

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**EFFECTOS DEL SECADO NATURAL DE LA ESPECIE FORESTAL  
PALIPERRO (*Miconia barbeyana* Cogniaux) BAJO TINGLADO, MEDIANTE  
EL SISTEMA DE APILADO TRIANGULAR Y CABALLETE EN LA ZONA DE  
TINGO MARÍA**

**Tesis**

**Para optar al título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

**Presentado por:**

**JAVIER CARLOS VELA**

**2013**



## BIBLIOTECA CENTRAL - UNAS



**T  
FOR**

**Carlos Vela, Javier**

Efectos del secado natural de la especie forestal Paliperro (*Miconia barbeyana Cogniaux*) bajo tinglado, mediante el sistema de apilado triangular y caballete en la zona de Tingo María. Tingo María 2014

72 páginas, 27 figuras, 13 cuadros, 38 ref., 30cm.

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

**1- MICONIA BARBEYANA COGNIAUX 2- SECADO  
3- APILADO 4- CONTRACCIÓN 5- NTP 6- CABALLETE**



**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 12 de diciembre de 2013, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

**“EFECTOS DEL SECADO NATURAL DE LA ESPECIE PALIPERRO (*Miconia barbeyana* cogniaux) BAJO TINGLADO, MEDIANTE EL SISTEMA DE APILADO TRIANGULAR Y CABALLETE EN LA ZONA DE TINGO MARÍA”**

Presentado por el Bachiller: **JAVIER CARLOS VELA**, 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, el sustentante queda apto 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, 02 de abril de 2014.

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

  
Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**  
**MIEMBRO**

  
Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**  
**MIEMBRO**

  
Ing. **MANUEL REYNERIO BRAVO MORALES**  
**ASESOR**



## DEDICATORIA

A DIOS y todas las personas que contribuyen a la conservación de la Biodiversidad, respetan la paz y libertad de los pueblos amazónicos.

A mi abuelita Sara Peña de Vela por la crianza en la etapa de mi niñez y adolescencia. A mi Abuelo Raúl Vela Zamudio (Q.E.P.D.D.G.) hombre trabajador que desde el cielo me ilumina con sus bendiciones.

A mi Esposa Gianella Anali Ríos Rengifo y nuestro hijo Jamil Carlos Ríos, mi tesorito, a mi familia en general que siempre me motivaron a seguir adelante frente a las adversidades y que están conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi Madre Ayde Vela Peña y mis queridos hermanos Rider Zevallos Vela, Rusbel Zevallos Vela y Mery Lizeth Rengifo Vela; con cariño por su constante apoyo y aliento para realizar una de mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, "alma mater" Institución de prestigio a nivel Nacional e Internacional que en cuyas aulas realice mi formación Profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica y que contribuyen a la investigación forestal.

Al Ing. Manuel Bravo Morales por su valiosa colaboración como asesor.

A todos los trabajadores de las diversas áreas tanto administrativa, biblioteca, comedor, internado, asistente social, laboratorios, vivero forestal, BRUNAS, etc., que me atendieron en algún momento.

A Mario Sosa Shapiama trabajador del Área de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por su valiosa colaboración en la ubicación, tumbado, aserrado y reaserrado de la especie en estudio.

A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron para la culminación del presente trabajo y perdónenme si me olvide de alguien.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Secado de la madera .....	4
2.1.1. Conceptos generales.....	4
2.1.2. Aspectos físicos relativos al secado de la madera .....	5
2.2. Secado al natural o al aire libre de la madera.....	16
2.2.1. Apilado de madera aserrada en secado natural.....	17
2.3. Factores que inciden en el secado de la madera.....	20
2.3.1. Influencia de la estructura anatómica .....	20
2.3.2. La higroscopicidad.....	20
2.3.3. La anisotropía.....	21
2.4. Defectos y deformaciones de la madera en el secado.....	22
2.4.1. Defectos (grietas y rajaduras) .....	22
2.4.2. Deformaciones (alabeos) .....	23
2.5. <i>Miconia barbeyana</i> Cogniaux.....	25

2.5.1. Características.....	25
2.5.2. Descripción dendrológica .....	25
2.5.3. Descripción de la madera.....	26
2.5.4. Propiedades físicas .....	27
2.5.5. Descripción macroscópica.....	28
2.5.6. Descripción microscópica.....	29
2.6. Características anatómicas y propiedades tecnológicas.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
3.1. Lugar de ejecución.....	34
3.1.1. Ubicación política .....	35
3.1.2. Ubicación geográfica .....	35
3.1.3. Zona de vida.....	35
3.1.4. Condiciones climáticas .....	35
3.2. Materiales y equipos .....	36
3.2.1. Material vegetal .....	36
3.2.2. Materiales y equipos.....	36
3.3. Metodología .....	37
3.3.1. Actividades realizadas.....	37
3.3.2. Variables de estudio .....	38

3.3.3. Análisis de datos .....	41
IV. RESULTADOS .....	43
4.1. Curva de secado en las dos técnicas de apilado .....	43
4.2. Variación de la curva de secado en el corte tangencial y radial .....	44
4.3. Curva de secado en los tres niveles del fuste .....	46
4.4. Contenido de humedad en los niveles base, medio y ápice del fuste .....	47
4.5. Contracción radial y tangencial en el proceso de secado al natural .....	48
4.6. Deformaciones, grietas y rajaduras en el corte radial y tangencial de los diferentes niveles del fuste durante el proceso de secado .....	51
4.6.1. Deformaciones en probetas extraídas de diferentes niveles del fuste de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux .....	51
4.6.2. Deformaciones en probetas de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado .....	56
V. DISCUSIÓN .....	63
5.1. Curva de secado .....	63
5.2. Contenido de humedad .....	65
5.3. Contracción radial y tangencial .....	66



5.4. Defectos y deformaciones.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. RECOMENDACIONES.....	70
VIII. ABSTRACT .....	71
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXO.....	79

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial. ....	9
2. Valores de las propiedades físico mecánicas en probetas.....	27
3. Análisis de varianza del contenido de humedad en tres niveles del fuste de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux.....	47
4. Prueba Duncan del contenido de humedad en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux.....	48
5. Análisis de varianza para la contracción por efecto del corte y niveles del fuste en <i>Miconia barbeyana</i> Cogniaux. ....	49
6. Prueba Duncan de la contracción por efecto de los niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux.....	49
7. Defectos y deformaciones en muestras de madera extraídas de diferentes niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux.....	51
8. Defectos y deformaciones en probetas de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado.....	57
9. Contenido de humedad en las probetas.....	80
10. Contracción encontrada en el árbol 1.....	84
11. Contracción encontrada en el árbol 2.....	85

12. Contracción encontrada en el árbol 3.....	86
13. Defectos y deformaciones encontrados durante el secado al natural de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux. ....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Apilado en técnica de triángulo. ....	18
2. Apilado en técnica de caballete. ....	19
3. Tipos de defectos en el secado. ....	22
4. Tipos de deformaciones en el secado. ....	24
5. Comportamiento del secado al natural de probetas bajo dos técnicas de apilado. ....	43
6. Comportamiento de la pérdida de humedad en probetas bajo dos técnicas de apilado. ....	44
7. Comportamiento del secado al natural en dos tipos de corte. ....	45
8. Comportamiento de la humedad en probetas con dos tipos de corte. ....	45
9. Comportamiento del secado al natural en tres niveles del fuste. ....	46
10. Pérdida de humedad en probetas extraídas de tres niveles del fuste. ....	47
11. Contracción por efecto del corte y niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux. ....	50

12. Arqueadura en probetas extraídas de tres niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux. ....	52
13. Abarquillado en probetas extraídas de tres niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux. ....	53
14. Encorvadura en probetas extraídas de tres niveles del fuste. ....	54
15. Torcedura en probetas extraídas de tres niveles del fuste. ....	54
16. Grietas en probetas extraídas de tres niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux. ....	55
17. Rajadura en probetas extraídas de tres niveles del fuste en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux. ....	56
18. Arqueadura en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas al natural. ....	58
19. Abarquillado en <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas al natural. ....	58
20. Encorvadura en probetas de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado. ....	59
21. Torcedura en probetas de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado. ....	60
22. Grieta en probetas de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado. ....	61
23. Rajadura en probetas de <i>M. barbeyana</i> Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado. ....	62

24.	Evaluación del diámetro del árbol.....	92
25.	Medición de la longitud del árbol.....	92
26.	Pesado de probeta.....	93
27.	Evaluación del secado.....	93

## RESUMEN

Para determinar la velocidad del secado de la especie forestal paliperro (*Miconia barbeyana* Cogniaux) en las diferentes alturas del fuste (base, medio y alto) en el corte radial y tangencial en apilado triangular y caballete desde el estado verde hasta el contenido de humedad de equilibrio. El trabajo de investigación se llevó a cabo en el área del taller de aprovechamiento y maquinaria forestal, en la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), políticamente ubicado en el distrito Rupa Rupa, región Huánuco. La metodología estuvo basada en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) 251.008, 251.010 y 251.012. Se determinó mayor rapidez en pérdida de humedad bajo la técnica de caballete, en el nivel medio y en el corte tangencial durante los primeros 11 días en comparación a la técnica del triángulo, alcanzando equilibrio con el ambiente a los 36 días de secado; el contenido de humedad fue ascendente desde la parte basal del fuste hacia la parte apical, variando desde 73.08%, 85.02% y 91.69% respectivamente. La contracción se incrementó respecto a la altura del fuste. Las probetas con corte tangencial presentaron mayores valores de contracción en comparación a los de corte radial. La técnica de apilado en caballete favoreció a tener maderas con poca arqueadura, abarquillado y encorvadura, mientras que la técnica en triángulo disminuyó la torcedura, grietas y rajadura en la madera.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú es eminentemente forestal por tener 78.8 millones de hectáreas de bosques naturales, ocupando el noveno lugar en el mundo y el segundo lugar en Sudamérica. El manejo y aprovechamiento con criterios técnicos y de sostenibilidad de los bosques tropicales del Perú, permitiría alcanzar hasta 30 m<sup>3</sup>/ha, haciendo uso de por los menos 36 especies maderables; en contraste con la actual extracción selectiva de 3.5 m<sup>3</sup>/ha y no más de 14 especies, esta mayor productividad contribuiría a incrementar el aporte del sector forestal al PBI nacional. Actualmente, el aporte de la producción primaria de madera PBI nacional es de 7.12 US\$/ha, frente a los 84.19 US\$/ha a nivel de países en desarrollo y 145.23 US\$/ha a nivel mundial.

En el año 2001, el proyecto PNUD/FAO/PER/98/003, realiza un estudio sobre el secado de la madera en el Perú, revelando que solo aproximadamente el 20% de la producción total de madera aserrada, estimada en alrededor de 100,000 m<sup>3</sup> se seca anualmente en forma artificial o al aire libre, en adelante no se registra datos sobre aspectos de secado. La irracionalidad actual de no secar la madera aserrada se manifiesta claramente en las enormes pérdidas económicas, transportando la madera verde desde las lejanas zonas productoras de la amazonia y selva central sobre difíciles carreteras de la sierra hacia Lima, el centro de consumo más importante del



País. Se estima que solo desde Pucallpa a Lima se transporta anualmente alrededor de 80,000 toneladas de agua lo que equivale actualmente por concepto de flete aproximadamente US\$ 2.2 millones.

Dada la importancia del secado para una utilización más económica y racional de la madera se realizó el trabajo de investigación en la especie paliperro (*Miconia barbeyana* Cogniaux), planteándose, asimismo, la hipótesis que las muestras de madera extraídas (albura y duramen) de corte tangencial y radial en las diferentes alturas del fuste (base, medio y alto) varían en la velocidad del secado natural.

### **1.1. Objetivo general**

- Determinar la velocidad del secado de la especie forestal paliperro (*Miconia barbeyana* Cogniaux) en las diferentes alturas del fuste (base, medio y alto) en el corte radial y tangencial en apilado triangular y caballete desde el estado verde hasta el contenido de humedad de equilibrio.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Determinar mediante la curva de secado la mejor técnica de apilado para el secado natural óptimo de la especie en estudio.
- Determinar la variación de la curva de secado en el corte tangencial y radial.

- Determinar la diferencia de las curva de secado en los tres niveles del fuste.
- Determinar la variación del contenido de humedad en los niveles base, medio y ápice del fuste.
- Determinar la variación de la contracción radial y tangencial en el proceso de secado al natural para la especie en estudio.
- Determinar la presencia e intensidad de deformaciones, grietas, rajaduras u otros que evidencie en el corte radial y tangencial de la albura y duramen en las diferentes altura del fuste (base, medio y alto) durante y al término del proceso de secado.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Secado de la madera**

#### **2.1.1. Conceptos generales**

Secado es definido como el proceso de eliminar el exceso de agua de la madera para facilitar su posterior procesamiento o uso final, sin embargo la definición o concepto de secado va más allá de un simple fenómeno de pérdida de agua, ya que el proceso abarca varios aspectos como, el conocimiento de la materia prima, de su comportamiento y de los equipos utilizados para adelantar un secado óptimo (POMACHAGUA, 1993).

De otro lado, se sabe que en el proceso de secado interviene varios factores, siendo uno de los principales la temperatura, en ese sentido POMACHAGUA (1993), menciona 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.

Según INTA (2001), el secado es la acción por la cual la temperatura promueve la evaporación, que es la acción del calor que evapora fácilmente el agua en la madera, por capilaridad, cuando las paredes celulares

atraen 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.

De otro lado también se señala 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 (INTA, 2001).

ARÓSTEGUI (1974) sostiene que el proceso de secado se basa en aprovechar la capacidad de la madera para intercambiar humedad con el ambiente en que se ubique. Por su parte 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).

## **2.1.2. Aspectos físicos relativos al secado de la madera**

### **2.1.2.1. Cambios dimensionales**

La madera cambia sus dimensiones a partir del punto de saturación de las fibras contrayéndose hasta perder todo el agua higroscópica, cuando la madera verde se seca, aparecen una nueva serie de fenómenos hasta llegar al punto comercial del valor de la humedad (SALAS, 2005).

Así, hasta llegar al punto de saturación de las fibras (PSF), la pérdida de agua incide solamente sobre el peso y la conservación de la madera. Pero, por debajo del PSF, se inician los defectos que afectan a las formas y medidas de las piezas que se someten al secado. La disminución de medidas en los planos de la madera, recibe el nombre de "contracción" y se expresa en porcentaje, aplicando la siguiente fórmula (JUNAC, 1984):

$$C \% = \frac{Mi - Mf}{Mf} \times 100$$

Donde:

C% = Contracción expresada en porcentaje.

Mi = Medida inicial (madera húmeda o verde).

Mf = Medida final (madera seca o anhidra).

La contracción tangencial es paralela a los anillos de crecimiento y puede ser dos veces mayor que la contracción radial (Cr), que es perpendicular a los radios. Las maderas más pesadas se contraen en sentido tangencial, mientras que las livianas lo hacen en sentido radial (GONZALES, 1996).

No todas las partes de una pieza de madera alcanzan el PSF al mismo tiempo. Las capas superficiales al secarse, contraen hasta cierto grado y comprimen el interior de la madera, antes que ella haya llegado al PSF, produciendo defectos apreciables como el agrietamiento, endurecimiento

superficial, y otros, fáciles de apreciar en la sección transversal de las piezas de madera (GONZALES, 1996).

La contracción de la madera es proporcional a la pérdida de humedad por debajo del PSF y por cada 1% de pérdida de humedad, la madera se contrae aproximadamente 1/30. Para los fines prácticos, se puede considerar como hinchazón el reverso de la contracción, así por cada aumento de 1% de humedad, la pieza experimentará una hinchazón igual al 1/30 parte de la totalidad que pueda ocurrir, el agua libre no tiene ninguna influencia en estos cambios.

GONZALES (1996), asimismo, menciona que las maderas pesadas se contraen más que las maderas livianas, por ser más densas. Por esta misma razón la contracción puede variar entre la madera de primavera, que es menos densa, y la madera de verano que es más densa, dentro de un anillo de crecimiento (SALAS, 2005).

De otro lado la reducción de dimensiones que experimentan las piezas de madera cuando pierden humedad, según la dirección que se considere es conocido como cambio dimensional o contracción longitudinal, radial o tangencial (JUNAC, 1984).

ALVAREZ y FERNANDEZ-GOLFIN (1992) señala que la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la

contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial ( $R_{vr}$ ). Cuanto más coincidentes sean las contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes  $R_{vr} > 2$  presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

ANANÍAS (1992) manifiesta que los cambios dimensionales normales de la madera son de magnitud diferentes en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial es 1.5 a 3 veces mayor que la contracción radial, y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera.

Las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. La limitada contracción longitudinal es debida a la orientación longitudinal de los tejidos en la madera.

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. Mientras mayor es la relación Ctg/Crd las maderas son más acanaladas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura (ANANÍAS, 1992).

Cuadro 1. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial.

Grupo	Rango t/r	Clasificación	Estabilidad
1	Menor de 1.5	Muy baja (MB)	Muy estable (MED)
2	De 1.51 a 2.0	Baja (B)	Estable (E)
3	De 2.0 a 2.5	Mediana (M)	Mod. estable (M)
4	De 2.5 a 3.0	Alta (A)	Inestable (I)
5	Mayor de 3.1	Muy alta (MA)	Muy inestable(MI)

Fuente: VIZCARRA (1998).

HERMINIO (2003) describe que la contracción normal es la disminución de dimensiones que sufre la madera al perder humedad bajo el punto de saturación de las fibras, expresada como porcentaje de la dimensión de la madera al estado verde. Las contracciones de la madera pueden suceder sobre el punto de saturación de las fibras cuando están referidas al colapso.

Sin embargo, su evidencia principal se da cuando el contenido de humedad está bajo el punto de saturación de las fibras. Se puede observar una deformación armónica, es decir, paralela a las caras de la pieza en secado y que permite al final del proceso, obtener piezas contraídas pero sin



alteraciones o desclasificaciones. En tanto, por defecto del corte de la madera o por tensiones de crecimiento, se puede tener madera que durante el secado evidencian deformaciones anormales sobre y bajo el punto de saturación de las fibras.

La contracción corrientemente se estudia en tres modalidades: radial, tangencial y volumétrica; la relación tangencial-radial permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado. La magnitud de la contracción varía según las características de la especie, las secciones y la orientación anatómica del corte (JUNAC, 1984).

#### **2.1.2.2. Higroscopicidad**

Según SALAS (2005), la madera es un material higroscópico (tiene apetencia por el agua) y va perdiendo o ganando agua en función de la temperatura y humedad relativa del ambiente en que se encuentre, hasta que alcanza una situación de equilibrio en su entorno.

El equilibrio higroscópico corresponde al equilibrio entre las presiones parciales de vapor de aire del ambiente y del producto húmedo. Para la mayoría de las especies el equilibrio higroscópico está entre el 12% y el 18% de contenido de humedad dependiendo del lugar donde se realiza el secado. En el secado natural, solo puede alcanzarse como resultado final del contenido de humedad de la madera, en equilibrio con las condiciones climáticas del lugar.

En cuanto a las curvas de equilibrio higroscópico, éstas establecen la variación de la humedad de equilibrio higroscópico (HEH) con la variación de las características higrotérmicas del medio.

Se sabe que 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 (MORALES, 2004).

### **2.1.2.3. Humedad relativa y la humedad de la madera**

La humedad relativa del aire influye directamente a la humedad de la madera, si la humedad relativa del aire aumenta, 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 las leyes que rigen para los cuerpos porosos por lo tanto, en contacto con un ambiente determinado ésta 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, del aire y la que existe en el interior de la pieza de madera (MORALES, 2004).

#### **2.1.2.4. Contenido de humedad**

JUNAC (1984), respecto al contenido de humedad, indica que es sin duda, la propiedad que más influye sobre todas las demás propiedades, la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta y la región que proceda.

En general, las maderas livianas contienen mayor agua que las maderas pesadas. La albura, formada por células cuya función es la conducción de sustancias nutritivas en soluciones acuosas, presenta un contenido de humedad mayor que en el duramen, tejido compuesto por células con acumulación de sustancias infiltradas en las cavidades celulares.

ALVAREZ y FERNANDEZ-GOLFIN (1992) especifica que el conocimiento del contenido de humedad es importante para la utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta otras propiedades. El contenido de humedad, según ANANÍAS (2002), 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:

$$C \% = \frac{P_i - P_o}{P_o} \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%)

Pi = Peso inicial (g)

Po = Peso en estado anhidro (g)

INTA (2001) indica que el agua en la madera está presente en varias formas; agua libre que se ubica en los lúmenes o espacios de las células, agua higroscópica que está en la pared celular, agua de constitución que forma parte de la estructura química y agua en forma de vapor. Es la cantidad de agua con respecto a la cantidad de sustancia leñosa (exclusivamente pared celular).

El contenido de humedad, generalmente, es referido como porcentaje del peso seco o anhidro, pero en algunos casos se refiere a la base húmeda. El contenido de humedad depende de la relación albura duramen, madera juvenil madera adulta, relación madera primavera verano y densidad. La albura tiene más humedad que el duramen. Si la humedad inicial es de 100%, significa que de 100 kg de madera 50 kg son de agua y 50 kg son de leño (INTA, 2001).

Si la humedad inicial es de 150%, significa que de 100 kg de madera es 60 kg de agua y 40 kg son de leño.

#### **2.1.2.5. Contenido de humedad de equilibrio**

INTA (2001) indica que la madera, al ser un material higroscópico tiene la capacidad de absorber o ceder humedad del ambiente que la rodea, hasta que la cantidad de agua en la madera esté en equilibrio con las condiciones ambientales.

Cuando una pieza de madera se deja suficiente tiempo en un 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 equilibrio es alcanzado, la humedad de la madera no varía más y se dice que ha llegado al "contenido de humedad de equilibrio" (ECH) o humedad límite. Este contenido de humedad permanecerá constante mientras las características del aire que rodean a la madera no cambian.

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 han 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 a partir de ellos establecer los valores de la humedad de equilibrio de la madera correspondiente a cada condición dada (MORALES, 2004).

#### **2.1.2.6. Punto de saturación de las fibras (PSF)**

Según MORALES (2004), el PSF representa el porcentaje de humedad de la madera cuando se ha alcanzado la máxima hinchazón; si disminuye la humedad también lo hará el volumen, pero si aquella aumenta, el volumen permanece prácticamente constante.

Las variaciones de volumen expuestas no son suficientes, en general, para darse cuenta de la complejidad de los fenómenos que intervienen en el movimiento de la madera y que tienen como resultado las variaciones lineales de sus tres dimensiones: axial, tangencial y radial, con contracciones muy diferentes para cada una, como consecuencia de ser la madera un material anisótropo.

#### **2.1.2.7. Curvas de secado**

Según ANANÍAS (2002) las curvas de secado representan la variación de la humedad de la madera con el tiempo de secado o la velocidad de evaporación con el tiempo de secado. Asimismo el autor indica que en ambos casos se observan dos fases o etapas características del proceso de secado: la fase de velocidad de secado constante, y la fase de velocidad de secado decreciente.

La etapa de velocidad de secado constante, se presenta al inicio del secado cuando la superficie de la madera se encuentra completamente húmeda. En el secado a partir del estado verde, la superficie de la madera está cubierta de una delgada película de agua líquida y la evaporación se mantiene a una velocidad constante, esta etapa es más larga en maderas de menor espesor y de mayor permeabilidad y es muy corta en maderas de mayor grosor y es casi imperceptible en maderas previamente secada o presecada.

En la fase de velocidad de secado decreciente se observan dos sub – etapas: etapa de secado con la superficie parcialmente cubierta de agua líquida, periodo que se produce cuando aparecen los primeros sectores de la superficie seca, está sub – etapa puede ser también bastante corta o prolongarse hasta alrededor del punto de saturación de las fibras; y la etapa de secado por debajo del punto de saturación de las fibras, este periodo es gobernado por el movimiento interno de humedad, y en maderas refractarias de difícil secado puede representar prácticamente toda la curva de secado.

## **2.2. Secado al natural o al aire libre de la madera**

De acuerdo con INTA (2001), el secado natural consiste en estacionar madera verde en un lugar abierto un determinado periodo de tiempo, durante el cual la madera entrega humedad a la atmósfera y tiende a llegar al punto de equilibrio higroscópico con el ambiente.

Algunas veces, el objetivo es bajar el contenido de humedad de la madera a su nivel de equilibrio con las condiciones climáticas, y en otras puede

ser, secar la madera lo suficiente como para permitir un transporte más económico, o como pre secado para posteriores procesos de secado. En todos los casos, la intención es secar la madera aserrada en el tiempo más breve posible y con el mínimo deterioro.

Los factores que influyen en un buen proceso de secado al natural según INTA (2001), son:

- Contar con un lugar adecuado (patio) para exponer la madera al aire libre pero protegido directamente de los rayos solares.
- El apilado, debe ser efectuado de tal modo, que el aire circule alrededor de cada una de las piezas de madera.

### **2.2.1. Apilado de madera aserrada en secado natural**

En cuanto al apilado de la madera RUEDA (2007), menciona que mejor método de apilar o encastillar madera para un secado rápido, con el mínimo de agrietamiento y torcimiento, es el apilado plano. Sin embargo, el autor añade que las maderas que secan con facilidad y no se agrietan ni tuercen mucho, se pueden apilar en forma más sencilla por el método “en caballete o V invertida”, “apilado en pie” y “apilado en triángulo o rectángulo”.

#### **2.2.1.1. Apilado en triángulo**

Según RUEDA (2007), 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 una cubierta o techo.

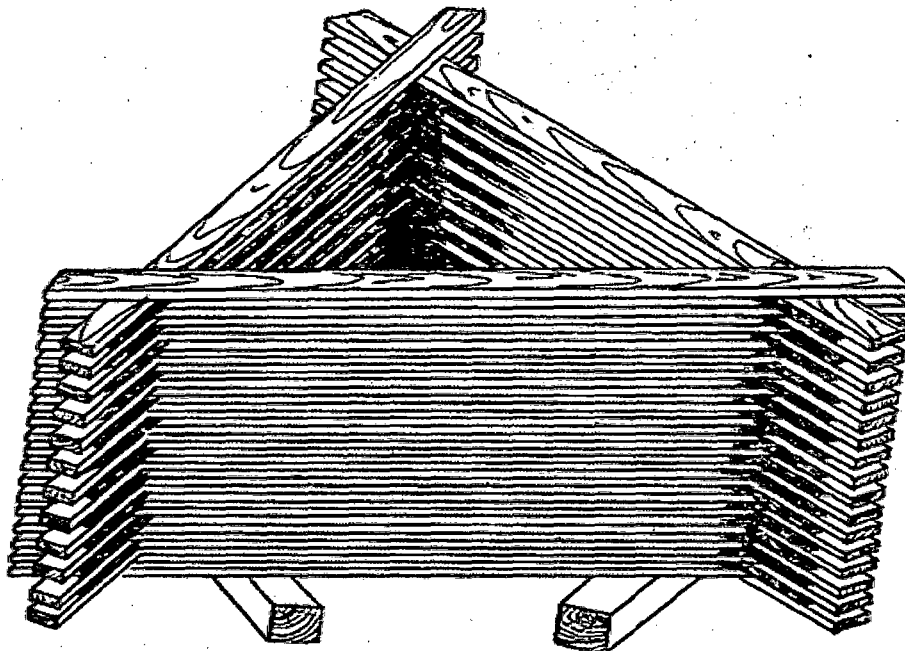


Figura 1. Apilado en técnica de triángulo.

#### **2.2.1.2. Apilado con caballete**

RUEDA (2007) sostiene que la técnica es utilizada en especies que tienen alto contenido de humedad inicial ( $>100\%$ ), alcanzado el contenido de humedad del punto de saturación de las fibras entre los 20 – 35 días. 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.

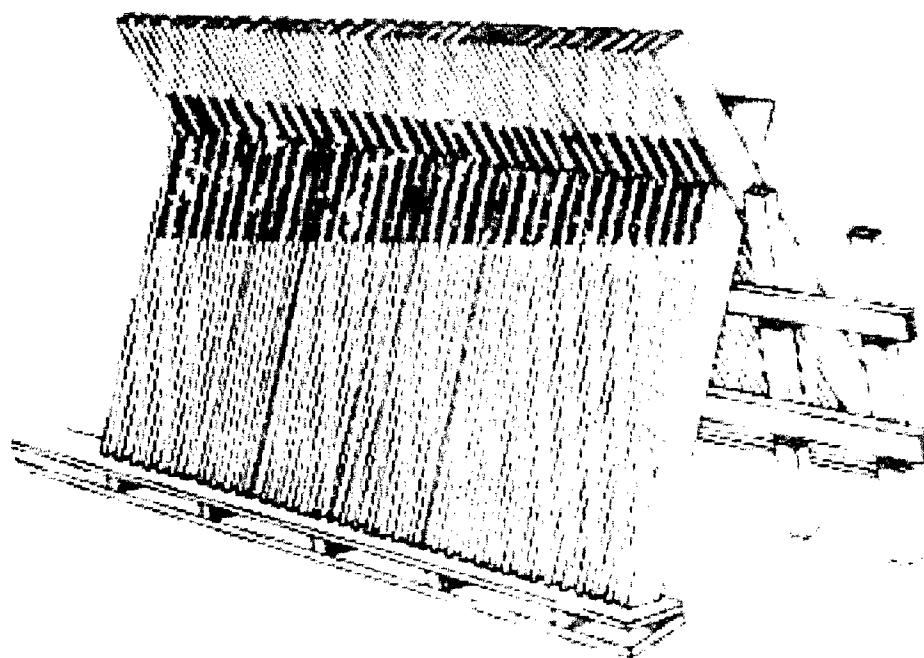


Figura 2. Apilado en técnica de caballete.

Respecto a las formas de apilado TROYA *et al.* (2000), reportan que después de evaluar durante cinco meses, defectos de secado: abarquillados, combados, torceduras, rajaduras y grietas superficiales; así como también el contenido de equilibrio de humedad en las maderas de *Triplaris cumingiana* y *Cordia alliodora* en los métodos de apilamiento en caballetes y cuadrados horizontales, en el secado de tablas de tres secciones del árbol (basal, media y terminal), no existieron diferencias significativas entre los métodos de apilamiento ni entre las secciones del árbol. Se determinó que es suficiente con 90 días de secado a la intemperie para que la madera de ambas especies alcance el contenido de humedad de equilibrio.

Si se considera las condiciones climáticas del sitio donde se llevó a cabo el ensayo, se deduce que la humedad relativa promedio (84%) de los

meses en que se realizó el experimento, fue probablemente uno de los factores determinantes para que sea relativamente largo el tiempo (90 días) para que *Triplaris cumingiana* y *Cordia alliodora* bajen su alto contenido de humedad hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio (CH: 18 – 19%). (TROYA *et al.*, 2000).

### **2.3. Factores que inciden en el secado de la madera**

#### **2.3.1. Influencia de la estructura anatómica**

Considerando que las células son alargadas y en su mayoría dispuestas en el sentido paralelo al eje del árbol, comunicadas entre sí por punteaduras y perforaciones, el movimiento del agua dentro de la madera y de allí a la superficie se efectúa con mayor facilidad en dirección longitudinal.

Teniendo en cuenta los tres diferentes planos, determinados por el eje del árbol, los radios leñosos y los anillos de crecimiento, se ha establecido que la madera en el sentido longitudinal se seca en promedio tres veces más rápido que en el sentido radial y dos veces más que en el sentido tangencial. El tamaño de las células, los contenidos que posean y la proporción de cada una de ellas en el leño tienen también influencia en el secado (SOLANO, 1998).

#### **2.3.2. La higroscopicidad**

SOLANO (1998) manifiesta que la higroscopicidad es la característica que tienen los cuerpos porosos, entre ellos la madera, de perder

o ganar humedad de acuerdo al medio ambiente donde se encuentra. Esta propiedad tiene gran influencia en el secado ya que mediante ella se logra que la madera pierda humedad, cambiando las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre (horno de secado). En un clima cualquiera la madera adquiere un contenido de humedad determinado que se conoce como contenido de humedad en equilibrio (CHE).

### **2.3.3. La anisotropía**

De acuerdo a SOLANO (1998), la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija.

La contracción tangencial es mayor que la radial y esta mayor que la longitudinal pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3.5% a 15%, la radial varía entre 2.4% a 11% y la longitudinal varía entre 0.1% a 0.9%. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efectos del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de

dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumentan las pérdidas de madera durante el proceso de secado (SOLANO, 1998).

El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas y rajaduras si el secado es muy rápido.

## 2.4. Defectos y deformaciones de la madera en el secado

### 2.4.1. Defectos (grietas y rajaduras)

Se originan en general debido a un secado muy rápido, especialmente durante las primeras etapas o como consecuencia de un secado irregular a lo largo de una pieza de madera.

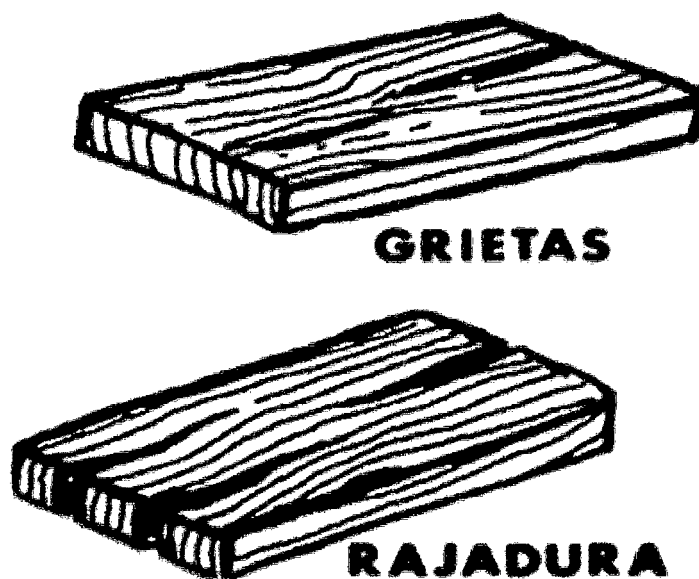


Figura 3. Tipos de defectos en el secado.

Las grietas pueden ser superficiales, terminales o internas, pueden reducirse con un secado gradual, ya sea disminuyendo la velocidad del viento entre las pilas o manteniendo una alta humedad relativa

#### **2.4.2. Deformaciones (alabeos)**

Estas deformaciones se deben a tensiones internas que presenta el árbol, a un secado irregular o a un deficiente sistema de apilado. En este último caso, la deformación es causada por la contracción diferenciada de corte de la madera en las tres direcciones.

##### **2.4.2.1. Abarquillado**

Es la distancia o curvatura del eje transversal de una pieza de madera aserrada. Aquellas tablas aserradas en sentido tangencial a los anillos, se deforman más que en sentido radial.

Las cortadas en la periferia de la trozas tienen menos distorsión que las obtenidas cerca de la medula. Entre mayor es el espesor, mayor es la tendencia al abarquillado. Si se hace un presecado al aire y se evitan los programas severos de secado, se puede reducir el abarquillado, pero la mejor forma de controlarlo es mediante un correcto apilado.

##### **2.4.2.2. Arqueadura**

Es el alabeo o curvatura a lo largo de la cara de la pieza. Se asocia con una contracción longitudinal excesiva en la madera cercana a la médula

juvenil, o madera de reacción, tanto por compresión en coníferas como de tracción en latifoliadas cuando los árboles han crecido en pendientes o torcidos. También cuando en la pieza aserrada existe grano inclinado. Se puede controlar en forma semejante que el abarquillado.

### 2.4.2.3. Torcedura

Es el alabeo que se presenta cuando la esquina de la pieza de madera no se encuentra en el mismo plano. Se presenta en madera con grano espiralado, ondulado, entrecruzado, desviado o distorsionado por nudos.

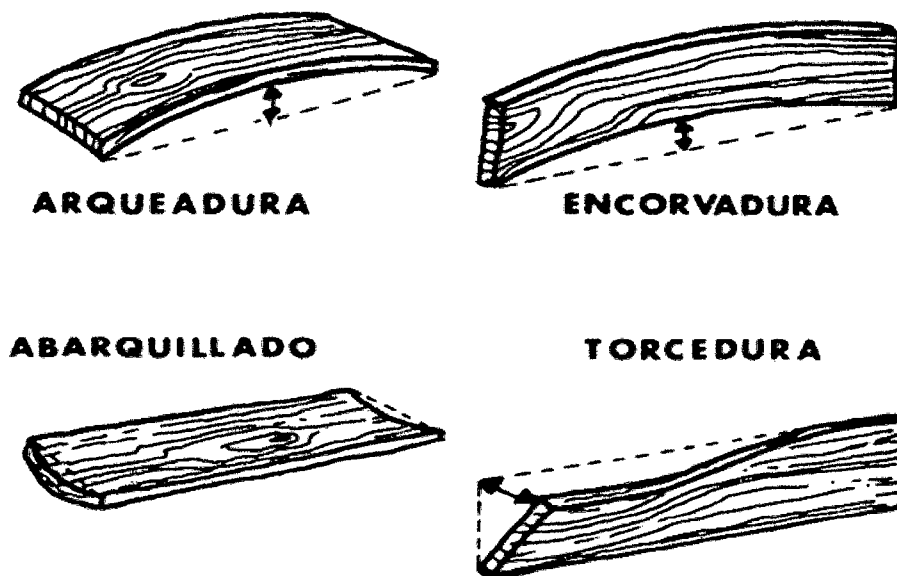


Figura 4. Tipos de deformaciones en el secado.

### 2.4.2.4. Encorvadura

Es el alabeo o curvatura a lo largo del canto de la pieza de madera, se forma por las mismas causas que la arqueadura, pero es más difícil de controlar que está.

## **2.5. Paliperro (*Miconia barbeyana* Cogniaux)**

### **2.5.1. Características**

A la especie se le conoce como paliperro, palo gusano, paloma micuna y tiri tiri; botánicamente se le denomina *Miconia barbeyana* Cogniaux y pertenece a la familia Melastomatácea. Especie ampliamente distribuida en América Tropical, en Perú se encuentra en bosques primarios y bosques secundarios entre los 500 y 2500 m.s.n.m. (ALAYA, 2003).

### **2.5.2. Descripción dendrológica**

Según GASCON (2002), el paliperro es un árbol de hasta 15 m de altura y de unos 30 cm de diámetro, con fuste recto y pocas ramas, corteza externa lisa de color verdosa, presentan ramitas terminales cuadrangulares de 1 – 2 cm de sección glabras de color marrón grisáceo.

Hojas simples y opuestas, glabras pero con pubescencia solamente en el nervio medial por envés, con peciolo de 2 – 3 cm de longitud por 4 – 6 cm de ancho, el margen entero y revoluto en la parte basal, en el ápice acuminado, nerviación trinervada sub basal. Inflorescencia de panículas terminales de 6 cm de longitud por 4 cm de diámetro, con numerosas flores. Flores hermafroditas de unos 6 mm de longitud.

Frutos en bayas de color morados, semillas piramidales a ovoides lisas. Se ha registrado flor en setiembre y frutos en octubre a noviembre.



### 2.5.3. Descripción de la madera

DETIENNE (1983) en un estudio de las características anatómicas del género *Miconia*, describe que la madera presenta un color beige a marrón-rojizo, con densidades que varían de 0.50 – 0.60 g/cm<sup>3</sup> (*M. amazonica*, *M. elata*, *M. uruensis* y *M. lepidota*, *M. myriantha* y *M. abovalis*).

Poros difusos, solitarios y en racimos, múltiples radiales de 2 a 4 poros, menores a 10 /mm<sup>2</sup> (*M. abovalis*, *M. poeppigii* y *M. suriamensis*) a más de 30 /mm<sup>2</sup> (*M. dichrophylla* y *M. reducens*), finos a medianos de 60 a 170 μ.

Las puntuaciones de los elementos vasculares es de 4 a 8 μ de diámetro. Parénquima en bandas, se presenta en cantidades variables según las especies.

Fibras septadas o divididas, de paredes menos lignificadas que aparecen más claras en la sección transversal.

Filas de células compuestas de 3 a 6 elementos. Radios uniseriados en la mayoría biseriados (*M. mucronata* y *M. poeppigii*), de estructura heterogénea: células cuadradas a ligeramente entrelazadas (*M. tomentosas*) raramente alargadas horizontalmente (*M. poeppigii*).

Puntuaciones radiovasculares generalmente idénticas en tamaño a los intervasculares, pero más largas (*M. chrysophylla*), *M. elata*, *M. reducens* y *M. tomentosa*). Fibras con puntuaciones simples.

### 2.5.4. Propiedades físicas

ROMANI (2003) determinó las propiedades físicas mecánicas de la especie en estudio a nivel de probetas y a nivel de postes, los cuales se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores de las propiedades físico mecánicas en probetas.

Ensayos	Unidad	<i>Miconia barbeyana</i>	Valores permisibles Wood handbook	(%)
<b>Físicos</b>				
Densidad básica	g/cm <sup>3</sup>	0.537	0.506 – 0.554	10
Contracción volumétrica	%	12.069	11.54 – 12.96	16
Contracción radial	%	5.799	5.536 – 6.265	15
Contracción tangencial	%	10.42	10.08 – 11.00	14
<b>Mecánicos</b>				
<b>Flexión estática</b>				
MOR	Kg/ cm <sup>2</sup>	551.5	498.1 – 633.6	16
MOE	Kg/ cm <sup>2</sup>	110324	101283 - 122560	22
ELP	Kg/ cm <sup>2</sup>	293.7	239.6 – 340.2	22
<b>Compresión paralela</b>				
MOR	Kg/cm <sup>2</sup>	292.29	258.93 – 242.66	18
ELP	Kg/cm <sup>2</sup>	211.11	176.82 – 242.66	24
MOE	Kg/cm <sup>2</sup>	128307	113282 - 148700	29

Comprensión				
perpendicular				
ELP	Kg/ cm <sup>2</sup>	33.83	26.68 – 37.01	28
Dureza				
Lados	Kg/ cm <sup>2</sup>	309.3	261.9 – 361.5	17
Extremos	Kg/ cm <sup>2</sup>	381.5	261.9 – 361.5	20
Cizallamiento				
Promedio	Kg/ cm <sup>2</sup>	71.8	62.85 – 80.82	25
Tenacidad				
Promedio	Kg - m	0.78	0.272 – 1.0675	34

Fuente: ROMANI (2003).

## 2.5.5. Descripción macroscópica

### 2.5.5.1. Poros

Porosidad difusa, la concentración de poros dentro de los anillos de crecimiento no cambia, poros visibles con lupa de 10 X, moderadamente medianos, múltiples radiales de 2 a 3 y escasos solitarios de forma oval. Presencia de gomas en forma parcial en los vasos (TELLO, 2007).

### 2.5.5.2. Parénquima

Son visibles con lupa de 10 X, de un color más claro que las fibras, en líneas finas y bandas irregulares (TELLO, 2007).

### **2.5.5.3. Radios**

En la sección transversal finos, visibles con lupa de 10 x, en la sección tangencial son no estratificados, líneas vasculares irregulares, en la sección radial poco contrastada.

## **2.5.6. Descripción microscópica**

### **2.5.6.1. Poros/ vasos**

Los poros son difusos de forma ovalada. Diámetro tangencial en promedio de 137  $\mu$  clasificados como medianos. En promedio de 7/mm<sup>2</sup> (rango de 4 a 10) clasificados como pocos; predominantemente múltiples radiales de 2 a 3 poros y solitarios escasos.

Elementos vasculares en longitud promedio de 366  $\mu$  clasificados como medianos; platina de perforación poco inclinados, del tipo simple, puntuaciones intervasculares alternas de forma ovalada con un diámetro de 3  $\mu$  con apertura extendida, punteado radio vascular similar en forma y tamaño al intervascular. Presencia de gomas, apéndices y floema incluido en forma escasa (TELLO, 2007).

### **2.5.6.2. Parénquima**

En la sección transversal es de bandas irregulares, con más de 3 células de ancho. En el corte longitudinal alargadas verticalmente no estratificados con 2 septas por célula.

### **2.5.6.3. Radios**

En la sección tangencial la altura es 395  $\mu$  clasificado como extremadamente cortos, con 14 células de altura (entre 10 a 20); generalmente presenta radios uniseriados, biseriados y escasos radios heterogéneos tipo I, con ancho de 19  $\mu$  clasificadas como muy finos. En la sección radial son heterocelulares formado por una mezcla de células procumbentes erectas y cuadradas, 14 radios/mm clasificados como numerosas (TELLO, 2007).

### **2.5.6.4. Fibras**

Son libriformes de longitud promedio 764  $\mu$  clasificados como cortas y angostas en ancho con un promedio de 17  $\mu$  de paredes delgadas con un espesor promedio de 3  $\mu$ , no estratificadas, puntuaciones no visibles.

## **2.6. Características anatómicas y propiedades tecnológicas**

ARÓSTEGUI (1982) indica que la anatomía de la madera comprende: Anatomía sistemática y la anatomía aplicada. La primera comprende la investigación de especies maderables y se basa en las características anatómicas, permitiendo elaborar claves de identificación. Por su parte la anatomía aplicada, estudia la influencia de la estructura anatómica de las propiedades tecnológicas de la madera.

Asimismo VALDERRAMA (1996), menciona que la tecnología va a reorientar la investigación tanto básica como aplicada; a fin de priorizar en

detalle todos los aspectos de uso que posee la madera por sus cualidades basados en la estructura anatómica.

CHAVESTA (2006) menciona que antes de identificar una determinada muestra de madera la persona interesada debe familiarizarse con las características generales y macroscópicas que son comunes a todas las clases de madera independientemente de su origen botánico. Solamente así, será posible conocer aquellas características que son específicas para una clase de madera dada y en consecuencia establecer su identidad botánica.

El mismo autor menciona que el proceso de identificación de madera el procedimiento lógico es empezar por las características macroscópicas, son detalles evidentes con poco o ningún aumento, hasta llegar a los detalles macroscópicos, es decir aquellos que son evidentes solamente con aumentos que pueden ser obtenidos a través de un microscopio. Las características macroscópicas de la madera son en general de dos clases:

- Aquellas atribuibles a su estructura celular.
- Aquellas que caen en la categoría de propiedades físicas o químicas, por ejemplo: Color, olor, peso y dureza.

En algunos casos las características macroscópicas de la madera, tales como su color y apariencia al grano, pueden aportar toda la información necesaria para su identificación.

GIMENEZ (1993) menciona que los tipos de poros (solitarios, múltiples, germinados y raciriformes) constituyen un elemento taxonómico importante para el diagnóstico de especies, indicando que tanto el diámetro tangencial como su longitud y área neta de poros son valores que se encuentran relacionadas con la ecología del lugar y por lo tanto no deben ser analizadas aisladamente.

ARROYO (1983) menciona que la estructura de la madera está caracterizada por la cantidad proporcional de las células de varios tipos, como fibras, vasos, radios, parénquima, conductos gomíferos y por las dimensiones específicamente el espesor de las paredes celulares y la longitud de los elementos estructurales.

VALDERRAMA *et al.* (1989) mencionan que las fibras por sus características tiene función mecánica en el árbol, son elementos anatómicos factibles a ser evaluados; es así, que al analizar el espesor de las fibras, las maderas de la pared celular delgada tienen una resistencia mecánica baja a la mayoría de los esfuerzos mecánicos, mientras que las fibras de mayor espesor de pared tienen mayor densidad y resistencia mecánica. Desch (1981), citado por LEON y ESPINOZA (2001), mencionan que las paredes de la fibras pueden ser comparativamente delgadas o tan gruesas que la cavidad celular, prácticamente no observa. El grosor de la pared de las fibras, así como la naturaleza físico-químico tiene gran influencia sobre las propiedades de resistencia, contracción y trabajabilidad de la madera.

DIAZ (2003) menciona que la longitud de las fibras como la densidad de la madera está influenciada por las características genéticas y los factores del medio ambiente. Asimismo, JUNAC (1988), señala que la fibra es el principal componente de la madera latifoliada y representa el 50 o más de su volumen total.

Middleton (1990), citado por BRAVO (1998), menciona que los elementos capilares son células individuales o elementos vasculares unidos de extremo a extremo para formar conductos axiales longitudinales. Los extremos de las paredes de los elementos vasculares son perforados parcial o completamente, permitiendo al agua fluir relativamente sin obstruir a lo largo de la longitud del conducto. El agua pasa lateralmente de un vaso a otro a través de los pares de punteaduras intervasculares en las paredes laterales de los vasos continuos. Los vasos más ancho y largos son claramente más eficientes en la conducción del agua.

PÉREZ (1986), señala que el volumen de los radios en las maderas dicotiledóneas, ejerce un importante efecto en sus propiedades físicas, especialmente en los cambios dimensionales y de la formación de grietas hasta un cierto límite afecta la resistencia y penetrabilidad.

CHAVESTA (2006) menciona que el parénquima longitudinal es por lo general de color más claro que el tejido fibroso.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en el periodo comprendido desde Agosto hasta Noviembre del año 2012. La actividad de secado se llevó a cabo en el área del taller de aprovechamiento y maquinaria forestal, en la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Los árboles de *Miconia barbeyana* Cogniaux fueron extraídos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), encontradas en terreno plano en asocio con árboles de bosques secundarios como la huamanzamana (*Jacaranda copaia*), cético (*Cecropia membranacea*), moena (*Aniba* sp.) y arbustos de la familia Melastomataceae, las características que presentaron los individuos utilizados en la investigación fueron:

- Árbol 1 en 9° 18' 35" latitud Sur, 75° 59'42" longitud Oeste y una altitud de 711 msnm, con 50 cm de Dap, 10.6 m de altura comercial y 26.6 m de altura total.
- Árbol 2 en 9° 18' 31" latitud Sur, 75°59'43" longitud Oeste y una altitud de 713 msnm, con 55 cm de Dap, 14 m de altura comercial y 28 m de altura total.

- Árbol 3 en 9° 18'32" latitud Sur, 75°59'44" longitud Oeste y una altitud de 710 msnm, con 52 cm de Dap, 17 m de altura comercial y 28 m de altura total.

### **3.1.1. Ubicación política**

Localidad	: Tingo María
Distrito	: Rupa Rupa
Provincia	: Leoncio Prado
Departamento	: Huánuco

### **3.1.2. Ubicación geográfica**

Latitud	: 09° 09' 00"
Longitud	: 75° 57' 00"
Altitud	: 660 msnm

### **3.1.3. Zona de vida**

Según Holdridge, el lugar de investigación se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Sub Tropical (bmh – ST).

### **3.1.4. Condiciones climáticas**

Temperatura máxima	: 29.4 °C
Temperatura mínima	: 19.5 °C
Temperatura media anual	: 24.2 °C

Precipitación promedio anual : 3200 mm

### **3.2. Materiales y equipos**

#### **3.2.1. Material vegetal**

Se seleccionó la especie *Miconia barbeyana* Cogniaux a extraer de donde se obtuvo las muestras a evaluar proveniente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

#### **3.2.2. Materiales y equipos**

- 01 motosierra Sthill 060 y accesorios
- 01 wincha
- 01 libreta de campo
- Plumón indeleble
- 01 cámara fotográfica
- 01 vehículo de carga
- Listones de madera dura
- 10 calaminas
- 0.5 kg de clavos para calamina de 2"
- 01 kg de clavos de 1", 2" y 3"
- 03 kg de alambre

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Actividades realizadas**

##### **3.3.1.1. Selección de árboles y muestras de madera**

La selección de árboles y muestras de madera estuvo basada en las normas citadas por ARÓSTEGUI (1970) y Normas Técnicas Peruanas (NTP) 251.008.

Básicamente el procedimiento consistió en lo siguiente: Se seleccionó 03 árboles de *Miconia barbeyana* Cogniaux, se hizo el marcado, talado, trozado, aserrío (preparación de muestras de tablas) y transporte. Los árboles seleccionados presentaban fustes rectos cilíndricos, sin la presencia de hongos ni insectos que les pudiera haber causado daño y que fueron representativos de la población referente a la variable altura y diámetro.

La identificación específica de los individuos talados, se realizó en base a bibliografía (características dendrológicas) y la ayuda de un matero.

##### **3.3.1.2. Procedimiento del secado natural**

En primer lugar, de cada uno de los 03 árboles se prepararon muestras con dimensiones de 2.5 cm x 15 cm x 120 cm, referido al espesor, ancho y largo respectivamente. Estas muestras se obtuvieron al dividir el fuste del árbol en tres partes (basal, medio y apical). Seguidamente se sometió al proceso de secado natural bajo tinglado con una buena ventilación. Cada una

de las hileras formadas por las muestras que constituyeron las pilas que se instalaron sobre bases de 45 cm – 50 cm de altura sobre el nivel del suelo, espaciadas con separadores de madera bien alineadas de 2.5 cm x 2.5 cm de sección transversal, las muestras fueron apiladas triangularmente y con orientación de norte a sur.

El contenido de humedad verde inicial y el contenido de humedad seca al aire final de cada una de las muestras de ensayo se calcularon de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP) 251.010, por el método del secado al horno, usando para la evaluación un total de 12 probetas por árbol con dimensiones de 3 cm x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

La distribución de las tablas de ensayo en las pilas se hizo al azar, también al momento del ensayo, como después de cada determinación de contenido de humedad y el control de pesadas se continuó hasta que la diferencia de pesos entre dos pesadas consecutivas fuera menor del 1% o hasta obtener un peso constante, en dicho momento se consideró que la pieza de madera había alcanzado el equilibrio de humedad con el medio ambiente, siguiéndolo el procedimiento de la Norma Técnica Peruana (NTP) 251.012.

### **3.3.2. Determinación de las variables evaluadas**

#### **3.3.2.1. Pérdida de humedad**

Una vez que se obtuvieron las probetas se determinó el contenido de humedad, siguiendo la Norma técnica peruana (NTP) 251.010 citado por

BRAVO y PECHO (1996); para lo cual se realizaron pesadas de las probetas en peso húmedo (PH), en forma diaria hasta obtener un peso constante en el punto de humedad de equilibrio y luego se llevaron a estufa, donde se les aplicó un calentamiento gradual por día de, 40° C, 50° C, 60° C, 70° C, 80° C, 90° C y finalmente a 103° C, dejándolas a esta temperatura no menos de 20 horas.

Seguidamente se retiraron las probetas de la estufa, dejándolas enfriar en un desecador por espacio de 10 minutos, posteriormente se registró el peso para el análisis de los resultados del peso seco al horno (Psh).

$$CH (\%) = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%).

PH = Peso húmedo de la muestra (g).

PSH = Peso seco al horno (g).

### 3.3.2.2. Contracción

Para determinar la contracción o los cambios dimensionales en los cortes de la cara tangencial (T) y las radial (R) de las probetas de la madera se prosiguió la metodología de la Norma técnica peruana (NTP) 251.012.

Cálculo de la contracción tangencial total (CTt).

$$CTt = \frac{Dth - Dtsh}{Dtsh} \times 100$$

Cálculo de la contracción radial total (CRT).

$$CRT = \frac{Drh - Drsh}{Drsh} \times 100$$

Donde:

Dth, Drh = Dimensión tangencial, radial de la probeta húmeda.

Dtsh, Drsh = Dimensión tangencial, radial de la probeta seca natural.

### 3.3.2.3. Defectos y deformaciones

La evaluación de las clases de los defectos se realizó de acuerdo con la metodología de ARÓSTEGUI (1970), la cual se realizó por inspección visual y con medición directa se evaluaron defectos de secado, básicamente grietas y rajaduras, y deformaciones: arqueadura, encorvadura, abarquillado y torcedura. Las clases consideradas fueron:

**Grupo A:** Maderas que secan sin defectos ni deformaciones. Puede admitirse rajaduras y grietas en ambos extremos, siempre que no pasen el 1 % de la longitud de la pieza y en alabeos es leve.

**Grupo B:** Maderas que secan con ligeros defectos y deformaciones. Puede admitirse rajaduras y grietas de hasta 5 % de la longitud total en ambos extremos y en alabeos moderado.

**Grupo C:** Maderas que secan presentando deformaciones de 1 – 3 % en cualquiera de sus dimensiones y rajaduras y grietas hasta 10 % en cada uno de sus extremos y en alabeos de mala calidad.

### 3.3.3. Análisis de datos

Las características del secado natural de las muestras de madera de *Miconia barbeyana* Cogniaux, fueron tabuladas en un cuadro correspondiente, se realizaron regresiones polinómicas prosiguiendo la curva de pérdida de humedad, generando una ecuación de regresión, la cual estuvo supeditado al coeficiente de determinación para la correlación ( $R^2$ ), estos valores tenían que acercarse más a la unidad, HERNÁNDEZ *et al.* (2006) manifiestan que los valores del r pueden ser:

- 1.00: relación negativa perfecta
- 0.90: relación negativa muy fuerte
- 0.75: relación negativa considerable
- 0.50: relación negativa media
- 0.25: relación negativa débil
- 0.10: relación negativa muy débil
- 0.00: No existe relación
- +0.10: relación positiva muy débil
- +0.25: relación positiva débil



+0.50: relación positiva media

+0.75: relación positiva considerable

+0.90: relación positiva muy fuerte

+1.00: relación positiva perfecta

De las muestras de madera a estudiar estadísticamente se estimaron: el promedio (media) y los límites de confianza (LC) para una probabilidad de 95%.

Debido a que las unidades experimentales fueron irregulares, se realizó el análisis de varianza para los valores del contenido de humedad en tres niveles del fuste de *M. barbeyana* Cogniaux, observación realizado bajo el esquema de un diseño completo al azar. Mientras los valores de contracción de la madera se ha realizado el análisis de datos bajo el esquema de un diseño completo al azar con arreglo factorial de la forma 3A x 2B, donde A corresponde a los tres niveles del fuste y B representa a los tipos de corte.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Curva de secado en las dos técnicas de apilado

Durante el proceso de secado al natural, se registró mayor rapidez en la pérdida de humedad en la técnica de caballete durante los primeros 11 días en comparación a la técnica del triángulo, posterior a ese periodo no hubo diferencia entre las técnicas de secado; además se encontró que hubo peso constante de las muestras de madera a partir de los 36 días de secado la cual muestra equilibrio con el ambiente (Figura 5).

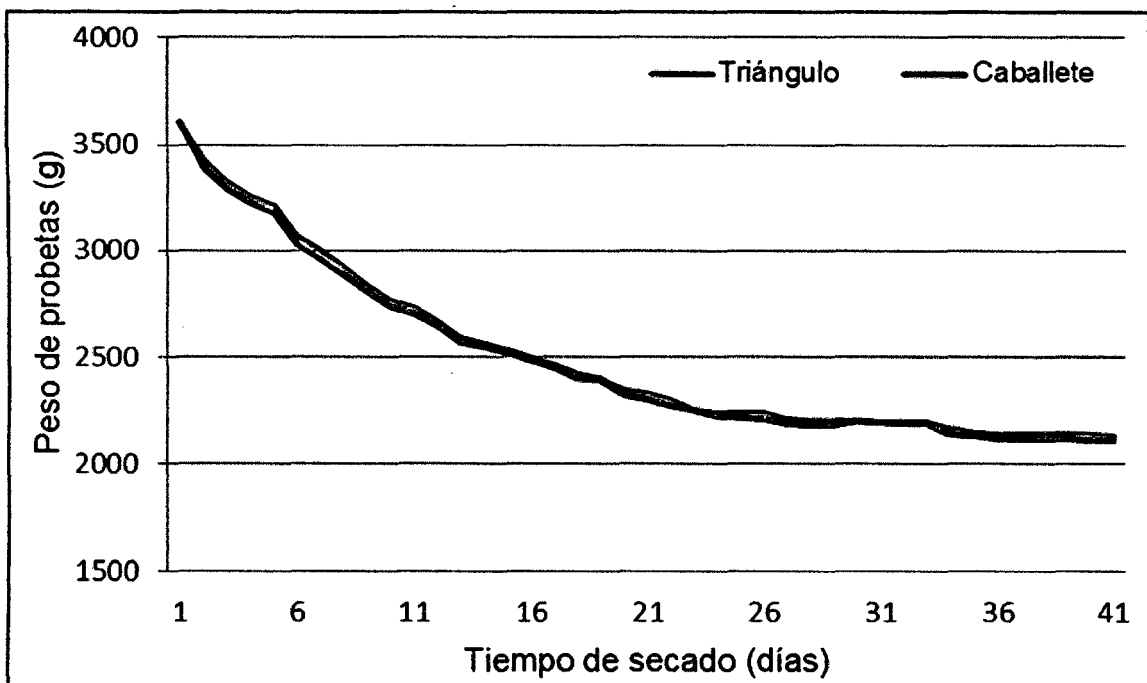


Figura 5. Comportamiento del secado al natural de probetas bajo dos técnicas de apilado.

La pérdida de humedad en las muestras de madera generaron ecuaciones polinómicas de tercer grado, para ambas estimaciones, se registró coeficientes de determinación cercanas a 1, la cual indica para la regresión una relación positiva muy fuerte. Durante los primeros 16 días después del apilado, el tipo caballete perdía humedad con mayor rapidez en comparación al triángulo (Figura 6).

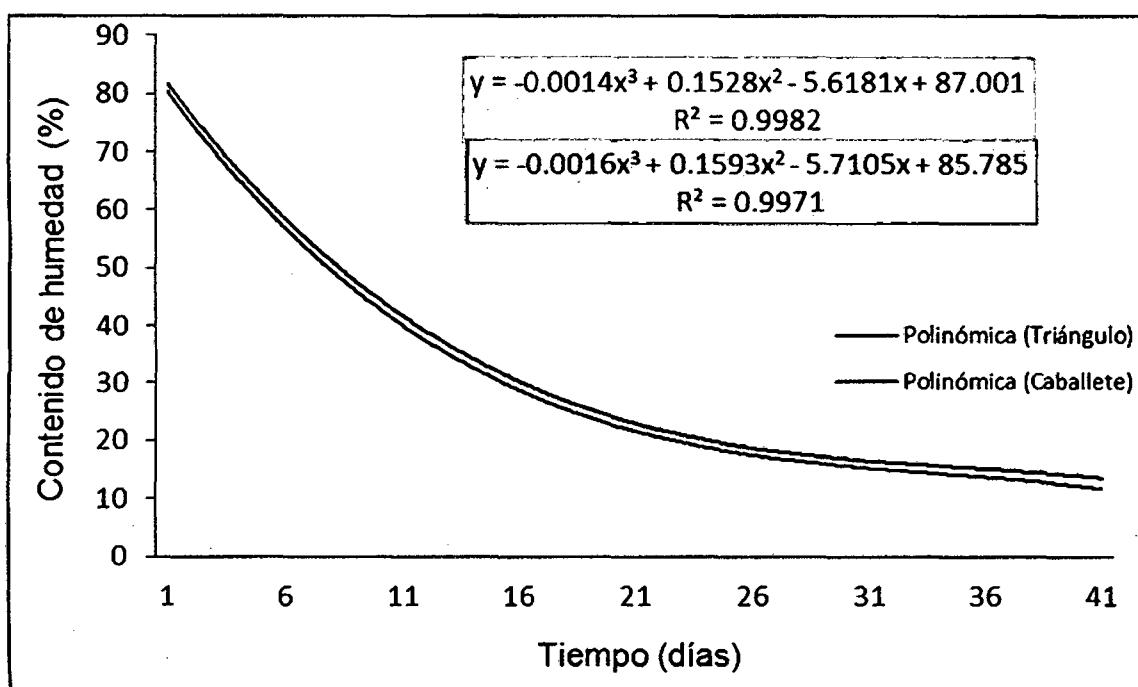


Figura 6. Comportamiento de la pérdida de humedad en probetas bajo dos técnicas de apilado.

#### 4.2. Variación de la curva de secado en el corte tangencial y radial

En los primeros días de secado, se registró que las muestras de madera extraídas con corte radial presentaron mayor pérdida de humedad, posterior a los 11 días las muestras de madera con corte tangencial predominó en la pérdida de humedad bajo el secado al natural (Figura 7).

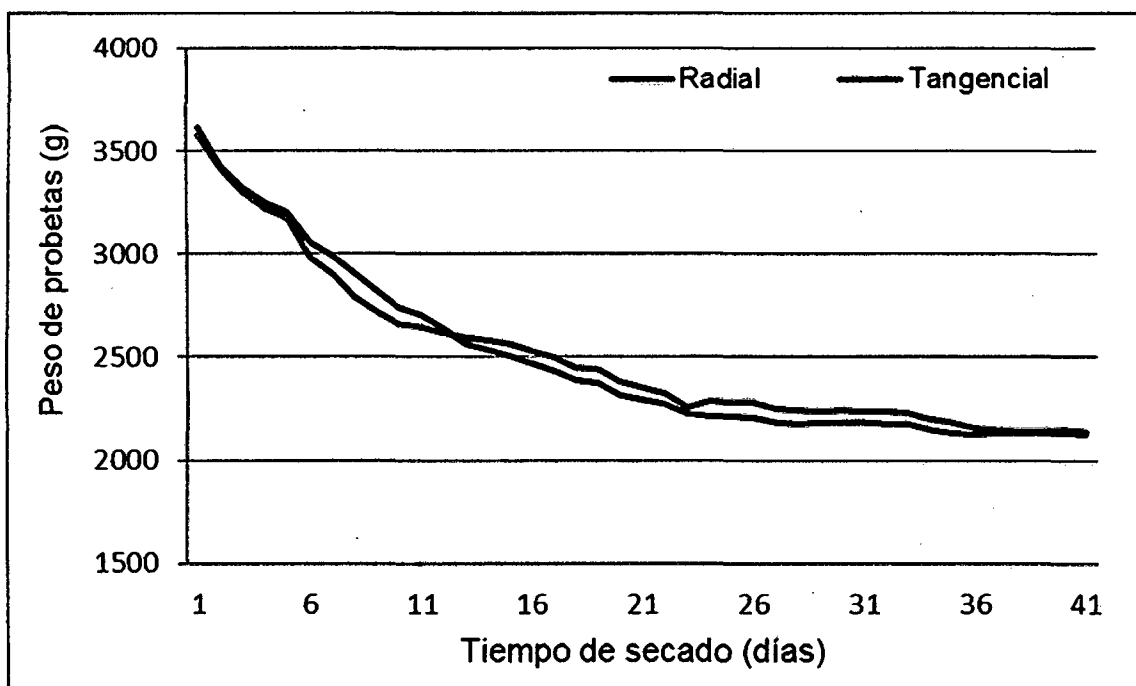


Figura 7. Comportamiento del secado al natural en dos tipos de corte.

La pérdida de humedad en las probetas fue más rápida en el tipo de corte tangencial en comparación al corte radial (Figura 8).

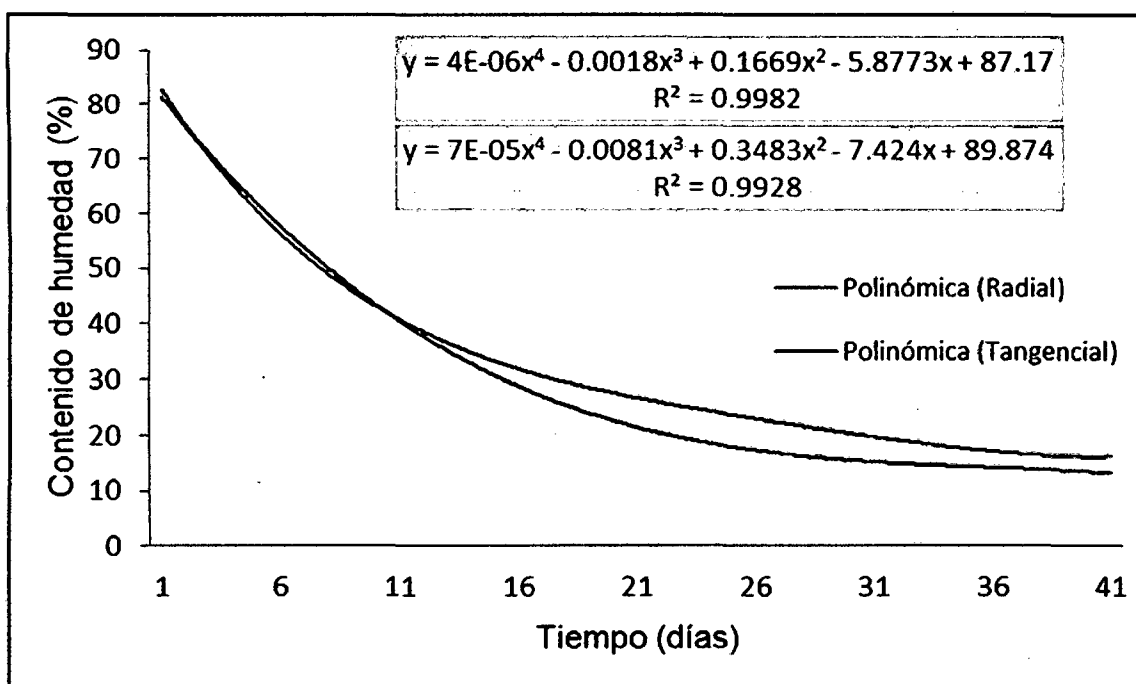


Figura 8. Comportamiento de la humedad en probetas con dos tipos de corte.

### 4.3. Curva de secado en los tres niveles del fuste

Las muestras de madera extraídas de la parte basal y apical del fuste presentaron similar comportamiento en la pérdida de humedad hasta alcanzar el equilibrio con el ambiente; respecto a las muestras de madera extraída de la parte media del fuste, presentó mayor rapidez en la pérdida de humedad en comparación de las otras partes del fuste (Figura 9).

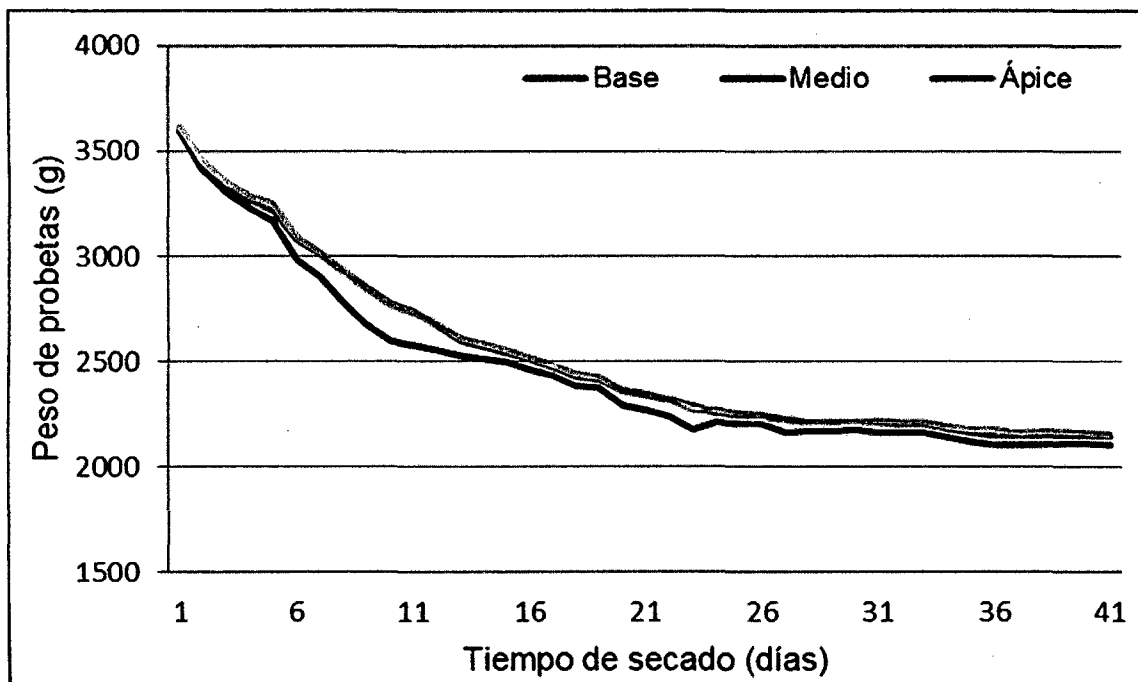


Figura 9. Comportamiento del secado al natural en tres niveles del fuste.

La pérdida de humedad en probetas extraídas de tres niveles del fuste de *M. barbeyana* Cogniaux, generó ecuaciones de regresión de la forma polinómica de tercer grado, con coeficientes de determinación cercanas a la unidad (relación positiva muy fuerte); además se encontró que la pérdida de humedad en la probetas extraídas del nivel medio del fuste presentó mayor rapidez en comparación al nivel basal y apical del fuste (Figura 10).

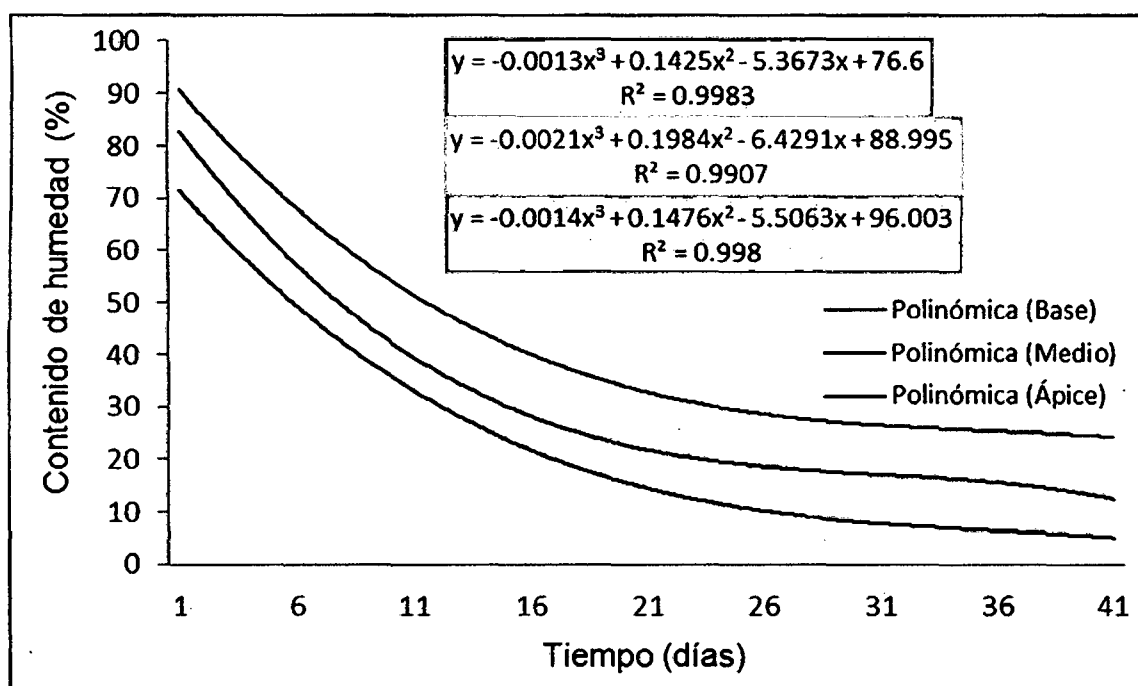


Figura 10. Pérdida de humedad en probetas extraídas de tres niveles del fuste.

#### 4.4. Contenido de humedad en los niveles base, medio y ápice del fuste

La pérdida de humedad de las muestras de madera extraídas en los diferentes niveles del fuste no presentó diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza del contenido de humedad en tres niveles del fuste de *M. barbeyana* Cogniaux.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Niveles del fuste	2	533.76	267	1.000	0.422 ns
Error	6	1601.14	267		
Total	8	2134.89			

CV: 18%

La pérdida de humedad registrada en las probetas de *M. barbeyana* Cogniaux, presentan valores porcentuales ascendentes desde la parte basal del fuste hacia la parte apical, variando desde 73.08% hasta 91.69% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba Duncan del contenido de humedad en *M. barbeyana* Cogniaux.

Niveles del fuste	Muestras	Humedad (%)	Sig.
Base	3	73.08	a
Medio	3	85.02	a
Ápice	3	91.69	a
Sig.		0.23	

Letras diferentes muestran significancia estadística ( $p < 0.05$ ).

#### 4.5. Contracción radial y tangencial en el proceso de secado al natural

En el análisis de varianza realizado a un 95% de confianza, se encontró que la contracción en los tres niveles del fuste presentó similares valores, el efecto de los tipos de corte radial y tangencial presentaron similar valores de contracción.

Además no se encontró interacción de los efectos entre las probetas extraídas de los niveles de fuste y los tipos de corte no presentaron diferencias estadísticas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza para la contracción por efecto del corte y niveles del fuste en *Miconia barbeyana* Cogniaux.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	1.5383	0.3077	0.5456	0.7389
Nivel	2	1.4033	0.7017	1.2443	0.3228ns
Corte	1	0.1250	0.1250	0.2217	0.6462ns
Nivel * Corte	2	0.0100	0.0050	0.0089	0.9912ns
Error	12	6.7667	0.5639		
Total	18	83.9500			

CV: 34.10%.

En la prueba de comparación de promedios de Duncan se registra que la contracción se incrementa respecto a la altura del fuste, siendo diferente los valores de contracción de las probetas extraídas en los diferentes niveles (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba Duncan de la contracción por efecto de los niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

Niveles del fuste	Muestras	Contracción (%)	Significancia
Base	6	1.70	a
Medio	6	2.07	a
Ápice	6	2.38	a



El comportamiento de la contracción fue irregular en los diferentes niveles del fuste y en los tipos de corte.

Las probetas con corte tangencial presentaron mayores valores de contracción en comparación a los de corte radial, valor repercutido en los niveles basal, medio y apical del fuste.

Respecto a las probetas extraídas de los diferentes niveles del fuste de *M. barbeyana* Cogniaux, el valor de la contracción en la parte apical del fuste fue superior a la parte media y el menor valor de contracción se registró en la parte basal del fuste (Figura 11).

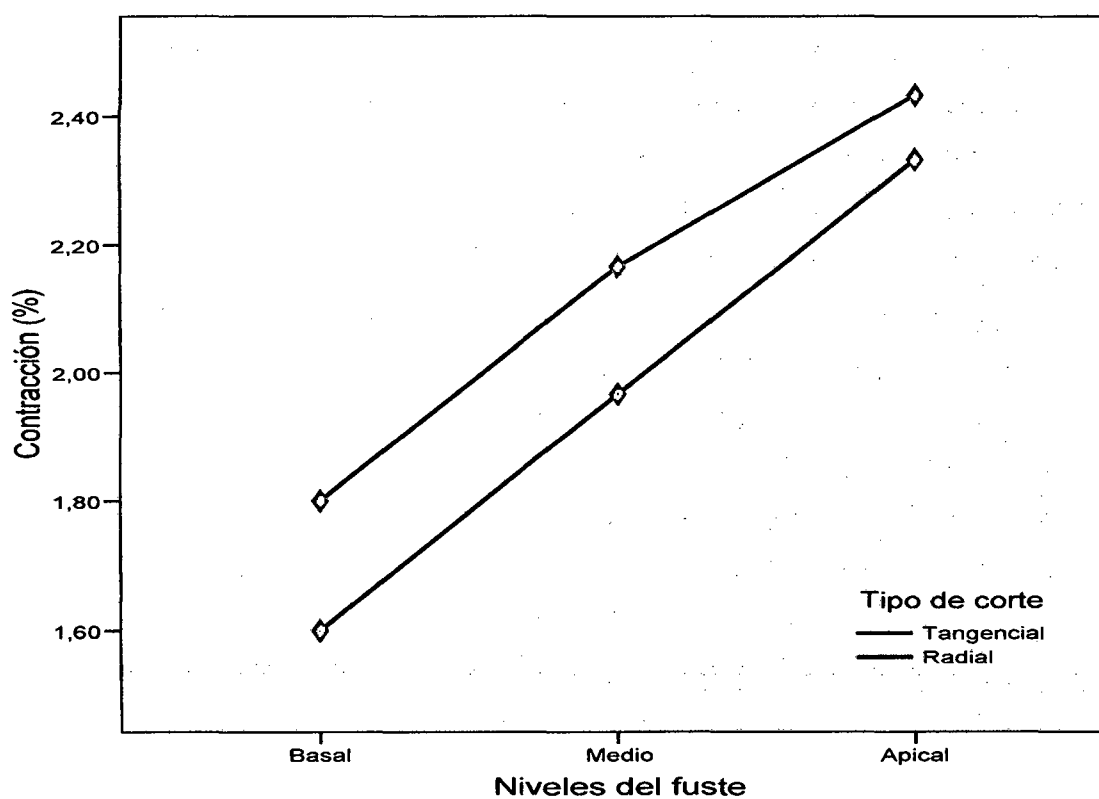


Figura 11. Contracción por efecto del corte y niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

#### 4.6. Deformaciones, grietas y rajaduras en el corte radial y tangencial de los diferentes niveles del fuste durante el proceso de secado

##### 4.6.1. Deformaciones en probetas extraídas de diferentes niveles del fuste de *M. barbeyana* Cogniaux

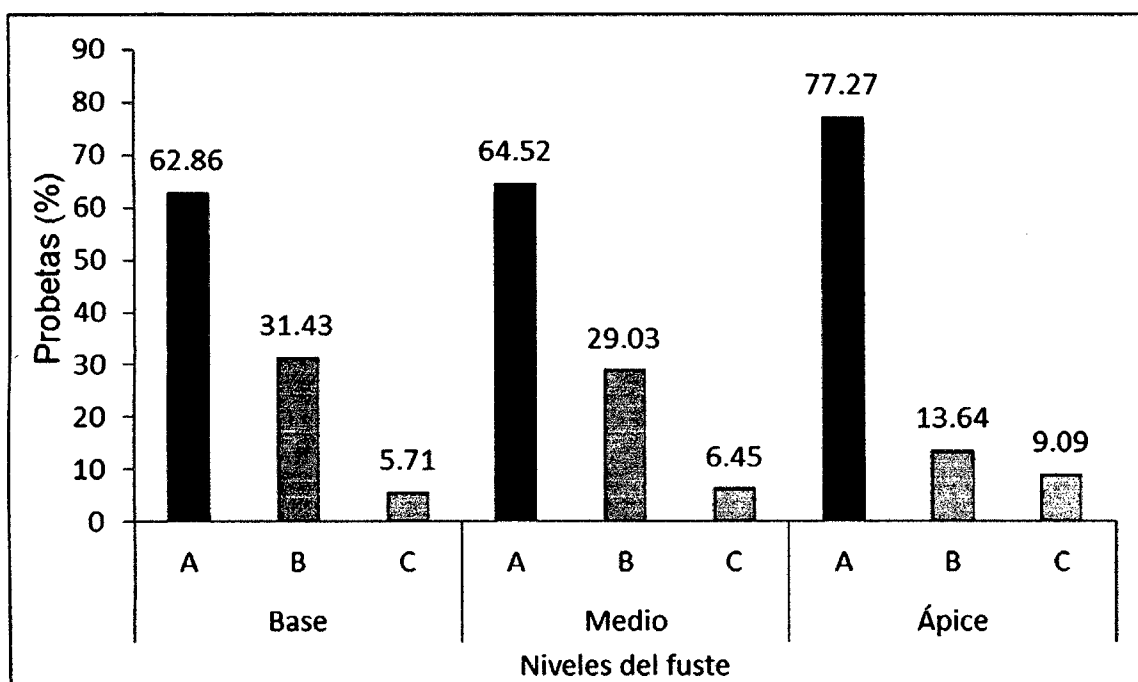
Se registró mayor número de probetas con calidad A (sin defectos) en las probetas de maderas extraídas del nivel basal, nivel medio y nivel apical del fuste de *M. barbeyana* Cogniaux, la cual indica buen comportamiento durante el secado al natural (Cuadro 7).

Cuadro 7. Defectos y deformaciones en muestras de madera extraídas de diferentes niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

Nivel	Código	Arqueadura	Abarquillado	Encorvadura	Torcedura	Grieta	Rajadura
Base	A	22	24	25	22	21	24
	B	11	7	7	9	9	7
	C	2	4	3	4	5	4
Medio	A	20	19	19	21	19	19
	B	9	10	11	7	9	9
	C	2	2	1	3	3	3
Ápice	A	17	11	18	13	15	17
	B	3	9	4	8	5	4
	C	2	2	0	1	2	1

A: sin defectos, B: ligeros defectos y C: presentan deformaciones

De las muestras extraídas del nivel de fuste apical, se ha encontrado que el 77.27% de maderas presentan alta calidad durante el secado, debido a que estas maderas no se arquean, mientras que en la parte media se encontró un 64.52% y en la parte basal un 62.86%, la cual muestra un comportamiento ascendente porcentual de maderas sin arqueadura mientras más se acerque a la parte apical del fuste, comportamientos contrarios se encontró del defecto mencionado (Figura 12).

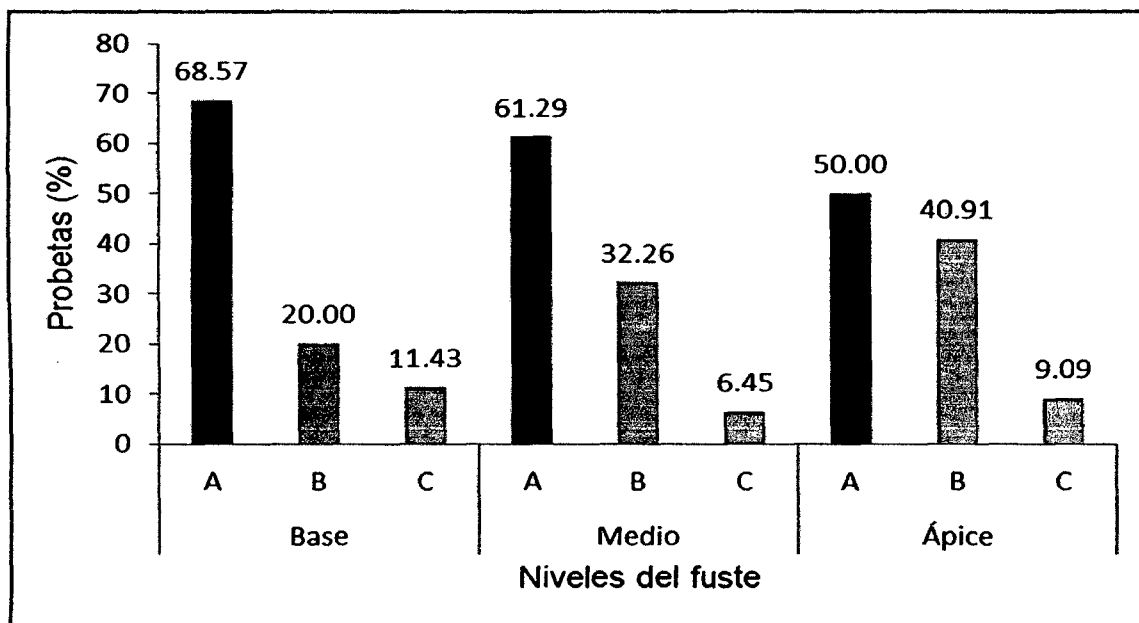


A: sin arqueadura, B: ligera arqueadura y C: madera arqueada

Figura 12. Arqueadura en probetas extraídas de tres niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

Las probetas sin abarquillado, decrecieron porcentualmente mientras más se acercaba al nivel apical del fuste, registrándose un 68.57% en la parte basal, 61.29% en la parte media y un 50% en la parte apical del fuste,

comportamiento contrario se encontró de probetas moderadamente abarquilladas respecto a los niveles del fuste, mientras que las probetas con alto abarquillamiento presentó un irregular comportamiento (Figura 13).



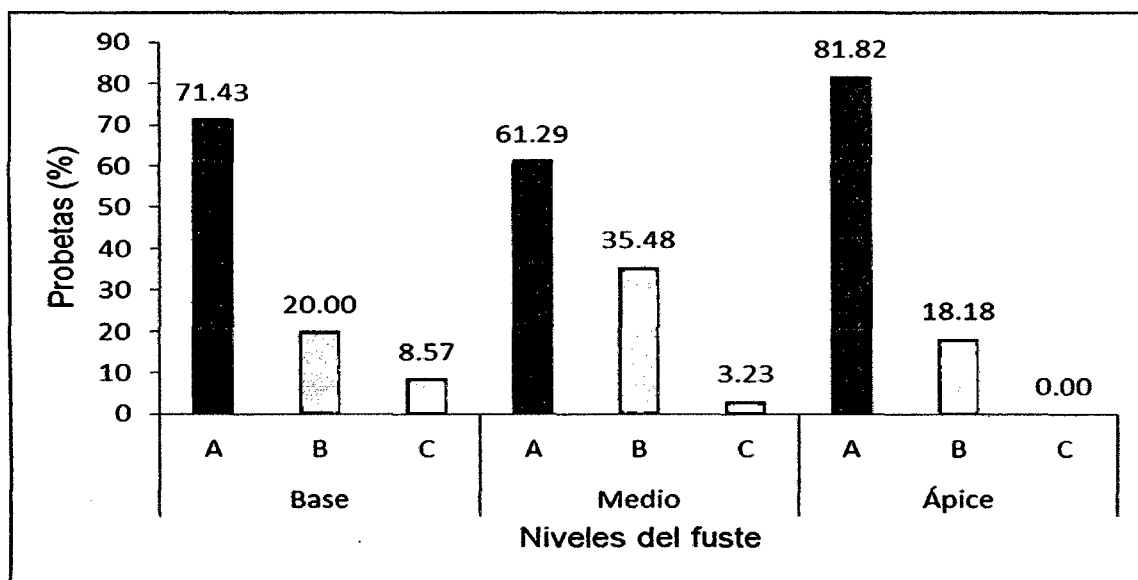
A: sin abarquillado, B: ligero abarquillamiento y C: madera abarquillada

Figura 13. Abarquillado en probetas extraídas de tres niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

Las probetas sin encorvadura presentó comportamiento irregular, siendo mayor en las muestras extraídas de la parte apical (81.82%), seguido de la parte basal (71.43%) y la parte media del fuste (61.29%), además se registró que las probetas con alta encorvadura presentaron comportamiento descendente desde el nivel basal del fuste hacia la parte apical, presentando en este último nivel ningún probeta con esta calidad (Figura 14).

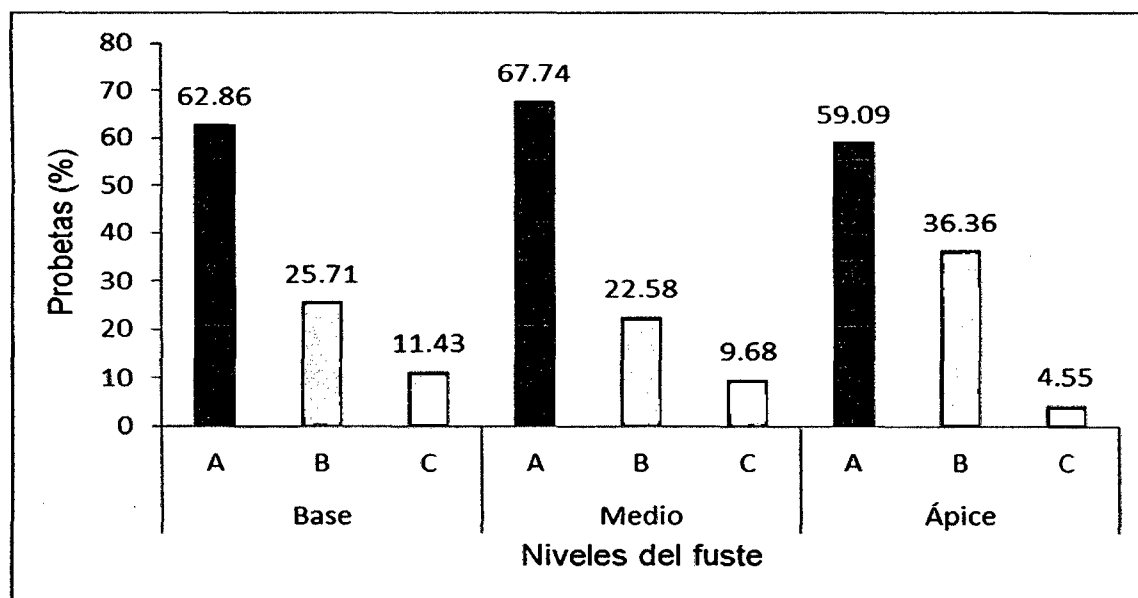
Las probetas que no presentaron torcedura durante el proceso de secado natural fueron 62.86% en el nivel base del fuste, 67.74% del nivel

medio y 59.09% de la parte apical; los valores de probetas con torcedura ligera fue superior en la parte apical, y las muestras de probetas con torcedura presentó un descenso mientras se acercaba nivel apical del fuste (Figura 15).



A: sin encorvadura, B: ligera encorvadura y C: madera encorvada

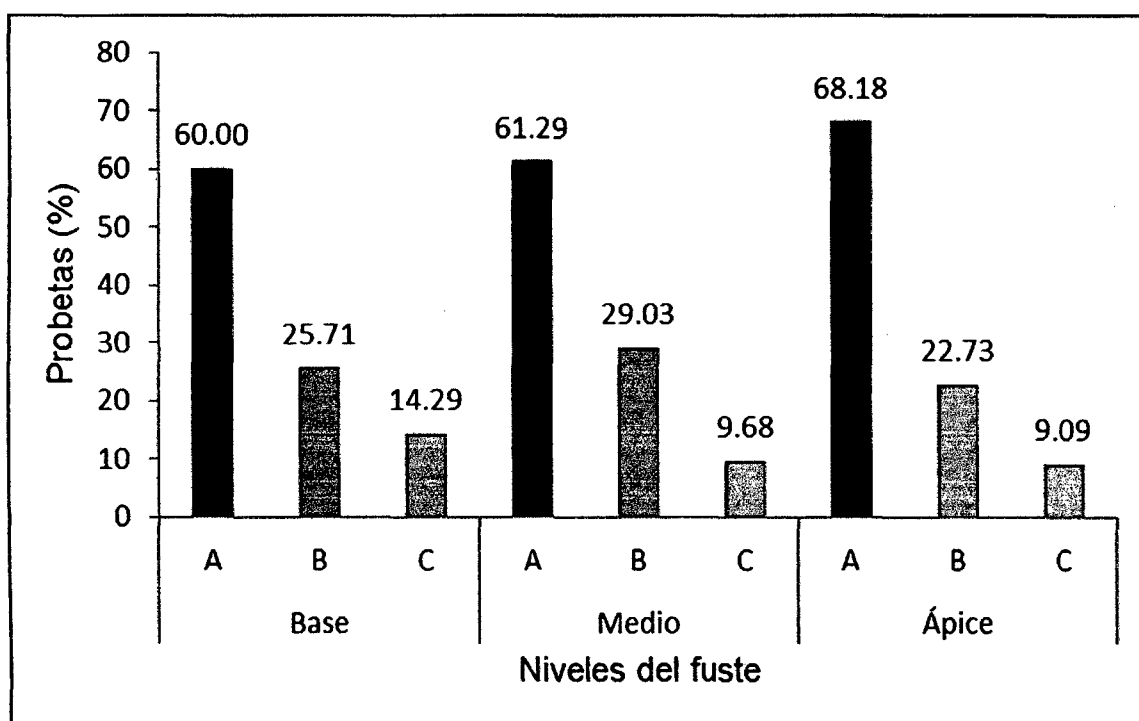
Figura 14. Encorvadura en probetas extraídas de tres niveles del fuste.



A: sin torcedura, B: ligera torceura y C: madera torcida

Figura 15. Torcedura en probetas extraídas de tres niveles del fuste.

Las probetas que no presentaron grietas presentaron valores ascendentes mientras más se acercaba al nivel apical del fuste, registrando 60% de probetas sin grietas de la parte basal, 61.29% de probetas del nivel medio y 68.18% de las probetas del nivel apical. Las grietas ligeras, se registraron de manera irregular en los niveles del fuste, mientras que las probetas con mayores grietas presentaron un decrecimiento respecto a la elevación de los niveles del fuste (Figura 16).



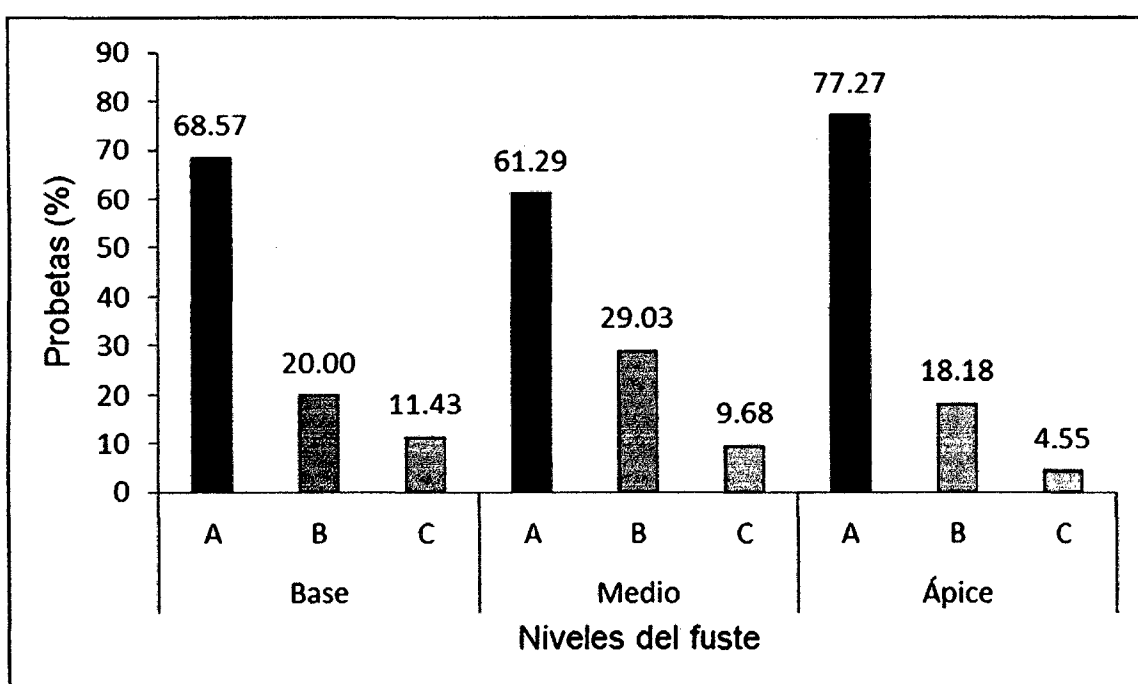
A: sin grietas, B: ligeras grietas y C: presentan grietas

Figura 16. Grietas en probetas extraídas de tres niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

El porcentaje de maderas que no presentaron rajaduras distribuidos en los diferentes niveles del fuste fue variable, registrando 68.57% en muestras extraídas del nivel basal, 61.29% del nivel medio y 77.27% del

nivel apical. El mayor número de probetas que presentaron rajaduras ligeras se encontraron en el nivel medio del fuste, mientras que el menor valor se registró en el nivel apical.

Además, las probetas con mayores rajaduras presentaron un decrecimiento respecto a la elevación de los niveles del fuste (Figura 17).



A: sin rajadura, B: ligeras rajaduras y C: presentan rajaduras

Figura 17. Rajadura en probetas extraídas de tres niveles del fuste en *M. barbeyana* Cogniaux.

#### 4.6.2. Deformaciones en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado

En la técnica de apilado en caballete, las muestras de maderas presentaron menores defectos y deformaciones, registrando mayor número de

probetas con clase A; mientras que en la técnica de apilado en triángulo, el registro de probetas clasificadas con A y B fueron numerosas en comparación al total (Cuadro 8).

Cuadro 8. Defectos y deformaciones en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado.

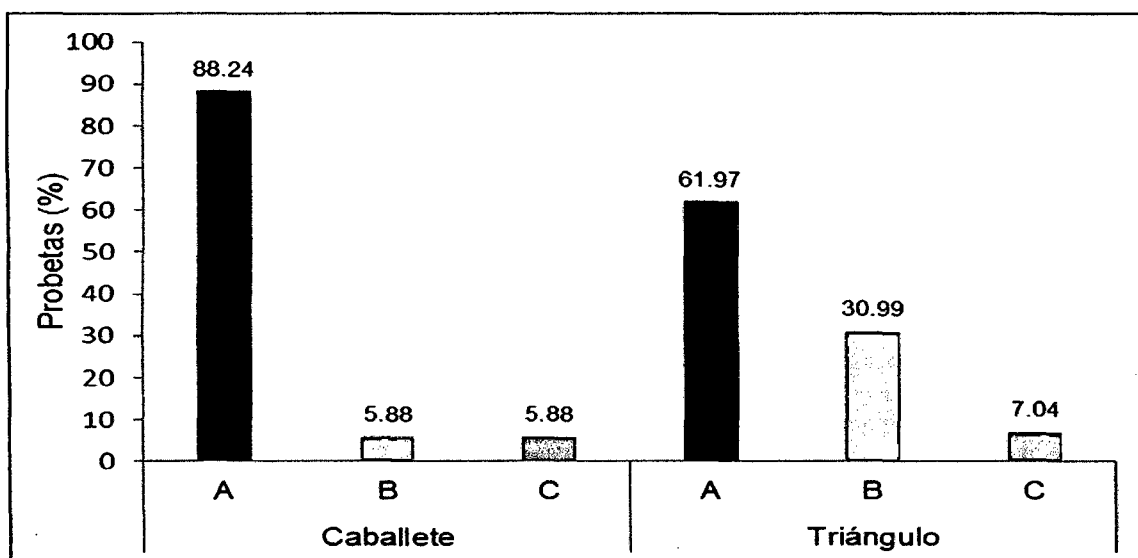
Apilado	Nivel	Arqueadura	Abarquillado	Encorvadura	Torcedura	Grieta	Rajadura
Caballete	A	15	14	12	9	10	10
	B	1	2	4	4	6	3
	C	1	1	1	4	1	4
	Total	17	17	17	17	17	17
Triángulo	A	44	40	50	47	45	50
	B	22	24	18	20	17	17
	C	5	7	3	4	9	4
	Total	71	71	71	71	71	71

A: sin defectos, B: ligeros defectos y C: presentan deformaciones

Las muestras de maderas secadas bajo la técnica de apilado en caballete presentaron mejor calidad de madera referido a la arqueadura, registraron valores de 88.24% en maderas sin arqueadura, 5.88% con ligera arqueadura y 5.88% con alta arqueadura. En la técnica de apilado en triángulo se registró 61.97% de madera sin arqueadura, 30.99% con ligera arqueadura y 7.04% con alta arqueadura (Figura 18). Las muestras de maderas secadas bajo la técnica de apilado en caballete presentaron mayores valores de calidad

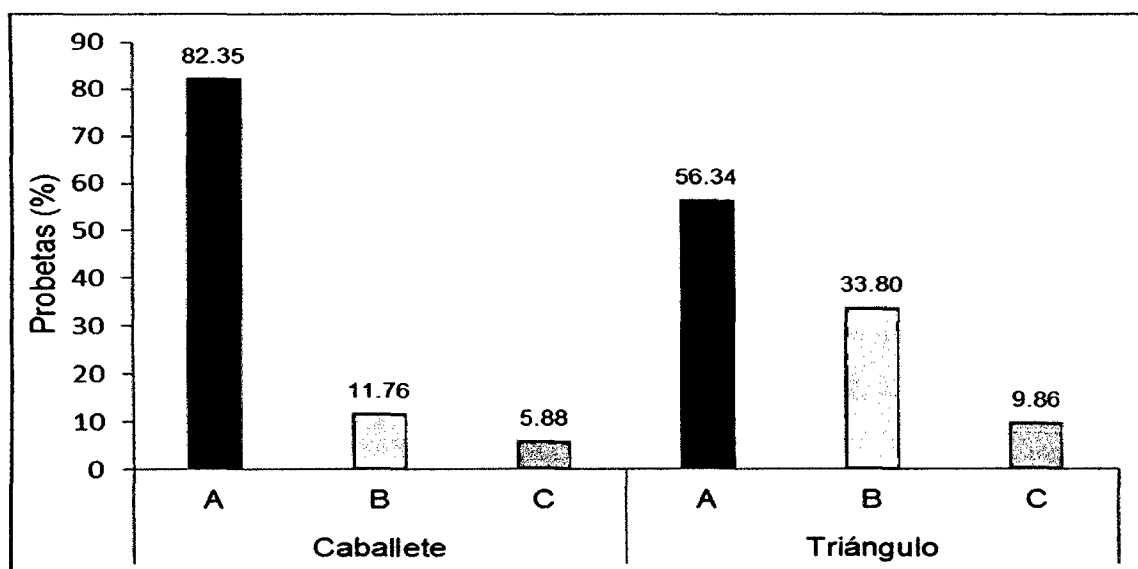


respecto al abarquillado, presentó 82.35% sin abarquillado, 11.76% con ligero y 5.88% con alto abarquillamiento; mientras que la técnica en triángulo hubo 56.34% sin abarquillado, 33.80% de ligero y un 9.86% de alto abarquillado (Figura 19).



A: sin arqueadura, B: ligera arqueadura y C: madera arqueada

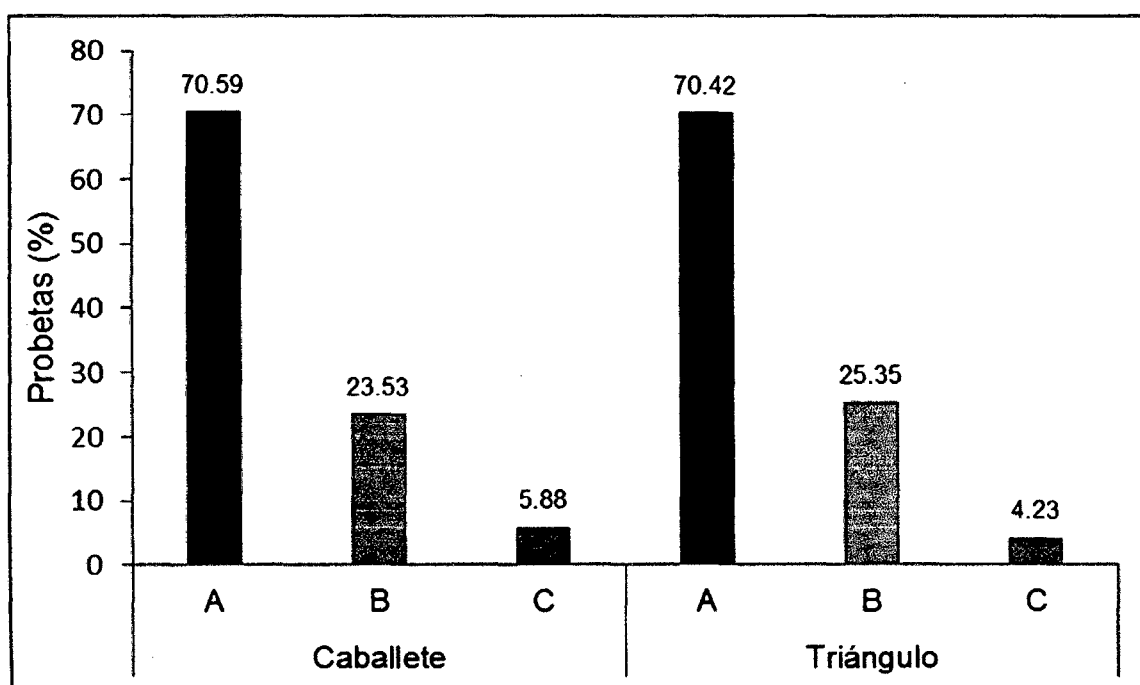
Figura 18. Arqueadura en *M. barbeyana* Cogniaux secadas al natural.



A: sin abarquillado, B: ligero abarquillamiento y C: madera abarquillada

Figura 19. Abarquillado en *M. barbeyana* Cogniaux secadas al natural.

La encorvadura registrada en las probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado, la técnica en caballete ha presentado mejores valores, encontrando 79.59% de maderas sin encorvadura, 23.53% con corvadura ligera y 5.88% con alta corvadura; en la técnica en triángulo, el 70.42% no presentó encorvadura, 25.35% con ligera encorvadura y 4.23% con alta clasificación de esta variable (Figura 20).

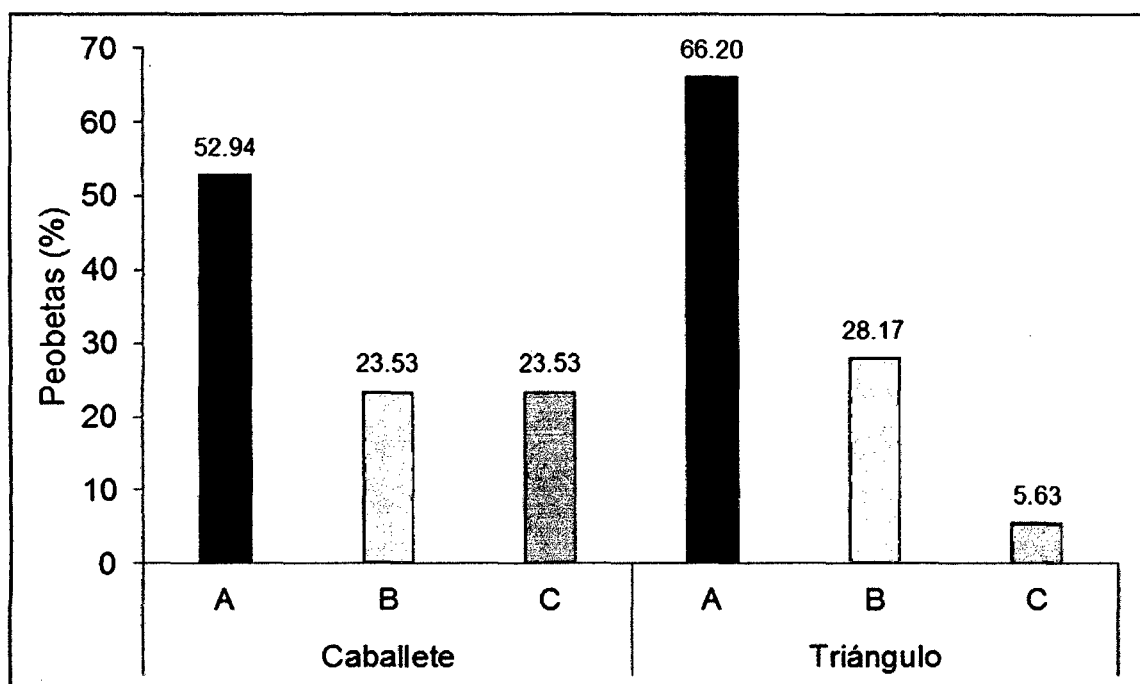


A: sin encorvadura, B: ligeras encorvaduras y C: presentan encorvaduras

Figura 20. Encorvadura en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado.

Referente a la torcedura registrada en las muestras de madera de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado, la técnica en triángulo alcanzó mejores valores; determinandose en la técnica en caballete un 52.94% de maderas sin torcedura, 23.53% con ligera torcedura y 23.53%

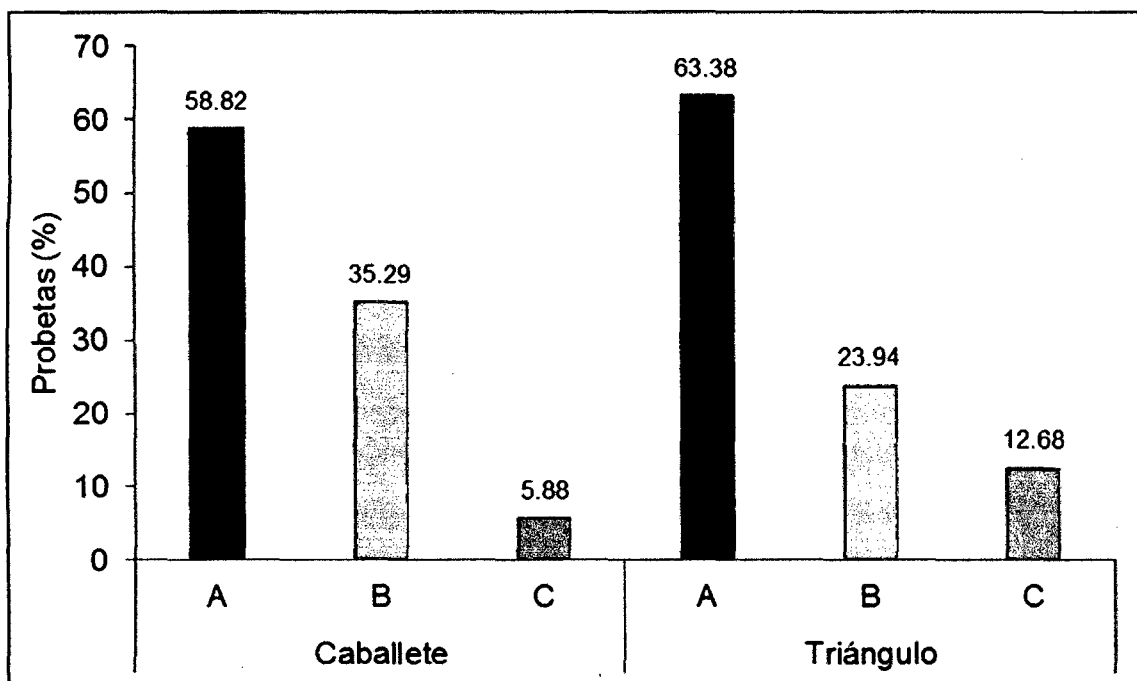
con alta torcedura; mientras que en la técnica en triángulo, el 66.20% de las maderas no presentó torcedura, 28.17% con ligera torcedura y 5.63% con alta torcedura (Figura 21).



A: sin torcedura, B: ligeras torceduras y C: presentan torceduras

Figura 21. Torcedura en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado.

La presencia de grietas registradas en las muestras de madera de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado, alcanzó mejor calidad en el secado en triángulo; se ha determinado en la técnica en caballete un 58.82% de maderas sin la presencia de grietas, 35.29% con ligeras grietas y 5.88% con clasificación de grietas alta; mientras que en la técnica en triángulo, el 63.38% de las maderas no presentaron grietas, 23.94% con ligeras grietas y 12.68% con clasificación de alta respecto a las grietas (Figura 22).

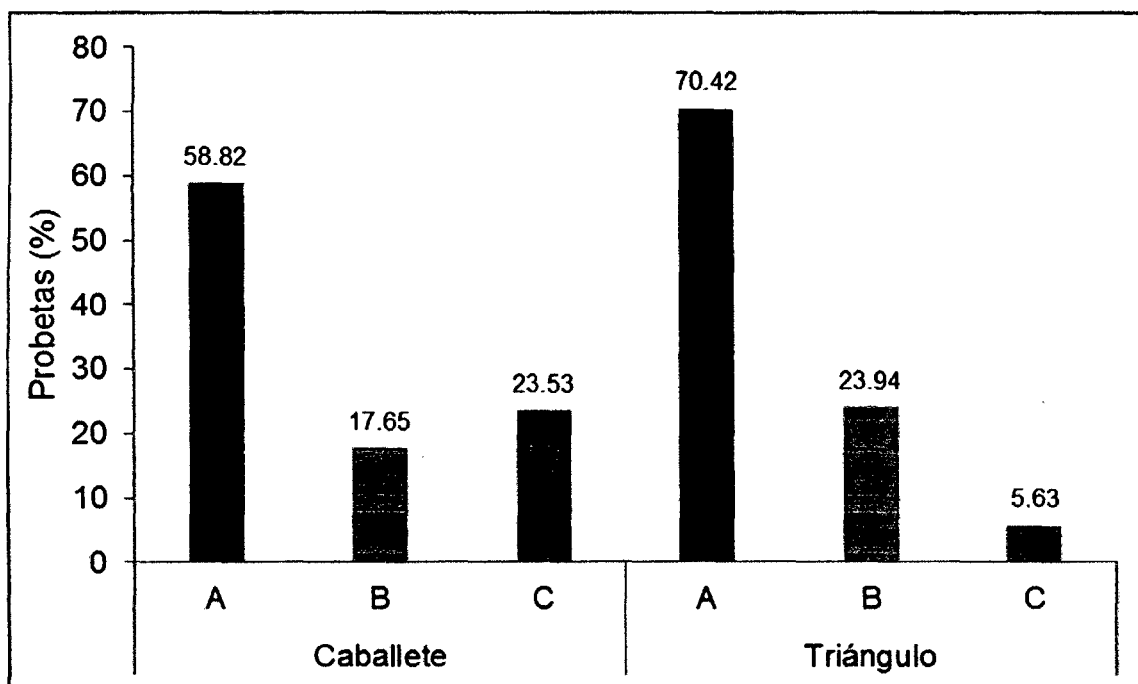


A: sin grietas, B: ligeras grietas y C: presentan grietas

Figura 22. Grieta en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado.

La presencia de rajadura registrada en las muestras de madera de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado, alcanzó mejor calidad en el secado en triángulo.

En la técnica de caballete, se registró maderas sin rajadura en 58.82%, madera con ligera rajadura en 17.65% y un 23.53% de maderas con alta rajadura; en la técnica en triángulo, el 70.42% no presentó la presencia de rajaduras, el 23.94% de maderas presentó ligera rajadura y un 5.63% de las muestras de maderas presentó alta rajadura (Figura 23).



A: sin rajadura, B: ligeras rajaduras y C: presentan rajaduras

Figura 23. Rajadura en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux secadas bajo dos técnicas de apilado.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Curva de secado en probetas de *M. barbeyana* Cogniaux

La pérdida de humedad en la madera de *M. barbeyana* Cogniaux se ha mantenido estable a partir de los 36 días después de colocarlos en los dos tipos de apilado, aunque anteriormente no se ha notado diferencias en la rapidez de pérdida de humedad; al respecto TROYA *et al.* (2000), coincide con este comportamiento, que después de evaluar durante cinco meses, el contenido de equilibrio de humedad en las maderas de *Triplaris cumingiana* y *Cordia alliodora* en los métodos de apilamiento en caballetes y cuadrados horizontales, en el secado de tablas de tres secciones del árbol (basal, media y terminal), no existieron diferencias significativas entre los métodos de apilamiento ni entre las secciones del árbol.

La pérdida de humedad con mayor rapidez se observó durante los primeros 11 días desde el apilado, debido generalmente por la gran cantidad de agua que presentaba y la madera estaba entrando en equilibrio con la humedad ambiental, en este acontecimiento el flujo de aire y la temperatura fueron los factores que influenciaron mayormente en el proceso de secado en el proceso de secado, siendo corroborado por POMACHAGUA (1993) al indicar que para el secado intervienen varios factores, siendo uno de los principales la temperatura.

Por otra parte POMACHAGUA (1993), menciona 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, factor que causó la pérdida de humedad en la madera de *M. barbeyana* Cogniaux a pesar que se encontraba bajo tinglado, el aire es caliente y la madera trata de estar en equilibrio.

La madera de *M. barbeyana* Cogniaux ha presentado buen comportamiento durante el sacado al natural bajo las dos técnicas, al respecto RUEDA (2007) sustenta que la técnica es utilizada en especies que tienen alto contenido de humedad inicial (>100%), alcanzado el contenido de humedad del punto de saturación de las fibras entre los 20 – 35 días, y que no son susceptibles a sufrir deformaciones inmediatamente después del aserrado, como lo registrado en la especie en estudio.

En cuanto al apilado de la madera, RUEDA (2007) menciona que mejor método de apilar o encastillar madera para un secado rápido, con el mínimo de agrietamiento y torcimiento, es el apilado plano. Sin embargo, las maderas que secan con facilidad y no se agrietan ni tuercen mucho, se pueden apilar en forma más sencilla por el método en caballete y apilado en triángulo, las cuales generaron similares comportamientos de secado en esta especie.

Se ha encontrado similar comportamiento de secado debido a que las muestras de madera pertenecían a una misma especie, al respecto ANANÍAS (2005), manifiesta que la velocidad del secado de la madera puede

ser representada por las variaciones temporales de la humedad de la madera, la cual depende de las características propias de la madera.

Según ANANÍAS (2002) las curvas de secado representan la variación de la humedad de la madera con el tiempo de secado o la velocidad de evaporación con el tiempo de secado. Asimismo el autor indica que en ambos casos se observan dos fases o etapas características del proceso de secado: la fase de velocidad de secado constante, y la fase de velocidad de secado decreciente; para el caso de la *M. barbeyana* Cogniaux, se registró desde el día 36 después del apilado.

## **5.2. Contenido de humedad de *M. barbeyana* Cogniaux**

El contenido de humedad ha variado respecto a la altura, siendo mayor en la parte basal, debido a la edad de las células, ya que GREGORIEV (1985) corrobora que en los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. El contenido de humedad también varía durante el día, por la mañana y por la tarde la humedad en los árboles es más alta que durante el día.

Debido a la variación de la humedad en la madera de *M. barbeyana* Cogniaux, las características de secado y deformaciones fue variable en las probetas, JUNAC (1984) refiere sobre el contenido de humedad, indicando que es la propiedad que más influye sobre todas las demás propiedades, la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta y la región que proceda.



Asimismo, ALVAREZ y FERNANDEZ-GOLFIN (1992) especifican que el conocimiento del contenido de humedad es importante para la utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta otras propiedades. El contenido de humedad, según ANANÍAS (2002), es la cantidad de agua presente en la madera; se expresa como porcentaje del peso de la madera seca o anhidra.

### **5.3. Contracción radial y tangencial de *M. barbeyana* Cogniaux**

La contracción tangencial presentó mayores valores superiores en comparación a la contracción radial, debido a que la pérdida de humedad en este tipo de corte se realiza con mayor rapidez, GONZALES (1996) manifiesta que el secado a lo largo de las fibras es de 10 a 15 veces más rápido que en el sentido radial o tangencial. Las maderas más livianas o blandas secan más rápidas que las pesadas o duras.

La parte basal se ha contraído en menor porcentaje en comparación a la parte apical, resultado similar ha obtenido GONZALES (1996), al indicar que las maderas más pesadas se contraen en sentido tangencial, mientras que las livianas lo hacen en sentido radial. Las capas superficiales al secarse, contraen hasta cierto grado y comprimen el interior de la madera, antes que ella haya llegado al PSF, produciendo defectos apreciables como el agrietamiento, endurecimiento superficial, y otros, fáciles de apreciar en la sección transversal de las piezas de madera.

La contracción de la madera es proporcional a la pérdida de humedad por debajo del PSF y por cada 1% de pérdida de humedad, la

madera se contrae aproximadamente  $1/30$ . Para los fines prácticos, se puede considerar como hinchazón el reverso de la contracción, así por cada aumento de 1% de humedad, la pieza experimentará una hinchazón igual al  $1/30$  parte de la totalidad que pueda ocurrir, el agua libre no tiene ninguna influencia en estos cambios.

ANANÍAS (1992) manifiesta que los cambios dimensionales normales de la madera son de magnitud diferentes en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial es 1.5 a 3 veces mayor que la contracción radial, y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera.

Se ha encontrado valores menores de contracción en comparación a lo mencionado por ROMANI (2003), al indicar que la contracción radial en esta especie es 5.7995 y la contracción tangencial 10.42%, estos valores se obtienen en probetas puestas a estufa mientras que en la investigación los valores de contracción fueron resultado de secado al ambiente.

#### **5.4. Defectos y deformaciones en *M. barbeyana* Cogniaux**

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. Mientras mayor es la relación  $C_{tg}/C_{rd}$  las maderas son más acanaladas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y

arqueadura (ANANÍAS, 1992), generalmente los defectos encontrados en esta especie es debido a su contracción por la rapidez del secado.

ANANÍAS (1992) corrobora que los defectos se originan en general debido a un secado muy rápido, especialmente durante las primeras etapas o como consecuencia de un secado irregular a lo largo de una pieza de madera.

Otro aspecto es el tipo de corte realizado en las probetas, ya que aquellas tablas aserradas en sentido tangencial a los anillos, se deforman más que en sentido radial.

Las muestras de madera cortadas en la periferia de la trozas tienen menos distorsión que las obtenidas cerca de la medula. Entre mayor es el espesor, mayor es la tendencia al abarquillado. Si se hace un presecado al aire y se evitan los programas severos de secado, se puede reducir el abarquillado, pero la mejor forma de controlarlo es mediante un correcto apilado.

La curvatura a lo largo de la cara de la pieza, se asocia con una contracción longitudinal excesiva en la madera cercana a la médula juvenil, o madera de reacción, tanto por compresión en coníferas como de tracción en latifoliadas cuando los árboles han crecido en pendientes o torcidos. También cuando en la pieza aserrada existe grano inclinado. Se puede controlar en forma semejante que el abarquillado.

## VI. CONCLUSIONES

1. Hubo mayor rapidez en pérdida de humedad bajo la técnica de caballete.
2. Se ha encontrado mejor pérdida de humedad en el corte tangencial al comparar con las probetas con corte radial.
3. Hubo mayor pérdida de humedad en las probetas obtenidas del nivel medio del fuste.
4. El contenido de humedad fue ascendente desde la parte basal del fuste hacia la parte apical, variando desde 73.08%, 85.02% y 91.69% respectivamente.
5. La contracción se incrementó respecto a la altura del fuste. Las probetas con corte tangencial presentaron mayores valores de contracción en comparación a los de corte radial.
6. Hubo incremento de abarquillado y torcedura afín al ascenso del nivel de fuste, mientras que hubo descenso de maderas con arqueadura, grietas y rajadura mientras más se acercan al nivel apical del fuste; además se encontró maderas con encorvadura en la parte media y basal del fuste. La técnica de apilado en caballete favoreció a tener maderas con poca arqueadura, abarquillado y encorvadura, mientras que la técnica en triángulo disminuyó la torcedura, grietas y rajadura en la madera.

## VII. RECOMENDACIONES

1. La madera de *M. barbeyana* Cogniaux se deben secar al natural bajo la técnica del apilado en caballete, debido a que presenta buen comportamiento en la pérdida de humedad
2. A los tesisistas, realizar investigaciones similares, relacionando el comportamiento del secado al natural con las propiedades físicas y mecánicas que presenta cada especie de la zona.
3. Generar una base de datos del comportamiento del secado al natural de las especies forestales que se encuentran en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

## VIII. ABSTRACT

To determine the speed of the dried one of the forest species paliperro (*Miconia barbeyana* Cogniaux) in the different heights of the shaft (base, way and high place) in the radial and tangential cut in piled up triangular and trestle from the green condition up to the content of dampness of balance. The work of investigation was carried out in the area of the workshop of utilization and forest machinery, in the Facultad de Recursos Naturales Renovables of the Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), politically located in the district Rupa Rupa, region Huánuco. The methodology was based on the Technical Peruvian Procedure (NTP) 251.008, 251.010 and 251.012. Major rapidity decided in loss of dampness under the technology of trestle, in the average level and in the tangential cut during the first 11 days in comparison to the technology of the triangle, reaching balance with the environment to 36 days of dried; the content of dampness was ascending from the basal part of the shaft towards the part apical, changing from 73.08 %, 85.02 % and 91.69 % respectively. The contraction increased with regard to the height of the shaft. The manometers with tangential court presented major values of contraction in comparison to those of radial court. The technology of piled up in trestle favored to having wood with few

arqueadura, curled up and curvature, whereas the technology in triangle diminished the twisting, cracks and crack in the wood. **Key**

**Word:** *Miconia barbeyana* Cogniaux, dried, piled, contraction

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, H., FERNANDEZ-GOLFIN, J.I. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Madrid, España, C.I.T. INIA. 187 p.
- ANANÍAS, R. 1992. Física de la madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio – Bio. Bio – Bio, Chile. 41p.
- ANANÍAS, R. 2002. Física de la madera. Departamento ingeniería en maderas. Universidad del Bio – Bio, Chile. 41 p.
- ANANÍAS, R. 2005. Estudio de la cinética del secado convencional y bajo vacío del pino radiata. Maderas. Ciencia y Tecnología. Universidad del Bio – Bio. Concepción, Chile. 21 p.
- ARÓSTEGUI, A. 1970. Estudio tecnológico de maderas del Perú. Vol II. Métodos y especificaciones para ensayos tecnológicos con maderas. Lima, Perú, UNA/MINA. 104 p.
- ARÓSTEGUI, A. 1974. Estudios tecnológicos de maderas del Perú. Características y uso de las maderas de 145 especies del país. Documento de trabajo. Lima, Perú. 57p.



- ARÓSTEGUI, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Documento de trabajo N° 2. PNUD/ FAO/ PER/ 81/ 002. Lima, Perú. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades físicas – mecánicas de la madera. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 196 p.
- AYALA, F. 2003. Taxonomía vegetal gimnospermae y angiospermae de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú. 349 p.
- BRAVO, L. 1998. Relación entre las características anatómicas y propiedades físicas de *Shefflera morototoni* (Aublet). Maguire et al. y *Virola pavones* (A.DC). A.C Smith. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 74 p.
- BRAVO, M., PECHO, R. 1996. Equilibrio higroscópico de dos especies forestales, zona de Tingo María. *Tropicultura* 8(1,2): 127 – 139.
- CHAVESTA, M. 2006. Identificación de maderas de caoba y especies similares. Proyecto fortalecimiento de autoridades científicas y administrativos CITES en el Perú. Acuerdo UNALM-FCF-BSD. 40 p.
- DETIENNE, P. 1983. Atlas d' identification des bois de l' amazonic et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical. Nogent-Sur Marm, Francia. 349 p.
- DIAZ, J. 2003. Anatomía de maderas. Universidad d Chile. 622 p.

- GASCON, S. 2002. Manual de campo de especies forestales de bosque ribereño en la microcuenca Wara. Oxapampa, Perú. 117 p.
- GIMENEZ, A. 1993. Rasgos estructurales características del xilema secundario de las principales especies arbóreas de las región Chaquena seca. Quebracha (N° 1). Buenos Aires, Argentina. 12 p.
- GONZALES, F.R. 1996. Secado de la madera. Lima, Perú. 164 p.
- GREGORIEV, M. 1985. Estudio de materiales para ebanistería y carpinteros. MIR, Moscú, Rusia. 248 p.
- HERMINIO, J. 2003. Producto regular según conceptos de contracciones, contenido de humedad, alabeos y grietas. Tesis Ing. en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2006. Metodología de la investigación. 4 ed. México, McGraw-Hill Interamericana. 850 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida Trad Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. pp. 1 – 44.
- INTA. 2001. Contenido adecuado de humedad para de madera. Estación experimental Balcarce. Buenos Aires, Argentina. 16 p
- JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA). 1984. Manual de secado de las maderas del grupo andino. Lima. 549 p.

JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA). 1988. Manual del grupo andino para la preservación de madera. 1218 p.

LEON, W., ESPINOZA, N. 2001. Anatomía de la madera. Mérida, Venezuela. 293 p.

MORALES, E. 2004 Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos: [En línea]: ([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), documentos, 12 Ene. 2012).

PÉREZ, G. 1986. Apuntes de anatomía de la madera. Mérida, Venezuela. 132 p.

POMACHAGUA, J. 1993. Industria de la madera. Huancayo, Perú. 42 p.

ROMANI, A. 2003. Estudio de flexión en postes de transmisión eléctrica y propiedades físicas-mecánicas relacionadas de las especies gabilan blanco (*Caraipa myrcioides*) y palo gusano (*Miconia barbeyana*) del valle de Palcazú. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 64 p.

RUEDA, R. 2007. Norma Técnica Colombiana NTC 947-1: [En línea]: Footword, (<http://www.footword.edu.co/mpp/html>, documento, 15 Dic. 2012).

- SALAS, M. 2005. Tecnología de la madera, documento técnico N° 1, Talca, Chile. 51 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.
- TELLO, M.I. 2007. Estudio de las características anatómicas en tres niveles del fuste de la especie forestal paliperro (*Miconia barbeyana* Cogniaux) del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 50 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. 2013).
- VALDERRAMA, F.H. 1996. Influencia de la estructura anatómica en el comportamiento tecnológico de la madera de especies forestales de la amazonía. Resúmenes. Conferencia aporte al conocimiento científico y Tecnológico de los Recursos Naturales de la Amazonia. 33 p.

- VALDERRAMA, F.H., ARAUJO, L.A., AROSTEGUI, V.A. 1986. Estructura anatómica y clave de identificación de 20 especies forestales de la zona de Colonia Angamos, río Yavari y Jenaro Herrera. Iquitos, Perú. 130 p.
- VIGNOTE, S. 2000. Tecnología de la madera en construcción arquitectónica. Ed. Mundi – prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 277 p.
- VIZCARRA, S. 1998. Guía para el secado de la madera en horno. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.

**ANEXO**

### Anexo 1. Datos obtenidos durante el secado

Cuadro 9. Contenido de humedad en las probetas.

Código	Peso inicial (g)	Peso final (g)	CH (%)
A1BT1	3603	2159	66.88
A1BT2	3605	2211	63.05
A1BT3	3633	2220	63.65
A1BT4	3669	2242	63.65
A1BT5	3588	2116	69.57
A1BT6	3617	2132	69.65
A1BT7	3655	2144	70.48
A1BT8	3614	2117	70.71
A1BR1	3592	2116	69.75
A1BR2	3604	2134	68.88
A1BR3	3589	2093	71.48
A1BR4	3616	2092	72.85
A1MT1	3653	1966	85.81
A1MT2	3569	1922	85.69
A1MT3	3679	2036	80.70
A1MT4	3610	1973	82.97
A1MT5	3660	2119	72.72
A1MT6	3677	2088	76.10
A1MT7	3650	2018	80.87
A1MT8	3672	2080	76.54

---

A1MR1	3635	2068	75.77
A1MR2	3652	2156	69.39
A1AT1	3665	2195	66.97
A1AT2	3642	2077	75.35
A1AT3	3635	2131	70.58
A1AT4	3633	2145	69.37
A1AR1	3682	2221	65.78
A1AR2	3659	2113	73.17
A2BT1	3536	2162	63.55
A2BT2	3610	2200	64.09
A2BT3	3572	2215	61.26
A2BT4	3477	2180	59.50
A2BT5	3590	2242	60.12
A2BT6	3632	2222	63.46
A2BT7	3677	2175	69.06
A2BT8	3600	2071	73.83
A2BR1	3676	2129	72.66
A2BR2	3600	2112	70.45
A2BR3	3505	2070	69.32
A2BR4	3498	2096	66.89
A2MT1	3509	1966	78.48
A2MT2	3580	2023	76.96
A2MT3	3601	2044	76.17
A2MT4	3581	2084	71.83
A2MT5	3490	2067	68.84

---



---

A2MT6	3572	2058	73.57
A2MT7	3600	1997	80.27
A2MR1	3591	2137	68.04
A2MR2	3564	2145	66.15
A2MR3	3562	2004	77.74
A2MR4	3554	2018	76.11
A2AT1	3513	2128	65.08
A2AT2	3553	2134	66.49
A2AT3	3535	2132	65.81
A2AT4	3537	2139	65.36
A2AT5	3624	2133	69.90
A2AT6	3631	2086	74.07
A2AR1	3550	2176	63.14
A2AR2	3521	2098	67.83
A3BT1	3646	2302	58.38
A3BT2	3658	2350	55.66
A3BT3	3602	2147	67.77
A3BT4	3629	2145	69.18
A3BT5	3613	2068	74.71
A3BT6	3579	2043	75.18
A3BT7	3559	1976	80.11
A3BR1	3560	2150	65.58
A3BR2	3551	2142	65.78
A3BR3	3570	2130	67.61
A3BR4	3505	2005	74.81

---

---

A3MT1	3607	2067	74.50
A3MT2	3599	1981	81.68
A3MT3	3553	2018	76.07
A3MT4	3691	2290	61.18
A3MT5	3664	2266	61.69
A3MT6	3652	2162	68.92
A3MR1	3638	2252	61.55
A3MR2	3632	2216	63.90
A3MR3	3596	2210	62.71
A3MR4	3621	2139	69.28
A3AT1	3582	2171	64.99
A3AT2	3643	2202	65.44
A3AT3	3652	2200	66.00
A3AT4	3638	2192	65.97
A3AT5	3681	2227	65.29
A3AT6	3677	2214	66.08
A3AR1	3604	2153	67.39
A3AR2	3600	2220	62.16

---

Cuadro 10. Contracción encontrada en el árbol 1.

Código	Dimensión inicial	Dimensión final	Contracción (%)
A1BT1	26.0	25.7	1.2
A1BT2	25.7	25.4	1.2
A1BT3	25.8	25.6	0.8
A1BT4	25.3	25.0	1.2
A1BT5	25.2	24.9	1.2
A1BT6	25.7	25.5	0.8
A1BT7	26.3	25.8	1.9
A1BT8	26.0	26.0	0.0
A1BR1	26.0	25.7	1.2
A1BR2	25.7	25.6	0.4
A1BR3	25.6	25.4	0.8
A1BR4	26.0	25.8	0.8
A1MT1	24.6	24.5	0.4
A1MT2	26.0	25.6	1.6
A1MT3	25.7	25.4	1.2
A1MT4	25.2	24.1	4.6
A1MT5	23.2	22.9	1.3
A1MT6	24.2	24.0	0.8
A1MT7	25.1	24.8	1.2
A1MT8	25.9	23.6	9.7
A1MR1	25.0	24.5	2.0
A1MR2	24.9	23.9	4.2

A1AT1	24.9	24.3	2.5
A1AT2	25.7	25.0	2.8
A1AT3	26.0	25.7	1.2
A1AT4	26.4	26	1.5
A1AR1	25.6	25.2	1.6
A1AR2	26.0	25.6	1.6

Cuadro 11. Contracción encontrada en el árbol 2.

Código	Dimensión inicial	Dimensión final	Contracción (%)
A2BT1	26.2	26.0	0.8
A2BT2	25.5	25.3	0.8
A2BT3	25.4	24.9	2.0
A2BT4	25.4	24.7	2.8
A2BT5	25.5	25.2	1.2
A2BT6	25.8	25.7	0.4
A2BT7	26.0	25.3	2.8
A2BT8	25.6	24.8	3.2
A2BR1	25.5	24.9	2.4
A2BR2	25.5	24.4	4.5
A2BR3	25.9	25.4	2.0
A2BR4	24.9	24.5	1.6
A2MT1	25.7	25.7	0.0
A2MT2	25.7	24.0	7.1
A2MT3	25.6	25.0	2.4
A2MT4	25.9	25.7	0.8

A2MT5	25.5	24.8	2.8
A2MT6	25.9	25.9	0.0
A2MT7	25.4	25.0	1.6
A2MR1	25.2	25.1	0.4
A2MR2	25.5	25.5	0.0
A2MR3	25.5	25.3	0.8
A2MR4	26.1	25.5	2.4
A2AT1	25.8	24.9	3.6
A2AT2	26.0	25.7	1.2
A2AT3	25.5	24.9	2.4
A2AT4	25.9	25.3	2.4
A2AT5	25.7	24.8	3.6
A2AT6	26.0	25.4	2.4
A2AR1	25.2	24.8	1.6
A2AR2	25.9	25.3	2.4

Cuadro 12. Contracción encontrada en el árbol 3.

Código	Dimensión inicial	Dimensión final	Contracción (%)
A3BT1	25.4	25.1	1.2
A3BT2	25.6	25.4	0.8
A3BT3	25.3	25.3	0.0
A3BT4	25.7	25.7	0.0
A3BT5	25.6	25.3	1.2
A3BT6	25.6	25.6	0.0
A3BT7	24.7	24.6	0.4

---

A3BR1	25.1	24.5	2.4
A3BR2	25.0	24.6	1.6
A3BR3	25.7	25.3	1.6
A3BR4	25.6	25.6	0.0
A3MT1	25.2	24.7	2.0
A3MT2	24.0	23.7	1.3
A3MT3	25.5	24.7	3.2
A3MT4	25.9	25.8	0.4
A3MT5	25.7	25.5	0.8
A3MT6	25.6	24.8	3.2
A3MR1	25.6	25.0	2.4
A3MR2	25.5	24.8	2.8
A3MR3	25.5	25.4	0.4
A3MR4	25.9	25.4	2.0
A3AT1	25.1	24.7	1.6
A3AT2	25.6	24.6	4.1
A3AT3	25.7	24.9	3.2
A3AT4	25.9	25.6	1.2
A3AT5	25.7	24.9	3.2
A3AT6	25.6	24.9	2.8
A3AR1	25.6	24.8	3.2
A3AR2	25.8	24.9	3.6

---

Cuadro 13. Defectos y deformaciones encontrados durante el secado al natural de *M. barbeyana* Cogniaux.

Código	Arqueadura	Abarquillado	Encorvadura	Torcedura	Grieta	Rajadura
A1BT1	B	A	B	A	A	A
A1BT2	A	A	A	A	A	A
A1BT3	B	B	A	A	B	A
A1BT4	A	A	B	A	C	C
A1BT5	B	A	A	B	B	A
A1BT6	B	A	A	B	A	A
A1BT7	A	C	A	C	A	B
A1BT8	A	A	B	A	C	A
A1BR1	A	B	A	B	A	B
A1BR2	B	A	B	B	B	B
A1BR3	B	B	A	A	A	A
A1BR4	A	A	A	B	B	A
A1MT1	A	A	B	A	B	A
A1MT2	A	B	A	C	A	B
A1MT3	B	A	A	A	B	B
A1MT4	A	B	B	A	A	A
A1MT5	B	A	A	B	B	B
A1MT6	A	C	B	A	A	A
A1MT7	A	A	B	A	C	C
A1MT8	A	B	A	B	A	A
A1MR1	A	B	A	A	A	A
A1MR2	A	A	A	B	A	A
A1AT1	B	B	A	B	A	A

---

A1AT2	A	A	B	A	C	A
A1AT3	A	B	A	B	A	B
A1AT4	A	A	A	B	A	A
A1AR1	A	A	A	B	A	A
A1AR2	A	B	A	A	B	A
A2BT1	A	A	A	A	A	A
A2BT2	A	B	A	C	A	A
A2BT3	C	B	C	A	A	B
A2BT4	B	A	A	A	B	A
A2BT5	A	A	B	A	A	A
A2BT6	C	A	A	A	A	A
A2BT7	A	A	A	C	B	A
A2BT8	A	C	A	A	A	A
A2BR1	A	A	A	A	B	A
A2BR2	A	B	A	B	A	A
A2BR3	B	A	A	A	A	A
A2BR4	A	A	A	A	B	B
A2MT1	A	A	A	A	A	A
A2MT2	A	C	B	C	A	B
A2MT3	B	A	A	A	C	B
A2MT4	B	A	B	A	A	A
A2MT5	B	A	A	C	B	B
A2MT6	A	B	C	A	A	A
A2MT7	A	B	B	A	B	B
A2MR1	B	A	B	B	A	A
A2MR2	A	A	A	A	A	B

---



---

A2MR3	C	B	A	A	A	A
A2MR4	A	A	B	A	B	C
A2AT1	A	B	A	A	A	A
A2AT2	C	A	A	A	A	C
A2AT3	A	A	A	A	A	A
A2AT4	B	C	B	B	B	B
A2AT5	A	A	A	A	A	A
A2AT6	A	B	A	A	C	A
A2AR1	A	A	A	A	A	A
A2AR2	A	B	A	A	A	A
A3BT1	A	A	A	B	C	C
A3BT2	B	A	C	A	A	A
A3BT3	A	B	A	B	A	A
A3BT4	A	A	A	B	A	B
A3BT5	A	A	B	A	A	A
A3BT6	B	C	A	A	C	A
A3BT7	A	A	A	C	A	C
A3BR1	A	C	A	A	C	A
A3BR2	A	A	B	A	A	B
A3BR3	B	A	A	A	B	A
A3BR4	A	A	C	A	A	C
A3MT1	A	A	B	A	C	A
A3MT2	C	B	A	A	B	A
A3MT3	A	A	B	B	A	B
A3MT4	B	A	A	A	A	A
A3MT5	A	B	A	B	B	A

---

---

A3MT6	B	A	A	A	A	A
A3MR1	A	A	A	A	A	A
A3MR2	B	A	A	B	A	C
A3MR3	A	B	A	A	B	A
A3MR4	A	A	A	A	A	A
A3AT1	A	B	A	A	B	A
A3AT2	A	B	A	B	A	A
A3AT3	B	A	A	A	A	B
A3AT4	A	A	B	B	A	A
A3AT5	C	A	A	B	B	A
A3AT6	A	C	A	A	A	A
A3AR1	A	B	B	C	A	A
A3AR2	A	A	A	A	B	B

---

A: sin defectos, B: ligeros defectos y C: presentan deformaciones

## Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 24. Evaluación del diámetro del árbol.



Figura 25. Medición de la longitud del árbol.

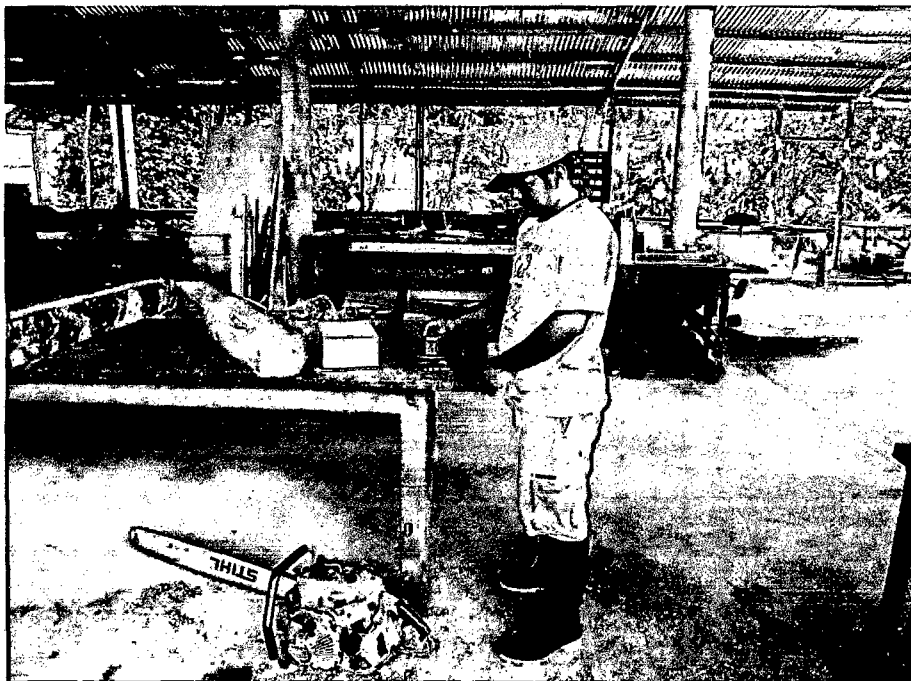


Figura 26. Pesado de probeta.



Figura 27. Evaluación del secado.