



## COMPARACIÓN DE CINCO MÉTODOS DE APILADO EN AMBIENTE CERRADO PARA EL SECADO DE MADERA ASERRADA DE *Brosimun lactescens* (S. Moore) C. C. Berg (manchinga), LAS PIEDRAS, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS

COMPARISON OF FIVE METHODS OF STACKING IN CLOSED ENVIRONMENT FOR SAWED WOOD DRYING OF *Brosimun lactescens* (S. Moore) C.C.Berg (manchinga), LAS PIEDRAS, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS

Emer Ronald Rosales-Solórzano<sup>1</sup>, Arthur Javier Salas-Choquehuanca<sup>1</sup>,  
Ysrael Alberto Tuesta-Ramirez<sup>2</sup> y Trinidad Marforit Dea-Hidalgo<sup>1</sup>

### Historia del Artículo:

<sup>1</sup> Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente. Madre de Dios –Perú.

[errs1973@gmail.com](mailto:errs1973@gmail.com)  
[salasarthj@gmail.com](mailto:salasarthj@gmail.com)

Recibido: 25 de julio de 2018

Aceptado: 5 de setiembre de 2018

<sup>2</sup> Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Ecoturismo contabilidad y administración. Madre de Dios - Perú.

<https://doi.org/10.56636/ceprosimad.v6i2.67>

### RESUMEN

La investigación tuvo por objeto comparar los métodos de apilado vertical, horizontal, triangular, cuadrado y en caballete, y evaluar los defectos en la madera como: torcedura, encorvadura, abarquillado y arqueadura, así como agrietamiento y rajaduras durante el proceso de secado de madera aserrada de *Brosimun lactescens* (S. Moore) C.C.Berg (manchinga), para cumplir con ello se utilizó la NTP 251.037:2012, la NTP 251.130:2012, la NTP 251.102:2011 y la NTP 251.101:2011. La metodología consistió en instalar los cinco métodos de apilado para el proceso de secado bajo sombra con tablas de 1'' x 6'' x 6', midiendo la longitud, ancho, peso, volumen y contenido de humedad equilibrio una vez por semana durante siete semanas, de la misma manera se supervisaron los defectos, grietas y rajaduras que presentaron cada tabla. Los resultados obtenidos mostraron que en el proceso de secado de la madera del *B. lactescens* el método de apilada en caballete a los 14 días logró llegar a un 12,42 %, siendo el más eficiente comparado con los demás métodos de apilado. Asimismo, la madera logra secarse al estado natural bajo sombra a los 28 días llegando a un contenido de humedad equilibrio de 11,61 % en promedio en los 5 métodos de apilados probados y el método de apilado vertical es el que presentó menos defectos de secado.

**PALABRAS CLAVE:** *Brosimun lactescens* (S.Moore) C.C.Berg, secado de madera, contenido de humedad equilibrio.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to compare vertical, horizontal, triangular, square and easel stacking methods, and to evaluate wood defects such as: twisting, curving, warping and arcing, as well as cracking and cracking during the drying process of sawn wood from Brosimun lactescens (S).Moore) C.C.Berg (Manchinga), NTP 251.037:2012, NTP 251.130:2012, NTP 251.102:2011 and NTP 251.101:2011 were used to comply. The methodology consisted of installing the five stacking methods for the drying process under shade with 1" x 6" x 6" boards, measuring the length, width, weight, volume and moisture content equilibrium once a week for seven weeks, in the same way defects, cracks and cracks that presented each board were monitored. The results obtained showed that in the drying process of the wood of *B. lactescens* the method of stacking in easel at 14 days reached 12.42 %, being the most efficient compared to the other stacking methods. Also, the wood manages to dry to the natural state under shade at 28 days reaching a moisture content equilibrium of 11.61% on average in the 5 stacking methods tested and the vertical stacking method is the one that presented fewer drying defects.

**KEYWORDS:** *Brosimun lactescens* (S.Moore) C.C.Berg, wood drying, moisture content equilibrium.

## INTRODUCCIÓN

El árbol, como todo ser vivo necesita del agua para transportar internamente los nutrientes y poder sobrevivir. La capacidad de retención de humedad varía de una especie a otra; dicha cantidad de agua se relaciona con el valor de la densidad básica de cada especie.

Sin embargo, gran porcentaje de esa humedad interna en la madera, en la mayoría de los casos, no es deseable en los procesos de industrialización de la madera. Por ello, se debe aplicar algún método de secado y disminuir el contenido de humedad de la madera a niveles óptimos para su procesamiento y puesta en servicio teniendo en consideración los defectos que pueden presentar la madera en cada tipo de método de secado ([JUNAC, 1984](#)).

*Brosimun lactescens* (S.Moore) C.C.Berg es una especie de la familia de las Moraceae, nativa de Mesoamérica: desde México hasta Perú. Es uno de los pocos arboles tropicales del que se pueden usar todas sus partes ([Pardo y Sánchez 1980](#)). El follaje y las

semillas son utilizadas para alimentar el ganado porcino, caprino, bovino y equino, especialmente en la época de sequía ([Miranda, 1998](#)).

La madera es de color amarillenta a marrón amarillento. La densidad básica de la madera es de 0,69 g/cm<sup>3</sup> para [IPCC \(2006\)](#) y 0,685 g/cm<sup>3</sup> para [Rosales, \(2016\)](#). La madera es fácil de trabajar y tiene buenas cualidades físicas, se usa en encofrados y mangos de herramienta. También se usa en hojas y frutos como forraje en numerosos países de América, y las semillas son consumidas por la población en ciertos lugares de la Amazonia peruana, algo que también se ha reportado en países como México ([Pennington et al. 1968](#)).

[Rosales \(2016\)](#), encontró un contenido de humedad equilibrio para la especie *B. lactescens* de 11,572 % en condiciones de temperatura y humedad relativa de Puerto Maldonado. Por consiguiente, el presente estudio tuvo como finalidad realizar una comparación del tiempo y contenido de humedad equilibrio por cada método de apilado durante el secado, así como evaluar

los defectos que presentaron, para determinar cuál es el método de apilado más apropiado para la manchinga.

Los estudios que se han realizado sobre secado de la madera en diferentes métodos de secado fueron realizados principalmente por entidades ligadas al sector forestal, sin embargo, a nivel internacional y local existen diversos estudios relacionados con los métodos de secado que se consideran en el siguiente trabajo:

El trabajo de Fuentes, [Salinas y Zamudio \(1997\)](#), sobre análisis comparativo de tres sistemas de secado con madera de cuatro especies de encinos (*Quercus spp*) han determinado de la curva de secado al aire libre mediante modelación matemática y experimental que sirvió para la investigación sobre secado de la manchinga (*B. lactescens*) *bajo sombra*, del mismo que no hay estudios al respecto.

La tendencia mundial es la promoción de productos de mayor valor agregado en las industrias de primera transformación. Para evitar defectos y contracciones en los productos finales, la madera debe estar seca antes de su elaboración final. El mercado de los productos madereros de primera transformación y manufacturas (moldurado, fabricación de muebles, etc.).

Exige cada vez más la utilización de madera con porcentajes de humedad inferiores al 18-20%, valores posibles de alcanzar con márgenes adecuados de rentabilidad mediante cámaras de secado cuando se trata de producciones en las que el factor tiempo es una variable a tener en cuenta ([Da Silva y Castro, 2003](#)).

Básicamente existen dos métodos de secar madera: al aire libre (secado natural) y en cámaras de secado (secado artificial convencional). Existe un tercer método, el

secado solar cuya importancia radica en el bajo costo operativo de las cámaras y en las propiedades no contaminantes de la energía utilizada ([JUNAC, 1984](#)).

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó con madera de la especie *B. lactescens* “manchinga” colectada del árbol con fustes sanos y limpios, cuyas coordenadas son 19L 483606, 8617765, altura 190 msnm, ubicadas en el sector Cachuela Oviedo, carretera Pto Maldonado – Iberia.

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Piloto de Tecnología de la Madera fundo “El Bosque”, perteneciente a la Universidad Nacional Amazónica de Madre carretera a Iberia Km. 16,5 margen derecho.

Se empleó cinco métodos de apilado para el secado siendo ellos: vertical, horizontal, triangular, cuadrado y en caballete bajo sombra de 10-12 tablas en total 52 respectivamente de dimensiones de 1 pulg x 6 pulg x 6 pies, utilizando la norma técnica peruana NTP 251.037:1988 (2012), la NTP 251.130:2004 (2012) y separadores de 1 pulgada facilitando así la circulación de aire a través de la pila para disminuir la aparición de grietas por extremos en la madera.

Alineando los separadores cerca de los extremos de la madera apilada. Se evaluó el CHE con el higrómetro y el peso con una balanza industrial a 0,01 de precisión. Posteriormente se evaluó los defectos de secado: torcedura, encorvadura, abarquillado y arqueadura que se realizaron según lo establecido por la norma NTP 251.102:1988 (2012) y la NTP 251.101:1988 (2011) determinando la intensidad de grietas, rajaduras y deformaciones. El tiempo establecido para la

toma de datos fue de un día por semana, evaluando en un periodo de siete semanas.

Para la comparación de cada método de apilado para el secado se realizó el procesamiento de datos en hojas de cálculo Excel. De la misma manera para el contenido de humedad obteniendo un promedio total por las siete semanas evaluadas.

Así mismo los defectos del proceso de secado natural se evaluó cualitativa y cuantitativamente, seleccionando que método de apilado (figura 1) presenta más defectos como torcedura, encorvadura, abarquillado y arqueadura, grieta y rajaduras. Para los datos cuantitativos se obtuvo un promedio de la altura y ancho que presentaba cada tabla durante las siete semanas.



**Figura 1**

Formas de secado de la especie *B. lactescens* por el método de apilado: a) caballete, b) horizontal, c) vertical, d) Cuadrado, e) Triangulo.

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los cinco métodos de apilado para el secado y los valores promedios de contenido de humedad y como disminuye gradualmente durante las siete semanas de evaluación en el cual se determinó que método de apilado es el más eficiente.

Se aprecia también que en el secado de la madera del *B. lactescens* el método de apilado en caballete es el que tuvo mayor eficiencia a los 14 días o segunda semana, alcanzando un contenido de humedad equilibrio de 12,42 %, seguido del método cuadrado con 13,29 %, logrando estabilizarse en la cuarta semana todos los tipos de apilado en un 12 % aproximadamente. El tipo de apilado cuadrado tarda 7 semanas en llegar a 12,82 % de humedad equilibrio.

En la tabla 2 se nota que durante el proceso de secado el defecto de arqueadura se presentó en el tipo de apilado vertical, triángulo, horizontal, caballete y cuadrado. El tipo de apilado en triángulo es el que estuvo más afectado y presentó daños significativo 1,88 m en arqueaduras y 1,89 m en encorvadura, además se observó rajaduras considerables.

El tipo de apilado vertical es el que presentó menos defecto en comparación a los demás con solo un defecto de arqueadura. El tipo de apilado en cuadrado presentó el defecto de encorvadura de 1,53 m tanto abarquillado como arqueadura y ostentó un menor tamaño, así como pequeñas grietas a diferencias de los otros tipos de apilado.

### Tabla 1

Comparación del contenido de humedad por cada método de apilado durante el proceso de secado natural de la madera de *B. lactescens*.

MÉTODO DE APILADO	CH %						
	1	2	3	4	5	6	7
Horizontal	31,88	21,05	16,43	12,58	13,16	12,58	12,50
Triangular	29,26	14,75	12,36	11,74	11,69	11,80	12,03
Caballete	28,18	12,42	10,92	10,85	10,76	10,70	10,84
Cuadrado	24,62	13,29	11,52	11,47	12,02	12,56	12,82
Vertical	27,90	15,00	13,20	11,40	11,10	11,20	11,50
PROMEDIO	28,37	15,30	12,89	11,61	11,75	11,77	11,94

Fuente: Elaboración propia.

### Tabla 2

Comparación de los defectos en los métodos de apilado para el secado de ladera de *B. lactescens*.

TIPO DE APILADO	DEFECTO	L (cm)	A (cm)	Grietas	Rajaduras
Vertical o en punta	Arqueadura	1,38	1,04	x	x
Triangulo	Encorvadura	1,89	0,90		x
	Arqueadura	1,88	1,53		
Horizontal	Arqueadura	1,71	1,00	x	x
	Encorvadura	1,78	1,00		
Caballete	Arqueadura	0,00	1,45	x	x
	Torcedura	0,00	0,85		
	Encorvadura	0,00	1,27		
Cuadrado	Encorvadura	1,53	4,40	x	
	Abarquillado	0,60	0,00		
	Arqueadura	0,70	0,00		

Fuente: Elaboración propia.

## DISCUSIONES

El diferente comportamiento del método de apilado en el proceso de la madera de *B. lactescens* fue notorio, ello se debe a la diferente forma de escurrir o liberar el agua de la madera al ambiente por la posición en que se encuentra, tal como lo sustenta [JUNAC \(1984\)](#) en forma general para las maderas, debido a su ultra estructura y composición química, como también por sus propiedades físicas y mecánicas, varían significativamente entre especies, entre árboles de una misma especie, entre partes de un mismo árbol y diferente posición. En el estudio se encontró variabilidad entre los contenidos de humedad equilibrio por tipos de apilado sin embargo el promedio fue de 11,61 % alcanzado a los 28 días, ello se

acerca con lo reportado por [Rosales \(2016\)](#) al valor de 11,572 %.

Luego del análisis de defectos se puede apreciar que la encorvadura es el defecto que se presenta en el canto. El 80 % de volumen calculado para este defecto es una pérdida que puede corregirse utilizando piezas de menores longitudes. En el caso del defecto de encorvadura afectó a lo largo de la dimensión longitudinal o en los cantos, igualmente, al evaluarse en el lado cóncavo de la pieza, también se produce defecto en el lado convexo y la corrección o eliminación del defecto duplica la pérdida ocasionada al escuadrar la madera.

Los defectos de arqueadura y torcedura tradicionalmente o por concepto se han

evaluado en la cara cóncava de la pieza, pero se presentan y proyectan en el lado convexo de la pieza y por tanto estos defectos al ser corregidos mediante cepillado duplican la pérdida de madera. Por ventaja estos no son aditivos en toda su magnitud y el defecto de mayor magnitud enmascara a los de menor valor, por ejemplo, si hay arqueadura al corregirse o cepillarse, en parte ya se elimina o se corrige.

El cálculo del defecto de arqueadura alcanzó un 70 %; sin embargo, por la flexibilidad de la madera, al ser cepillada no se corrige totalmente, puede quedar parte en la pieza y se corrige en el armado o uso de la pieza, por tanto, no suman independientemente; pero sí afecta en el volumen de pérdida teórica.

En el caso de defectos de grietas y rajaduras presentes en los dos extremos de las piezas y, en muchos casos, sobrepasa la norma de la JUNAC (1984), que manifiesta se acepta en un solo extremo de la pieza y su longitud no debe sobrepasar el ancho de la pieza. Es muy conocido que las rajaduras que se consideran por sobre el punto de saturación de las fibras están directamente relacionadas a las tensiones de crecimiento propias de la especie. Por tanto, este defecto no es atribuible directamente a secado, pero es uno de los problemas que hay que mejorar porque mayormente afecta el rendimiento.

Para el estudio, los métodos que presentan rajaduras fueron en el vertical, triángulo, horizontal y en "X" teniendo pérdida directa si se considera solo el defecto de rajaduras al momento de escuadrar la madera, en el que estarían incluidas las rajaduras por tensiones de crecimiento. Esta pérdida por rajaduras señala Sepliarsky (2002) es muy importante en especies similares como *E. grandis* y considera que se puede corregir minimizando el tiempo entre el apeo del árbol y su procesado, así como sellar los extremos para evitar una pérdida rápida del agua.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestros sinceros agradecimientos a los estudiantes del curso de preservado y secado de la madera semestre 2016-II de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

## CONCLUSIONES

En el proceso de secado de la madera del *B. lactescens* el método de apilado en caballete a los 14 días logró llegar a un 12,42 %, siendo el más eficiente comparado con los demás métodos de apilado.

En líneas generales la madera del *B. lactescens* logra secarse al estado natural bajo sombra a los 28 días llegando a un contenido de humedad equilibrio de 11,61 % en promedio en los 5 métodos de apilados probados.

En el secado natural de la madera bajo sombra de la especie *B. lactescens* el método de apilado vertical o en punta es el que presentó menos defectos de secado.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Da Silva JT y Castro J. (2003). Variación radial y rentabilidad e densidad básica de madera de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Árvore* 27(3):381-385.
- Fuentes M.E, Salinas M. y Zamudio J. (1997). Análisis comparativo de tres sistemas de secado con maderas de cuatro especies de encinos (*Quercus spp.*). División de Ciencias Forestales de la Universidad de Chapingo. Chapingo. México. *Re\lista Chapingo Sene Ciencias Forestales y del Ambiente* 4(1):155-160.

- Fuentes, M. E. (1990). Propiedades físico-mecánicas de cinco especies de encino (*Quercus spp.*) del estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 57 p. Texcoco, México.
- INACAL (Instituto nacional de calidad) NTP 251.037:1988. (2011). Madera aserrada y cepillada. dimensiones nominales y requisitos.
- INACAL (Instituto nacional de calidad) NTP 251.101:1988. (2011). Madera aserrada. Defectos, definiciones y clasificación.
- INACAL (Instituto nacional de calidad) NTP 251.102:1988. (2012). Madera aserrada. defectos. método de medición.
- INACAL (Instituto nacional de calidad) NTP 251.130:1988. (2012). Madera secada de la madera terminología y definiciones.
- IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programmer, Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., NgaraT. Y Tanabe K. (eds). Vol.4. Publicado por: IGES, Japón.
- JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena, Perú). (1984). Manual de visual de madera estructural. Lima-Perú. PADAT-REFORT. 76 p.
- Miranda, F. (1998). La vegetación de Chiapas. 3<sup>a</sup> edición. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas. México. 378-380 p.
- Pardo, T.E y M. Sánchez C. (1980). *Brosimun alicastrum* (ramón, capomo, ojite, ojoche) recurso silvestre tropical desaprovechado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. Tomo 3. 5-27p.
- Pennington, T.D. y Sarukhan, J. (1968). Manual para la identificación de los principales arboles tropicales de México. Instituto Nacional Forestal (México) – FAO. Ciudad de México. 431p.
- Rosales, E. (2016). Variabilidad del contenido de humedad equilibrio de la madera de diez especies comerciales para tres regiones del Perú. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, págs 13-21.
- Sepliarsky, F. (2002). Producción y mercado de madera de *Eucalyptus grandis*. In XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Córdoba-Argentina. 9 p. Consultado sep. 2015. Disponible en <http://exploredoc.com/doc/18555/raletapebicu%C3%A1-archivo---categor%C3%ADas>.