

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1.RECURSOS FORESTALES

El sector forestal boliviano, en su integridad está cambiando día a día, por lo tanto, es necesario tener mejor conocimiento posible sobre la ecología de los bosques, su potencialidad y existencia de recursos.

En Bolivia la escala el aprovechamiento de los bosques no es tan intensa, comprobada, en otras áreas tropicales de América Latina, pero frecuentemente está aumentando la frecuencia de demanda del recurso.

Durante las últimas décadas, gran parte de los suelos del bosque tropical está siendo degradada por la tala selectiva, por un mal aprovechamiento y por conversiones del bosque a actividades de agricultura migratoria de corto plazo.

En el caso de la producción maderable, entre otros aspectos, se busca que los aprovechamientos no excedan la tasa de incorporación del bosque. Esto es particularmente importante en las especies comerciales, cuya generación ha sido difícil, dentro de los factores que incluyen en el establecimiento de la regeneración. (FAO, 2006).

El mal aprovechamiento forestal causa un impacto importante sobre los ecosistemas boscosos que son intervenidos, la corta selectiva y la extracción por arrastre también causan daños en el bosque, particularmente donde los métodos de extracción consisten en el arrastre de trozas por tierra con tractores u otro equipo. (FAO, 2006).

Estos problemas y muchos otros, dan a conocer la falencia de un plan de manejo y de un conocimiento más intenso de los bosques naturales, su conformación en lo que respecta a especies aprovechables y las técnicas de aprovechamiento utilizadas en la actualidad.

Un requisito previo para la planificación racional del desarrollo forestal de Bolivia, es el conocimiento de sus recursos forestales y su potencial. Este conocimiento debe concluir con un cálculo aproximado de la extensión. Los tipos y la ubicación de los bosques que el país considera para satisfacer las necesidades de su pueblo a través de los diversos productos y servicios que se pueden derivar de ellos, dentro de lo mismo se concluye también la conservación de suelos y aguas, la conservación de la biodiversidad, la producción de productos maderables y no maderables y la conversión planificada de la tierra para la agricultura sostenible. (FAO, 2006).

Los bosques naturales de Bolivia abarcan un área de aproximadamente 53 millones de ha. representando el 48 % de la superficie del país, concentradas en la porción oriental (Santa Cruz, La Paz, Beni y Pando). Esto representa casi el 10 % de los bosques tropicales existentes en América del Sur. Además de los bosques naturales Bolivia dispone de 30.000 ha de plantaciones. (FAO, 2006).

Según la ABT, en la actualidad el territorio nacional se encuentra cubierto de un 48% de bosques lo cual viene a ser aproximadamente 53.449.200has.

Nuestro país cuenta con un extenso y amplio número de especies que oscilan desde 15.000 a 18.000 plantas vasculares, entre otras especies, de las mismas se puede decir que 4.000 de estas son especies arbóreas por tanto se puede hablar de un considerable potencial maderero. (FAO, 2006).

Los bosques son los ecosistemas terrestres más extensos, ocupando el 30% de la superficie emergida del planeta. A esta importancia espacial se añade su enorme valor en términos de biodiversidad, asociada especialmente a los bosques tropicales. (FAO, 2006).

1.2. SECADO DE LA MADERA

El secado es un proceso mediante el cual se reduce el contenido de agua de un sólido por medio de la evaporación del agua contenida en este. Para ello es necesario suministrar calor a la superficie del sólido que permita el cambio de fase del agua contenida en este, de líquido a vapor. Esto significa que el agua debe recibir el

equivalente a su calor latente de evaporación ($h_{gf}=600\text{kcal/kg}$ ó 2500kJ/kg). (HOYOS I. LESSING 2010.)

1.2.1. Secado Natural.

Tan pronto como la superficie de la madera comienza a perder vapor de agua, se va formando dentro de ella un gradiente de humedad que, por diferencias de presión de vapor, establece un flujo continuo de salida de agua. La sensibilidad de la madera de tomar o perder humedad depende de sus dimensiones y de su posición en la pila de secado. El secado natural de la madera se lo realiza apilándola en cobertizos ventilados, evitando la exposición directa al sol y la lluvia. La madera seca al aire, es aquella madera que contiene un contenido de humedad entre 13% y el 18 %. Se utiliza para durmientes, crucetas, para postes, normalmente esta madera es sujeta a tratamiento con protectores. (HOYOS I. LESSING 2010.)

1.2.2. Velocidad del secado y factores que lo determinan.

La velocidad en que la madera pierde humedad está en función de su propia naturaleza y los factores de temperatura, viento y humedad relativa.

También influyen el peso específico, el espesor de la madera, apilado, el patrón de aserrado y las condiciones climáticas.

Cuadro N°1 Apilado de la madera

Espesor tablas (cm)	Espesor de separadores (cm)	Espaciamiento de separadores (cm)
< 2.0	2.0	30-40
2.0-2.5	2.5	40-50
4.0-5.0	3.0	50-60
5.0-6.5	3.5	70-80
6.5-8	4.0	90

>8.0	4.5	100
------	-----	-----

Fuente: IBNORCA. NB 107002 (Septiembre 2010)

1.2.3. Humedad en la madera.

El agua es una parte constitutiva natural de un árbol vivo. El agua contenida en la madera que da origen a su humedad se encuentra en su interior en dos formas: Agua libre en las cavidades de las células y agua ligada a la pared celular. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.4. Agua libre.

Es el agua que se encuentra en el lumen de la madera. El agua libre es fácil de extraer y es la primera que se pierde en el proceso de secado de la madera.

1.2.5. Agua ligada o de constitución.

Agua que se encuentra dentro de la pared celular, es el agua adherida en las paredes por atracción molecular. Es más difícil de extraer por la adsorción de la estructura celular. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.6. Punto de saturación de las fibras PSF.

El estado que alcanza la madera, cuando se ha evaporado toda el agua contenida en las cavidades de las células, este punto se encuentra entre 25% - 30 % de contenido de humedad. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.7. Humedad de equilibrio HE.

Es el estado que alcanza un material higroscópico cuando la presión en el interior de este es igual a la presión del vapor de agua presente en el aire que le rodea.

Las curvas de presión y de humedades de equilibrio se rigen por las isotermas de sorción y sus valores finales dependen de la temperatura y la humedad relativa del aire que le rodea.

Se denomina sorción cuando una madera completamente seca, puesta en contacto con vapor de agua, lo admitirá hasta que se produzca entre ambos un estado de equilibrio. es un fenómeno generalmente extendido a todos los cuerpos porosos.

(HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.8. Gradiente de secado.

La relación entre el contenido de humedad real de la madera en un determinado momento y el contenido de humedad de equilibrio hacia la cual tiende la madera de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad relativa fijadas dentro del secadero. (HOYOS I. LESSING 2010)

$$GS = \frac{CH_{real}}{CHE}$$

1.2.9. Difusión del agua en la madera.

Es un fenómeno provocado por la acción simultánea de los gradientes de presión de vapor en las cavidades celulares y de los gradientes de humedad en las paredes celulares. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.10. Tensiones de secado dentro de la madera.

Por encima del punto de saturación de las fibras, la tensión capilar es la responsable de los esfuerzos que se presentan en la madera y en condiciones extremas que conducen al colapso.

Por debajo del punto de saturación de las fibras, las tensiones de secado, responsables de la contracción normal de la madera, se desarrollan en las paredes celulares y son una consecuencia del gradiente del CH que se presenta en las capas superficiales y el centro de la pieza de la madera, manifiestan como endurecimiento y grietas internas.

La madera es llamada higroscópica, si está en equilibrio con el aire que le rodea y éste se seca, la madera perderá agua (desorción) hasta ponerse nuevamente en equilibrio.

En la albura es común que el agua sea $\geq 50\%$ del peso seco de la sustancia madera. Cuando el árbol muere o es procesado en productos, la madera inmediatamente empieza a perder algo de su humedad a la atmósfera que la rodea. Si el secado continúa, las dimensiones y las propiedades físicas modifican. Algo de agua permanece dentro de la estructura de la pared celular aún después de ser manufacturada.

Las propiedades físicas y mecánicas, resistencia al deterioro biológico y la estabilidad dimensional de algún producto de madera son también afectadas por la cantidad de agua presente.

El agua en la madera verde se localiza dentro de la pared celular y en el lumen. La cantidad de agua dentro de la pared celular, permanece constante de estación a estación, aunque la cantidad de agua en el lumen varíe. Cuando se seca la madera toda el agua del lumen es removida. En el lumen, sin embargo, siempre queda vapor de agua, cuya cantidad depende de las condiciones climáticas donde se encuentre. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.11. Contenido de humedad de la madera (CH %).

Es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra.

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} 100\%$$

CH = Contenido de humedad expresado en %

Ph = Peso húmedo inicial

Ps = Peso de la madera en estado anhidro; peso final.

(HOYOS I. LESSING 2010)

1.2.12. Densidad de la madera

La densidad básica, una de las propiedades físicas más importantes de la madera, expresa la cantidad de sustancia leñosa seca presente en un volumen dado de madera, cuando esta se encuentra a un contenido de humedad igual o mayor al punto de saturación de las fibras (Psf). (CISTERNAS P. ALDO. 1994)

1.3. DEFECTOS DE LA MADERA EN EL SECADO

1.3.1. Agrietamiento

1.3.1.1. Grietas Superficiales

Ocurren en las caras de las tablas durante las primeras etapas del secado. Las causas más comunes del agrietamiento superficial son el rápido secado en las primeras etapas del estacionamiento o la súbita aplicación de un severo aumento en la tasa de secado en las últimas etapas. Frecuentemente los lados de las grietas se cierran en la superficie al final del proceso, cuando se invierten los esfuerzos y no son visibles en la superficie hasta que la tabla sea cepillada.

Otra causa del agrietamiento superficial es la aplicación de un tratamiento de elevada humedad a tablas cuyo centro ha secado bajo el punto de saturación de las fibras, seguido de un rápido resecado de la superficie. Por ejemplo, este problema puede ser causado por humedecimiento debido a la lluvia y un subsecuente rápido resecado. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.1.2. Grietas Internas

Comienzan generalmente en las últimas etapas del secado como resultado directo de rigurosas condiciones de secado en las primeras etapas, que originan esfuerzos intensos de tensión en la superficie y de compresión en el centro. Las grietas se generan en el interior de la tabla pudiendo extenderse hasta la superficie. El excesivo agrietamiento interno se denomina "apanalamiento". (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.1.3. Prevención del Agrietamiento

El método adecuado de prevención del agrietamiento es aplicar las condiciones de secado más apropiadas para cada especie a ser secada. La severidad de los esfuerzos puede ser controlada por la condición de gradiente de humedad, la cual depende de la depresión del bulbo húmedo; por ello, en la mayoría de los casos, los primeros estados del secado deberían ser llevados a altas humedades relativas, o sea, utilizando una pequeña depresión psicrométrica.

El agrietamiento y rajaduras de los extremos se pueden también evitar por el sellado de los extremos de las tablas con una adecuada pintura impermeabilizante. (LESSING HOYOS I. 2010)

1.3.2. Rajaduras

Son separaciones longitudinales de las fibras que atraviesa de una cara a la otra de la pieza.

Ocurren en los extremos de una tabla debido a una rápida pérdida de agua que origina esfuerzos de tensión. De todos los agrietamientos experimentados, éste es probablemente el más común y severo. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.3. Colapso

Es una contracción anormal que se presenta en la madera por encima del punto de saturación de las fibras, que distorsiona la pieza. Ocurre cuando se emplean elevadas temperaturas al principio o en etapas intermedias de la remoción del agua libre. Su apariencia es similar al apanalamiento; la superficie de la tabla

aparece distorsionada debido al aplastamiento de sus células en una intensidad variable, dependiendo de la severidad del colapso.

En muchas maderas, como la balsa o el cedro y particularmente en los cortes radiales, las tablas asumen una apariencia corrugada o acanalada. En este caso el colapso viene acompañado del aplanado y en otros casos grietas de forma de diamante en las tablas (grietas rómbicas). En otras maderas, como el caso del mapajo, los cantos de las tablas pueden no colapsar apreciablemente, pero la superficie puede mostrar una depresión irregular en el centro. Si no se observa el colapso después del secado de la madera verde hasta el punto de saturación de las fibras, se puede asumir que las especies tratadas no son colapsables. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.3.1. Remoción del Colapso

La madera que colapsa durante el secado, puede, en la mayoría de los casos, ser restaurada a su forma normal por aplicación del tratamiento de reacondicionado. Este proceso es ejecutado en una cámara de concreto reforzado, armada para este propósito, y consiste en someter la madera a un tratamiento de vaporizado entre 80 °C y 100 °C bajo condiciones saturadas.

El reacondicionamiento puede ser empleado también para remover el combado, encorvado y revirado, los cuales ocurren frecuentemente en tablas anchas de corte tangencial. Se reitera la necesidad de tener particular cuidado en la construcción de las pilas y, de ser posible, colocar contrapesos sobre la pila cuando se aplica el vaporizado en el reacondicionamiento. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.4. Torceduras

El término "torceduras" generalmente se considera en alguno de los siguientes casos:

- a) Acanaladura o abarquillado, que es la tendencia de algunas tablas de corte plano a desarrollar una curvatura a lo ancho de la pieza.

- b) Revirado, es la distorsión en el largo de la pieza.
- c) Combadura o arqueado, cuando la curvatura se encuentra a lo largo de la cara de la tabla.
- d) Encorvadura, que es la curvatura del lado o canto de una tabla. Probablemente, el mayor factor causante de torceduras sea el apilado incorrecto. Cuando la madera está sujeta a una alta temperatura, se vuelve más plástica y, por ello, adopta la forma que le dictan los esfuerzos aplicados a ella y de ahí se puede ver que, si el espaciamiento de los separadores en una pila no está alineado verticalmente, el peso de la madera sobre una tabla particular ocasiona que la pieza se flexione alrededor del separador que está desalineado. La madera que está en esa posición adquiere deformaciones permanentes. En forma similar, si los espaciamientos de los separadores son muy grandes la tabla puede tender a hundirse entre ellos.

La variación en la tasa de contracción radial y tangencial es generalmente responsable de la tendencia de las tablas anchas de corte plano a desarrollar acanaladuras. En este caso, la cara de la tabla cerca al centro del tronco se aproxima más a un corte radial, comparado con las superficies opuestas y por ello se contrae menos en ancho y a esto se deben las diferencias, ya que los cantos exteriores de la tabla tienden a curvarse desde el centro o corazón. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.4.1. Prevención y Remoción de las Torceduras

De lo anterior se puede deducir que el método más efectivo de minimizar las torceduras es que las pilas estén cuidadosa y exactamente construidas y que los separadores sean de un espesor uniforme, igualmente espaciados y en un perfecto alineamiento vertical sobre el centro de los apoyos. Luego, cuando la madera a ser secada es mayormente de corte plano o de una especie susceptible a las torceduras, los separadores deben ser ubicados lo más cercanos entre sí.

Si a pesar de las precauciones ocurren las torceduras, éstas pueden ser eliminadas aplicando el tratamiento de vaporizado. Este debe ser ejecutado cuando la carga ha alcanzado el contenido de humedad final deseado y en un período de tiempo suficiente como para enderezar las piezas. La carga debería entonces ser enfriada y se debe evaporar la humedad absorbida por la madera durante el reacondicionamiento, antes de que los pesos sean removidos. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.5. Manchas Químicas

Los cambios de color causados por reacciones químicas pueden presentarse en alguna magnitud en la madera que está en contacto directo con los listones. En otras ocasiones, las maderas blancas se tiñen de una coloración café en la superficie o en zonas cercanas a ella. (HOYOS I. LESSING 2010)

1.3.6. Ventajas del secado al aire.

- Método que da buenos resultados de secado, sin el uso de instalaciones costosas.
- Es muy suave, gracias a la alternancia del día y la noche, en el transcurso de la cual la humedad relativa del aire retoma siempre un valor más elevado.
- No utiliza ninguna fuente de energía que incremente el costo de producción.
- No necesita de personal muy calificado.

(LUIS A. NOVOA. 2006)

1.3.7. Desventajas del secado al aire.

Esto provoca las siguientes depreciaciones;

- Mecánicas; como las grietas y las deformaciones.
- Biológicas; por el ataque de los insectos y hongos.
- No permite llevar a la madera a una humedad que sea compatible con la que se requiere para los usos en el interior de recintos habitables.

- El equilibrio higroscópico de la madera, varía entre el 13% y el 16%. El secado natural es por consiguiente insuficiente para muebles y madera de uso en obra de interiores.
- Este método es lento, por lo que necesita de una gran superficie de almacenamiento, un mayor tiempo de retorno financiero. (LUIS A. NOVOA. 2006)

1.4. DESCRIPCION DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.

Cuadro N.º 2: Descripción taxonómica del Timboy

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Mimosoideae
Género:	<i>Enterolobium</i>
Especie:	<i>Contortisiliquum. Vell. Morong</i>

(FUENTE: HERBARIO UAJMS)

1.5. DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA

1.5.1. Árbol

Árbol natural de las regiones tropicales y subtropicales, de majestuoso porte, copa ancha, extendida, frondosa; follaje verde claro, corteza color pardo grisácea

a rojiza, fibrosa, se desprende en láminas; la corteza tiene alrededor de 6% de tanino según López y colaboradores; fuste cilíndrico a irregular; que lo hacen apto para espacios verdes de gran tamaño y partes verdes de avenidas.

El Timboy es un árbol de gran tamaño, que llega a alcanzar los 30 m de altura y un diámetro de 2 m en el fuste, aunque se ha registrado ejemplares del más del triple de este diámetro. Es bastante heliófilo, por lo que los ejemplares que crecen en asociaciones o en entornos selváticos tienden a poseer un fuste recto, mientras que los ejemplares solitarios suelen ser tortuosos. La copa es ancha y de forma hemisférica.

Las hojas son compuestas, bipinnadas, alternas, glabras o apenas pubescentes. Cada foliolo alcanza 1 dm de longitud y contiene entre 8 y 23 pares de foliolos opuestos, de color verde oscuro por el haz y grisáceo por el envés, lanceolado asimétrico, mucronado. es caducifolio tardío. (S. VISCARRA Y R. LARA. 1992)

Fotografía N° 1: Árbol de Timboy



Fuente: fotografía propia

1.5.2. Flor.

Florece a mediados de primavera, formando inflorescencias en capítulos pedunculados, axilares o apicales de forma globosa con entre 10 y 20 flores hermafroditas de pequeño tamaño. Son pediceladas, de color blanco ligeramente verdoso, con la corola tubular al cabo de un cáliz gamosépalo. El ovario es multilocular, el estigma pequeño y los estambres protuberantes monadelfos.

(S. VISCARRA Y R. LARA. 1992)

Fotografía N°2: inflorescencia del Timboy



Fuente: fotografía propia

1.5.3. Fruto.

Su fruto es una vaina o capsula subleñosa de superficie lisa y de color pardo oscuro cuando madura; de forma circular incompleta, a su aspecto debe el nombre de oreja de mono alcanza los 5cm de diámetro por 1 a 1.5 de espesor. Presenta el mesocarpio subcarnoso y el endocarpio septado. (S. VISCARRA Y R. LARA. 1992)

Fotografía N° 3: fruto del Timboy



Fuente: fotografía propia

1.5.4. Semillas.

En el interior del fruto se encuentra una doble hilera de 5 a 7 semillas, de forma oval, lisas, con el tegumento bien resistente de unos 10x6mm. El fruto capasa de flotar ayuda a la diseminación por hidrocoria; contiene saponina con propiedades hemolíticas. (S. VISCARRA Y R. LARA. 1992)

1.5.5. Usos.

Su madera es liviana con una densidad de 0.42gr/cm^3 ; resistente al agua gracias a su resina por lo que antiguamente se lo utilizaba para la fabricación de canoas ahuecando el tronco.

La albura es color blanco amarillenta, transición gradual a duramen marrón amarillento con vetas oscuras. Su madera se lo utiliza para mobiliario de exteriores, parquet, carpintería, etc. El fruto y la corteza son ricos en saponinas porque se lo solía utilizar como jabón. Su corteza contiene además entre un 13 y un 22% de taninos dándole aplicaciones en la curtiembre de cuero. Los frutos y hojas son empleados como forraje para el ganado. (S. VISCARRA Y R. LARA. 1992)

1.5.6. Distribución Geográfica.

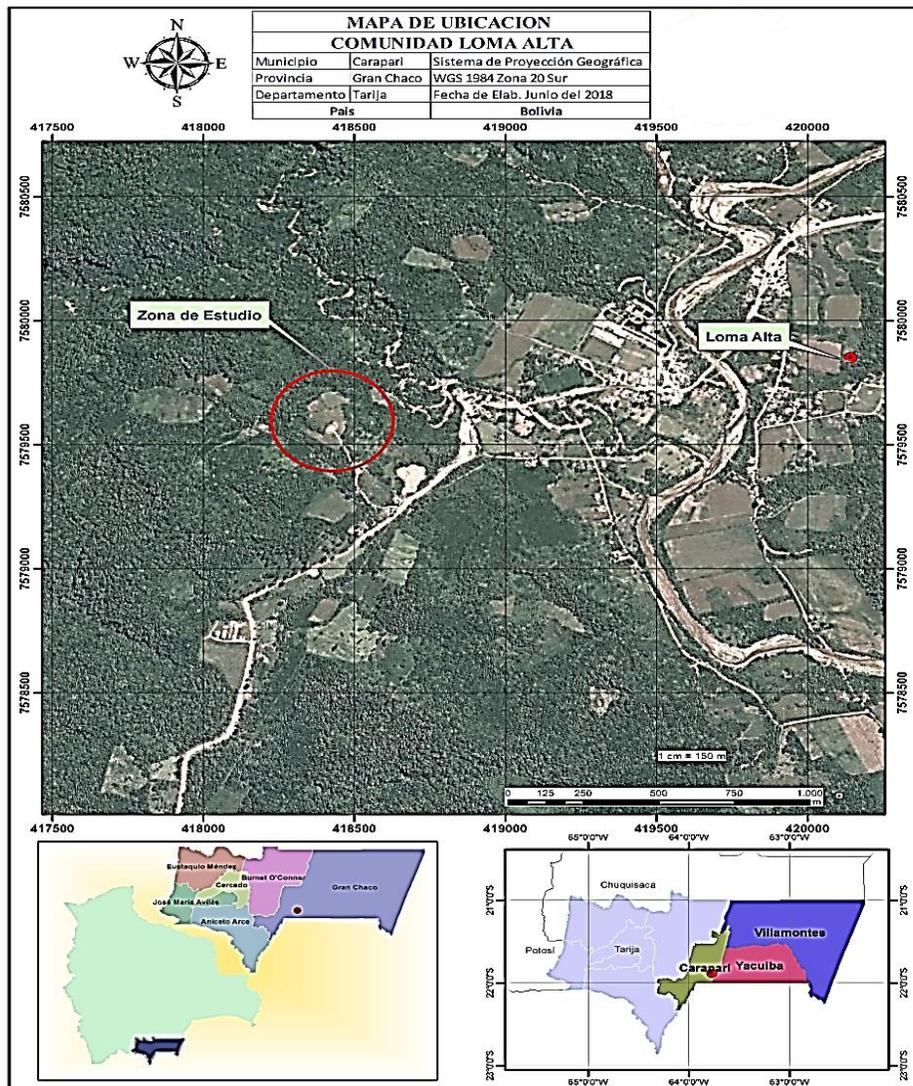
Esta especie se encuentra desde el sur de Brasil, en todo el territorio uruguayo hasta nuestro país y la pre cordillera. Habita en la selva misionera, en las selvas en galerías de la cuenca del río Paraná y de la plata, en la región chaqueña y en la selva de los yungas en su región oriental. En la zona de los yungas es una de las especies dominantes. Aparece normalmente aislado, formando raramente asociaciones, prefiere suelos húmedos, neutros, y requiere abundante sol. Es una especie de rápido crecimiento. (S. VISCARRA Y R. LARA. 1992)

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. DESCRIPCION DE LA ZONA DE EXTRACCION DE LOS ARBOLES

MAPA N.º 1 MAPA DE UBICACION



Fuente: Elaboración propia en SIG

2.1.1. Localización

La comunidad de Loma Alta se encuentra en la Segunda Sección de la Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija. Ubicada a 10 km de Caraparí con coordenadas: $X= 419941$; $Y= 7579873$; altitud de 771msnm y forma parte del

distrito I del municipio. Colinda al Norte con la comunidad de Molino Viejo; al Sur con la comunidad de San Alberto; al Este con la comunidad de Itaperenda; Al Oeste con la comunidad de Santa Rosa. (PDM-GAMC, 2016).

Cuadro N° 3 Ubicación de los arboles a cortar

N° DE ARBOL	COORDENAND AS	Diámetro a la altura del pecho. (DAP)
Árbol N° 1	X= 0418686 Y= 7579588	47.77cm
Árbol N° 2	X= 0418727 Y= 7579545	65.0 cm
Árbol N°3	X= 0418613 Y=7579561	52.0cm

Fuente.: Elaboración propia

2.1.2. Accesibilidad.

El camino de mayor uso es el que une el pueblo de Caraparí con los pozos peroleros de San Alberto, Agua Blanca, y otros que están en función de los intereses de las explotaciones hidrocarburíferas, el cual es transitado tanto por transporte pesado como: los trailers, volquetas, cisternas, maquinaria pesada, transportes livianos como motor, autos, micros, etc.

La carretera está en la actualidad completamente pavimentada la cual en un futuro unirá la Segunda Sección con el municipio de Bermejo. También cuenta con caminos secundarios que son de tierra los cuales sirven como comunicación a algunas viviendas de la comunidad. (PDM-GAMC, 2016)

2.1.3. Geomorfología.

La comunidad de Loma Alta es parte de un paisaje de montaña y submontaña con pendientes medias a fuertes con estratos conformados por rocas sedimentarias pertenecientes a la era terciaria. Las cimas de las montañas son redondeadas y

alargadas cuyas laderas forman valles cortos y pequeños cañones con bastante humedad en varias zonas.

Existen también en la zona formaciones de pequeños pie de monte originados por los procesos erosivos natural de las laderas. (PDM-GAMC, 2016)

2.1.4. Fisiografía.

La comunidad es parte de la provincia fisiográfica del subandino con una topografía generalmente irregular, con pendientes suaves y moderadas reduciendo significativamente en las áreas de cultivos agrícolas que van desde 15 a 90%. (PDM-GAMC, 2016)

2.1.5. Suelo.

La comunidad cuenta con un suelo de llanura y piedemonte: Según la clasificación de la FAO son suelos profundos (+1.5 m) de color pardo rojizo y pardo rojizo oscuro con grado de fertilidad moderada con textura y estructura blocosa a columnar de grado moderado. En general en el municipio de Caraparí y por ende la comunidad de Loma Alta cuenta con un suelo de textura franco –arenosa a franco limosa en los horizontes superiores, franco arcilloso y arenoso a arcilloso en los inferiores. (PDM-GAMC, 2016)

2.2. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.

2.2.1. Clima.

La comunidad de Loma Alta presenta un clima cálido semiárido con temperaturas que varían desde 12°a 27°C y precipitaciones desde 800 a 1000 mm anuales. Los vientos generalmente son de sur a norte, pero a veces a la inversa, lo que ocasiona un vuelco en los cultivos y pérdida de la capa arable, especialmente en el mes de agosto. (PDM-GAMC, 2016)

2.2.2. Hidrología.

La comunidad es parte de cuenca del río Caraparí que nace en la serranía del Aguaragüe, tomando en cuenta la cuenca hasta su ingreso a territorio argentino en

las proximidades de los ranchos Vista Alegre y Colodro. Entre sus afluentes más importantes se encuentran los ríos: Mamay, Chorro, Yacuiba, y San Alberto. Un área total de 654.6 km² con un coeficiente de escurrimiento de 0.3 con un volumen anual de 157'104.000m³, altura máxima del río 1780.0 msnm, altura mínima del río 600 msnm, pendiente 2.23%, longitud del curso principal 53 km. (PDM-GAMC, 2016)

2.3. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS

2.3.1. Vegetación

Loma Alta es parte de una formación de bosque montano de transición, que viene a ser una transición con la formación de bosque semihúmedo de serranía o piso intermedio a bajo al tener un clima templado, cálido semihúmedo a húmedo, la asociación climática de esta formación en su estado original, es un bosque latifoliado mixto, con aproximadamente 26 especies que pueden perder sus hojas durante los meses más secos y fríos, formándose bosques altos con dos o tres estratos de sotobosque. Entre las especies dominantes de la zona están:

Cuadro N° 4 Vegetación presentes en la zona de extracción de los arboles

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Algarrobo	<i>Prosopis alba</i>
Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i>
Timboy	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>
Guayabilla	<i>Eugenia mato</i>
Tala	<i>Celtis espinosa</i>
Carnaval	<i>Cassia carnaval</i>
Tusca	<i>Acasia aroma</i>
Cebil colorado	<i>Paptademia macrocarpa</i>
Cebil chico	<i>Anadenantera sp</i>
Laurel	<i>ocotea sp</i>

Guaranguay	<i>Tecoma garrocha</i>
Chirimolle	<i>Schinus sp</i>
Carapari	<i>Neocardenasia herzogiana</i>
especies arbustiva Itapalla, Garrancho, Bejucos, Arrayan, etc.	

Fuente: (PDM-GAMC, 2016)

2.3.2. Fauna silvestre

Las principales especies que han reportado según el PDM del municipio de Caraparí están desde una variedad de mamíferos como: la Corzuela, el Zorro, el Acutí, el Mono, Chanco de monte, Zorrino, Lagartija, Iguana. Entre las aves: el Loro, Loro cotorra, Pava de monte, Tero tero, Tucán, Loro choclero, murciélago, Paloma Torcaza, Paloma, Jilgueros, Hurracas, Garza. Existe gran amenaza de extinción del Quirquincho mulita por su sobre explotación y caza. Serpientes como: el Cascabel, la Muyutuma, Víbora verde, Yarará, Culebra, entre otras especies desconocidas. (PDM-GAMC, 2016)

2.3.3. Tierras de Uso Forestal.

Existen plantaciones de eucaliptos de 5 hectáreas aproximadamente, al oeste de la comunidad, las cuales fueron realizadas por las empresas petroleras como recompensa a los daños causados por las aperturas de caminos, sendas, planchadas, construcciones permanentes y temporales.

Cerca de la comunidad está el Parque Nacional y área de Manejo Integrado Aguarangue el cual provee agua a la comunidad por lo que es de vital importancia su mantención y preservación de la misma ya que existen amenazas a su fauna y algunas especies maderables. (PDM-GAMC, 2016)

2.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.

2.4.1. Sistemas de Producción Agrícola

Tierras de uso agropecuario extensivo: Son tierras que tienen características biofísicas y socioeconómicas con limitaciones, estas limitaciones de orden biofísico pueden ser: procesos de degradación de recursos naturales, limitaciones de cobertura vegetal; de orden socioeconómico como las que requieren mayor inversión de capital para alcanzar un nivel de productividad.

Tierras de uso agrosilvopastoril: Existen comunarios que realizan la tarea de combinar las actividades agrícolas con zonas de pastoreo o sembrado de pasto para ganado vacuno y plantación de especies forestales maderables que luego son utilizados para postes y otras utilidades. (PDM-GAMC, 2016)

2.4.2. Uso actual de la tierra.

Entre los usos actuales de la tierra sobresale el uso agrícola para sembradíos como: hortalizas, papa tomate maíz, soya, (con cultivos anuales), la extracción selectiva de especies maderables, pero solo para usos propios de especies como cebil que es especie dominante en la zona, la ganadería extensiva de vacunos, caprinos, porcinos. (PDM-GAMC, 2016)

2.4.3. Uso y ocupación de los suelos

Gran parte de la comunidad está poblada con aproximadamente 140 viviendas con aproximadamente 685 habitantes; Los suelos están destinados a la agricultura y ganadería por parte de los comunarios que aprovechan los suelos con cobertura de pastizales para alimentas sus animales.

Los principales cultivos de la zona son los temporales, es decir por temporadas de lluvias: maíz, maní, papa, soya, arveja, poroto, zapallo. Entre los cultivos a riego están: el maíz choclo, papa, sandia, tomate, cítricos, soya. En cuanto a la tecnología empleada, es notorio la expansión de la agro-mecanización, es decir el uso predominante del tractor para cultivar la tierra, aunque los propietarios de terrenos pequeños mantienen la realización de todas las labores agrícolas de forma manual y los animales de tiro. (PDM-GAMC, 2016)

2.5. MATERIALES.

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

2.5.1. Fase de gabinete:

- Material de escritorio
- Computadora
- Calculadora

2.5.2. Fase de campo:

- Flexómetro
- Motosierra
- Brújula
- GPS
- Brochas
- Pintura
- Planilla de campo
- Cámara fotográfica
- Marcadores

2.5.3. Material biológico:

- Madera de la especie Timboy

2.5.4. Fase de aserradero:

- Sierra sin fin
- Sierra circular
- Cepilladora
- Flexómetro
- Planilla de registro
- Escuadra
- Lápiz cámara fotográfica

2.5.5. Fase de laboratorio:

- Balanza de 30 Kg de capacidad con una precisión de 5 gr.
- Balanza de 3 kg con precisión de 0.01gr.
- Xilohigrómetro

- Estufa eléctrica
- Escuadra y reglas

2.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.

FIGURA N° 1 Encastillado horizontal



Fuente: (Álvarez noves.1983)

Fotografía N° 4: el encastillado horizontal



Fuente: fotografía propia

NORMAS	TEMAS
COPANT 458	Selección y colección de muestras.
IBNORCA NB 101005	Método de determinación del Contenido de Humedad.

IBNORCA NB 107002	Para determinar el secado de madera al aire libre bajo cubierta.
IBNORCA NB 101008	Para la identificación de los defectos del secado.
COPANT 185	Identificar los tipos de defectos que se presentan en la madera

Cuadro N.º 5 Normas Para Determinar Los Ensayos

Fuente: Elaboración propia

El trabajo de investigación se realizó en base a las normas COPANT MADERAS (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) y las normas IBNORCA. (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad)

Selección y Colección de las Muestras.

De acuerdo con la Norma COPANT 458 recomienda el sistema al azar, de manera que todos los componentes (zona, sub zona, árbol, etc.) tengan la posibilidad de ser elegidos. Este sistema al azar comprende las siguientes etapas:

- Definición de la población
- Selección de la zona
- Selección de los árboles

- Selección de las trozas
- Obtención de las tablas
- Obtención de las probetas
- Codificación de las probetas

2.6.1. Definición de la Población.

Para realizar la determinación del secado al aire libre de la especie Timboy (*Enterolobium contortisiliquum*. Vell. *Morong.*) se estableció las características de cada individuo, dentro de la población como la edad, especie y diámetro a la altura del pecho.

2.6.2. Selección de la Zona.

Se tomó en cuenta la representatividad de la especie en cuanto a sanidad y calidad del individuo.

2.6.3. Selección de árboles.

Se seleccionó 3 árboles al azar, comprendiendo de la siguiente manera: (Parcela 1= 1 árbol; parcela 2= 1 árbol; parcela 3= 1 árbol), de los cuales se obtuvo 10 tablas por cada árbol, haciendo un total de 30 tablas. Tomando en cuenta la sanidad, un buen fuste y el diámetro mínimo de corta.

2.6.4. Selección de las Trozas.

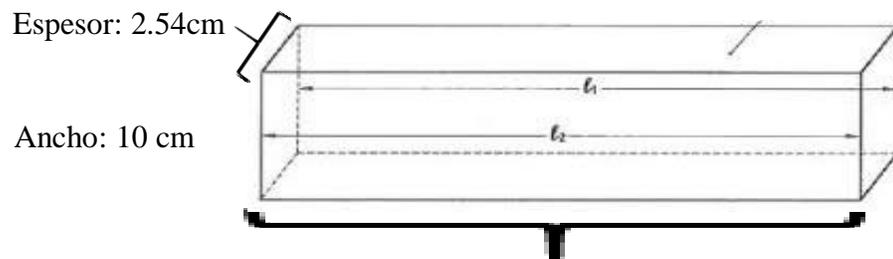
Se realizó el apeo, desramado y se dividió el árbol en secciones iguales, los cuales fueron marcados con pintura desde la parte inferior a la superior de la troza, para poder identificarlos rápidamente. Se eligió las trozas por sorteo, anotando todos los datos de cada troza en planillas.

2.6.5. Obtención de las tablas.

Una vez en el aserradero se procedió a cortar los listones libres de corteza para la obtención de las tablas, las cuales fueron codificadas para luego obtener las probetas de secado.

2.6.6. Obtención de probetas.

Se tomó en cuenta la codificación de cada tabla, se procedió a elegir 10 probetas por cada árbol, de 2.54x10x120 cm. de dimensión, haciendo dos diferentes tipos de cortes (radial y tangencial) de las cuales se eligieran las probetas tomando en



cuenta que se hallen libres de defectos haciendo al final un total de 30 probetas (15 probetas en corte radial y 15 probetas en corte tangencial) para el ensayo. Se procedió al sellado de los extremos de cada probeta para evitar la pérdida rápida de humedad porque puede producir grietas y rajaduras en la superficie.



2.6.7. Método de apilado.

Largo.120cm

Con la obtención de las probetas para el secado, se procedió al control del peso de cada tabla codificada, y fue anotado en la planilla de registro, posteriormente se procedió a su apilado, en instalaciones del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Para lo cual se empleó el encastillado horizontal por ser un sistema muy utilizado para el secado.

2.6.8. Apilado de la madera

- Se colocó sobre una base metálica de 50 cm de altura del nivel del suelo, a fin de facilitar la circulación del aire y evitar el contacto directo con el suelo.
- La altura y ancho de la pila se tomó en cuenta que sea máximo de 120 cm.
- Se dejó un espacio de 2 cm entre canto y canto de las tablas.

Fotografía N.º 5: Espaciado de las tablas.



Fuente: Imagen real. 2018

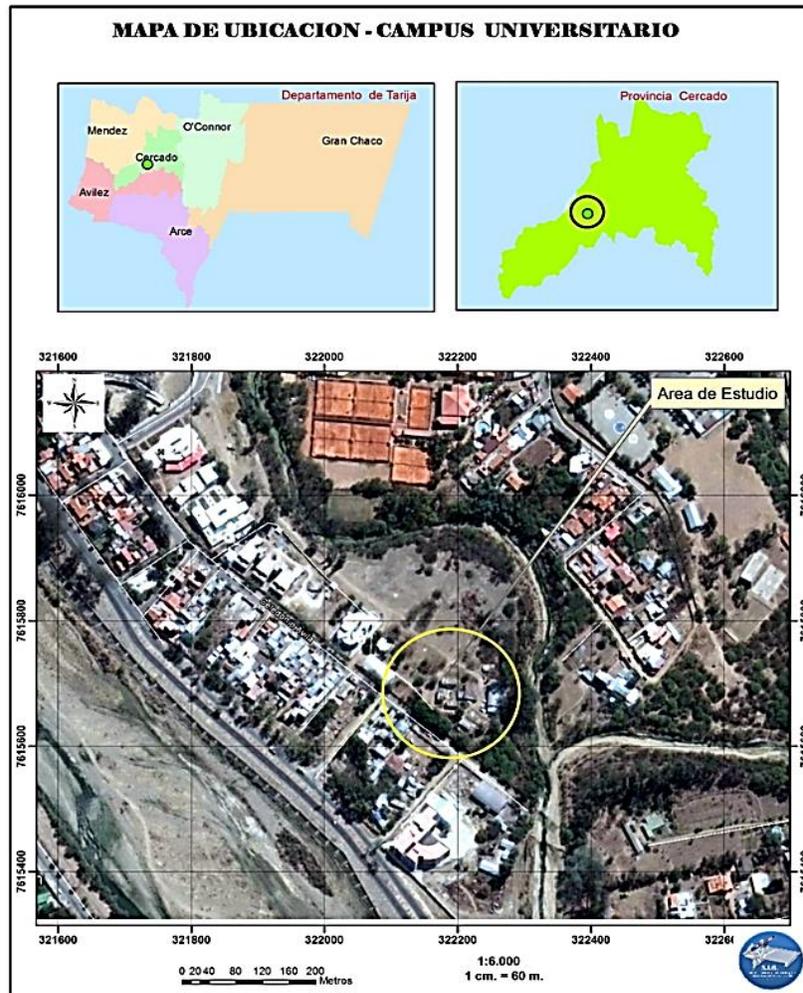
2.6.9. Cubierta o techo.

Se ubicó en el interior del tinglado de la autoclave de impregnación de la madera para evitar la acción directa del sol y de la lluvia sobre el apilado, así se evitó que se produzcan deformaciones y defectos en las tablas.

2.6.10. Orientación del encastillado.

La orientación que se le dio al apilado, fue en función a la mayor circulación del aire y protección del sol para evitar rajaduras.

Mapa N.º 2 Ubicación del lugar de secado de las probetas



Fuente: Elaboración propia. 2019

2.7. PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE SECADO.

2.7.1. Secado en estufa de las galletas para el cálculo del CH inicial de las probetas de secado.

Para la determinación del contenido de humedad inicial de las galletas de control, me base en las recomendaciones de la NB 101005

Se tomó en cuenta lo siguiente:

- Eliminación de todas las partículas adheridas a las probetas como ser aserrín o polvo antes de realizar el control del pesado de las mismas.
- Se obtuvo las tablas más representativas de acuerdo al N° de árbol.
- Las probetas fueron orientadas de forma radial y tangencial de las piezas de madera.
- La humedad de la madera se calculó como un porcentaje del peso del agua que contiene, respecto del peso del material seco, con la siguiente fórmula:

$$CH \% = \frac{Mn - Mo}{Mo} \times 100$$

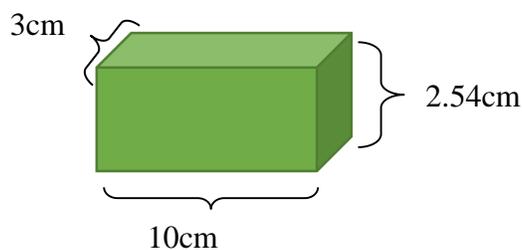
Dónde:

Mn = Masa original de la probeta

Mo = Masa de la probeta seca al horno

CH = Contenido de humedad en %.

Cada galleta obtenida de cada probeta de secado, fueron codificadas y pesadas (peso inicial), luego se procedió a introducir a la estufa del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, donde se aplicó el calentamiento gradualmente, hasta alcanzar una temperatura entre $101 \pm 2^\circ\text{C}$. durante un tiempo de 24 hrs. Procediendo luego a retirar las muestras de la especie Timboy de la estufa; se dejó enfriar en un desecador y se pesó cada una, se repitió el procedimiento hasta conseguir un peso constante (lo cual se comprobó repitiendo las pesadas cada 2 hrs) que represento el peso anhidro de cada probeta.



2.7.2. Registro de datos del secado al aire.

La toma de datos se realizó cada 7 días, donde se evaluó el secado de cada tabla, se pesó las mismas hasta que alcanzaron un peso constante.

2.7.3. Determinación de contenido de humedad.

Para determinar el contenido de humedad mediante el secado de la madera al aire libre aplicando el método de encastillado horizontal se procedió a realizar el control del peso de las probetas cada 7 días, para lo cual se aplicó la siguiente formula:

$$CHc = \frac{Pc}{Pi} (CHi + 100) - 100$$

Donde:

CHc= Contenido de humedad de control (%)

Pc= Peso de control (gr)

Pi= Peso inicial (gr)

CHi = Contenido de humedad inicial (%)

2.8. EVALUACIÓN DE DEFECTOS

Luego del tiempo de secado de la madera al aire libre se procedió a realizar la evaluación de los defectos producidos durante el tiempo de secado identificando las Arquedura, torceduras, encorvaduras y grietas; aplicando las normas IBNORCA NB 101008 y la NORMA COPANT 185.

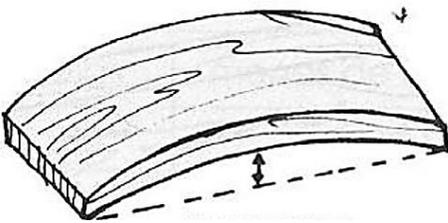
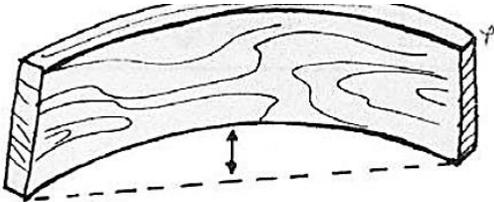
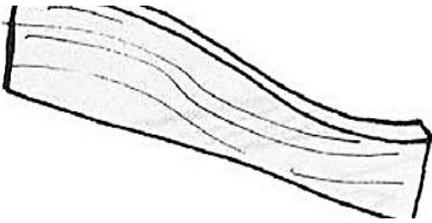
Cuadro N° 6 Forma de medición de los defectos

TIPO DE DEFECTO	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.
Encorvadura	Se midió la desviación máxima en milímetros, que presenta un canto con respecto a una línea recta trazada por las cabezas de la pieza
Torcedura	Se midió la distancia (t) en mm, de una esquina de la pieza a una superficie plana sobre la cual están apoyadas las otras tres esquinas.

Grieta	Se midió su abertura máxima y su longitud
Abarquillado	Se medirá la desviación máxima (d) en milímetros, que presenta una cara con respecto a una línea recta trazada por sus aristas.
Combado	Se medirá la desviación máxima (d) en milímetros, que presenta una cara con respecto a una línea recta trazada por las cabezas de la pieza
Arista faltante.	Se medirá en mm, su largo, su espesor y su ancho. Si en una misma pieza existen varias aristas faltantes, se suman las longitudes medidas en cada una de ellas.

Fuente: Norma IBNORCA 101008

Cuadro N.º 7 Clasificación visual para los defectos de la madera

TIPO DE DEFECTO	TOLERANCIA PERMITIDA	IMAGEN REFERENCIAL
Arqueadura	Permitida a 1% por cada 120 cm de longitud	
Encorvadura	Permitida a 0.33% por cada 120cm de longitud	
Torcedura	Permitida solamente cuando este defecto se presenta en forma muy leve en una sola arista. Se permitirá 0.33% de alabeo para una pieza de 120cm de longitud	

Fuente: Norma COPANT 185

2.9. DISTRIBUCIÓN DE LA HUMEDAD EN LA MADERA

Para determinar la distribución de la humedad en el espesor de la madera se procedió a registrar los contenidos de humedad con el Xilohigrómetro en ambas caras de la probeta a $1/4$, $1/2$, $3/4$, de profundidad respecto al espesor.

Fotografía N.º 6 Utilización del equipo de medición



Fuente: fotografía propia

Fotografía N.º 7 Distribución de la humedad a $1/4$.



Fuente: fotografía propia

CAPITULO III

RESULTADOS

Obtenido los datos tabulados en el ensayo de secado al aire libre en el apilado horizontal bajo cubierta y realizado el análisis estadístico correspondiente a cada ensayo, se obtuvo los siguientes resultados.

3.1. CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL.

El contenido de humedad inicial se determinó a través de 3 probetas obtenida de cada árbol, tomando como peso inicial (peso verde) y posteriormente el peso anhidro. Los cuales se muestras en el siguiente cuadro.

Cuadro N.º 8 Cálculo del contenido de humedad inicial de los arboles

Árbol	Sección	probeta	Peso verde (pv)	60°C Peso(gr)	80°C Peso(gr)	100°C Peso(gr)	101±2° °C (Po)	CH (%)
1	1A	1	225.60	160.95	100.00	91.11	90.80	148.46
		2	262.40	187.72	103.37	91.03	90.71	189.27
		3	230.31	156.30	94.49	89.28	89.10	158.48
PROMEDIO			239.44				90.20	165.40
2	1C	1	264.64	174.42	83.50	65.02	64.73	308.84
		2	220.58	135.43	73.43	64.70	64.59	241.51
		3	278.42	172.29	87.98	73.01	72.60	283.50
PROMEDIO			254.55				67.27	277.95
3	1B	1	163.06	99.68	73.77	73.38	73.36	122.27
		2	179.95	110.12	83.31	82.84	82.78	117.38
		3	261.44	163.20	112.58	111.90	111.84	133.64
PROMEDIO			201.48				89.33	124.43
PROMEDIO TOTAL								189.26

Fuente: Elaboración propia

Los arboles fueron derribados y troceados para la obtención de las probetas de secado en fecha 5 y 6 de julio del 2018, con un diámetro promedio de 54.92 cm de DAP. a 1.30 m de altura a partir del nivel del suelo; obteniendo una troza de cada árbol como se muestra en el cuadro N°8 la cual luego fue troceada y colocadas a aproximadamente 30cm del suelo y bajo sombra durante 35 días en el sitio de corta con un promedio de contenido de humedad en los arboles de 189.26%. Seguidamente se realizó el canteo

de las trozas dejando secar en el mismo sitio como listones, los cuales fueron aplicados con pintura en los extremos para evitar la rápida pérdida de la humedad y se presente rajaduras u otros defectos en la madera.

Posteriormente después de 24 días de secado de los listones canteados se procedió al traslado de los mismos al aserradero de la comunidad de San Alberto del señor Faustino Jiménez donde se obtuvieron los tablonos y seguidamente las probetas orientadas en corte radial y tangencial las cuales se les aplico de la misma manera pintura en los extremos para evitar la pérdida de la humedad.

Las probetas de secado fueron apiladas en el lugar del aserradero por 20 días por motivo de falta de transporte para el traslado al Laboratorio de la Madera de la Universidad Juan Misael Saracho.

El traslado de las probetas fue en fecha 24-09-18; el inicio del proceso de secado se lo realizo en fecha 27-09-18 en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Juan Misael Saracho utilizando el método del encastillado horizontal con separadores y base metálica de 50 cm de altura del nivel del suelo.

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} 100\%$$

Donde:

CH = Contenido de humedad expresado en %

Ph = Peso húmedo inicial

Ps = Peso de la madera en estado anhidro; peso final.

EJEMPLO.:

$$\text{Árbol 1: } CH = \frac{225.60 - 90.80}{90.80} 100\% = 148.46\%$$

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las probetas de dimensiones de 2.54 cm de espesor x 10 cm de ancho x 120 cm de longitud, las cuales fueron utilizadas para el ensayo del secado al aire libre de la especie Timboy (*Enterolobium contortisiliquum*. Vell. Morong.) tienen un contenido de humedad de 60.89% (ver cuadro N.º 11) al iniciar el proceso de secado, la temperatura al momento de iniciar el proceso fue de 28° y la humedad relativa de 58% (ver cuadro N.º 14). Los registros de control de peso de las tablas se realizaron cada 7 días durante 63 días donde se estabilizó la humedad de equilibrio higroscópico en la madera. Las maderas alcanzaron un promedio de contenido de humedad final de 13.04% una varianza de 0.46 lo que significa que los datos del contenido de humedad final llegaron a un punto casi uniforme y que la variación entre ellos es aceptable, una desviación estándar de 0.68 y un coeficiente de variación de 5.19 (ver cuadro N.º 11). La varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación son valores de dispersión ya que todas las muestras estudiadas fueron homogéneas en el punto del equilibrio higroscópico, los cuales nos permiten corroborar como fueron trabajadas las muestras.

El rango del contenido de humedad seco al aire es de 13 a 18%.

Cuadro 9. Análisis estadístico de las probetas para el contenido de humedad inicial de las probetas de secado

Árbol	Tipo de corte	Nº de probeta	Peso inicial	40º C Peso	60º C Peso	80º C Peso	101±2º C (Po)	CH %
1	RADIAL	1A1R	39,57	35,05	28.30	26.00	25.84	53.13
		1A2R	30,51	26,18	22.30	18.02	18.86	61.77
		1A3R	45,49	39,38	32.22	28.91	28.73	58.34
		1A4R	31,24	29,22	23.57	20.31	20.16	54.96
		1A5R	34,00	26,55	24.49	21.33	21.23	60.15
	TANGENCIAL	1A1T	38,43	35,12	26.64	24.36	24.19	58.88
		1A2T	38,40	34,85	26.18	25.91	25.76	61.62
		1A3T	29,53	26,37	19.92	17.71	17.60	67.78
		1A4T	32,35	29,10	21.25	21.01	20.90	54.78
		1A5T	45,86	40,42	36.67	28.39	28.24	62.39
2	RADIAL	2C1R	40,74	37,25	28.27	25.92	25.73	58.34
		2C2R	25,98	23,60	18.82	16.59	16.47	57.74
		2C3R	18,08	17,69	13.67	11.49	11.40	58.59
		2C4R	19,37	17,25	13.04	11.83	11.75	64.85
		2C5R	27,94	23,76	17.92	17.70	17.60	58.75
	TANGENCIAL	2C1T	26,30	22,53	19.36	17.14	17.02	64.17
		2C2T	43,80	38,25	28.83	27.53	27.36	60.09
		2C3T	22,02	20,09	16.56	14.36	14.26	54.42
		2C4T	28,19	23,80	17.68	17.50	17.38	62.19
		2C5T	34,78	28,52	25.36	21.19	21.06	65.15
3	RADIAL	3B1R	20,86	19,10	15.26	12.06	12.95	61.08
		3B2R	24,62	21,62	15.12	14.92	14.82	66.12
		3B3R	26,82	22,06	17.63	16.45	16.35	64.04
		3B4R	24,86	22,29	19.32	15.12	15.01	65.62
		3B5R	27,78	23,37	18.34	17.15	17.03	63.12
	TANGENCIAL	3B1T	35,03	29,71	25.00	21.82	21.72	61.28
		3B2T	32,20	27,09	23.38	20.17	20.06	60.52
		3B3T	39,22	33,95	27.96	25.73	25.58	59.56
		3B4T	21,86	18,42	14.09	13.90	13.50	61.93
		3B5T	19,66	17,85	15.79	12.05	11.90	65.21

Fuente: Elaboración propia 2019

Árbol	Tipo de corte	Nº de probeta	27-09-18	4-10-18	11-10-18	18-10-18	25-10-18	1-11-18	8-11-18	15-11-18	22-11-18	29-11-18
1	RADIAL	1A1R	1760	1520	1485	1465	1420	1405	1360	1345	1320	1305
		1A2R	1615	1345	1335	1260	1215	1200	1180	1165	1140	1120
		1A3R	2095	1765	1645	1635	1595	1565	1545	1515	1500	1485
		1A4R	1945	1715	1645	1530	1515	1500	1490	1440	1435	1435
		1A5R	1665	1425	1435	1400	1335	1310	1285	1245	1180	1165
	TANGENCIAL	1A1T	1630	1445	1335	1325	1300	1270	1260	1225	1180	1165
		1A2T	1840	1500	1455	1425	1410	1370	1340	1325	1310	1290
		1A3T	1910	1650	1560	1510	1465	1430	1390	1335	1305	1285
		1A4T	1590	1460	1300	1290	1265	1215	1195	1185	1165	1155
		1A5T	1910	1585	1555	1485	1465	1415	1370	1355	1330	1320
2	RADIAL	2C1R	1260	1125	1105	990	985	960	950	935	920	905
		2C2R	1100	975	875	845	830	820	815	805	795	785
		2C3R	985	830	790	780	765	745	730	720	710	700
		2C4R	840	705	685	665	635	625	605	595	585	575
		2C5R	1915	1685	1620	1585	1455	1415	1395	1375	1365	1355
	TANGENCIAL	2C1T	1455	1195	1150	1110	1090	1065	1045	1030	1015	1005
		2C2T	1040	865	825	815	800	780	765	755	745	740
		2C3T	1020	900	890	840	810	800	785	770	760	750
		2C4T	1265	1015	960	940	930	920	915	900	885	875
		2C5T	1460	1150	1110	1100	1080	1050	1035	1025	1015	1005
3	RADIAL	3B1R	1235	1090	1025	995	965	940	925	895	885	870
		3B2R	1615	1340	1190	1175	1155	1120	1105	1100	1095	1090
		3B3R	1520	1210	1185	1160	1145	1115	1095	1065	1045	1040
		3B4R	1355	1125	1100	1055	1030	1015	985	965	945	925
		3B5R	1390	1155	1135	1105	1080	1065	1025	1005	980	970
	TANGENCIAL	3B1T	1035	875	845	825	805	790	775	745	730	725
		3B2T	1435	1170	1145	1115	1085	1060	1045	1020	1015	1010
		3B3T	1340	1145	1125	1085	1065	1030	1010	980	965	955
		3B4T	1060	915	875	835	815	800	785	765	755	740
		3B5T	1100	920	905	875	845	825	810	785	770	760

Fuente. Elaboración propia 2019

Árbol	Tipo de corte	Nº de probeta	27-09-18 CH % inicial	4-10-18 CH 1	11-10-18 CH2	18-10-18 CH 3	25-10-18 CH 4	1-11-18 CH 5	8-11-18 CH 6	15-11-18 CH 7	22-11-18 CH 8	29-11-18 CH 9
1	RADIAL	1A1R	53.13	32.25	29.20	27.46	23.55	22.24	18.33	17.02	14.85	13.54
		1A2R	61.77	34.72	33.72	26.21	21.70	20.20	18.20	16.69	14.19	12.18
		1A3R	58.34	33.40	24.33	23.57	20.55	18.28	16.77	14.50	13.37	12.24
		1A4R	54.96	36.64	31.06	21.90	20.70	19.51	18.71	14.72	14.33	14.33
		1A5R	60.15	37.07	38.03	34.66	28.41	26.00	23.60	19.75	13.50	12.06
	TANGENCIAL	1A1T	58.88	40.85	30.13	29.15	26.71	23.79	22.82	19.40	15.02	13.56
		1A2T	61.62	31.76	27.80	25.17	23.85	20.34	17.70	16.38	15.07	13.31
		1A3T	67.78	44.94	37.03	32.64	28.69	25.62	22.10	17.27	14.64	12.88
		1A4T	54.78	42.13	26.55	25.58	23.14	18.28	16.32	15.35	13.41	12.43
		1A5T	62.39	34.76	32.21	26.26	24.55	20.30	16.48	15.20	13.08	12.23
2	RADIAL	2C1R	58.34	41.38	38.86	24.41	23.78	20.64	19.38	17.50	15.61	13.73
		2C2R	57.74	39.82	25.48	21.17	19.02	17.59	16.87	15.44	14.00	12.57
		2C3R	58.59	33.63	27.31	25.58	23.17	19.95	17.53	15.92	14.31	12.70
		2C4R	64.85	38.35	34.43	30.51	24.62	22.66	18.73	16.77	14.80	12.84
		2C5R	58.75	39.68	34.30	31.39	20.62	17.30	15.64	13.98	13.16	12.33
	TANGENCIAL	2C1T	64.17	34.83	29.76	25.24	22.99	20.17	17.91	16.22	14.52	13.40
		2C2T	60.09	33.15	26.99	25.45	23.15	20.07	17.76	16.22	14.68	13.91
		2C3T	54.42	36.25	34.74	27.17	22.63	21.11	18.84	16.57	15.06	13.54
		2C4T	62.19	30.14	23.08	20.52	21.80	19.24	17.32	15.39	13.47	12.19
		2C5T	65.15	30.08	25.56	24.43	22.17	18.77	17.08	15.94	14.81	13.68
3	RADIAL	3B1R	61.08	42.17	33.69	29.78	25.86	22.60	20.65	16.73	15.43	13.47
		3B2R	66.12	37.83	22.40	20.86	18.80	15.20	13.66	13.15	12.63	12.12
		3B3R	64.04	38.14	27.89	25.19	23.57	20.33	18.17	14.93	12.78	12.24
		3B4R	65.62	37.51	34.45	28.95	25.90	24.06	20.40	17.95	15.51	13.06
		3B5R	63.12	35.54	33.19	29.67	26.74	24.98	20.29	17.94	15.01	13.83
	TANGENCIAL	3B1T	61.28	36.35	31.67	28.56	25.44	23.10	20.77	16.09	13.75	12.97
		3B2T	60.52	30.88	28.08	24.72	21.37	18.57	16.89	14.10	13.54	12.98
		3B3T	59.56	36.34	33.96	29.20	26.81	22.65	20.27	16.69	14.91	13.72
		3B4T	61.93	39.78	33.67	27.56	24.50	22.21	19.92	16.86	15.34	13.05
		3B5T	65.21	38.16	35.92	31.42	26.91	23.91	21.65	17.90	15.65	14.15
DIAS			0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
SUMATORIA			1826,57	1098,53	925,49	804,38	711,7	629,67	560,76	488,57	430,43	391,24
MEDIA			60.89	36.62	30.85	26.81	23.72	20.99	18.69	17.34	14.35	13.04
VARIANZA			13.67	14.28	20.05	12.38	6.63	6.83	4.96	2.25	0.79	0.46
DESV.ESTANDAR			3.70	3.78	4.48	3.52	2.58	2.61	2.23	1.50	0.89	0.68
COEF. VARIACION			6.07	10.32	14.52	13.12	10.86	12.45	11.92	8.65	6.18	5.19

CUADRO N° 11 Contenido de humedad de control para el secado al aire libre

Fuente: Elaboración propia 2019

FORMULA: $CHc = \frac{Pc}{Pi} (CHi + 100) - 100\%$

Donde:

CHc= contenido de humedad de control (%)

Ejemplo) probeta 1A1R $CHc = \frac{1520}{1760} (53.13 + 100) - 100 = 32.25\%$

Pc= peso de control (gr) de acuerdo al cuadro 8

Pi = peso inicial (gr) de acuerdo al cuadro 8

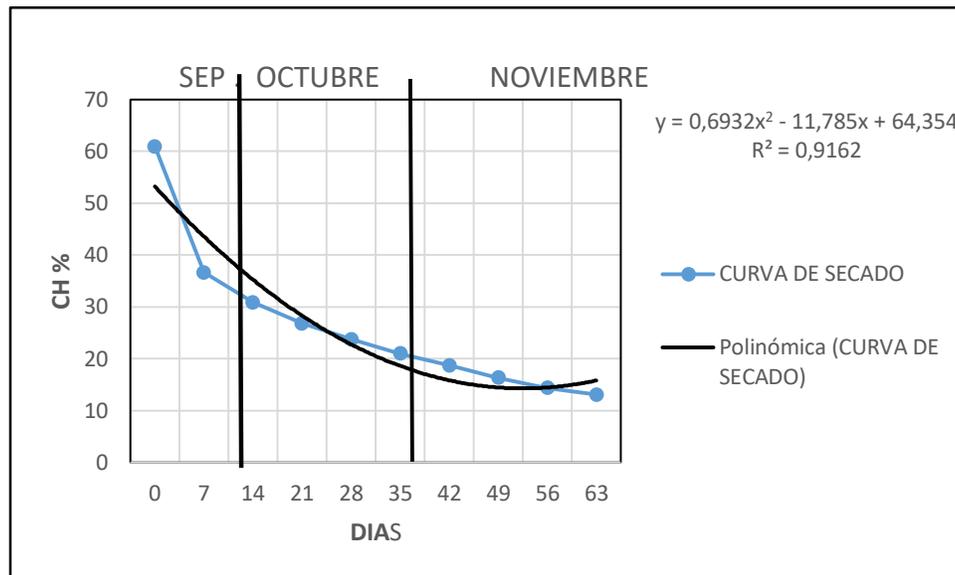
Chi = contenido de humedad inicial (%) de acuerdo al cuadro 7

FORMULAS UTILIZADAS: Varianza: $S^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n}$ Desviación estándar: $S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n}}$

Coef. Variación: $CV = \frac{S}{\bar{x}} * 100$ contenido de humedad: $CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100$

El siguiente grafico muestra el comportamiento de la madera de Timboy (*Enterolobium contortisiliquum Morong. Vell.*) durante el tiempo de secado de acuerdo a las condiciones ambientales presentadas de acuerdo al Cuadro N° 11.

Grafica N°2 Comportamiento promedio de la curva teórica de secado al aire libre según el cuadro N° 9



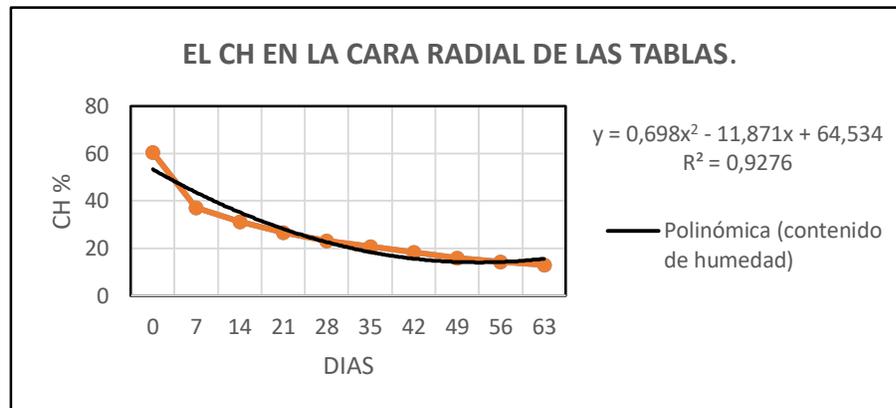
Fuente: Elaboración propia 2019

Cuadro N° 12 Análisis estadístico del contenido de humedad para las probetas de secado orientadas de forma radial

ARBOL	Tipo de corte	Nº de probeta	27/09/18	04/10/18	11/10/18	18/10/18	25/10/18	01/11/18	08/11/18	15/11/18	22/11/18	29/11/18
			CH % inicial	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CH 7	CH 8	CH 9
1	RADIAL	1A1R	53,13	32,25	29,2	27,46	23,55	22,24	18,33	17,02	14,85	13,54
		1A2R	61,77	34,72	33,72	26,21	21,7	20,2	18,2	16,69	14,19	12,18
		1A3R	58,34	33,4	24,33	23,57	20,55	18,28	16,77	14,5	13,37	12,24
		1A4R	54,96	36,64	31,06	21,9	20,7	19,51	18,71	14,72	14,33	14,33
		1A5R	60,15	37,07	38,03	34,66	28,41	26	23,6	19,75	13,5	12,06
2		2C1R	58,34	41,38	38,86	24,41	23,78	20,64	19,38	17,5	15,61	13,73
		2C2R	57,74	39,82	25,48	21,17	19,02	17,59	16,87	15,44	14	12,57
		2C3R	58,59	33,63	27,31	25,58	23,17	19,95	17,53	15,92	14,31	12,7
		2C4R	64,85	38,35	34,43	30,51	24,62	22,66	18,73	16,77	14,8	12,84
		2C5R	58,75	39,68	34,3	31,39	20,62	17,3	15,64	13,98	13,16	12,33
3		3B1R	61,08	42,17	33,69	29,78	25,86	22,6	20,65	16,73	15,43	13,47
		3B2R	66,12	37,83	22,4	20,86	18,8	15,2	13,66	13,15	12,63	12,12
		3B3R	64,04	38,14	27,89	25,19	23,57	20,33	18,17	14,93	12,78	12,24
		3B4R	65,62	37,51	34,45	28,95	25,9	24,06	20,4	17,95	15,51	13,06
		3B5R	63,12	35,54	33,19	29,67	26,74	24,98	20,29	17,94	15,01	13,83
SUMATORIA			906,6	522,59	468,34	401,31	320,25	311,54	276,93	242,99	213,48	193,24
MEDIA			60,44	37,21	31,22	26,75	23,13	20,77	18,46	16,08	14,23	12,88

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N.º 3 Comportamiento de la curva de secado de las probetas orientadas en dirección radial



Fuente: Elaboración propia

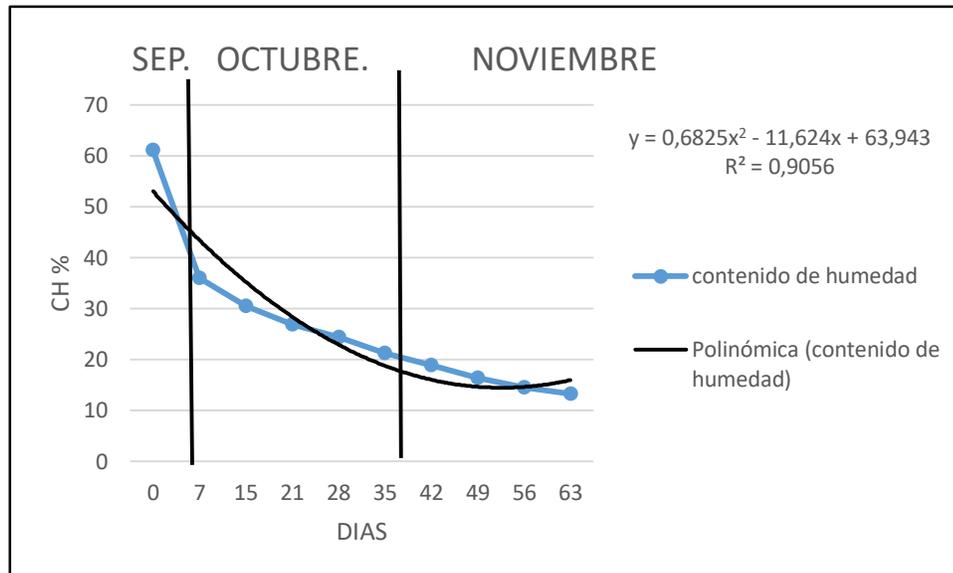
El Gráfico N.º3 muestra el comportamiento del contenido de humedad para las probetas orientadas de forma radial, en el cual se observa que en los primeros 21 días se produce una rápida pérdida de humedad hasta un 50% en el secado al aire libre. Desde ahí se observa que el ritmo de secado se produce mucho más lento, lo cual produce más estabilidad en el proceso hasta el final del estudio y la curva tiende a adquirir los valores de la humedad de equilibrio higroscópico (HEH)

Cuadro N° 13 Análisis estadístico del contenido de humedad para las probetas de secado orientadas de forma tangencial

árbol	Corte	probeta	27-09-18	04-10-18	11-10-18	18-10-18	25-10-18	01-11-18	8-11-18	15-11-18	22-11-18	29-11-18
1	TANGENCIAL	1A1T	58,88	40,85	30,13	29,15	26,71	23,79	22,82	19,4	15,02	13,56
		1A2T	61,62	31,76	27,8	25,17	23,85	20,34	17,7	16,38	15,07	13,31
		1A3T	67,78	44,94	37,03	32,64	28,69	25,62	22,1	17,27	14,64	12,88
		1A4T	54,78	42,13	26,55	25,58	23,14	18,28	16,32	15,35	13,41	12,43
		1A5T	62,39	34,76	32,21	26,26	24,55	20,3	16,48	15,2	13,08	12,23
2		2C1T	64,17	34,83	29,76	25,24	22,99	20,17	17,91	16,22	14,52	13,4
		2C2T	60,09	33,15	26,99	25,45	23,15	20,07	17,76	16,22	14,68	13,91
		2C3T	54,42	36,25	34,74	27,17	22,63	21,11	18,84	16,57	15,06	13,54
		2C4T	62,19	30,14	23,08	20,52	21,8	19,24	17,32	15,39	13,47	12,19
		2C5T	65,15	30,08	25,56	24,43	22,17	18,77	17,08	15,94	14,81	13,68
3		3B1T	61,28	36,35	31,67	28,56	25,44	23,1	20,77	16,09	13,75	12,97
		3B2T	60,52	30,88	28,08	24,72	21,37	18,57	16,89	14,1	13,54	12,98
		3B3T	59,56	36,34	33,96	29,2	26,81	22,65	20,27	16,69	14,91	13,72
		3B4T	61,93	39,78	33,67	27,56	24,5	22,21	19,92	16,86	15,34	13,05
		3B5T	65,21	38,16	35,92	31,42	26,91	23,91	21,65	17,9	15,65	14,15
suma			919,97	540,4	457,15	403,07	364,71	318,13	283,83	245,58	216,95	198
Promedio			61,05	36,03	30,48	26,87	24,	21,21	18,92	16,37	14,46	13,2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N.º 4 Comportamiento de la curva de secado de las probetas orientadas en dirección tangencial.



Fuente: Elaboración propia

El cuadro N.º 13 presenta la temperatura máxima y la humedad relativa para cada registro de peso de control de las probetas de secado al aire libre.

Cuadro N.º 14 Temperatura máxima y humedad relativa en el tiempo de secado

Obtenidos con el Psicrómetro.

PERÍODO	Temperatura Máxima*	Humedad Relativa*
27-09-18	28°	58%
04-10-18	17°	58%
11-10-18	32°	59%
18-10-18	28°	58%
25-10-18	26°	76%
1-11-18	23°	64%
8-11-18	31°	54%
15-11-18	26°	56%
22-11-18	24°	52%
29-11-18	27°	65%

Fuente. Elaboración propia

CUADRO N°15: Datos climáticos de la estación del Aeropuerto.

Meses	septiembre	octubre	noviembre
Humedad relativa (%)	54.0	53.4	62.1
Precipitación media (mm)	21.4	36.2	67.6
Velocidad del viento (nudos/hrs a 10mt)	35.0	30.0	25.0
Dirección del viento	SE	SE	SE

Fuente: SENAMI. 2018

3.3.CONTROL DE DEFECTOS

Los defectos en la madera son causados por la pérdida acelerada del agua en la madera, la Encorvadura es un defecto que tiene una tolerancia de 0.33%, la Arqueadura tienen una tolerancia del 1%, la torcedura tiene una tolerancia de 0.33% y las grietas un 20%.

Cuadro N.º 16 Defectos producidos en el secado.

TIPO DE DEFECTO	Nº de probeta	Valor %
ENCORVADURA	3B3T	0.33
	3B5T	0.18
	3B1T	0.29
	3B4R	0.25
	2C3T	0.25
	3B4T	0.33
	2C5T	0.21
	2C3R	0.92

ARQUEADURA	2C4R	0.42
	1A5T	0.75
	2C5R	0.75
	1A3R	0.50
	1A4R	0.67
	1A5R	0.25
	1A4T	0.67
	1A1T	0.83
	1A2T	0.42
TORCEDURA	3B2R	0.25
	2C2R	0.21
	3B2T	0.30
	1A2R	0.17
	1A2T	0.29
	1A1R	0.25
GRIETA	3B1T	6.25
	2C5R	5.83
	1A3R	10

Fuente: Elaboración propia 2019.

ENCORVADURA ↔ (tolerancia $H/L * 100 \leq 0.33\%$)

EJM) PROBETA 3B5T

$$T = \text{Tolerancia} \quad T = \frac{0.22(\text{cm})}{120(\text{cm})} \times 100 = 0.18\%$$

H= Altura (cm)

L= Longitud (cm)

ARQUEADURA ↔ (tolerancia $H/L * 100 \leq 1\%$)

EJM) PROBETA 2C3R

$$T = \text{Tolerancia} \quad T = \frac{1.1(\text{cm})}{120(\text{cm})} \times 100 = 0.92\%$$

H= Altura (cm)

L= Longitud (cm)

TORCEDURA ↔ (tolerancia $H/L * 100 \leq 0.33\%$)

EJM) PROBETA 3B2R

$$T = \text{Tolerancia} \quad T = \frac{0.30(\text{cm})}{120(\text{cm})} \times 100 = 0.25\%$$

H= Altura (cm)

L= Longitud (cm)

GRIETAS. (%)

T= tolerancia 20%

EJM) PROBETA 3B1T

$$T = \frac{7.5(\text{cm})}{120(\text{cm})} \times 100 = 6.25\%$$

Realizado el análisis correspondiente de los defectos presente en el trabajo de investigación se pudo concluir que los rangos son aceptables y que la madera puede ser utilizada en los procesos de trabajabilidad.

3.4. DISTRIBUCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL ESPESOR DE LA MADERA

La humedad en la cara I de la madera tuvo como promedio 8.06% y en la cara II tuvo un promedio de humedad de 7.94%, en el centro de las tablas hubo un promedio de humedad de 15.45%, estos valores fueron calculados con los datos obtenidos en el Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Juan Misael Saracho, para lo cual se hizo uso del Xilohigrómetro.

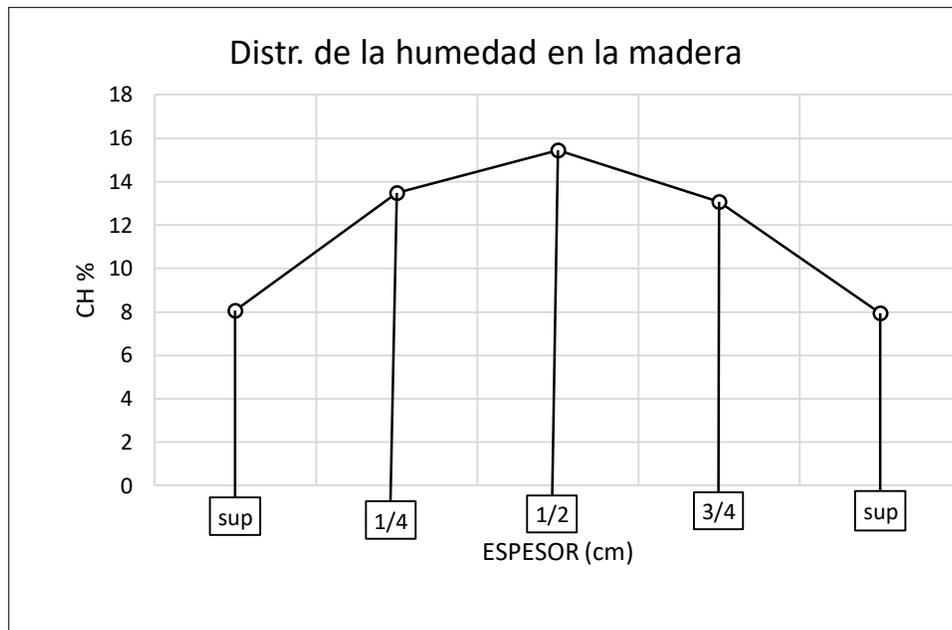
Cuadro N.º 17 Distribución de la humedad (%) en el espesor de la madera secada al aire libre.

N.º DE ARBOL	TIPO DECORTE	LADO 1 SUP.	A 1/4	A 1/2	A 3/4	LADO B SUP.
ÁRBOL 1	RADIAL	7.6	13.2	15.5	13.4	7.5
		8.1	12.5	15.8	12.6	7.8
		7.5	12.7	14.8	13.5	7.5
		7.8	23.2	14.5	13.0	8.1
		8.3	13.5	15.2	12.8	7.8
	TANGENCIAL	7.6	12.9	15.5	12.5	7.5
		8.2	12.8	14.7	12.6	8.5
		8.4	13.2	14.3	13.4	8.4
		7.5	13.6	15.3	13.0	8.2
		7.9	13.8	15.2	13.6	7.6
		9.0	13.5	15.5	13.4	7.8
		8.7	13.9	15.7	13.5	8.5
		8.1	12.5	15.6	13.0	8.5

ARBOL N.º 2	RADIAL	8.6	12.9	14.9	12.8	8.0
		7.6	13.4	14.5	12.6	7.4
	TANGENCIAL	7.2	12.5	16.0	13.8	7.6
		8.4	13.4	15.8	13.6	8.5
		8.9	13.4	15.5	12.5	7.5
		7.4	12.8	16.2	12.8	7.8
		7.6	13.2	16.0	13.5	7.4
ARBOL N.º 3	RADIAL	7.1	13.6	15.8	12.4	8.0
		7.9	13.7	15.5	13.8	8.6
		8.0	12.9	14.9	12.5	8.2
		8.3	12.6	16.5	12.9	7.6
		7.5	13.5	15.8	13.4	7.8
	TANGENCIAL	7.6	12.6	15.0	13.5	7.5
		8.2	13.8	16.4	13.2	8.2
		8.9	13.4	15.6	12.8	8.5
		9.2	13.5	15.8	12.5	8.4
		8.5	12.6	15.5	13.1	7.5
		8.2	12.7	15.8	13.5	7.8
SUMATORIA		249,8	417,8	479,1	405,5	246
MEDIA		8,06	13,48	15,45	13,07	7,94
VARIANZA		0.30	3.45	0.30	0.19	0.16
DESV. ESTANDAR		0.55	1.86	0.55	0.44	0.4
COEF. VARIACION		0.07	0.14	0.04	0.03	0.05

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°5 Distribución de la humedad en el espesor de la madera secada al aire libre.



Fuente: Elaboración propia 2019

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Después de finalizar el presente trabajo de investigación sobre el proceso de secado de la madera al aire libre de la especie Timboy (*Enterolobium contortisiliquum*. Vell. *Morong*) se llegó a las siguientes conclusiones:

- La especie Timboy (*Enterolobium contortisiliquum*. Vell. *Morong*) tiene una densidad de 0.36 gr/cm^3 el cual se clasifica dentro del rango de las maderas livianas y por lo tanto requiere de un proceso de secado más lento y con cuidados más específicos ya que por su densidad es una madera liviana y tiende a tener pérdidas bruscas de la humedad. La duración del presente estudio fue de 63 días aplicando el secado al aire libre con el método del encastillado horizontal con base metálica de 50 cm y bajo cubierta. Se inició con un contenido de humedad promedio de 60.89% llegando al final a un contenido de humedad de 13.04%, lo cual significa que está dentro del rango de 18-13% de la madera seca al aire.
- El método del encastillado horizontal es de fácil aplicación; tomando en cuenta la cantidad de madera a secar, el proceso es más efectivo cuando la cantidad es menor. Es ideal para las maderas livianas o de densidad baja por la comodidad de que se puede hacer secar grandes cantidades y el tiempo será menor con relación a otros métodos ya que el espaciado con separadores entre filas y columnas permite mayor entrada y salida del aire (mayor ventilación) lo cual favorece al proceso de secado.
- En el secado al aire libre con el método del encastillado horizontal se observó mayormente la presencia de las Arqueadura; así también la encorvadura y torceduras y en menor cantidad las grietas. No se observó gran diferencia tomando en cuenta la orientación de las piezas en ambos tipos de cortes (radial y tangencial) se presentan los defectos mencionados. Sin embargo,

estos defectos se encuentran dentro de los rangos permisibles para que la madera pueda ser trabajada.

- La distribución de la humedad en el interior de la madera varía de acuerdo a la profundidad, dando como resultado un contenido de humedad mayor en el centro respecto a la superficie, para este estudio se obtuvo un resultado de 15.45% de humedad en el centro y en la superficie un promedio de 8.0% de humedad.
- En el método de secado al aire libre en encastillado horizontal los gastos de inversión son mínimos y se puede realizar para grandes cantidades de madera especialmente las de densidad baja (madera liviana); en comparación con los métodos de secados artificiales o en hornos en los cuales los costos de inversión son elevados.
- Obtenido los resultados y realizado el análisis de los datos estadísticos de la especie Timboy se observa que en comparación con trabajos realizados de especies de similar densidad como la palta (*Persea americana Mill*) trabajo realizado por la Ing. Gloria R. Hidalgo Mullicundo en 2017, el tiempo de secado es similar con variación de algunos días. haciendo diferencia que el encastillado horizontal para la especie Timboy llego a un equilibrio de la humedad en la madera en un menor tiempo.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se espera que el presente trabajo de investigación sirva de base o guía para futuros proyectos que tengan como objetivo obtener madera seca de buena calidad y a bajo costo de inversión de secado.
- Se recomienda que para métodos de secado al aire libre se utilicen siempre base para el apilado de 50 cm del nivel del suelo para evitar el contacto directo con la humedad del suelo y genere mayor tiempo en el secado.
- Es necesario aplicar los tratamientos preventivos con parafina y pintura en los extremos de las tablas para evitar pérdidas bruscas de humedad y así evitar la presencia de defectos como las grietas y rajaduras.
- La cubierta o techo es un factor muy importante en ese tipo de estudio ya que ayuda a impedir el contacto del agua y el sol de manera directa con la madera.
- Para las maderas livianas como el Timboy no se observa grandes diferencias en cuanto a la dirección de corte de la madera para aplicar el secado al aire libre. Por lo tanto, se recomienda para esta especie cualquiera de los dos tipos de corte para realizar el secado al aire libre.