quad k} \quad X \frac{87,74}{9} \quad X 9,75$$

$$S_T^2 \quad X \frac{III \quad Z \quad I}{N \quad Z \quad I} \quad X \frac{90,09}{11} \quad X 8,19$$

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

S_2^2 X Variación promedio

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

c. 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:

$$S_1 \quad X \sqrt{1,18} \quad X \{ 1,08$$

$$S_2 \quad X \sqrt{9,75} \quad X \{ 3,12$$

$$S_T \quad X \sqrt{8,19} \quad X \{ 2,86$$

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

$$CV_1 \quad X \frac{S_1}{X} \quad X \frac{1,08}{34,00} \quad X 3,19 \quad \%$$

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

$$CV_2 X \frac{S_2}{X} B100 X \frac{3,12}{34,00} B100 X 9,18 \%$$

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:

$$CV_T X \frac{S_T}{X} B100 X \frac{2,86}{34,00} B100 X 8,42 \%$$

d. 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°10

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

$$q X \left\{ (k Z1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} X 4,3 * \frac{1,08}{\sqrt{12}} X \right\} 1,35$$

$$p X \frac{q}{X} B100 X \frac{1,35}{34,00} B100 X 3,97\%$$

PROPIEDADES FÍSICAS

Cuadro N°11

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: CONTENIDO DE HUMEDAD EN VERDE (CHV) %

N° de probeta	Análisis Estadístico, Contenido de humedad en verde			lineal
	N° de árboles			
	1	2	3	
1	31,80	36,69	35,25	
2	38,62	30,20	32,11	
3	30,18	31,15	36,98	
4	34,63	36,28	34,11	
L	4	4	4	12
$\sum_{i=1}^l x$	135,23	134,32	138,45	408,0067
j X	33,81	33,58	34,61	102,0017
$\sum_{i=1}^l x^2$	4.612,72	4.545,03	4.804,80	13.962,55 (III)
$\frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^l X \right)^2$	4.571,75	4.510,77	4.792,28	13.874,81 (II)

Formula	x	N	Resultado
X= x/N	408,01	12	34,00
I	166469,47957	12	13872,46
II			13874,81
III			13962,55

Fórmula	
A1= II-I	2,35
A2= III-II	87,74
A3= III-I	90,09
S21	1,18
S22	9,75
S2T	8,19
S1	1,08
S2	3,12
ST	2,86
CV1	3,19
CV2	9,18
CVT	8,42
±q	1,35
p%	3,97

Datos requeridos para el análisis estadístico:

N° árboles ensayados (K) = 3

N° probetas por árbol (l) = 4

N° total de probetas por especie (N) = 12

Promedio total (X) = 34,00

GRADOS DE LIBERTAD		VARIANZA	DESV. TIPICA
n1 = k - 1 = 2	I = 13872,46	S21 = 1,18	S1 = 1,08
n2 = N - k = 9	II = 13874,81	S22 = 9,75	S2 = 3,12
n3 = n1 + n2 = N - 1 = 11	III = 13962,55	S2T = 8,19	ST = 2,86
A1 = II - I = 2,35			
A2 = III - II = 87,74			
A3 = A1 + A2 = III - I = 90,09			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %		INTERVALO DE CONFIANZA	
CV1 = 3,19		q = 1,35	
CV2 = 9,18		p = 3,97 %	
CVT = 8,42			

4.2. RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS

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.

4.2.1. Contenido de Humedad

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

Contenido de humedad en estado verde: 34,00 %

Contenido de humedad en estado seco al aire: 12,51 %

4.2.2. Peso Específico Aparente

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: 1,32 gr/cm³
- Densidad seca al aire: 1,18 gr/cm³
- Densidad anhidra: 1,12 gr/cm³

4.2.3. 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: 0,98 gr/cm³
- Densidad ajustada al 12%: 1,08 gr/cm³

4.3. CONTRACCIONES

Cuadro N° 12

Contracciones Tangencial, Radial y Volumétrica

ESTADO	C.T%	C.R.%	C.V.%
Verde a Seco al Aire	4,39	6,67	4,70
De Verde a Anhidro	4,39	7,17	9,58
De Verde a C.H. 12%	4,39	6,69	4,90

Fuente: Elaboración propia, (2018)

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.

4.4. 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°13

Taza de Estabilidad

ESTADO	TAZA DE ESTABILIDAD
Seco al Aire	0,67
Anhidro	0,63

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

4.5. 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 = 27,71 %.**

4.6. MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es: **Contenido de Humedad Máximo: 53,61 %**

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

4.7. USOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ALGARROBILLA

Según los valores obtenidos en el presente estudio la densidad básica es 0,98gr/cm³, es muy apreciada por su gran duración a la intemperie, bajo agua o enterrada, encontrando excelente utilización como durmientes, postes, construcciones hidráulicas, pilotes y armazón de puentes, tranqueras, varilla de alambrados, etc, entre otros usos. Su madera es dura y pesada y difícil de trabajar, inalterable a la intemperie y a la humedad

También encuentra aplicación en la fabricación de diversas partes de instrumentos musicales, como diapasones, botones, cejillas y clavijas de violines y guitarras, etc.

Cuadro N° 14

Datos de Propiedades Físicas de la Especie

DATOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE LA ESPECIE (<i>Caesalpinia paraguariensis</i>, Burkart)												
Algarrobbilla.												
N° DE PROB.	ESTADO VERDE				ESTADO SECO AL AIRE				ESTADO ANHIDRO			
	DIMENSIONES				DIMENSIONES				DIMENSIONES			
	PESO gr	D.R.V. Mm	D.T.V. mm	VOLUMEN cm³	PESO gr	D.R.S.A. mm	D.T.S.A. mm	VOLUMEN cm³	PESO gr	D.R.S.H. Mm	D.T.S.H. mm	VOLUMEN cm³
1	118,13	31,67	30,79	89,63	101,04	29,35	29,50	85,95	89,63	27,55	28,75	80,18
2	116,34	30,69	30,44	89,43	94,27	29,05	29,25	85,73	83,93	28,10	28,70	81,67
3	117,01	31,64	30,73	89,43	101,09	29,27	29,30	84,31	89,88	28,20	28,65	81,47
4	119,23	30,67	30,74	89,65	99,54	28,32	29,30	85,01	88,56	28,20	28,50	81,44
1	114,52	30,82	30,56	88,30	94,57	29,05	28,98	84,36	83,78	27,90	28,00	79,16
2	117,95	31,28	30,78	89,95	101,9	28,89	29,25	85,03	90,59	28,20	28,60	82,89
3	117,92	30,65	30,59	89,95	101,34	29,10	29,55	86,34	89,91	27,60	28,65	81,28
4	115,55	31,17	30,50	88,56	95,50	28,80	29,25	84,73	84,79	27,40	28,45	80,26
1	118,91	30,16	30,49	89,70	99,00	28,47	29,15	85,16	87,92	28,20	28,65	81,12
2	117,75	31,40	30,85	90,14	100,33	28,90	29,55	86,18	89,13	27,55	28,80	80,19
3	118,31	30,17	30,67	89,44	96,69	28,55	29,20	85,32	86,37	27,70	28,65	80,41
4	116,84	31,55	30,36	88,47	97,93	29,25	29,10	84,12	87,12	28,00	28,45	79,78
Total	1408,46	371,87	367,5	1072,65	1183,2	347,00	351,38	1022,24	1051,61	334,6	342,85	969,85
X	117,37	30,49	30,56	89,39	98,60	29,07	29,29	85,73	70,08	27,88	28,57	80,82

Fuente: Elaboración propia, (2019)

Árbol N°	Prob.	ESTADO VERDE				ESTADO SECO AL AIRE				AJUSTADO AL 12 %				ESTADO ANEHDR0							
		CHV %	DV gr/cm ³	CONTRACCIONES %		TASA T/R	CHSA %	DSA gr/cm ³	Pe 12 % gr/cm ³	CONTRACCIONES %		TASA T/R	DSH gr/cm ³	DB gr/cm ³	CH MAXIM. %	POROSID AD %					
				CRN%	CTN%					CVN%	CR %						CT %	CV %	CKT %	CTT %	CVT %
1	1	31,80	1,32	7,33	4,19	4,11	0,57	1,18	12,73	7,36	4,19	4,47	1,06	7,90	4,19	10,54	0,53	1,12	1,00	50,79	25,48
	2	38,62	1,30	5,34	3,91	4,14	0,73	1,10	12,32	5,54	4,04	4,54	0,99	5,65	3,91	8,68	0,69	1,03	0,94	58,64	31,49
	3	30,18	1,31	7,49	4,65	5,73	0,62	1,20	12,47	7,68	4,75	6,03	1,08	8,10	4,65	8,90	0,57	1,10	1,01	51,98	26,45
	4	34,63	1,33	7,66	4,68	5,18	0,61	1,17	12,40	7,90	4,81	5,55	1,06	8,30	4,68	9,16	0,56	1,09	0,99	53,29	27,50
2	1	36,69	1,30	5,74	5,17	4,46	0,90	1,12	12,88	5,70	5,11	4,74	1,01	6,09	5,17	10,35	0,85	1,06	0,95	55,82	29,44
	2	30,20	1,31	7,64	4,97	5,47	0,65	1,20	12,48	7,83	5,07	5,72	1,08	8,27	4,97	7,85	0,60	1,09	1,01	52,83	27,14
	3	31,15	1,31	5,06	3,40	4,01	0,67	1,17	12,71	5,08	3,40	4,34	1,06	5,33	3,40	9,64	0,64	1,11	1,00	51,73	26,25
	4	36,28	1,30	7,60	4,10	4,32	0,54	1,13	12,63	7,70	4,13	4,65	1,02	8,23	4,10	9,37	0,50	1,06	0,96	55,99	29,57
3	1	35,25	1,33	5,60	4,39	5,06	0,78	1,16	12,60	5,68	4,44	5,37	1,05	5,94	4,39	9,57	0,74	1,08	0,98	53,60	27,74
	2	32,11	1,31	7,96	4,21	4,39	0,53	1,16	12,57	8,11	4,27	4,84	1,05	8,65	4,21	11,04	0,49	1,11	0,99	51,30	25,90
	3	36,98	1,32	5,37	4,79	4,61	0,89	1,13	11,95	5,74	5,11	5,24	1,02	5,67	4,79	10,10	0,84	1,07	0,97	54,43	28,39
	4	34,11	1,32	7,29	4,15	4,92	0,57	1,16	12,41	7,51	4,26	5,33	1,05	7,86	4,15	9,82	0,53	1,09	0,98	52,91	27,20
X	34,00	1,31	6,67	4,39	4,70	0,67	1,16	12,51	6,82	4,46	5,07	1,05	7,17	4,39	9,58	0,63	1,08	0,98	53,61	27,71	
S₁	1,08	0,01	0,49	0,05	0,23	0,07	0,01	0,30	0,55	0,09	0,36	0,01	0,56	0,05	0,95	0,07	0,01	0,00	0,00	1,04	0,79
S₂	3,12	0,01	1,23	0,55	0,61	0,14	0,03	0,22	1,24	0,57	0,58	0,03	1,40	0,55	0,86	0,14	0,03	0,03	0,03	2,47	1,90
S_T	2,86	0,01	1,13	0,49	0,56	0,13	0,03	0,24	1,15	0,52	0,54	0,03	1,29	0,49	0,88	0,13	0,03	0,03	0,02	2,28	1,75
CV₁ %	3,19	0,99	7,33	1,16	4,94	10,00	0,58	2,41	8,14	2,12	7,12	0,58	7,78	1,16	9,87	10,62	1,10	0,48	1,94	2,86	
CV₂ %	9,18	0,73	18,37	12,45	13,04	20,62	2,93	1,78	18,23	12,82	11,38	2,93	19,57	12,45	8,99	21,69	2,63	2,56	4,61	6,86	
CV_T %	8,42	0,79	16,90	11,27	11,98	19,13	2,67	1,91	16,85	11,63	10,73	2,67	18,01	11,27	9,16	20,14	2,42	2,32	4,25	6,32	
Q	1,35	0,02	0,61	0,06	0,29	0,08	0,01	0,37	0,69	0,12	0,45	0,01	0,69	0,06	1,18	0,08	0,01	0,01	1,29	0,99	
P %	3,97	1,24	9,11	1,44	6,14	12,42	0,72	2,99	10,11	2,64	8,84	0,72	9,66	1,44	12,27	13,20	1,36	0,59	2,41	3,56	

Fuente: Elaboración propia, (2019)

4.8. DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo son exclusivamente, las características físicas de la madera de la **Algarrobilla** *Caesalpinia paraguariensis*, Burkart, proveniente de la comunidad de Campo Largo, municipio de Caraparí. Es importante recalcar que habita en sitios muy secos en Perú y hacia Bolivia a los húmedos, pero ocupan un gran porcentaje en los Bosques Chaqueños y no es tolerable a suelos salinos.

Para este estudio se utilizaron variables de densidad básica, contenido de humedad y las contracciones, tomando en cuenta también las tres etapas estado verde, seco al aire y al horno.

Su peso específico básico de la especie es de $0.98\text{gr}/\text{cm}^3$, es decir es una madera de densidad muy alta se caracteriza por tener una buena resistencia mecánica y alta durabilidad natural, peso específico ajustada al 12% de contenido de humedad de $1,09\text{gr}/\text{cm}^3$, peso específico anhidro $1,12\text{gr}/\text{cm}^3$, la concentración volumétrica total de 9,58%, presentando una contracción baja la tasa de estabilidad de 0,63 es muy estable y la porosidad de 27,71% es baja. Teniendo en cuenta los valores de sus propiedades físicas y de acuerdo a las estructuraciones de la Clave de Clasificación de Maderas. Hannes Hohesl (1972) esta madera puede ser utilizada para. Construcción de viviendas, especialmente en estructuras clavadas y empernadas y carpintería de obras, tales puertas, ventanas, zócalos, carrocerías, también le utilizamos con postes para alambrados, para durmientes.

En el Chaco Argentino entre las especies arbóreas más importantes, se encuentra la especie *Caesalpinia paraguariensis*, conocida como Guayacán, según datos del Inventario Forestal de los departamentos Copo y Alberdi de Santiago del Estero. El volumen comercial de madera con corteza para todas las especies en función de estratos y por clases diamétricas es de 10 a 70m³ /ha. La madera contiene 8% de tanino, las vainas contienen alto porcentaje de tanino (15 -25%). Su madera tiene una densidad de $1,2\text{ g}/\text{cm}^3$; de textura fina, grano entrelazado, poco veteado. Su rollizo tiene un largo útil de 4m, y un DAP promedio de 35cm. Con respecto a sus propiedades físico-mecánicas y su aspecto general, así como sus propiedades organolépticas y de

estructura, se asemeja mucho al "ebano", al que podría reemplazar en ciertos usos. Esta especie se caracteriza por presentar una madera apreciable por su gran duración, enterrada bajo agua o a la intemperie, se la usa generalmente para durmientes, postes, tranqueras, varillas de alambrados, pilotes y armazón de puentes y construcción hidráulicas y rurales, también se utiliza para la fabricación de diversas partes de instrumentos musicales.

Es importante recalcar que esta especie tiene valor en el Chaco Argentino por la resistencia que presenta, pero no se encontró estudios específicos a sus propiedades físicas para una comparación directa, pero podemos observar la variación en el peso específico, eso se da de acuerdo a las condiciones ecológicas, clima y la calidad del sitio.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

5.1.1. Peso Específico

-) Según su peso específico básico promedio es de 0,98 gr/cm³, que es un indicador de calidad de la madera, se clasifica como una madera **Muy pesada**.
-) De acuerdo al peso específico ajustada al 12% de contenido de Humedad de 1,08gr/cm³
-) El peso específico anhidro de 1,12 gr/cm³, se clasifica como una madera **muy pesada**.

5.1.2. Contracción

-) Según el valor que presenta la contracción volumétrica de 9,58 %, se clasifica como madera de contracción Bajo.

5.1.3. Taza de Estabilidad

Por la taza de estabilidad promedio de 0,63 la madera se clasifica como una madera **Muy estable**.

Los resultados promedios obtenidos para las propiedades físicas de la madera de la Algarrobilla (*Caesalpinia paraguriensis*, Burkart) indican que es una especie de madera muy pesada.

5.1.4. Porosidad

Los resultados promedios obtenidos de las propiedades físicas de la madera Algarrobilla (*Caesalpinia paraguriensis*, Burkart) que fue de 27,71 % indican que esta especie según su porosidad presenta una textura fina.

Finalmente, Según los resultados promedios obtenidos para las propiedades físicas de la madera de la Algarrobilla (*Caesalpinia paraguriensis*, Burkart) indican que es una especie de madera muy pesada de acuerdo a la tabla de clasificación de la densidad que se encuentra en Anexo N° 7 Grupo N° 5 según Hannes Hoheissel (1972)

Por tanto, las maderas con densidad muy altas mayor a 0,75 gr/cm³, se caracterizan por tener muy buena resistencia mecánica y alta durabilidad natural, las hacen apropiadas para su empleo en construcción de viviendas, especialmente en estructuras clavadas y empernadas, y carpintería de obras, tales como puertas, ventanas, zócalos, carrocerías

5.2. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en el presente estudio y aplicando la clasificación de Hannes Hoheisel (1,972) se recomienda los posibles usos:

La determinación de los posibles usos maderables de la especie Algarrobilla (*Caesalpinia paraguriensis*, Burkart) según las propiedades físicas, están sujetos a los valores obtenidos en los diferentes ensayos, los mismos que permitieron hacer las siguientes recomendaciones:

- J) Recomendar el uso adecuado de la madera, especie Algarrobilla (*Caesalpinia paraguriensis*, Burkart) podría ser como construcción de viviendas, especialmente en estructuras clavadas, empernadas y carpintería de obras, puertas, ventanas, zócalos, carrocerías, también podrían ser usadas como postes

para alambrados, para durmientes, pilotes, armazón de puentes, tranqueras, varilla de alambrados, vigas, columnas, recubrimientos de exteriores, etc.

- J Realizar estudios sobre esta materia, que permitan orientar las aplicaciones de las especies, acentuar sus ventajas comparativas y reducir sus limitaciones e introducir nuevas especies al mercado y consecuentemente realizar un aprovechamiento sostenible.
- J Se recomienda la identificación botánica previa de las especies forestales para la confiabilidad de la investigación.
- J Realizar estudios ecológicos y la calidad del sitio para tener en cuenta las implementaciones de nuevas especies maderables, para uso comercial y estas puedan adaptarse bien en su entorno, con un buen aprovechamiento.
- J Verificar el buen funcionamiento de los equipos e instrumentos a utilizar en el laboratorio.
- J Realizar una coordinación con las diferentes instituciones afines, para lograr una planificación a nivel regional y nacional para llevar adelante más investigaciones.
- J Recomendar a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” socialice y publique los resultados del estudio tecnológicos a las empresas madereras, aserraderos, carpinterías, empresas constructoras y a la sociedad en general.