

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS FORESTALES



**SECADO AL NATURAL EN MÉTODOS DE APILADO EN TRIÁNGULO Y
CABALLETE DE LA ESPECIE FORESTAL TOPA (*Ochroma pyramidale***

(Cav. ex Lam.) Urban.)

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

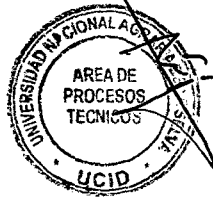
MENCIÓN FORESTALES

KAREN YESSENIA UTIA PUJAY

PROMOCIÓN 2010 – II

Tingo María – Perú

2012



K50

U94

Utia Pujay, Karen Yesenia

Secado al natural en métodos de apilado en triangulo y caballete de la especie forestal Topa (*Ochromapyramidale* (Cave. Ex Lam) Urban) - Tingo María 2012

67 páginas; 06 cuadros; 14 figuras; 40 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

1. APILADO

2. OCHROMAPYRAMIDALE

3. SECADO

4. PROBETAS

5. CABALLETE

6. HUMEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 26 de setiembre del 2012, a horas 4:15 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“SECADO AL NATURAL DE TÉCNICAS DE APILADO EN TRIÁNGULO Y CABALLETE DE LA ESPECIE FORESTAL TOPA *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urban”

Presentado por la Bachiller: **KAREN YESSENIA UTIA PUJAY**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 19 de julio de 2013.


Ing. M.Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. **VICENTE S. POCOMUCHA POMA**
VOCAL


Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**
VOCAL




Ing. **MANUEL BRAVO MORALES**
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, porque me iluminas, me rodeas
de mucho amor y me ayudaste a
culminar esta meta.

A mi amado padre Dilver Utia Chávez
(Q.E.P.D.), gracias por guiarme y
protegerme, porque me enseñaste que
la actitud, la voluntad y el sacrificio son
imprescindibles para alcanzar lo que
anhelamos de corazón.

A mi madre Mónica Pujay Martínez, por
darme tu cariño, paciencia, apoyo,
consejos y valor para seguir adelante.

A mis hermanos Charly y Jordan,
gracias por el apoyo desinteresado sin
importar las circunstancias.

A mi abuelito Victor Pujay Mejía, que
con sabiduría siempre repetías que
“uno es de lo que se forja”.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a las personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A los docentes, gracias por su tiempo, apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigas (os) Diana Alania, Andrea Ambicho, Diana Araujo, Marilia Flores, Telma Daza, Alicia Gonzales, Aldo Cárdenas, Alan García, gracias por el cariño desinteresado y sincero, por el esfuerzo realizado ya que me brindan la alegría y fortaleza necesaria para seguir adelante.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. General	3
1.1.2. Específicos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Humedad de la madera	4
2.1.1. El agua en la madera	4
2.1.2. Contenido de humedad	5
2.1.3. Métodos principales para determinar el contenido de humedad	5
2.2. Secado de la madera.....	6
2.2.1. Conceptos generales	6
2.2.2. Secado al natural o aire libre.....	8
2.2.3. Apilado de madera aserrada	9
2.2.4. Preparación de la madera	11

2.2.5.	Techado de los apilados	12
2.3.	Propiedades físicas	12
2.3.1.	Contracción volumétrica.....	12
2.3.2.	Higroscopicidad.....	12
2.3.3.	Relación humedad relativa del aire y humedad de la madera.....	13
2.3.4.	Contenido de humedad de equilibrio (CHE).....	14
2.3.5.	Densidad y contenido de humedad.....	15
2.4.	Topa (<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban).....	17
2.4.1.	Descripción general.....	17
2.4.2.	Características externas de la madera.....	19
2.4.3.	Secado.....	20
2.4.4.	Preservación	20
2.4.5.	Trabajabilidad.....	21
2.4.6.	Durabilidad natural	21
2.4.7.	Usos actuales.....	21
2.4.8.	Usos potenciales	21

III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Ubicación del área de trabajo	22
3.2. Materiales	22
3.2.1. Madera	22
3.2.2. Herramientas y equipos	23
3.2.3. Materiales y equipos de laboratorio.....	23
3.3. Metodología	24
3.3.1. Ubicación y selección de la especie.....	24
3.3.2. Proceso de obtención de la madera.....	24
3.3.3. Acondicionamiento de las probetas de madera	26
3.3.4. Apilado	26
3.3.5. Apilado de las probetas según los métodos a trabajar.....	27
3.3.6. Estudio de las propiedades físicas de la madera	27
3.4. Componentes de estudio.....	32
3.4.1. Tratamientos en estudio.....	33
3.4.2. Diseño estadístico	34

3.4.3.	Esquema del análisis de varianza (ANVA).....	35
3.4.4.	Variabes evaluados	36
IV.	RESULTADOS.....	37
4.1.	Comportamiento del secado natural bajo dos métodos de apilado.....	37
4.2.	Secado en los tipos de corte y niveles del fuste	38
4.3.	Contracción en el corte radial y tangencial en topa	38
4.3.1.	Contracción de ancho de las probetas en los árboles.....	39
4.3.2.	Contracción del ancho de las probetas en los niveles del fuste	39
4.3.3.	Contracción del ancho de las probetas en dos tipos corte	41
4.3.4.	Contracción del espesor de las probetas en los árboles	42
4.3.5.	Contracción del espesor en probetas en niveles del fuste	43
4.3.6.	Contracción del espesor de las probetas en dos tipos de corte.....	43
4.4.	Contenido de humedad	44

4.4.1.	Contenido de humedad en los cinco árboles	45
4.4.2.	Contenido de humedad en los diferentes niveles del fuste	45
4.5.	Presencia de defectos y deformaciones	46
V.	DISCUSIÓN	47
5.1.	Comportamiento del secado natural bajo dos métodos de apilado	47
5.2.	Secado en los tipos de corte y niveles del fuste	48
5.3.	Contracción en el corte radial y tangencial	49
5.4.	Contenido de humedad	53
5.5.	Defectos y deformaciones	55
VI.	CONCLUSIONES	58
VII.	RECOMENDACIONES	59
VIII.	ABSTRACT	60
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXO	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características de los árboles utilizados en la investigación.	24
2. Tratamientos considerados en la investigación.	33
3. El esquema del análisis de varianza.....	35
4. Análisis de varianza para la contracción del ancho entre árboles, niveles del fuste y tipo de corte.....	39
5. Análisis de varianza para la contracción del espesor entre árboles, niveles del fuste y tipo de corte.....	42
6. Análisis de varianza del contenido de humedad en el fuste de la especie topa.....	44
7. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor nivel del fuste para la variable contracción del ancho de las probetas.	68
8. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor tipos de corte para la variable contracción del ancho de las probetas.	68
9. Prueba Tukey ($p > 0.05$) para la contracción del ancho de las probetas en los diferentes árboles de topa.	68
10. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor niveles del fuste para la variable contracción del espesor de las probetas.....	69

11. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor tipos de corte para la variable contracción del espesor de las probetas. 69
12. Prueba Tukey ($p > 0.05$) para la contracción del espesor de las probetas de los diferentes árboles de topa. 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Tipo de apilado en triángulo (RUEDA, 2007).....	10
2. Tipo de apilado con caballete (RUEDA, 2007).....	11
3. Muestra de madera para la preparación de las probetas (SILVA, 2005).	28
4. Comportamiento del secado natural de la topa bajo dos técnicas de apilado.	37
5. Comportamiento del secado con los diferentes tipos de corte y en los tres niveles del fuste de la topa.	38
6. Prueba Tukey de la contracción del ancho en probetas.	40
7. Comparación de promedios de Tukey del efecto principal del factor nivel del fuste de la variable contracción del ancho (%) en la madera de topa (<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban.).....	40
8. Comparación de promedios de Tukey del efecto principal del factor tipo de corte de la variable contracción del ancho (%) en la madera de topa (<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban.).....	41

9.	Prueba Tukey de la contracción del espesor de las probetas en los cinco árboles.	42
10.	Prueba Tukey del efecto principal del factor nivel del fuste para la variable contracción del espesor (%) en maderas de topa (<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban.).....	43
11.	Prueba Tukey del efecto principal del factor tipo de corte para la variable contracción del espesor (%) en probetas de topa (<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban.).....	44
12.	Prueba Tukey del contenido de humedad en probetas.....	45
13.	Prueba Tukey del efecto principal del factor nivel del fuste para la variable contenido de humedad (%) en probetas de topa (<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban.).....	46
14.	Presencia de defectos y deformaciones en probetas secadas bajo dos técnicas de apilado.....	46
15.	Medición del fuste de la topa.	70
16.	Corte inicial de la troza.	70
17.	Transporte de cuartones.....	71
18.	Canteado de cuartones.....	71
19.	Probetas listas para apilar.....	72
20.	Codificación y evaluación de las probetas.	72

RESUMEN

Con la fines de determinar las características de secado al natural bajo las técnicas de apilado en triángulo y caballete de la topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.), a tres niveles del fuste en Tingo María. La investigación se realizó en el distrito Rupa Rupa, región Huánuco; se prosiguió la metodología de la norma técnica peruana NTP - 251.008. Como resultado, se determinó que la pérdida de humedad bajo las técnicas de apilado en las probetas fue similar, siendo mayor en probetas de la parte basal, media y apical del fuste; los árboles, niveles del fuste y el efecto por los tipos de corte presentaron diferentes contracciones en el ancho de las probetas; la contracción del espesor en las probetas fue diferente entre los árboles, niveles del fuste y los tipos de corte; el contenido de humedad entre los árboles y los tres niveles del fuste presentó diferencias; y en el secado natural con apilado en caballete, hubo mayor número de probetas defectuosos, siendo mayor el defecto en las probetas provenientes de parte basal del fuste.

I. INTRODUCCIÓN

El árbol, como todo ser vivo necesita del agua para transportar internamente los nutrientes y poder sobrevivir. La capacidad de retención de humedad varía de una especie a otra; dicha cantidad de agua se relaciona con el valor de la densidad básica de cada especie. Sin embargo, gran porcentaje de esa humedad interna en la madera, en la mayoría de los casos, no es deseable en los procesos de industrialización de la madera. Por ello, se debe aplicar alguna técnica de secado y disminuir el contenido de humedad de la madera a niveles óptimos para su procesamiento y puesta en uso.

La madera es un material de múltiples propiedades como la higroscopicidad, la cual permite que la madera gane o pierda humedad según condiciones del medio que la rodea. Por lo tanto, la humedad relativa (HR), la temperatura y el contenido de humedad en equilibrio (CHE) son determinantes para que la madera adquiera un equilibrio de humedad, que disminuirá considerablemente sus movimientos (contracciones e hinchamientos) cuando esté en servicio. La madera obtendrá estabilidad dimensional cuando su contenido de humedad (CH) alcance un equilibrio con el contenido de humedad del ambiente.

La topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.), es una especie de rápido crecimiento haciendo parte del grupo de especies pioneras o

colonizadoras. Es abundante en los bordes de los ríos y en los claros de los bosques donde se han talado árboles (ESPINAL, 1986), hasta ahora se encontraron limitados usos como equipos salvavidas, flotadores para pesca, ayudas para natación, maquetas (MADERA, 1988); además se tiene poca información respecto al comportamiento de la madera durante el secado natural, generando interrogantes como ¿Tendrá buen comportamiento la madera de topa en el secado al natural bajo técnicas de apilado en triángulo y caballete?

La importancia del presente estudio, radica en conocer las características del secado natural con dos técnicas de apilado, que permitirá dar el uso adecuado en los diferentes valores agregados que se le podrían dar y tal es así que la justificación estaría enmarcado en el uso adecuado a asignarle después de la extracción del bosque.

Con en conocimiento del comportamiento del secado natural de la topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.), se obtienen productos estables dimensionalmente y competitivos en el mercado, es decir, cumplen estándares de calidad. Por lo mencionado se consideró necesario determinar la curva de secado para dicha especie forestal observando así cuál de las dos técnicas de secado al natural apilado en triángulo o caballete tendrá menor tiempo de secado.

Se aceptó la hipótesis de que el secado al natural bajo técnicas de apilado en triángulo y caballete presentaron similar comportamiento.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar las características de secado al natural en técnicas de apilado triángulo y caballete de la especie topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.), a tres niveles del fuste en la zona de Tingo María.

1.1.2. Específicos

- Cuantificar el tiempo en el secado al natural bajo los métodos de apilado en triángulo o apilado con caballete.
- Determinar el comportamiento del secado en probetas con corte tangencial y radial extraídos de tres niveles del fuste.
- Determinar la contracción radial y tangencial de la topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.) en el proceso de secado al natural.
- Determinar el contenido de humedad de la topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.) en tres niveles del fuste.
- Determinar el comportamiento al secado natural en lo que se refiere a presencia de defectos, tales como grietas, rajaduras, deformaciones, arqueadura, encorvadura, revirado y torcedura.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Humedad de la madera

2.1.1. El agua en la madera

Según VISCARRA (1998), el árbol en pie contiene un elevado nivel de agua. Algunas especies livianas como la balsa y el mapajo pueden contener hasta 300% ó 400% de contenido de humedad; otras muy pesadas como el quebracho colorado llegan hasta un 50% a 60% como máximo.

El agua en la madera está presente en dos formas: agua libre o capilar, que se encuentra en el interior de las cavidades celulares. Es el agua de más fácil extracción. Al eliminarla no se presentan modificaciones apreciables en las propiedades físicas y mecánicas del leño y se llega a un nivel de humedad de aproximadamente 30% en la madera. A este contenido de humedad se denomina punto de saturación de la fibras (PSF) (VISCARRA, 1998).

El agua de impregnación es la que se encuentra adherida a las paredes celulares. Una vez iniciada la eliminación de esta forma de humedad a partir del PSF, se inician las modificaciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (VISCARRA, 1998).

2.1.2. Contenido de humedad

Según VISCARRA (1998), el nivel de humedad de la madera se calcula como un porcentaje del peso del agua que contiene, respecto al peso del material seco:

$$CH = \frac{Ph - Po}{Po} \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad de la madera (%)

Ph = Peso de la madera húmeda o peso inicial

Po = Peso de la madera anhidra

Para calcular el contenido de humedad, se emplea una probeta pequeña de madera. El peso seco o anhidro se determina después de exponer la probeta a una temperatura de aproximadamente 103 °C, hasta que su peso no varíe.

2.1.3. Métodos principales para determinar el contenido de humedad

VISCARRA (1998) menciona que existen varios métodos para determinar el contenido de humedad de la madera, los más comunes son el método gravimétrico o por pesadas y el método eléctrico.

En el primer método, se emplea una balanza con una precisión aproximada de 0.1 g para pesar la muestra (peso húmedo) al momento de su obtención y después se determina el peso anhidro, como se describió en el inciso anterior. Este método es uno de los más exactos y confiables.

El segundo método emplea algunas propiedades eléctricas de la madera. El aparato más empleado es un medidor del contenido de humedad basado en la resistencia eléctrica que ofrece la madera al paso de una corriente continua (de una batería o pila). La precisión de estos aparatos es alrededor de 1% y sólo son de lectura confiable entre 6% y 25% de contenido de humedad; fuera de este rango son de dudosa precisión y exactitud.

Las lecturas dependen de la especie de madera, temperatura de la tabla y de la profundidad de penetración de los electrodos. Algunos modelos disponen de una corrección por especie para las maderas más conocidas, y otros, además, tienen corrección por temperatura.

2.2. Secado de la madera

2.2.1. Conceptos generales

Es el proceso de eliminar el exceso de agua de la madera para facilitar su posterior procesamiento y regularidad. Pero el concepto de secado va más allá de una simple definición, abarca el conocimiento de la materia prima, de su comportamiento y de los equipos utilizados para un adelantar un procesamiento óptimo (SALAS, 2005).

Según POMACHAGUA (1993), agrega que el secado es un proceso gradual de pérdida de agua debido al incremento de la temperatura que experimenta la madera como consecuencia del calor. Este proceso ocurre por evaporación, que es la acción del calor que evapora fácilmente el agua en la madera, por capilaridad, cuando las paredes celulares atrae el agua y la hacen subir hasta el perímetro del poro y salir de la madera, y por difusión, que es el proceso lento de pérdida de agua.

El mismo autor, señala también que en el secado se necesita el calor para evaporar el agua de la madera y estos requerimientos energéticos van en aumento a medida que progresa el secado. El aire en contacto con la madera está en movimiento para transportar tanto calor como la humedad extraída.

GALLO (2009) menciona que el proceso de secado se basa en aprovechar la capacidad de la madera para intercambiar humedad con el ambiente en que se ubique. En el secado en cámara, la madera se somete artificialmente a condiciones más severas, forzando ese intercambio de humedad.

ANANÍAS (2005) manifiesta que; la velocidad del secado de la madera puede ser representada por las variaciones temporales de la humedad de la madera. Teóricamente la velocidad del secado presenta una etapa constante al inicio, hasta el contenido de humedad crítico (CHC), luego es decreciente hasta el contenido de humedad de equilibrio (CHE).

2.2.2. Secado al natural o aire libre

Según JUNAC (1984), citado por GUEVARA (1996), la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores, en general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas. La albura, formada por células cuya principal función es la conducción de sustancias nutritivas en solución acuosa, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen, tejido compuesto por células con acumulación de sustancias infiltradas en las cavidades celulares.

Según GONZÁLES (1970), el agua susceptible de ser eliminada por secado presenta dos formas. El agua libre ocupa las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares y depende linealmente de la densidad básica, la que a su vez es función directa del volumen de poros, según la siguiente ecuación:

$$CH_{\max} = \frac{1.56 - DB}{(1.56)(DB)} \times 100$$

Donde:

CH max. = Máximo contenido de humedad, expresado en porcentaje.

DB = Densidad básica o relación del peso seco en estufa y el volumen saturado, determinado en un ensayo normalizado de laboratorio, expresado en g/cm³;

1.56 = Es un valor constante asignado como la densidad real de los principales componentes de la madera, básicamente celulosa.

La velocidad de eliminación del agua libre depende de las condiciones del medio, básicamente de la humedad relativa y la temperatura. También depende del diámetro de las cavidades celulares, que define las fuerzas de atracción capilar. En los puntos en que se ha evaporado el agua libre se inicia la difusión del agua higroscópica en forma de vapor de la pared celular a la cavidad celular, en donde se condensa en forma líquida (Hildebrant, 1967; citado por GUEVARA, 1996).

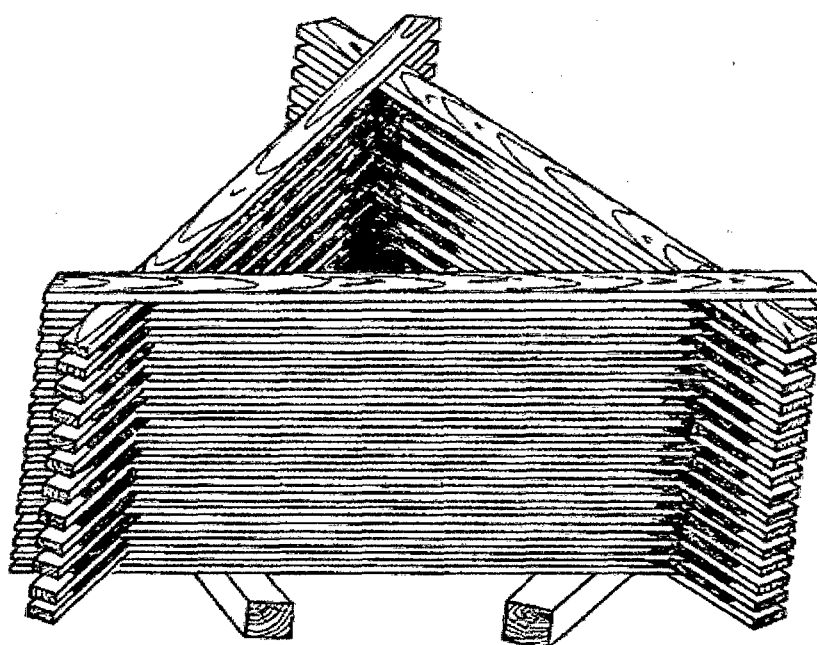
Según DETIENNE (1983), la madera de *Ochroma pyramidale* Swartz (topa) tiene color rosado, grano recto y textura gruesa. Presenta poros difusos, solitarios y múltiples radiales. El diámetro de los elementos vasculares es clasificado como grande. El parénquima es paratraqueal vasicéntrico. Las fibras son de longitud media a grande, diámetro muy grande y espesor de pared delgada. La densidad es muy baja.

2.2.3. Apilado de madera aserrada

La madera aserrada puede ser apilada en diferentes formas para un secado al aire libre (RUEDA, 2007).

2.2.3.1. Apilado en triángulo

Se utiliza especialmente para tablones y no requiere de viguetas o separadores para permitir la circulación del aire ya que el espacio se logra a través del entrecruzamiento de los extremos de las tablas. Es conveniente protegerlos de la lluvia y de la incidencia directa del sol a través de un techo.



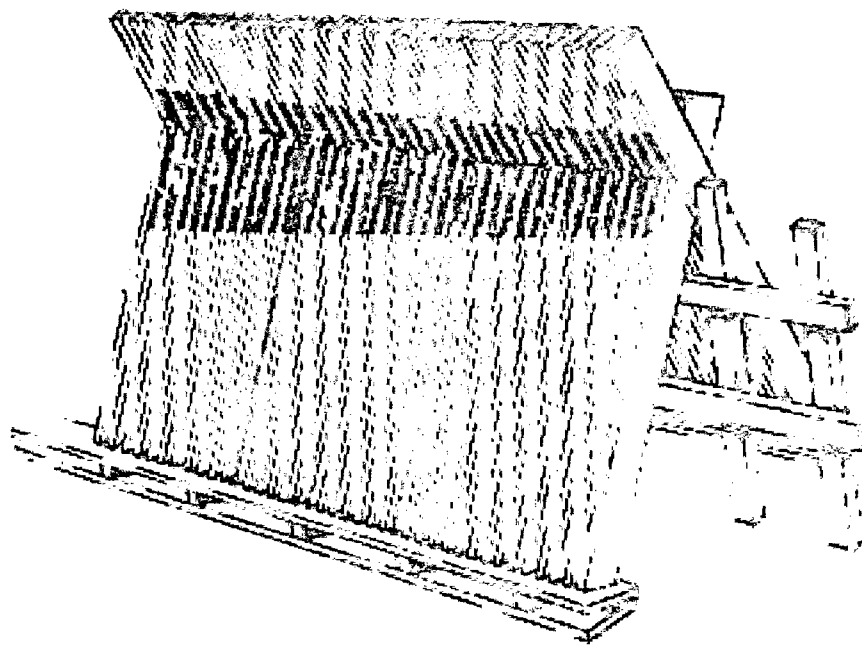
Fuente: RUEDA (2007).

Figura 1. Tipo de apilado en triángulo.

2.2.3.2. Apilado con caballetes

Utilizado en especies que tienen alto contenido de humedad inicial y que no son susceptibles a sufrir deformaciones inmediatamente después del aserrado. Las piezas de madera se colocan de canto sobre un travesaño o

caballete y se apoya sobre uno de los extremos, permitiendo una velocidad de secado rápida en la parte superior de las viguetas (RUEDA, 2007).



Fuente: RUEDA (2007).

Figura 2. Tipo de apilado con caballete.

2.2.4. Preparación de la madera

Durante el secado natural es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos a fin de contrarrestar los agentes biodegradantes como insectos, hongos, sol, la lluvia entre otros que son agresivos, y la posible formación de grietas, rajaduras y deformaciones.

Aplicar, por aspersion o inmersión, sustancias inmunizantes (insecticidas y fungicidas) para evitar el ataque de hongos e insectos.

2.2.5. Techado de los apilados

TROYA *et al.* (2000) manifiesta que es necesario en casi todos los casos, techar las pilas de madera, para no retrasar el secado y evitar la pérdida de madera por desclasificación. Para mejor la eficacia, el techo debe sobresalir en los costados y extremos de las pilas. El techo debe sobresalir unos 30 cm en el frente, unos 80 cm en la parte posterior y unos 20 cm por los costados. El techo debe seguir un declive que permita el fácil escurrimiento del agua hacia su parte posterior (pendiente de 10 – 25%).

2.3. Propiedades físicas

2.3.1. Contracción volumétrica

Reducción de dimensiones que experimentan las piezas de madera cuando pierden humedad. Según la dirección que se considere se habla de contracción longitudinal, radial o tangencial (SALAS, 2005).

2.3.2. Higroscopicidad

Es la variación de la densidad de la madera cuando el contenido en humedad varía un 1%. La madera va a estar en un equilibrio hidrostático con el medio ambiente, es decir, la madera va a absorber agua del medio o a cederla hasta llegar a un equilibrio dinámico con éste. La humedad para la cual la madera ya no varía su densidad es la Humedad de Equilibrio Higroscópico (HEH).

Este equilibrio es dinámico. Desde el punto de vista comercial se admite que el HEH es la misma para todas las maderas (MORALES, 2004).

2.3.2.1. Curvas de equilibrio higroscópico

Estas curvas establecen la variación de la humedad de equilibrio higroscópico (HEH) con la variación de las características higrotérmicas del medio. La madera es más sensible a los cambios de humedad relativa que a los cambios de temperatura. Esto es, en la variación de la humedad de equilibrio higroscópico (HEH) va a tener más peso la humedad relativa que la temperatura (SALAS, 2005).

2.3.3. Relación humedad relativa del aire y humedad de la madera

La humedad relativa del aire influye directamente a la humedad de la madera. Si la humedad relativa del aire, entonces aumenta la humedad de la madera de igual forma se presenta esa influencia de manera inversa. Siempre y cuando la temperatura sea constante y el proceso se lleva a cabo en un sistema cerrado.

La madera es un material higroscópico que reacciona siguiendo los leyes que rigen para los cuerpos porosos por lo tanto, en contacto con un ambiente determinado esta absorberá o perderá humedad, hasta tanto no exista igualdad entre las presiones parciales en vapor de aire circundante y el cuerpo húmedo de lo contrario se dará una transferencia de humedad de la madera al medio o viceversa (MORALES, 2004).

La magnitud de esta transferencia depende de la Humedad relativa del aire. Para un cuerpo saturado de agua, la transformación será nula si la Humedad relativa es igual al 100% y máxima cuando la Humedad relativa es 0%, mientras que si el cuerpo poroso está seco la absorción de humedad será máxima si la Humedad relativa es 100% y nula si la Humedad relativa es 0% cuando una pieza de madera se deja cierto tiempo bajo condiciones de temperatura y Humedad relativa constante se establece un equilibrio entre la presión de vapor de agua y del aire y la que existe en el interior de la pieza de madera (SALAS, 2005).

2.3.4. Contenido de humedad de equilibrio (CHE)

Al ser la madera un material higroscópico lo que significa que tiene la capacidad de absorber o ceder humedad del ambiente que la rodea, hasta que la cantidad de agua en la madera este en equilibrio con las condiciones ambientales.

Cuando una pieza de madera se deja suficiente tiempo en una ambiente cuya característica de temperatura y humedad relativa permanecen constante, se establece un equilibrio entre la presión parcial del vapor de agua en el aire y la que existe en el interior de la pieza de madera. Cuando este en equilibrio es alcanzado, la humedad de la madera no varía más y se dice que ha llegado al "Contenido de Humedad de Equilibrio" (CHE) o Humedad limite. Este contenido de humedad permanecerá constante mientras las

características de humedad permanecerán constantes mientras las características del aire que rodean a la madera no cambian (SALAS, 2005).

Es importante señalar que este equilibrio se alcanza instantáneamente y el tiempo implicado depende de varios factores, tales como la Densidad de la madera el espesor, cantidad y calidad de las sustancias extractivas presentes, la humedad inicial, etc. Los valores de la humedad de equilibrio de la madera se ha determinado en función de las características del aire que la rodean, a presión atmosférica constante se pueden hacer variar los parámetros humedad relativa y temperatura del aire y es parte de ellos establecer los valores de la humedad de equilibrio de la madera correspondiente a cada condición dada.

La relación entre el contenido de humedad den equilibrio de la humedad de la madera y la humedad relativa del aire a un temperatura constante, puede expresarse por medio de una curva llamada Isotherma de Sorción (MORALES, 2004).

2.3.5. Densidad y contenido de humedad

2.3.5.1. Densidad

Es la relación entre la masa (m) de una pieza de madera con su volumen (v) y se la expresa en gramos por centímetro cúbico.

$$D = \frac{m}{v}$$

2.3.5.2. Contenido de Humedad en base seca

Es la cantidad de agua presente en la madera; se expresa como porcentaje del peso de la madera seca o anhidra y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$^{\circ}CH (\%) = \left(\frac{P_i - P_o}{P_o} \right) \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%)

Pi = Peso inicial (g)

Po = Peso en estado anhidro (g)

2.2.5.2.1. Medición del contenido de humedad

En la práctica, la cantidad de agua existente en la madera se determina según métodos principales: directo, por diferencias de peso, e indirecto, con ayuda de xilohigrómetros eléctricos.

2.2.5.2.2. Contenido de humedad de equilibrio

Es el contenido de humedad que adquiere la madera cuando es expuesta al ambiente durante un tiempo prolongado. En estas condiciones, la madera perderá o ganará agua hasta alcanzar un estado de equilibrio entre la humedad que contiene y la del aire (MORALES, 2004).

2.2.5.2.3. Contracción y expansión

La magnitud de la contracción varía según las características de la especie, las secciones y la orientación anatómica del corte. Se expresa como porcentaje de la dimensión original de la pieza de madera. Se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$C (\%) = \left(\frac{Dv - Do}{Dv} \right) \times 100$$

Donde:

C = Contracción

Dv = Dimensión en verde

Do = Dimensión final a determinado contenido de humedad.

2.4. Topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban)

2.4.1. Descripción general

Árbol que alcanza una altura hasta de 30 m y un diámetro hasta de 0.70 m. Tronco liso, de color gris, que se ramifica a unos 10 m de altura. Las hojas son alternas, pecíoladas, y de base cordada. Las flores son grandes, de color blanco y campanuladas.

El fruto es una cápsula que se abre por varias valvas y contiene una lana llamada "lana de balsa". Es una especie de rápido crecimiento

haciendo parte del grupo de especies pioneras o colonizadoras. Es abundante en las vegas de los ríos y en los claros de los bosques donde se han talado árboles (ESPINAL, 1986).

Según LAMPRECHT (1990), *Ochroma, pyramidale* es un árbol de tamaño mediano a grande. En condiciones óptimas puede alcanzar de 25 m a 30 m de altura y entre 70 cm y 80 cm de diámetro.

Tiene hojas dispuestas en espiral, simples alternas de 15 cm a 30 cm de largo y aproximadamente, igual ancho, acorazonadas en la base y con el ápice redondeado, flores solitarias que miden de 10 cm a 15 cm de largo, con 5 lóbulos extendidos de color blanquecino a amarillo pálido.

Sus frutos son en cápsula de forma peculiar, casi cilíndrica, de 10 cm a 20 cm de largo y entre 3 cm y 5 cm de diámetro; los árboles empiezan a fructificar desde que tienen 4 a 5 años de edad.

Las semillas de color castaño oscuro; miden de 2 mm a 4 mm de largo y, aproximadamente, 1,5 mm de diámetro, entre 100.000 y 140.000 semillas pesan 1 kg (LAMPRECHT, 1990).

Crece en las regiones tropicales y subtropicales, en bosques pluviales. Árbol propio del bosque muy húmedo tropical (bmh-T). Aunque es una especie pionera, crece asociada con *Buchenavia capitata*, "Muli", *Tetragastris balsamifera* "anime", *Guarea trichilioides* "cedro macho" y *Ocotea* sp. "canelo" (ROJAS, 1986).

2.4.2. Características externas de la madera

Albura de color blancuzco, con transición gradual a duramen de color rosado a marrón pálido. Olor y sabor ausentes o no distintivos. Grano de recto a entrecruzado. Textura mediana a gruesa. Brillo mediano. Veteado suave (LNPF, 1974; MADERA, 1988).

La densidad varía entre 0.07 g/cm^3 y 0.15 g/cm^3 , la más corriente es de 0.12 g/cm^3 . En Ecuador han determinado que el peso específico varía mucho y que el promedio es de 0.13 g/cm^3 , en peso seco al horno. La madera es más ligera cuando los árboles tienen 4 a 6 años de edad, que es la oportunidad donde se deben talar, ya que a los 10 años es más densa y pierde su valor comercial. Estudios realizados en Ecuador han permitido llegar a la conclusión de que, a partir de los 8 años, el árbol empieza a formar madera de color ligeramente rosado (la cual generalmente, no se usa), y que después de 10 años la madera que se forma en las capas exteriores es bastante dura (Dudek, 1971; mencionado por CHALA, 2008).

Dudek (1971), mencionado por CHALA (2008) afirma que esta madera es muy blanca; con poca diferencia entre albura y duramen. No tiene olor ni sabor, o éstos son poco distinguibles. Es de textura fina, grano recto y buen lustre; los poros son gruesos y dispersos, pero no muy numerosos; los radios son anchos, aproximadamente, igual a diámetro de los poros, también se presentan otros radios muy finos. La contracción total verde a seco al horno, con peso específico de 0.13 g/cm^3 , es longitudinal 0.6%; radial 3.0%;

tangencial 3.5%; y volumétrica 7.1%; se considera una madera de baja contracción.

2.4.3. Secado

La madera seca fácil y rápidamente al aire libre. No se debe pasar de 3 días desde el momento del aserrado y hasta que la madera entra al horno. Sólo en esta forma se podrá producir madera de buena calidad y con el menor número de defectos (JUNAC, 1989).

El secado no debe realizarse rápido, sino en fases; primero secarla al aire y luego en estufa a temperaturas bajas, es recomendable secar la madera al horno con temperaturas bajas ya que la exposición al ambiente genera manchas, podredumbres, rajaduras, etc. La madera es fácil de trabajar si se emplea cuchillas afiladas para que no produzcan desgarraduras en los cortes, permite la penetración fácil de clavos y tornillos, pero por ser blanda no los retiene bien; buen encolado; el cepillado es satisfactorio; la resistencia a las rajaduras por tornillos es excelente; el moldeado, taladrado y torneado son algo deficientes; el lijado es regular (LAMPRECHT, 1990).

2.4.4. Preservación

Madera muy fácil de tratar por cualquiera de los sistemas de inmunización, ya que presenta una retención de más 200 kg/m³ y penetración total de las sustancias preservantes (JUNAC, 1988).

2.4.5. Trabajabilidad

La madera es muy fácil de trabajar con herramientas comunes y en las operaciones de maquinado. Se puede encolar con facilidad y es químicamente compatible con resinas (MADERA, 1988).

2.4.6. Durabilidad natural

Es baja y muy susceptible al ataque de hongos e insectos. En contacto con la humedad se pudre rápidamente (JUNAC, 1988).

2.4.7. Usos actuales

Equipos salvavidas, flotadores para pesca, patos señuelos, ayudas para natación, en aviación para paneles tipo emparedado, aeromodelismo, maquetas, como aislante eléctrico y térmico, contra vibraciones y para boyas (MADERA, 1988).

2.4.8. Usos potenciales

Como relleno en tableros muy livianos, objetos de artesanía, pulpa y papel, encofrados, cajas para alimentos, como aislante acústico, manualidades, artículos de fantasía y juguetes (MADERA, 1988).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de trabajo

El presente trabajo de investigación se ha realizado en el área de tecnología de productos forestales de la Facultad de Recursos Naturales renovables pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria de la Selva "UNAS" ubicada en la ciudad Tingo María, región Huánuco, provincia Leoncio Prado y distrito Rupa Rupa.

Según los datos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñones, la ciudad de Tingo María tiene una temperatura máxima de 29.8 °C, mínima de 20.3 °C, y media de 24.1 °C, precipitación promedio anual de 3,317.4 mm y humedad relativa de 87%. De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1982), Rupa Rupa se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque muy húmedo pre montano, sub tropical (bmh - PST) y una altitud de 660 m.s.n.m.

3.2. Materiales

3.2.1. Madera

Se emplearon probetas de corte radial y corte tangencial de la especie forestal *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. "topa" extraídos de

un sistema de plantación forestal como lindero ubicado en el Pueblo Joven de Pachacutec posteriormente se trasladaron las muestras al área de tecnología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para obtener las probetas, finalmente las evaluaciones se realizaron en la mencionada área.

3.2.2. Herramientas y equipos

- Cinta métrica de 30 m
- Wincha de 5 metros
- Machete
- GPS GARMIN Map60 CSX.
- Libreta de campo
- Sierra circular
- Motosierra marca STIHL, modelo 250
- Garlopa eléctrica
- Cámara fotográfica

3.2.3. Materiales y equipos de laboratorio

- Estufa eléctrica provista de termostato.
- Desecador de laboratorio, provisto de sustancia higroscópica.
- Balanza electrónica, con una precisión de 0.1 g.
- Micrótopo

3.3. Metodología

3.3.1. Ubicación y selección de la especie

Se realizó la identificación y ubicación de la especie en estudio para luego ser seleccionadas de acuerdo a la norma técnica peruana NTP-251.008 (INDECOPI, 1980); seleccionando para esto cinco árboles y a cada árbol seleccionado se le ubicó los puntos correspondientes con el GPS. Posteriormente se evaluó los datos correspondientes del árbol como el diámetro a la altura del pecho, altura total del fuste y calidad de fuste.

Cuadro 1. Características de los árboles utilizados en la investigación.

Árbol	Diámetro (cm)	Altura del fuste (m)	Coordenadas	
1	40	11	383531	8983071
2	37	13	383522	8983070
3	35	13	383525	8983071
4	38	12	383576	8983464
5	35	11	383636	8983478

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Proceso de obtención de la madera

Luego de ubicar y seleccionar los árboles en estudio se procedió a la tala de los mismos, el cual se ha tenido en cuenta la norma técnica

peruana NTP-251.008 (INDECOPI, 1980). Las muestras o cada árbol se cortaron en tres niveles de altura (bajo, medio y superior).

3.3.2.1. Apeo, corte o talado

En este proceso se cortaron los árboles en estudio, utilizando una motosierra además se ha tenido en cuenta la dirección de caída.

3.3.2.2. Trozado de los árboles

Se procedió a trozar los árboles apeados de tal manera para obtener tres trozas así mismo tres niveles por árbol con una longitud de 1.2 m, se codificó cada troza para diferenciar a que árbol y a qué nivel corresponde.

3.3.2.3. Transporte de las trozas

Es la fase en la que las trozas obtenidas fueron trasladadas al Área de Tecnología de la Facultad de Recursos Naturales, para esta actividad se ha utilizado una camioneta perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.2.4. Aserrado

En esta fase se procedió a usar la sierra circular para aserrar las trozas en forma longitudinal, con la finalidad de obtener bloques o tablones con dimensiones uniformes para que luego se obtenga probetas con características similares que fueron sometidas a evaluación.

3.3.2.5. Obtención de probetas o viguetas

En esta operación se ha obtenido las probetas, tablas o viguetas de las dimensiones establecidas y en las respectivas orientaciones (tangencial y radial dos de cada uno, por parte del fuste) para el proceso de secado al aire libre.

3.3.3. Acondicionamiento de las probetas de madera

Luego de obtener las probetas de corte longitudinal, se colocaron estas en un ambiente teniendo en cuenta una buena disposición entre probetas y se secó éstas con respecto al tiempo.

3.3.4. Apilado

Para realizar un correcto secado al natural es indispensable realizar un buen apilamiento de la madera verde para permitir la circulación del aire y evitar defectos en la madera tales como grietas, rajaduras, torceduras, entre otros, para ello se debe tener en cuenta que:

- La madera debe colocarse sobre una base de pilones entre 40 a 45 cm del piso como mínimo, a fin de facilitar la circulación del aire y evitar el contacto directo con el suelo que permita la infestación de hongos e insectos.
- Se recomienda, si el apilado es manual, que la altura no supere los 2 m.
- Las viguetas empleados para la separación de la madera deben estar secos, libre de hongos y deformaciones, ser preferiblemente de una

madera más densa que la apilada, con alta durabilidad natural y tener el mismo espesor de listones entre 2.5 cm y 3 cm.

3.3.5. Apilado de las probetas según los métodos a trabajar

Las posiciones de las probetas en cada método de apilado triángulo o caballete fueron completamente al azar

3.3.6. Estudio de las propiedades físicas de la madera

Para determinar el comportamiento de la madera de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. "topa" se ha empleado una estufa con 103 ± 2 °C de temperatura de la especie forestal antes mencionada, el cual se consideraron de 5 árboles. Como referencia se utilizó la norma ASTM D2017-71 que establece los siguientes pasos:

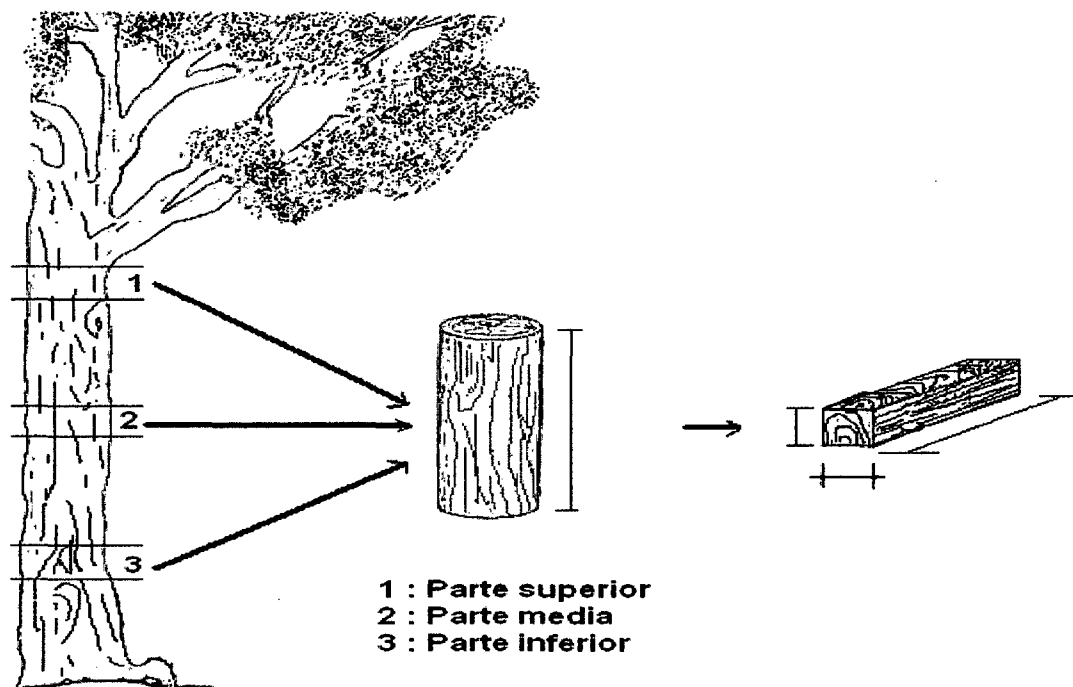
3.4.6.1. Preparación de probetas de madera

Los ensayos de laboratorio se realizaron con trozas seleccionadas de 1.30 m de longitud y 20 - 25 cm de diámetro, obtenidas de 5 árboles de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. "topa" procedentes del área extraída.

De cada árbol se sacaron un promedio de 3 trozas, principalmente una próxima a la base, otra del centro y finalmente de la parte más alta, teniendo cuidado en cada caso de escoger la mejor parte del tronco. De esta manera se ha obtenido tres grupos iguales en:

- Parte baja
- Parte media
- Parte alta

Las piezas se cortaron en las mismas dimensiones para cada grupo, obteniendo piezas o muestras de 2.5 x 10 x 120 cm, convenientemente orientadas.



Fuente: SILVA (2005).

Figura 3. Muestra de madera para la preparación de las probetas.

3.4.6.2. Cálculo del contenido de humedad en base seca

Una vez obtenidas las piezas éstas se pesaron para obtener el peso húmedo y luego se colocó en la estufa. Seguidamente se aplicó un calentamiento hasta obtener un peso constante, o sea el peso seco al horno. El

contenido de humedad se determinó siguiendo la norma técnica peruana NTP - 251.010 (INDECOPI, 2004).

$$CH (\%) = \left(\frac{PH - PSH}{PSH} \right) \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%)

PH = Peso húmedo de la muestra (g)

PSH = Peso seco al horno (g)

100 = Factor de conversión de porcentaje

3.4.6.3. Cálculo del peso seco de la muestra (PS)

Se ha procedido a calcular el peso seco (PS) de las muestras bajo la siguiente fórmula.

$$PS = \left(\frac{PH}{100 + CH} \right) \times 100$$

3.4.6.4. Determinación del cambio dimensional

Para determinar la contracción y expansión o los cambios dimensionales de la madera se ha seguido la norma técnica peruana NTP 251.012. En la cual se determinó las caras tangenciales (T) y las radiales (R)

de las probetas, luego se pesaron y se ha medido en los puntos centrales previamente marcadas en las caras, las referidas dimensiones tanto tangenciales y radiales.

Luego se colocaron en la estufa, para secarles gradualmente. Posteriormente se sacó la madera al desecador hasta enfriarlo y luego alcanzar un peso constante. Después de enfriar a temperatura ambiente, se pesaron las muestras y se procedió a la medición de las dimensiones ya establecidas. Se tomaron las mismas probetas utilizadas anteriormente.

Para determinar la contracción radial y tangencial de la especie a trabajar se acondicionó con respecto a criterios basados a la norma técnica peruana NTP 251.012 (INDECOPI, 2004), midiendo las probetas tanto en la parte baja, media y alta y promediándolas a cada una para obtener un resultado más exacto y en peso tanto húmedo como en peso constante en secado al natural.

3.4.6.5. Expresión de resultados

La contracción total de la madera (desde húmeda a seco en el aire libre), se ha calculado con las fórmulas siguientes en porcentajes (%).

- Cálculo de la contracción tangencial total (CTt)

$$CTt = \left(\frac{D_{th} + D_{tsh}}{D_{th}} \right) \times 100$$

- Cálculo de la contracción radial total (CRt)

$$CRt = \left(\frac{Drh + Drsh}{Drh} \right) \times 100$$

Donde:

Dth, Drh = Dimensión tang, rad. de la probeta húmeda

Dtsh, Drsh = Dimensión tang, rad. de la probeta seca al natural.

3.4.6.6. Evaluación de secado

Desde la tumba del primer árbol se procedió a pesa en forma diaria las probetas y con los valores del peso seco se elaboró la curva de secado al natural hasta que llegue a peso constante.

3.4.6.7. Evaluación de defectos y deformaciones

Mediante inspección visual y con medición directa se evaluaron los defectos de secado básicamente grietas, rajaduras, deformaciones: arqueadura, encorvadura, revirado y torcedura.

3.4.6.8. Interpretación de resultados

Según el procedimiento elaborado por Aróstegui (1982) citado por GALLO (2009) y en base a la velocidad de secado, las maderas se clasificaron en tres grupos:

- Secado rápido, aquellas maderas que alcanzan un contenido de humedad de 20% en 120 días.
- Secado moderado, si llegan al 20% entre 121-240 días.
- Secado lento, cuando llegan al 20% en más de 240 días.

En función a la presencia y magnitud de defectos y deformaciones, las maderas se clasifican en tres grupos:

- Grupo A: Maderas que secan sin defectos ni deformaciones. Puede admitirse rajaduras en ambos extremos, siempre que no pasen el 1% de la longitud de la pieza;
- Grupo B: Maderas que secan con ligeros defectos y deformaciones. Puede admitirse rajaduras de hasta 5% de la longitud total en ambos extremos.
- Grupo C: Maderas que secan presentando deformaciones de 1 – 3% en cualquiera de sus dimensiones y rajaduras hasta 10% en cada uno de sus extremos.

3.4. Componentes de estudio

Se consideró dentro dos factores en estudio, la primera que se le asignó a los niveles del fuste y la segunda al tipo de apilado que se utilizó durante el secado de las probetas.

Niveles del fuste (Factor A)

- a_1 = Base
- a_2 = Medio
- a_3 = Ápice

Formas de secado (Factor B)

- b_1 = Triangulo
- b_2 = Caballete

3.4.1. Tratamientos en estudio

Los tratamientos considerados en la investigación fueron seis, que se forman de las combinaciones entre los dos factores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos considerados en la investigación.

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T ₁	$a_1 b_1$	Tablilla extraída de la base del fuste secado en triángulo.
T ₂	$a_1 b_2$	Tablilla extraída de la base del fuste secado en caballete.
T ₃	$a_2 b_1$	Tablilla extraída del medio del fuste secado en triángulo.
T ₄	$a_2 b_2$	Tablilla extraída del medio del fuste secado en caballete.

T_5	$a_3 b_1$	Tablilla extraída del ápice del fuste secado en triángulo.
T_6	$a_3 b_2$	Tablilla extraída del ápice del fuste secado en caballete.

3.4.2. Diseño estadístico

Para el análisis del comportamiento de la madera de topa sobre las dos formas de secado al aire libre, y los tres niveles del fuste, se aplicó un Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 2 x 3 y con 5 bloques (árboles).

Considerando el diseño anteriormente mencionado dentro de la investigación, el modelo aditivo lineal quedó compuesto por la respuesta (Y_{ijk}) que estuvo influenciado por la media, niveles del fuste y error del experimento.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + T_k + (\alpha T)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Es el resultado que se obtendrá en la k-ésima sub unidad, correspondiente a la unidad experimental del j-ésimo árbol, a la cual se le asignó el i-ésimo nivel del fuste.
- μ = Efecto de la media general.
- β_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor bloque.

- α_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor apilado y/o tipo de corte.
- T_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor nivel del fuste.
- αT_{jk} = Efecto de interacción entre j-ésimo nivel del factor apilado y/o tipo de corte con el k-ésimo nivel del factor nivel del fuste.
- ϵ_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental.

3.4.3. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

El análisis de varianza presentó la fuente de variación compuesta por los árboles, niveles y tipos de apilado (Cuadro 3). El grado de libertad del error experimental fue variable debido a que el número de repeticiones en los árboles fue diferente.

Cuadro 3. El esquema del análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM
Bloques (Árboles)	4	SC bloques	CM bloques
Combinaciones	5	SC combinaciones	CM combinaciones
F. Fuste (A)	2	SC a	CM a
F. secado (B)	1	SC b	CM b
Fuste x Secado (AB)	2	SC axb	CM axb
Error experimental	24	SC error exp.	CM error exp
TOTAL	33	SC total	CM total

3.4.4. Variables evaluados

- Variables dependientes: Contenido de humedad (%) y cambio dimensional (%).
- Variables independientes: Método de secado en triangulo y caballete.

IV. RESULTADOS

4.1. Comportamiento del secado natural bajo dos métodos de apilado

Las probetas colocadas para el secado de manera natural bajo las dos técnicas de apilado, presentó similar comportamiento respecto a la pérdida de humedad, alcanzaron mayor pérdida en los seis primeros días, luego la pérdida fue menor y similar para ambos tipos de secado (Figura 4).

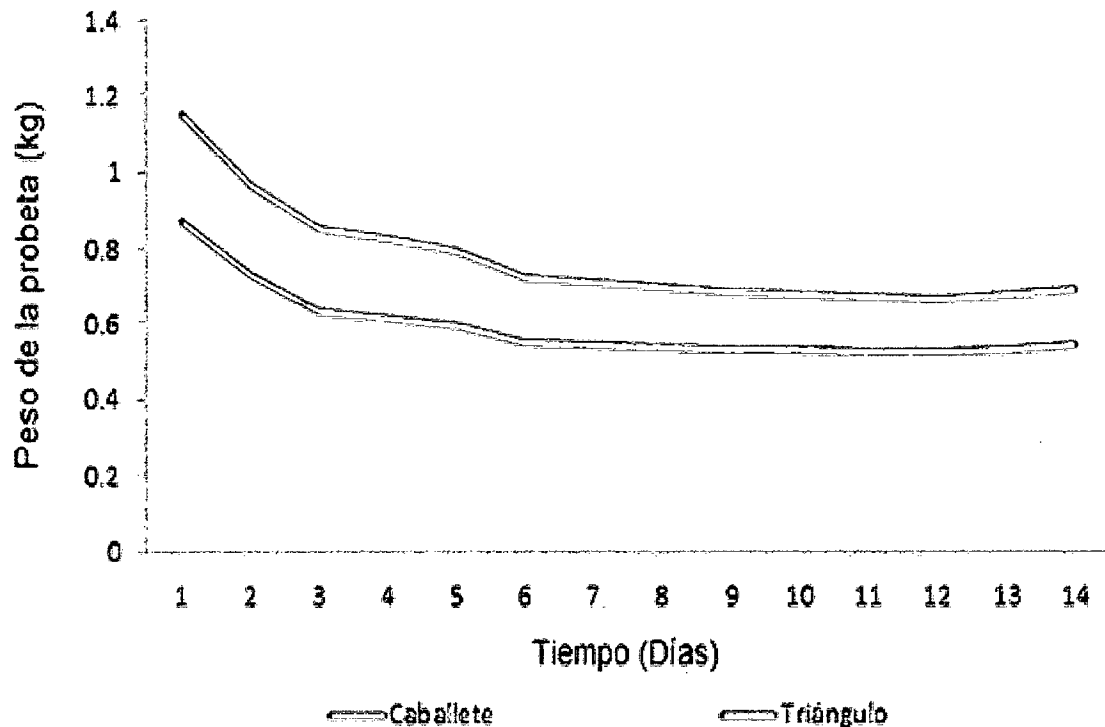


Figura 4. Comportamiento del secado natural de la topa bajo dos técnicas de apilado.

4.2. Secado en los tipos de corte y niveles del fuste

Se ha encontrado mayor pérdida de humedad en probetas provenientes de la parte basal del fuste, seguido en la parte media y apical del fuste (Figura 5).

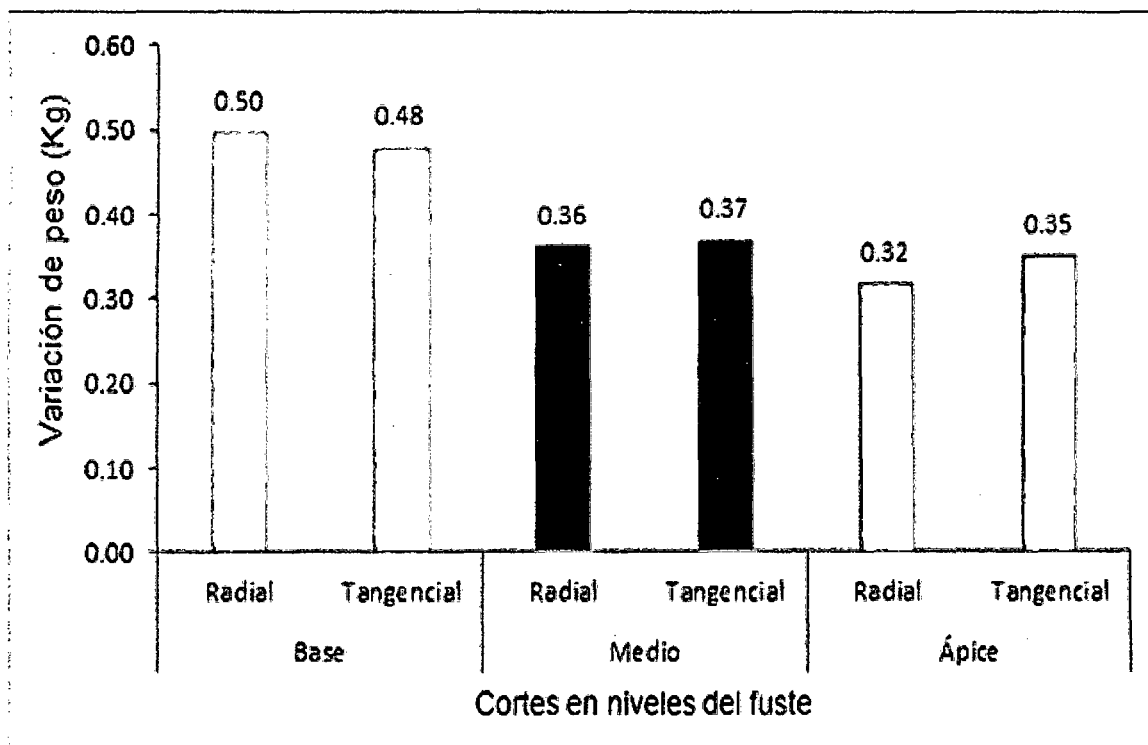


Figura 5. Comportamiento del secado con los diferentes tipos de corte y en los tres niveles del fuste de la topa.

4.3. Contracción en el corte radial y tangencial en topa

Los árboles presentaron alta diferencia estadística significativa en la contracción del ancho de las probetas, en los niveles del fuste se encontró diferencia estadística significativa y en los tipos de corte se encontró alta diferencia estadística significativa (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza para la contracción del ancho entre árboles, niveles del fuste y tipo de corte.

FV	GL	SC	CM	F-valor
Árbol	4	0.80	0.20	7.29 **
Nivel	2	0.18	0.09	3.19 *
Corte	1	0.79	0.79	28.90 **
Nivel*Corte	2	0.00	0.00	0.00 N.S.
Error	59	1.62	0.03	
Total	68	3.39	1.11	

CV: 12.7%. *: Significancia estadística ($p < 0.05$), **: Alta significancia estadística ($p < 0.01$)

Valor del error generado por el número de repeticiones variables en los bloques.

4.3.1. Contracción de ancho de las probetas en los árboles

Estadísticamente, el árbol número uno y dos presentaron similares valores de contracción en el ancho de las probetas, siendo diferentes a los árboles número tres y cuatro, mientras que el árbol cinco presentó un valor promedio a todo los demás árboles (Figura 6).

4.3.2. Contracción del ancho de las probetas en los niveles del fuste

Se ha encontrado que la contracción presentó un decrecimiento desde la base hacia el ápice del fuste (Figura 6) encontrando valores de 1.3% en la parte basal, 1.3% para la parte media y 1% en el nivel apical del fuste (Figura 7).

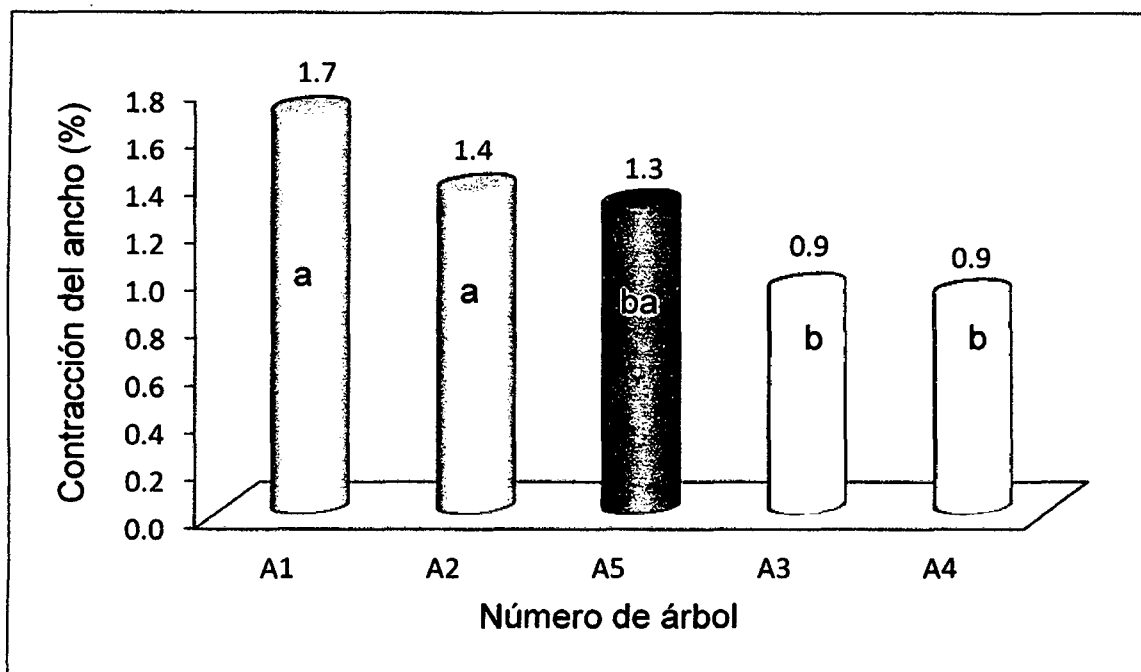
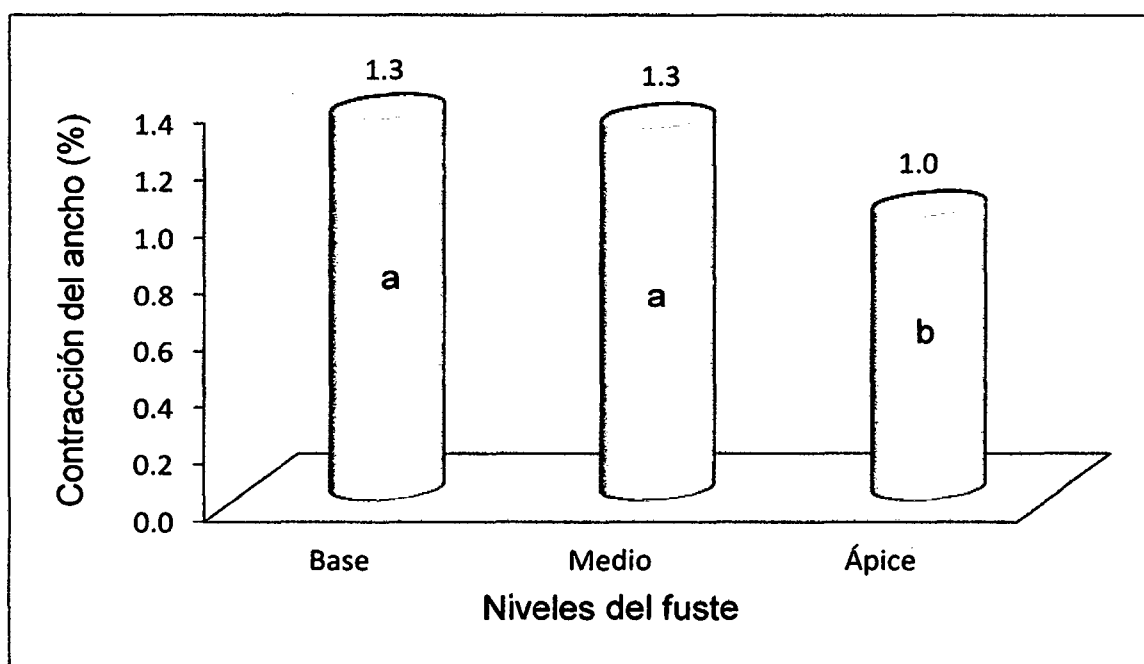


Figura 6. Prueba Tukey de la contracción del ancho en probetas.



Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Figura 7. Comparación de promedios de Tukey del efecto principal del factor nivel del fuste de la variable contracción del ancho (%) en la madera de topa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.).

4.3.3. Contracción del ancho de las probetas en dos tipos corte

La contracción del ancho en las probetas con corte tangencial ha tenido el valor superior con 1.5% en comparación a las probetas con corte radial con un valor de 0.9% (Figura 8).

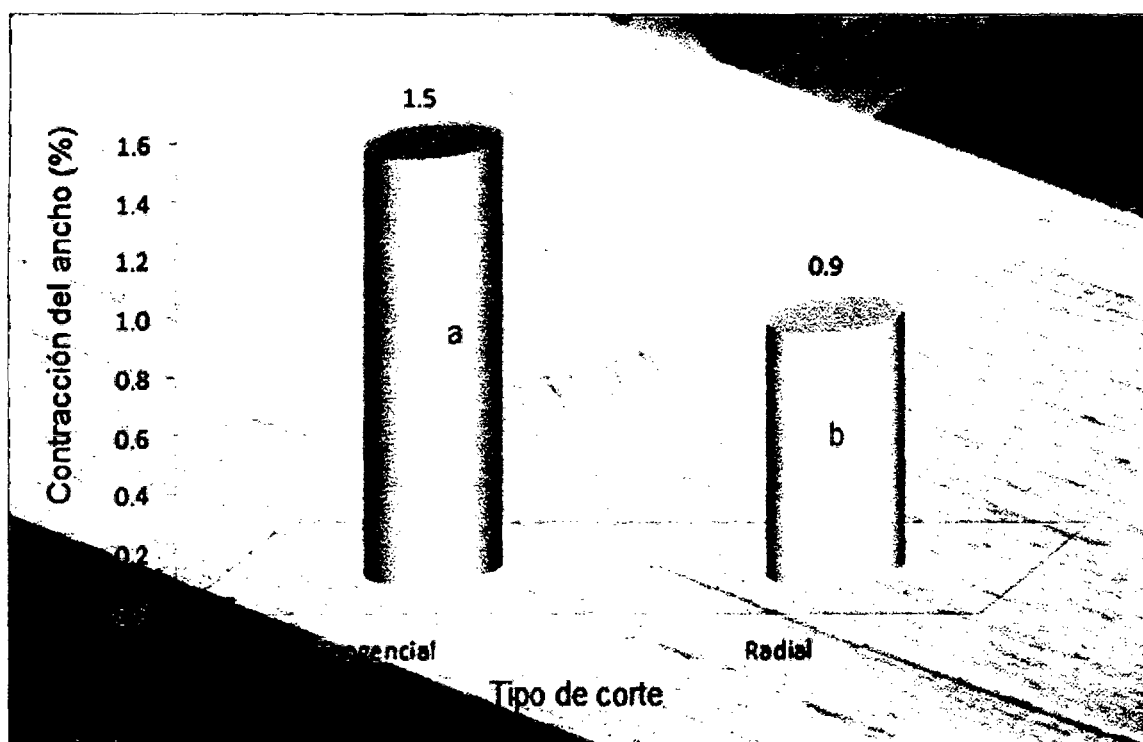


Figura 8. Prueba de Tukey del efecto principal del factor tipo de corte de la variable contracción del ancho (%) en la madera de *O. pyramidale*.

La contracción del espesor en las probetas obtenidas de los diferentes niveles del fuste presentó una alta diferencia significativa estadística y los tipos de corte han tenido influencia estadística significativa en la contracción del espesor de las probetas (Cuadro 5). Se ha encontrado que el coeficiente de variación de los resultados encontrados asciende a 17.24% presentando variabilidad de los datos en la contracción.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la contracción del espesor entre árboles, niveles del fuste y tipo de corte.

FV	GL	SC	CM	F-valor
Bloque (Árbol)	4	0.87	0.22	3.86 *
Nivel	2	0.77	0.39	6.85 *
Corte	1	0.29	0.29	5.15 *
Nivel*Corte	2	0.00	0.00	0.00 N.S.
Error	59	3.32	0.06	
Total	68	5.24	0.95	

CV: 15.9%. *: Significancia estadística ($p < 0.05$).

4.3.4. Contracción del espesor de las probetas en los árboles

Estadísticamente los árboles números cuatro, uno y tres presentaron similares valores de contracción en las probetas evaluadas, el árbol número dos presentó un valor promedio similar a todos los demás árboles, y el árbol número cinco fue diferente a todos los árboles (Figura 9).

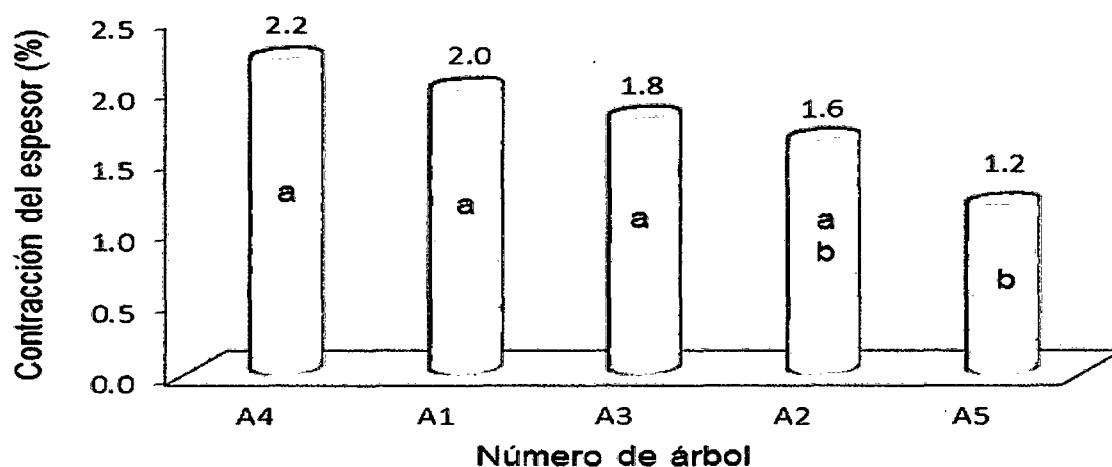
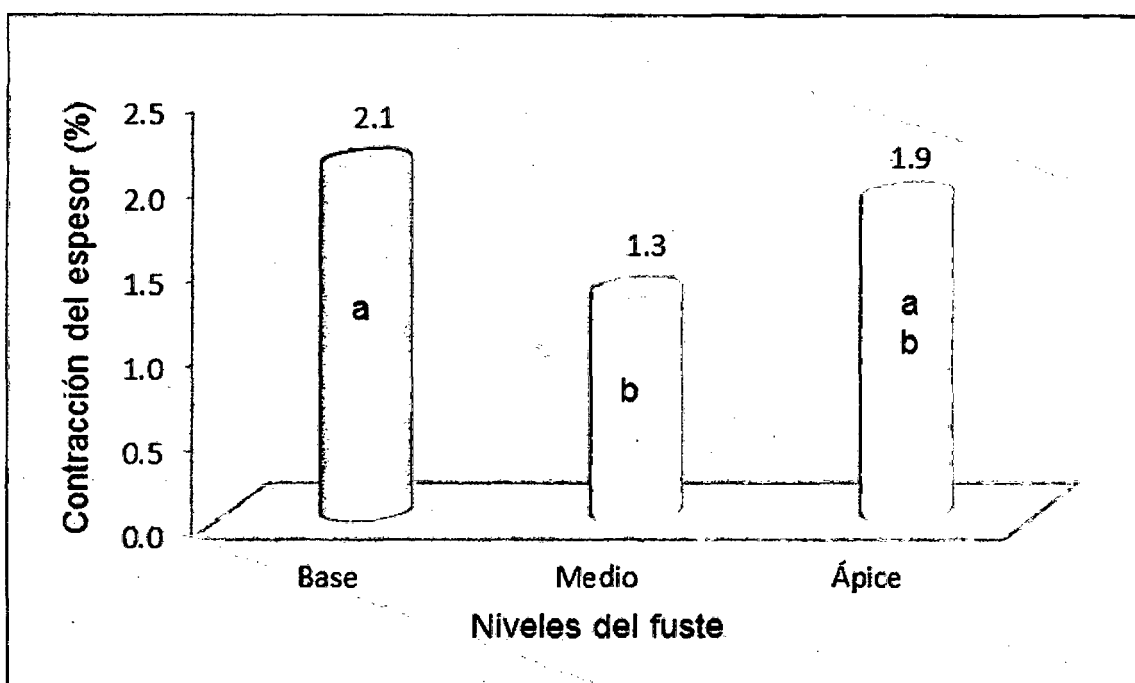


Figura 9. Prueba Tukey de la contracción del espesor en los árboles.

4.3.5. Contracción del espesor en probetas en niveles del fuste

La contracción del espesor en las probetas extraídas de la base del fuste presentó un valor de 2.1%, las de la parte media con 1.3% y la parte apical del fuste con un valor de 1.9% (Figura 10).



Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Figura 10. Prueba Tukey del efecto principal del factor nivel del fuste para la variable contracción del espesor (%) en maderas de *O. pyramidale*.

4.3.6. Contracción del espesor de las probetas en dos tipos de corte

La contracción del espesor encontrada en probetas con una orientación de corte radial fue de 2.1% y la contracción en la probeta con orientación tangencial es de 1.7% (Figura 11).

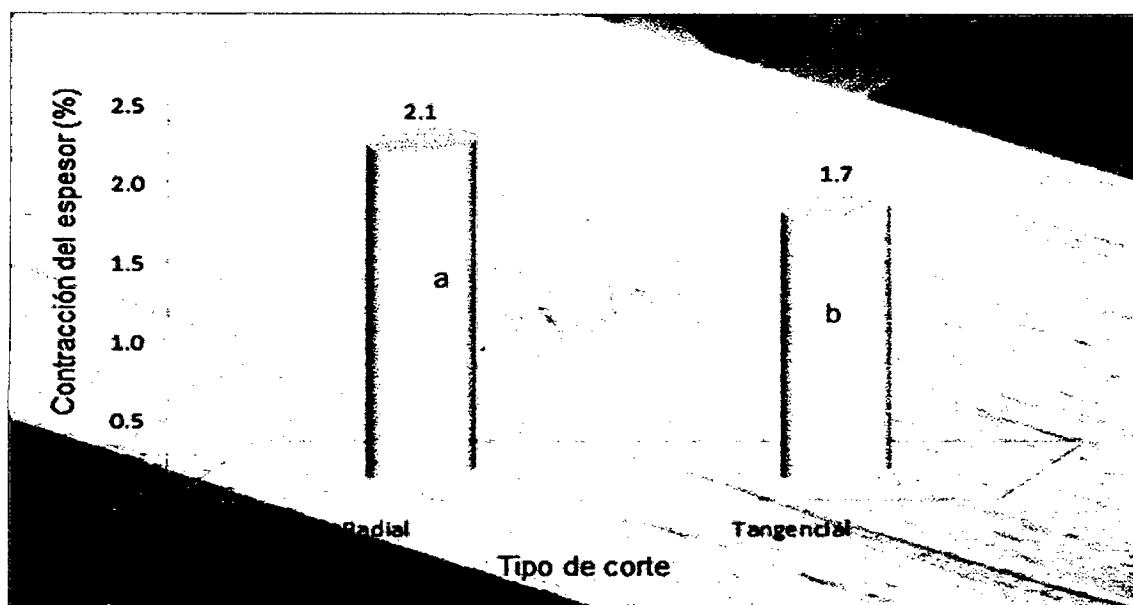


Figura 11. Prueba Tukey del efecto principal del factor tipo de corte para la variable contracción del espesor (%) en probetas de *O. pyramidale*.

4.4. Contenido de humedad

Se determinó que el contenido de humedad entre los árboles presentó alta diferencia estadística significativa, y los tres niveles del fuste presentaron alta diferencia estadística significativa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de humedad en el fuste de *O. pyramidale*.

FV	GL	SC	CM	F-valor
Árboles	4	22950.5	5737.6	16.8 **
Niveles	2	6102.8	3051.4	9.0 **
Error	38	12946.5	340.7	
Total	44	41999.8	9129.7	

CV: 17.2%. Valor del error generado por el número de repeticiones variables en los árboles.

4.4.1. Contenido de humedad en los cinco árboles

Estadísticamente, los árboles cuatro y uno presentaron similar valores en contenido de humedad, y los árboles números cinco, dos y tres presentaron similar contenido de humedad pero diferente a los dos árboles antes mencionados (Figura 12).

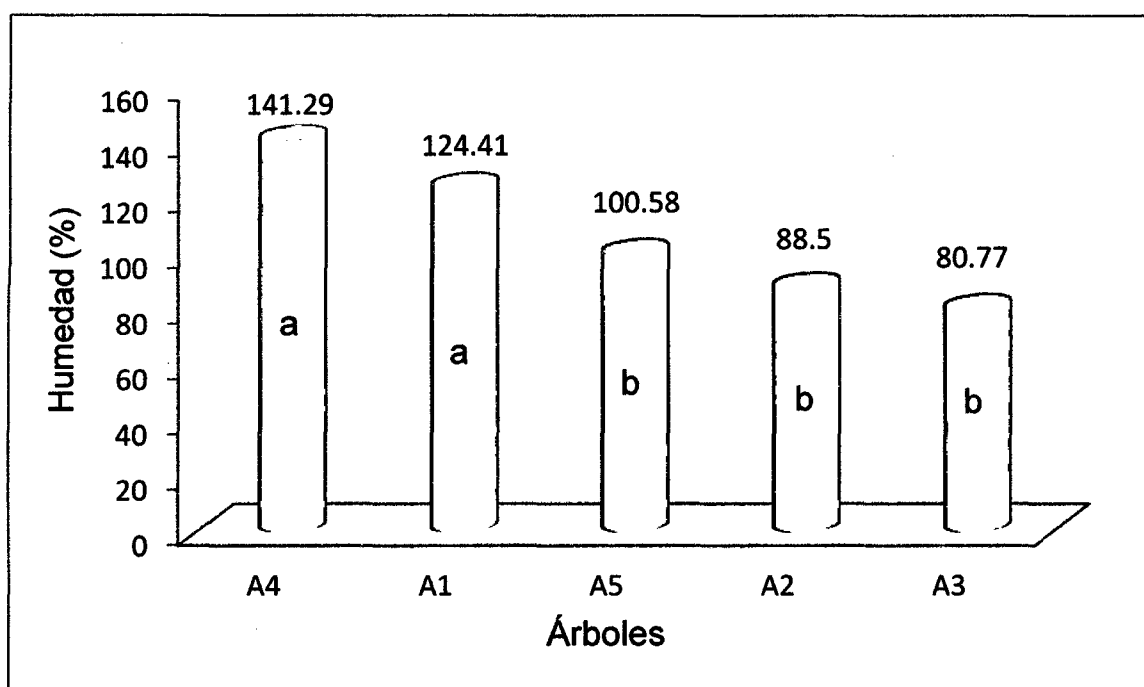


Figura 12. Prueba Tukey del contenido de humedad en probetas.

4.4.2. Contenido de humedad en los diferentes niveles del fuste

La humedad encontrada en los niveles del fuste de la topa ha tenido un comportamiento ascendente, siendo de 91.41% en la parte basal del fuste, seguido de un 110.66% en la parte media y finalmente de un 119.26% en la parte apical (Figura 13).

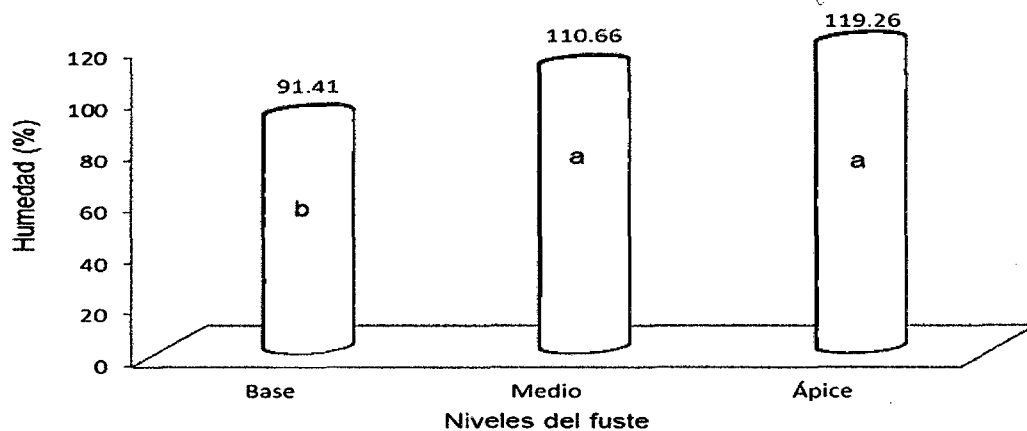


Figura 13. Prueba Tukey del efecto principal del factor nivel del fuste para la variable contenido de humedad (%) en probetas de *O. pyramidale*.

4.5. Presencia de defectos y deformaciones

En el secado natural con apilado en caballete, se ha encontrado mayor probetas con defectos, en comparación a los de apilado en triángulo; respecto a las probetas provenientes de los niveles del fuste, se ha encontrado mayor defecto en las que eran de la parte basal del fuste (Figura 14).

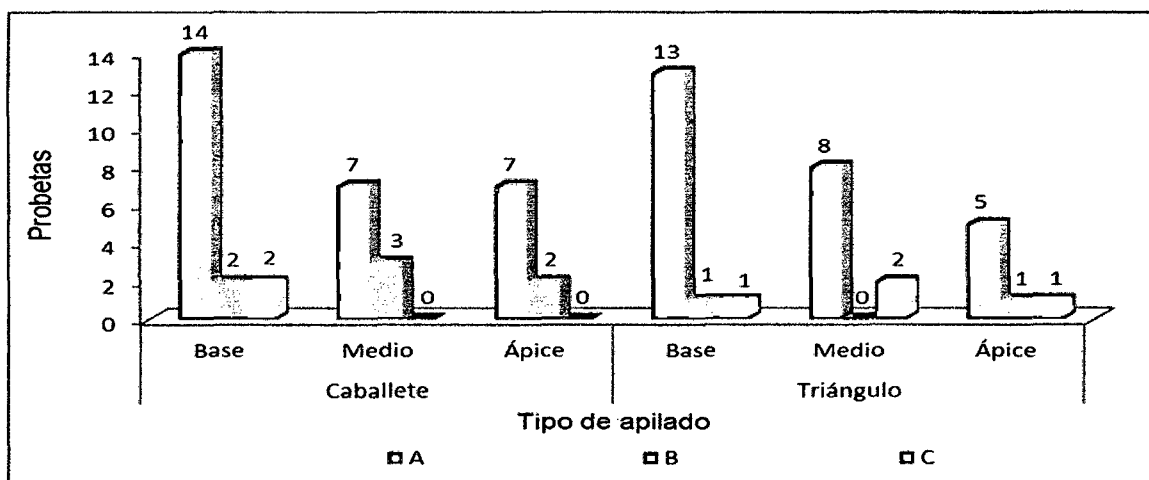


Figura 14. Presencia de defectos y deformaciones en probetas secadas bajo dos técnicas de apilado.

V. DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento del secado natural bajo dos métodos de apilado

Se ha encontrado similar comportamiento respecto a la pérdida de humedad en las probetas, debido a que los espacios porosos son de tamaño grande y facilitan la pérdida de humedad, según POMACHAGUA (1993), el secado natural es un proceso gradual de pérdida de agua debido al incremento de la temperatura que experimenta la madera como consecuencia del calor.

Antecedentes de secado en la especie es anunciada por la JUNAC (1989), indica que la madera de la topa, presenta la característica de secado fácil y rápido al aire libre. Además afirma que no se debe pasar de 3 días desde el momento del aserrado y hasta que la madera entra al horno. Sólo en esta forma se podrá producir madera de buena calidad y con el menor número de defectos. La humedad en la madera se va perdiendo con menor facilidad respecto al tiempo.

VALDERRAMA (1992) afirma que al estudiar el comportamiento durante el secado al aire libre de las especies canela moena, marupa y cumala colorada, bajo los tres métodos de apilado, dio como resultado un tiempo rápido hasta alcanzar aproximadamente el 30% de humedad y de ahí en adelante el proceso fue lento hasta el 17% de humedad.

Por otro lado, ANANÍAS (2002) indica que cuando una pieza de madera está en proceso de secado, el agua almacenada en la superficie y un poco por debajo de la superficie de ella es eliminada al ambiente circundante. Esta pérdida de agua superficial está siendo reemplazada por agua que se mueve desde el interior hasta la superficie de la madera, pero la superficie va quedando con menos humedad que el interior de la madera, formándose una distribución de humedad desde el interior más húmedo hacia la superficie más seca, lo que se conoce como gradiente de humedad.

5.2. Secado en los tipos de corte y niveles del fuste

Respecto a la variación del secado, ANANÍAS (2002) menciona que a poco de iniciar el secado, la superficie llega a un contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra equivalente al contenido de humedad de equilibrio del ambiente y el interior se encuentra todavía por sobre el punto de saturación de la fibra y por lo tanto libre de contracción. En cambio la superficie seca puede presentar una fuerte tendencia a contraerse.

Así, como la madera es un material que actúa como un solo cuerpo bien cohesionado, si una parte de la madera presenta evidencias de contracción y la otra no, la parte que tiende a contraerse genera esfuerzos internos de compresión sobre la parte de menor contracción o que no se ha contraído. Esto es, el interior de la madera es comprimido por la superficie de la madera que tiende a contraerse pero su contracción es impedida por la resistencia que opone el interior húmedo y sin contraerse de la madera.

5.3. Contracción en el corte radial y tangencial

Según POMACHAGUA (1993) el secado natural ocurre por evaporación, que es la acción del calor que evapora fácilmente el agua en la madera, por capilaridad, cuando las paredes celulares atrae el agua y la hacen subir hasta el perímetro del poro y salir de la madera, y por difusión, que es el proceso lento de pérdida de agua.

Respecto a la contracción del ancho en los árboles es diferente, esto se debe a que la JUNAC (1984), citado por SILVA (2005) precisa que la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores y en general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas, bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas, como consecuencia determina una mayor o menor contracción (Fachin, 1986; citado por ALVAREZ, 2009).

Respecto a la contracción, PÉREZ (1983) manifiesta que es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción, esta diferencia de contracción respecto al tipo de apilado en durante el secado natural, es debido a la velocidad con que se pierde humedad

en la madera, ya que una mayor pérdida de humedad ocasiona mayor contracción de la madera.

Respecto a la contracción de ancho de las probetas en los árboles, SILVA (2005), en la especie madero negro (*Tabebuia billbergii*), encontró que existen diferencias entre las características de los árboles de colina en comparación con los de terraza, en cuanto a su estructura anatómica lo cual influye en la contracción y todo esto se debe a las diferencias marcadas de ecosistemas; y, TORRES (2009) al evaluar árboles de cético (*Cecropia sciadophylla* Mart.), encontró diferencia significativa entre la contracción de las probetas de diferentes árboles.

Cuando la madera se seca por debajo del punto de saturación de las fibras, la humedad es removida de las paredes celulares y la pieza se contrae. La anisotropía de la contracción es la causa de la mayoría de los problemas y de la pérdida de un cierto porcentaje de la madera, como consecuencia del secado (BURGOS, 2010).

Cuando el contenido de humedad es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera (CUEVAS, 2003). La eliminación de humedad en la pared celular por debajo del punto de saturación de la fibra causa la contracción de la pared celular (SOLANO, 1998).

En cuanto a la contracción del ancho de las probetas en dos tipos corte, BURGOS (2010), menciona que la madera aserrada radial o

tangencialmente responde de manera diferente al secado. Así, la cortada tangencialmente (0 – 45°) es menos susceptible al colapso, se contrae y se dilata menos en espesor y seca más rápido que la de corte radial, mientras que la de corte radial contrae y se dilata menos en ancho y tiene menos torceduras, abarquillado y grietas superficiales que la de corte tangencial.

Por otro lado GALLO (2009) no encontró diferencias significativas en la contracción radial para diferentes niveles de fuste en relación al corte radial en *Calycophyllum spruceanum* y BOYD (1974) afirma que, una de las razones de este comportamiento es el efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos medulares.

La madera es un material anisotrópico, o sea, que sus propiedades varían de acuerdo a la dirección en que se consideren. En la madera esas direcciones son la longitudinal o paralela al grano, la radial o paralela a los radios y la tangencial o tangente a los anillos de crecimiento. En la madera las contracciones e hinchamientos se manifiestan en magnitud diferente en esas direcciones; siendo mayores en la dirección tangencial que en la radial y esta, a su vez, mayor que la longitudinal. Por lo tanto, la madera no solamente se verá expuesta a una disminución o incremento de volumen o en dimensiones, sino que también sufrirá distorsiones en su forma (CÓRDOVA, 2005).

Una madera seca al 15% de humedad (seca al aire) ha alcanzado la mitad de la contracción posible y cuando se seque al horno hasta el 6% o

peso seco constante, llegará a 4/5 partes de la contracción total posible (GONZÁLEZ, 1996).

La madera mantiene una estrecha relación con la humedad a través de su vida útil. Esto es, responde a las variaciones de humedad relativa del ambiente, presentando cambios en sus dimensiones: se hincha o contrae de acuerdo con la ganancia o pérdida de humedad, y son expresados como un porcentaje del cambio dimensional respecto a la dimensión original (CÓRDOVA, 2005).

En la comparación de variabilidad de promedios en contracción, Fachin (1986), citado por ALVAREZ (2009), establece que la variabilidad de la madera está influenciada por diversos factores internos tales como, cambios en el cambium con respecto a la edad, herencia genética que influye en la forma y crecimiento de los árboles.

Tusset y Duran (1979), citados por TORRES (2009) agregan que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

La contracción de la madera depende no sólo del contenido de humedad, sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que puede esperarse para un cambio de humedad dado; en general, las maderas pesadas se contraen más que las livianas (BURGOS, 2010).

DÍAZ (2005) indica que las maderas con mayor contracción contienen más agua higroscópica que las de menor contracción y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad. La contracción de la parte media y apical del fuste fue estadísticamente inferior al de la base, debido a que las células presentan la pared celular menos gruesa y por conclusión mayor humedad.

La madera aserrada radial o tangencialmente responde de manera diferente al secado. Así, la cortada tangencialmente es menos susceptible al colapso, se contrae y se dilata menos en espesor y seca más rápido que la de corte radial, mientras que la de corte radial contrae y se dilata menos en ancho y tiene menos torceduras, abarquillado y grietas superficiales que la de corte tangencial (BURGOS, 2010).

Cuanto mayor es la diferencia en la contracción radial y tangencial, significa que la distorsión será mayor en el secado eventualmente, la madera llega a estabilizar sus dimensiones con un equilibrio de 12% de contenido de humedad. La contracción tangencial es mayor que la contracción radial, una de las razones, es el efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos medulares. Cabe resaltar que en la mayoría de las especies la contracción radial es sólo un 50% del valor de la contracción tangencial (DÍAZ, 2005).

5.4. Contenido de humedad

ANANÍAS (2002) afirma que la cantidad de agua existente en la madera puede variar mucho según la especie, el tipo de madera (albura o

duramen) y la edad de la madera (madera juvenil o madera adulta). La albura de una especie contiene generalmente más agua que el duramen.

HOHEISEL (1981) afirma que la característica evaluada va depender de la especie, y por sus propiedades físicas y mecánicas que presentan; por otro lado, las diferencias de humedad entre los árboles de la misma especie, podrían deberse a los sitios o condiciones ambientales, donde se desarrollan, así como a los diferentes factores tales como: edad, diámetro, altura, ESPINAL (1986) añade que la topa presenta mayor las fibras y anillos de crecimiento que otras especies.

La variación de la humedad en la especie topa es sostenida por CHAVE (2006), al mencionar que la humedad de la madera varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie debido a su anatomía heterogénea y la influencia de factores ambientales.

Respecto a la contracción del ancho en los árboles es diferente, esto se debe a que la JUNAC (1984), citado por SILVA (2005) precisa que la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores y en general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas, bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas,

como consecuencia determina una mayor o menor contracción (Fachin, 1986; citado por ALVAREZ, 2009).

El contenido de humedad de la albura de las latifoliadas es algo más alto o igual que el del duramen. La infiltración de gomas, resinas y otros materiales en el duramen lo hacen menos permeable que la albura, por esto el duramen usualmente requiere tiempos de secado más largos. También la baja permeabilidad del duramen lo hace más susceptible a ciertos defectos de secado y requiere condiciones de secado más suaves (BURGOS, 2010).

TORRES (2009) en *Cecropia sciadophylla* Mart, determinó diferencias en la humedad de los niveles del fuste y reafirma que el contenido de agua en el árbol varía según la variación de altura, el radio del tronco y la temporada del año, así como también los árboles jóvenes contienen mayor humedad y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles maduros porque su madera presenta mayor albura que los árboles maduros.

CUEVAS (2003) indica que la humedad influye en la capacidad mecánica, es decir a menor contenido de humedad bajo es el PSF, aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el CH no tendrá ninguna incidencia.

5.5. Defectos y deformaciones

El secado en triángulo ha obtenido menores defectos y deformaciones durante el secado natural en comparación al secado en

caballete, resultados similares encontró VALDERRAMA (1992) al determinar que el apilado en caballete bajo cobertizo, ha originado en mayor proporción defectos de rajaduras, grietas superficiales, arqueaduras y abarquillado.

Según LAMPRECHT (1990), el secado de la madera no debe realizarse rápidamente, sino en dos fases; primero secarla al aire y luego en estufa temperaturas bajas, en la práctica sin embargo es recomendable secar la madera al horno con temperaturas bajas ya que la exposición de la madera al ambiente genera defectos como manchas, podredumbres, rajaduras y otros defectos.

En cuanto a la cualidad de trabajo, la madera de balsa es fácil de trabajar si se emplea cuchillas bien afiladas para que no se produzcan desgarraduras en los cortes, permite la penetración fácil de clavos y tornillos, pero a causa de ser tan blanda no los retiene bien; tiene buen encolado; el cepillado es satisfactorio; la resistencia a las rajaduras por tornillos es excelente; el moldeado, taladrado y torneado son algo deficientes; el lijado es regular.

El agua de impregnación es la que se encuentra adherida a las paredes celulares. Una vez iniciada la eliminación de esta forma de humedad a partir del PSF, se inician las modificaciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (VISCARRA, 1998). Ciertos defectos que ocurren durante el secado de la madera son ocasionados por las diferencias de

contracción tangencial y radial, particularmente el defecto denominado acanaladura (ANANÍAS, 2002).

Es el alabeo o curvatura a lo largo de los cantos en sentido longitudinal, es asociado con la contracción longitudinal en madera juvenil, madera de reacción y grano desviado (BURGOS, 2010).

BOSSHARD (1956) menciona que la presencia de grietas en especies de baja y media densidad, y la madera tangencial presenta un mayor porcentaje de grietas respecto de la radial se debe a fuertes gradientes de humedad durante el secado, situación que produce un resecamiento superficial y una prematura contracción, con la consecuente generación de grietas superficiales debido a la débil resistencia de la pared celular, resultante de su facilidad para evaporar el agua desde la superficie. Las grietas internas en tanto, se generan por efecto del colapso, particularmente en el anillo de primavera, donde el esfuerzo producido supera la resistencia mecánica de ésta y se produce la fractura o grieta en dicha pared.

VI. CONCLUSIONES

1. La pérdida de humedad y el tiempo en el secado de las probetas bajo las técnicas de apilado en triángulo y caballete presentó similar comportamiento.
2. La mayor pérdida de humedad se ha encontrado en probetas provenientes de la parte basal del fuste, seguido en la parte media y apical del fuste, no encontrándose diferencias en los tipos de corte.
3. Los árboles de topa presentaron diferentes contracciones en el ancho de las probetas, la contracción fue similar en los niveles del fuste, mientras que en los tipos de corte se encontró alta diferencia estadística significativa. La contracción del espesor en las probetas fue similar estadísticamente entre los árboles, la contracción en los diferentes niveles del fuste presentó una alta diferencia significativa y los tipos de corte han tenido influencia estadística significativa en la contracción del espesor de las probetas.
4. El contenido de humedad entre los árboles y los tres niveles del fuste presentó alta diferencia estadística significativa.
5. En el secado natural con apilado en caballete, se ha encontrado mayor número de probetas con defectos y se ha encontrado mayor defecto en las probetas provenientes de parte basal del fuste.

VII. RECOMENDACIONES

- Los investigadores referidos en la madera, deben realizar investigaciones similares respecto al comportamiento del secado natural de la especie topa, considerar las edades como factor primordial debido a que las especies según transcurre el tiempo presentan sus características anatómicas.
- Para el secado natural en la especie topa, los técnicos que laboran con madera de topa, debe realizar el secado natural tipo triángulo, con la finalidad de alcanzar maderas con menores defectos y deformaciones.
- En evaluaciones posteriores, los investigadores y técnicos deben considerar el aspecto referente a la densidad básica en los diferentes niveles del fuste en relación a la parte anatómica de la madera, para asignarle sus posibles usos y de esa manera manifestar la importancia de esta especie.

VIII. ABSTRACT

With the purpose of determining the natural drying characteristics under the stacked in triagle and the easel of the topa techniques (*Ochroma pyramidale* (Cav.ex Lam) Urbal), at three levels of the shaft in Tingo María City. The research was conducted in the distric of Rupa Rupa, Huánuco region; it was continued the methodology of Peruvian technical norm PTN – 251.008. as result, it was determined that the moisture loss under the stacked in triagle techniques in the specimens was similar, specimens was similar, specimens being higher in the basal, middle and apical stem; Tress, shank levels and the effect by cutting rates presented different contractions in the width of the specimen; contraction in the specimen thickness was different among the trees. The shank levels and types of cutting, the moisture content of the trees, and the three levels of shank differed; and in the natural drying with stacking trestle, there were more of defective specimens, being greater the defect in the specimens from basal part of the shank.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, H.A. 2009. Características del secado natural en apilado triangular y en caballete de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Huamanzamana para la zona de Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 67 p.
- ANANÍAS, R. 2002. Física de la madera. Departamento ingeniería en maderas. Universidad del Biobio-Chile. 41 p.
- ANANÍAS, R. 2005. Estudio de la cinética del secado convencional y bajo vacío del pino radiata. Maderas. Ciencia y Tecnología.
- ASTM D 2017-71. 1978. Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Book of Standard, American National Standard. 11 p.
- ASTM D 2017-71. 1990. Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods Book of Standards, American National Standard.
- BOSSHARD, H.H. 1956. Uber die anisotropie der holzschwindung. Holz – als – Roh und werkstoff 14:285-295.
- BOYD, J.D. 1974. Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants. Mokuzaï Gakkaishi 20:473 – 482.

- BURGOS, A. 2010. Guía de secado. ETSUFOR. Secado de la madera. 27 p.
- CHALA, C. 2008. Evaluación del rendimiento en la planta industrial de probalsa Cltd. y propuesta de mejora el Carmen, Manabí. Universidad Técnica Del Norte. Ibarra, Ecuador.
- CHAVE, J. 2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Manual de campo. PAN – AMAZONIA. Toulouse, France. 7 p.
- CÓRDOVA, R. 2005. Conceptos básicos sobre el secado de la madera. Soluciones tecnológicas. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 2(5), 2005.
- CUEVAS, E. 2003. Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.
- DETIENNE, P. 1983. Estudio anatomico do lenho da familia bombacaceae da America. In: Acta Amazonica XIII (5-6): pp. 831 - 868.
- DÍAZ, P.P. 2005. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Tesis Ing. en Industrias de la Madera. Universidad de Talca. Talca, Chile. 179 p.
- ESPINAL, L. 1986. Árboles de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 251 p.
- GALLO, A.G. 2009. Características del secado al natural en técnicas de apilado triángulo y caballete de la especie forestal *Calycophyllum*

- spruceanum* Bentham "capirona". Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 101 p.
- GONZALES, R. 1970. Preservación y secado de la madera. Convenio. UNAMEM. Lima. 81 p.
- GONZÁLES, R. 1996. Secado de madera. Universidad nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú. 164 p.
- GUEVARA, L. 1996. Comportamiento al secado natural de cuatro especies maderables de bosques secundarios. Instituto de Investigación de Amazonía Peruana. Folia Amazónica VOL. 8(1).
- HOHEISEL, H. 1981. Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Universidad Nacional de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. 51p.
- HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología Basada en Zonas de Vida. Centro de la ciencia Tropical. San José, Costa Rica. IICA. 456 p.
- INDECOPI. 1980. NTP 251.008:1980. Maderas. Selección y colección de muestras.
- INDECOPI. 2004 NTP 251.010: 2004. Madera; método para determinar el contenido de humedad.
- INDECOPI. 2004 NTP 251.012. 2004. Maderas. Método de determinación de contracción. Segunda edición.

- JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Lima, Perú. 386 p.
- JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1989. Manual del Grupo Andino para el secado de maderas. Lima, Perú. 440 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn, República federal de Alemania. 335 p.
- MADERA. 1988. Descripción de especies. Balso. Boletín Técnico e Informativo sobre Tecnología de Maderas. Laboratorio de Productos Forestales. Universidad Nacional de Colombia. 7(1): 20-27.
- MORALES, E. 2004. Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos: [En línea]: Google; ([http://www.google.com/search/Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos.com](http://www.google.com/search/Humedad+de+equilibrio+higroscópico+y+sus+valores+característicos.com), 12 May. 2012).
- PÉREZ, V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Santiago, Chile. Corporación Nacional Forestal. 451 p.
- POMACHAGUA, J. 1993. Industria de la madera. Huancayo, Perú. 42 p.
- ROJAS, V. 1986. Descripción, distribución y usos de 43 maderas Tropicales de Costa Rica. San José, Costa Rica. 60 p.

- RUEDA, R. 2007. Norma Técnica Colombiana NTC 947-1, [En línea]: Footword, (<http://www.footword.edu.co/mpp/html>, documentos, 15 Abr. 2012).
- SALAS, M. 2005. Tecnología de la madera, documento técnico N° 1. Talca, Chile. 51 p.
- SILVA, J.C. 2005. Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal madero negro (*Tabebuia billbergii*) o Guayacán. Tesis Ing. Forestal. Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali. 82 p.
- SOLANO, O. 1998. Seminario sobre diseño ingeniería y proceso de secado de maderas tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.
- TORRES, P. 2009. Determinación de las propiedades físicas a tres niveles del fuste del "cetico" *Cecropia sciadophylla* Mert. en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 65 p.
- TROYA, F., SAUTUNCE, J., BLANCO, G. 2000. Secado a la intemperie mediante apilado en caballetes y cuadrados horizontales de *Triplaris cumingiana* Fish. Mey. (fernansánchez) y *Cordia alliodora* Ruiz & Pav. (laurel) Ecuador. [En línea]: Uteq, (<http://www.uteq.edu.ec/facultades/ambientales/pdf>., documentos, 12 Ene. 2012).

VALDERRAMA, H. 1992. Estudio de las propiedades físicas y su variación en el tronco de la *Tachigalia longiflora* Ducke y *Selerobium melinonii* Hems, en Puerto Almendras. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

VISCARRA, S. 1998. Guía para el secado de la madera en hornos. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz, Bolivia.

ANEXO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EL ESPECIALISTA EN DENDROLOGIA TROPICAL DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, QUE SUSCRIBE:

CERTIFICA

Que, la muestra proporcionada por la Bach. KAREN YESSENIA UTIA PUJAY que tengo a la vista y la observación realizada en campo pertenecen a:

➤ ***Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.**

Se expide el presente a solicitud de la interesada para los fines pertinentes.

Tingo María, 17 de Septiembre del 2012.




Ing° Warren Ríos García
Profesor de Dendrología
UNAS

Anexo 1. Pruebas de comparación de promedios de Tukey.

Cuadro 7. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor nivel del fuste para la variable contracción del ancho de las probetas.

OM	Nivel del fuste	Promedio (%)	Significancia
1	Base	1.3	a
2	Medio	1.3	a
3	Ápice	1.0	a

Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Cuadro 8. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor tipos de corte para la variable contracción del ancho de las probetas.

OM	Tipo de corte	Promedio (%)	Significancia
1	Tangencial	1.5	a
2	Radial	0.9	b

Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Cuadro 9. Prueba Tukey ($p > 0.05$) para la contracción del ancho de las probetas en los diferentes árboles de topa.

OM	Número de árbol	Promedio (%)	Significancia
1	Árbol 1	1.7	a
2	Árbol 2	1.4	a
3	Árbol 5	1.3	ba
4	Árbol 3	0.9	b
5	Árbol 4	0.9	b

Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Cuadro 10. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor niveles del fuste para la variable contracción del espesor de las probetas.

OM	Nivel del fuste	Promedio (%)	Significancia
1	Base	2.1	a
2	Ápice	1.9	ab
3	Medio	1.3	b

Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Cuadro 11. Prueba Tukey ($p > 0.05$) del efecto principal del factor tipos de corte para la variable contracción del espesor de las probetas.

OM	Tipo de corte	Promedio (%)	Significancia
1	Radial	2.1	a
2	Tangencial	1.7	b

Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Cuadro 12. Prueba Tukey ($p > 0.05$) para la contracción del espesor de las probetas de los diferentes árboles de topa.

OM	Número de árbol	Promedio (%)	Significancia
1	Árbol 4	2.2	a
2	Árbol 1	2.0	a
3	Árbol 3	1.8	a
4	Árbol 2	1.6	ba
5	Árbol 5	1.2	b

Letras diferentes demuestran diferencia estadística.

Anexo 2. Panel fotográfico.

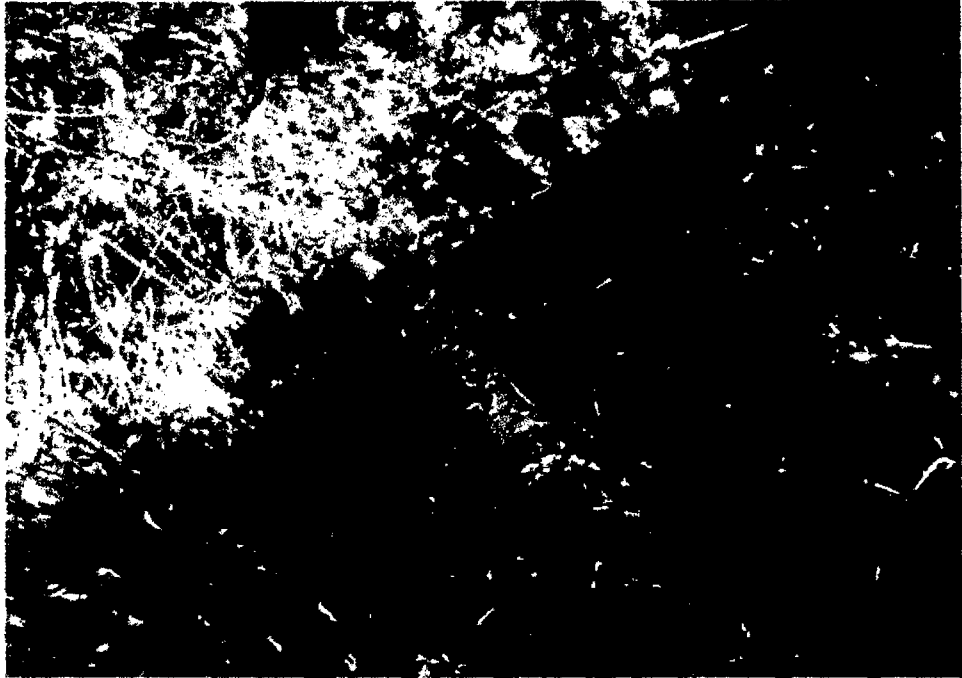


Figura 15. Medición del fuste de la topa.



Figura 16. Corte inicial de la troza.



Figura 17. Transporte de cuartones.



Figura 18. Canteado de cuartones.

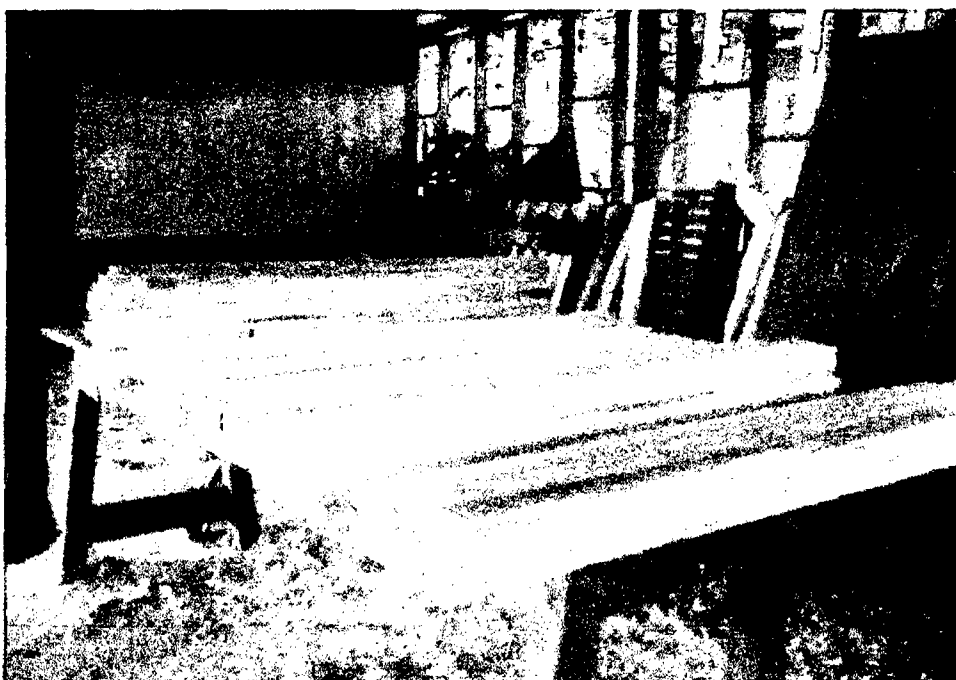


Figura 19. Probetas listas para apilar.



Figura 20. Codificación y evaluación de las probetas.