

COMPORTAMIENTO EN EL SECADO ARTIFICIAL DE ORÍGENES DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* PARA SU UTILIZACIÓN COMO MADERA SÓLIDA

Estela Margarita del Valle-Pan¹, Juan Carlos Medina², Carlos Maximiliano Umlandt³, Selva Azucena-Barrionuevo⁴, Agustín Pascual-Ruiz⁵

¹ Profesor adjunto e investigador. Correo electrónico: epan@unse.edu.ar

² Profesor adjunto e investigador

³ Ingeniero en Industrias Forestales

⁴ Auxiliar docente e investigadora

⁵ Jefe de trabajos prácticos e investigador

Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina

Recibido: 15 de abril del 2014. Aprobado: 20 de julio del 2014.

Cómo citar este artículo: E. M. del Valle-Pan, J. C. Medina, C. M. Umlandt, S. Azucena-Barrionuevo y A. Pascual-Ruiz. "Comportamiento en el secado artificial de orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* para su utilización como madera sólida". *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 11-18, en.-dic., 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.789>

Resumen. La madera madura de *Eucalyptus camaldulensis* presenta adecuadas propiedades tecnológicas y aptitud para la obtención de productos sólidos. La madera joven proveniente de orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* posee características físicas y mecánicas diferentes a la madera adulta, pues presenta comportamientos no apropiados durante su transformación mecánica. El objetivo del trabajo fue determinar cuáles orígenes exhiben mejor comportamiento en el secado artificial, lo que indicaría la calidad de estas maderas. La madera para los ensayos de secado consistió en individuos pertenecientes a siete orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* (A, B, C, D, E, K, LL). El material fue seleccionado con base en la altura, porte, diámetro, altura de pecho (DAP), densidad y estado sanitario. Las trozas fueron aserradas obteniéndose tablas de 100 mm de ancho x 25 mm de espesor x 1000 mm de largo, con cada carga de secado compuesta por madera proveniente de los siete orígenes. Los orígenes de los *Eucalyptus camaldulensis* jóvenes no presentaron una tendencia marcada al colapso en ningún programa de secado. En relación con los alabeos, los orígenes B, A, C y LL fueron superiores a los orígenes E y K; mientras que, en el caso de las rajaduras los orígenes D y LL fueron superiores.

Palabras clave: *Eucalyptus camaldulensis*, orígenes, programas de secados, calidad de madera.

BEHAVIOR UNDER ARTIFICIAL DRYING OF VARIETIES OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* FOR USE AS SOLID WOOD

Abstract. Mature *Eucalyptus camaldulensis* wood has good technological properties and can be used to obtain solid products. Young *Eucalyptus camaldulensis* wood has different physical and mechanical characteristics than the adult wood, with inadequate response during mechanical transformation. The objective of this work was to determine which varieties behave better under artificial drying, indicating the quality of those woods. The wood for the drying tests consisted of examples from the seven varieties of *Eucalyptus camaldulensis* (A, B, C, D, E, K, LL). The material was selected based on height, size, diameter at breast height (DBH), density and sanitary condition. The pieces were cut to obtain boards 100 mm wide x 25 mm thick x 1000 mm long, with each drying load consisting of wood from the 7 varieties. None of the varieties of the young *Eucalyptus camaldulensis* showed a marked tendency to collapse in any drying program. Varieties B, A, C and LL were superior to E and K in terms of warping, while D and LL better with respect to cracks.

Keywords: *Eucalyptus camaldulensis*, varieties, drying programs, wood quality.

COMPORTAMENTO NA SECAGEM ARTIFICIAL DE ORIGENS DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* PARA SUA UTILIZAÇÃO COMO MADEIRA SÓLIDA

Resumo. A madeira adulta de *Eucalyptus camaldulensis* apresenta boas propriedades tecnológicas e aptidão para a obtenção de produtos sólidos. A madeira juvenil proveniente de orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* possui características físicas e mecânicas diferentes da madeira adulta, uma vez que apresenta comportamentos não apropriados durante sua transformação mecânica. O objetivo deste trabalho foi determinar quais orígenes exibem melhor comportamento na secagem artificial, o que indicaria a qualidade dessas madeiras. A madeira para os ensaios de secagem consistiu em indivíduos pertencentes a sete orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* (A, B, C, D, E, K, LL). O material foi selecionado com base na altura, porte, diâmetro altura de peito (DAP), densidade e estado sanitário. Os troncos foram serrados e deles obtidos tábuas de 100 mm de largura x 25 mm de espessura x 1000 mm de largura, estando cada carga de secagem composta por madeira proveniente das sete orígenes. As orígenes dos *Eucalyptus camaldulensis* juvenis não apresentaram uma tendência marcada ao colapso em nenhum programa de secagem. A respeito dos arqueamentos, as orígenes B, A, C e LL foram superiores às orígenes E e K; enquanto, no caso das rachaduras, as orígenes D e LL foram superiores.

Palavras-chave: *Eucalyptus camaldulensis*, origens, programas de secagem, qualidade de madeira.



1. Introducción

El *Eucalyptus camaldulensis* es una especie que crece en diversas condiciones climáticas, siendo resistente al frío, heladas y calores excesivos. La madera de *Eucalyptus camaldulensis* se ubica dentro de los llamados eucalyptus colorados pertenecientes al grupo de los “pesados” con una densidad media de 0,83 gr/cm³, Tinto [1], comparable con especies nativas.

Debido a las tensiones internas de crecimiento, el *Eucalyptus camaldulensis* tiene la particularidad de presentar problemas de contracciones, lo que acarrea problemas en la industrialización de sus productos (grietas, rajaduras y alabeos), las cuales podrían evitarse mediante procesos de secado adecuados para esta especie.

Durante el secado en varias especies de eucaliptos, se observa una contracción anormalmente intensa e irregular conocida como colapso. La susceptibilidad ante el colapso es relevante en este tipo de especies [2]. En madera de *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus*, el colapso puede ser recuperable mediante reacondicionamiento con vapor saturado a 100°C, tratando la madera con una humedad entre 15 a 20% [3].

En general, los eucaliptos deben secarse a bajas temperaturas y es indispensable aplicar tratamientos de reacondicionamiento con vapor saturado para el colapso. Se aconseja no efectuar secados violentos y sellar los cabezales con pintura para reducir rajaduras y grietas, al ser la duración del secado en cámara entre 85 y 97 horas con temperaturas entre 40 y 50°C [4]. En madera joven de orígenes de *Eucalyptus camaldulensis*, se aplicó temperaturas iniciales de 35°C y humedades relativas cercanas al 100% alcanzando temperaturas finales entre 50 y 60°C, con resultados satisfactorios [5], [6].

Touza y Pedras [7] realizaron experiencias de secado con madera de eucalipto blanco proponiendo un presecado en cámara hasta que la madera alcance una humedad media próxima al 30%. Recomiendan proseguir con una propuesta de secado industrial contrastada por numerosas experiencias realizadas en el Laboratorio de CIS-Madera, obteniendo madera al 12% de humedad final con un tiempo aproximado de secado de quince días sin defectos significativos.

Álvarez Noves [8] estudia el comportamiento en el secado de madera de *Eucalyptus globulus* procedente de rollos de diámetro inferior a 30 cm, es decir, árboles

jóvenes con gran proporción de madera juvenil y tensiones de crecimiento. Propone un programa de secado recomendado por el CTBA, con una ligera modificación en las temperaturas.

La bibliografía reporta que la madera madura de *Eucalyptus camaldulensis* es utilizada principalmente para leña, carbón, postes, chapas decorativas, molduras, parquet, siendo el destino original madera pulpa-ble; sin perjuicio de lo anterior y en la necesidad de diversificar su uso y campo de aplicación como madera sólida, se han generado desafíos importantes en el campo del aserrío, preparación, elaboración y desarrollo de productos a partir de estas especies.

En la actualidad el aserrado del eucalipto para pisos se realiza preferentemente en Mendoza y Buenos Aires, Argentina, y teniendo en cuenta la dureza exigida, se emplean los eucaliptos colorados, entre ellos el *Eucalyptus camaldulensis* [4].

Por eso, considerando el uso, crecimiento y adaptabilidad de esta especie en la provincia de Santiago del Estero, Argentina, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad en madera joven de *Eucalyptus camaldulensis*, mediante su comportamiento en los procesos de secado artificial.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

El material está constituido por ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* pertenecientes a un ensayo de orígenes y familias dispuestos en un diseño de bloques de familia compacto con 4 repeticiones y 5 plantas por parcela; en un espaciamiento de 3 m entre filas y 2 m entre árboles, implantadas en El Zanjón, Departamento Capital, Santiago del Estero, Argentina. El material fue seleccionado con base en la altura, porte, diámetro altura de pecho (DAP), densidad y estado sanitario y consistió en 7 ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* pertenecientes a cada uno de los orígenes A, B, C, D, E, K, LL; reservándose la primera troza a partir del diámetro altura de pecho para la ejecución de los ensayos, de acuerdo con lo reportado por Pan [9]. El DAP osciló desde un valor mínimo de 23,37 cm para el origen C, hasta un máximo de 26,25 cm para el origen D.

Tabla 1. Detalle del material genético

| Procedencia | Localidad | Latitud | Longitud | msnm |
|-------------|-------------------------------|---------|----------|-------|
| A | Emu Creek, Petford, QLD. | 17° 20´ | 144° 58´ | 460 |
| B | Huerto Semillero de Zimbabwe. | ----- | ----- | ----- |
| C | Dimbulah, Petford, QLD. | 17° 15´ | 145° 00´ | 500 |
| D | Gibb River, Kimberley, WA. | 16° 08´ | 126° 38´ | 430 |
| E | 8 km West of Irvinebank, QLD. | 17° 24´ | 145° 09´ | 680 |
| K | Wyalba Creek, QLD. | 16° 43´ | 142° 00´ | 30 |
| LL | Lennard River, WA. | 17° 23´ | 124° 45´ | 60 |

Fuente: Cátedra de Mejoramiento Genético, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero

2.2 Métodos

Las trozas seleccionadas fueron aserradas siguiendo el sistema de corte común, que proporciona piezas radiales y tangenciales, obteniéndose tablas de 100 mm de ancho x 25 mm de espesor x 1000 mm de largo, estando cada carga de secado compuesta por madera provenientes de los 7 orígenes.

Concluida la preparación de las tablas y los controles correspondientes para la realización de los programas de secado, se procedió al encastillado dentro de la cámara que contó con 15 tablas repartidas en 3 corridas de 5 tablillas cada una; bajo cada corrida se ubicaron 3 separadores de madera de 20 mm x 25 mm x 600 mm ubicados en los extremos y uno en el centro equidistante de los anteriores. Se seleccionaron 3 tablas testigo y se colocaron en el nivel superior, medio e inferior de la

pila, con el fin de obtener una representatividad de las condiciones generales de la cámara.

A la carga de madera se le aplicó un programa de secado, desarrollado a partir de un protocolo guía elaborado para *Eucalyptus camaldulensis* por la Junta del Acuerdo de Cartagena [10] y modificado sobre la base de pruebas realizadas por Pan [11].

En la tabla 2, se presentan las características del programa de secado artificial convencional seleccionado para madera aserrada de *Eucalyptus camaldulensis* de una pulgada de espesor.

2.2.1 Evaluación de la calidad del secado

Para evaluar la calidad de la madera seca se utilizó un criterio de clasificación reportado por Pan [11], que considera los defectos de la madera sometida a un proceso de secado de acuerdo con el destino final para

Tabla 2. Características del programa de secado artificial

| Reacondicionamiento de la madera a un contenido de humedad de 17 % | | | | | |
|--|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|
| Contenido de humedad | Temperatura bulbo seco | Temperatura bulbo húmedo | Diferencia psicrométrica | Humedad relativa | Contenido humedad equilibrio |
| CH | TBS | TBH | DP | HR | CHE |
| ≥ 60 | 40 | 39 | 1 | 95,00 | 26,00 |
| 60-50 | 50 | 47 | 3 | 85,00 | 20,00 |
| 50-40 | 60 | 57 | 3 | 85,00 | 18,00 |
| 40-30 | 70 | 65 | 5 | 80,00 | 14,00 |
| 30-25 | 75 | 67 | 8 | 70,00 | 13,00 |
| 25-17 | 75 | 64 | 11 | 60,00 | 12,00 |
| 17 | 100 | - | - | 100,00 | 26,00 |
| 17-15 | 85 | 65 | 15 | 60,00 | 11,00 |
| 15-13 | 85 | 69 | 16 | 50,00 | 9,00 |
| 13-11 | 85 | 69 | 16 | 50,00 | 9,00 |

Fuente: [10], [12] y [13]

Tabla 3. Clasificación de los defectos e intensidad en madera destinada a la construcción (alabeos, rajaduras y colapsos)

| Defecto | Intensidad | | | | |
|-----------|------------|---|-----|---|-----|
| | NA | L | L-I | I | M-I |
| Alabeos | NA | L | L-I | I | M-I |
| Rajaduras | NA | P | M | G | M-G |
| Colapso | NA | L | I | | |

NA: no acepta defecto, L: leve P: pequeña, L-I: leve intensa, I: intensa, M-I: muy intensa, G: grande, M-G: muy grande, M: mediana

Fuente: [12]

el cual fue seleccionada. En este trabajo se considera como uso final la madera destinada a la construcción (estructurales) siendo las variables analizadas los alabeos, rajaduras y colapso. En la tabla 3, se presenta la intensidad de rajaduras, alabeos (abarquillado, combado de cara, combado de canto, revirado) y colapsos de la madera secada.

2.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental correspondió a un arreglo factorial (2 x 2) totalmente aleatorizado, en el que los niveles de variación son temperatura y humedad relativa. Los tratamientos se llevaron a cabo en cada etapa de secado efectivo, con constantes las etapas de calentamiento y acondicionado para los diferentes programas por aplicar.

El modelo matemático asumido para el análisis es:

$$Y_{kij} = \mu + \tau_k + \delta_i + (\tau\delta)_{ki} + \varepsilon_{kij}$$

Y_{kij} = valor observado

μ = media poblacional del ensayo

τ_k = efecto temperatura

δ_i = efecto humedad relativa

$\tau\delta$ = combinación temperatura – humedad relativa

Los tratamientos de temperatura y humedad relativa se determinaron estableciendo intervalos entre valores iniciales y finales; teniendo como base el protocolo testigo elaborado para *Eucalyptus camaldulensis* (ver tabla 4).

Temperatura 1 = 40°C - 85°C

Temperatura 2 = 40°C - 55°C

Humedad relativa 1 = 95% - 50%

Humedad relativa 2 = 89% - 65%

Tabla 4. Tratamientos de temperatura y humedad relativa

| Tratamientos | Temperatura 1 (T 1) | Temperatura 2 (T 2) |
|----------------------------|---------------------|---------------------|
| Humedad relativa 1 (H R 1) | T 1 x H R 1 | T 2 x H R 1 |
| Humedad relativa 2 (H R 2) | T 1 x H R 2 | T 2 x H R 2 |

Fuente: elaboración propia

3. Resultados y discusión: programas de secado convencionales

3.1 Variables del proceso

Los procesos de secado se desarrollaron en cuatro etapas; calentamiento, secado efectivo, vaporizado y acondicionado. Se aplicaron siete horas de calentamiento y siete horas de acondicionado [12], [13]. El primer ensayo de secado fue resultado de la combinación de las variables temperatura 1 (40°C - 85°C) por humedad relativa 1 (95% - 50%; ver tabla 5).

Si bien las variables del secado aplicadas son extremas, el cociente de secado se inició a partir del punto de saturación de las fibras con un valor de 2,85 llegando al final a 1,16; lo que indicaría un programa de secado moderado. El secado completo se desarrolló en 160 horas (seis días y medio) con un tiempo de secado efectivo de 140 horas.

El segundo ensayo de secado fue el resultado de la combinación de temperatura 1 (40°C - 85°C) por humedad relativa 2 (89% - 65%).

En este programa se muestran variaciones en las condiciones de secado menores que en el caso anterior. Los cocientes de secado (2,39 a 1,43) determinan un proceso de secado moderado, apto para maderas semipesadas. El tiempo total del secado es de 170 horas (7 días) superando levemente al ensayo anterior.

El tercer ensayo de secado fue el resultado de la combinación de temperatura 2 (40°C - 55°C) por humedad relativa 1 (95% - 50%). En este ensayo se inició con madera que presentaba menores contenidos de humedad (82,30%) y se terminó con un 12%, lo que explicaría el uso de cocientes de secado bajos (1,89 - 1,27) dando como resultado un secado más lento con mayores tiempos (182 hs).

El cuarto ensayo de secado fue el resultado de la combinación de temperatura 2 (40°C - 55°C) por Humedad relativa 2 (89% - 65%).

Las variables temperatura máxima, humedad relativa mínima y diferencias psicrométicas (2 a 8) esta-

blecidas en esta combinación dieron como resultado condiciones de secado más leves en relación con los anteriores programas, alcanzándose un tiempo total de 190 hs. – 8 días.

Tabla 5. Programas de secado artificial

| Programas | Tiempo total de secado | Cociente de secado |
|---|------------------------|--------------------|
| 1 - (T1 X HR1) (40° - 85° X 95% - 50%) | 160 HS | 2,85 – 1,16 |
| 2 - (T1 X HR2) (40° - 85° X 89% - 65%) | 170 HS | 2,39 – 1,43 |
| 3 - (T2 X HR1) (40° - 55° X 95% - 50%) | 182 HS | 1,89 – 1,27 |
| 4 - (T2 X HR2) (40° - 55° X 89% - 65%) | 190 HS | 2,00 – 1,20 |

Fuente: elaboración propia

3.2 Calidad de madera seca

Se realizó la evaluación de los alabeos (combadado de cara, combado de canto, abarquillado y revirado), colapso y rajaduras teniendo en cuenta el uso de madera destinada a la construcción.

De las 50 tablas ensayadas en el primer programa, un 50% presentó rajaduras, siendo estas más frecuentes sobre los cantos de las tablillas. De las deformaciones consideradas como alabeos, la que se presentó con mayor frecuencia e intensidad fue el combado de cara afectando a un 25% de las tablas y en orden decreciente el combado de canto y el abarquillado.

Los orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* jóvenes no presentaron una tendencia marcada al colapso, solo un 10 % en el 1° y 2° programa estuvieron afectados por esta contracción irregular, en estado leve. Esto

Tabla 6. Calidad de madera seca

| Programas | Alabeos | | | Colapso | | Rajaduras | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---|-----------|---|
| 1 | 60% | 25% (a) | 10% L | 10% | L | 50% | - |
| | | | 10% L-I | | | | |
| | | | 5% I | | | | |
| | | 15% (b) | - | | | | |
| | | | 10% L-I | | | | |
| | | | 5% I | | | | |
| | | 15% (c) | - | | | | |
| | | | 10% L-I | | | | |
| | | | 5% I | | | | |
| | | 5% (d) | - | | | | |
| | | | 5% L-I | | | | |
| | | | - | | | | |
| 2 | 49% | 20% (a) | 10% L | 10% | L | 45% | - |
| | | | 10% L-I | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 12% (b) | 8% L | | | | |
| | | | 4% L-I | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 12% (c) | 7% L | | | | |
| | | | 5% L-I | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 5% (d) | 5% L | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |

Continúa

| Programas | Alabeos | | | Colapso | | Rajaduras | |
|---|---------|---------|--------|---------|---|-----------|-------|
| 3 | 25% | 10% (a) | 10% L | 8% | L | 40% | 20% P |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 10% (b) | 10 % L | | | | 20% M |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 5% (c) | 5% L | | | | - |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 0% (d) | - | | | | - |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| 4 | 20% | 10% (a) | 10% L | 6% | L | 40% | 25% P |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 5% (b) | 5% L | | | | 15% M |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 5% (c) | 5% L | | | | - |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| | | 0% (d) | - | | | | - |
| | | | - | | | | |
| | | | - | | | | |
| (a) Combado de cara, (b) Combado de canto, (c) Abarquillado, (d) Revirado | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

pudo deberse a la ejecución de un tratamiento de vaporizado, lo que favoreció la recuperación del colapso de acuerdo con lo reportado por Gerrero [3].

Los resultados muestran que el combado de cara continúa siendo el alabeo que afecta en mayor intensidad y frecuencia la carga de madera. En el segundo programa, aparecen las rajaduras con un 45% del total de las tablas, mientras que el colapso se mantuvo en los mismos valores con respecto al secado anterior.

Los resultados del tercer ensayo muestran que la presencia de los alabeos más destacados (combado de cara y combado de canto) descienden a un 10% sin exhibir el defecto de revirado. El colapso se redujo a un 8% y las rajaduras a un 40%, observándose un decremento en la intensidad desde medianas a pequeñas.

En el cuarto programa, el alabeo más desclasificador (combado de canto) desciende a un 5% en frecuencia e intensidad; reduciéndose el colapso a un 6%,

mientras que el porcentaje de rajaduras se mantiene en relación con el ensayo anterior.

En la tabla 7, se muestra el comportamiento ante los alabeos, rajaduras y colapso de los diferentes orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* en los cuatro programas ensayados.

Los resultados del primer programa muestran que al origen A le corresponde un 33% de tablillas sin combado de canto ni combado de cara siguiendo los orígenes B y C en un 20% y 13%; siendo los E y K los más afectados en intensidad y frecuencia por estas deformaciones. El mayor porcentaje de rajaduras fue asignado a los orígenes E, K y A y el mínimo a los D y LL.

En el segundo programa, los mejores resultados producto de la menor presencia de los alabeos más desclasificadores (combado de canto y cara) se dieron en orden decreciente en los orígenes B, A, C y LL, mientras que los orígenes E y K fueron los más afectados por estos.

Tabla 7. Calidad de madera: orígenes y familias

| Programas | | Alabeos | Rajaduras | Colapso |
|-----------|-------------------------------------|-------------|-----------|----------------------|
| 1 | Buen comportamiento ante el defecto | A, B, C, LL | D, LL | A, B, C, D, K, LL |
| | Mal Comportamiento ante el defecto | E, K, D | E, K, A | E |
| 2 | Buen comportamiento ante el defecto | B, A, C, LL | D, LL | A, B, C, D, K, LL |
| | Mal Comportamiento ante el defecto | E, K, D | K, E, B | E |
| 3 | Buen comportamiento ante el defecto | B, C, LL, A | D, LL | A, B, C, D, K, LL, E |
| | Mal Comportamiento ante el defecto | E, K | K, E | |
| 4 | Buen comportamiento ante el defecto | A, B, C, LL | D, LL | A, B, C, D, K, LL, E |
| | Mal Comportamiento ante el defecto | E, K | K, E | |

Fuente: elaboración propia

Los orígenes K, E y B presentaron el máximo número de tablas afectadas por rajaduras, mientras fue mínimo en D y LL.

El comportamiento de los orígenes A, B, C, y LL frente a los diferentes alabeos y rajaduras mantuvo la misma tendencia en el tercer programa con respecto a secados anteriores, mientras que se observa una leve mejora en la calidad de los orígenes restantes.

En el cuarto ensayo el comportamiento de los orígenes A, B, C y LL, ante los alabeos más destacados (combado de canto, cara y abarquillado) se mantiene, observándose un aumento en su calidad, debido a las condiciones de secado más leves utilizadas en este programa. En los orígenes E, K y D que presentan un nivel de calidad inferior, se notó una mejora en sus respuestas frente a estos defectos.

3. Conclusiones

- El programa obtenido de la combinación temperatura 2 por humedad relativa 2 presentó el menor porcentaje de alabeos (20%), rajaduras (40%) y colapso (6%) en un tiempo de ocho días.
- El programa de la combinación temperatura 1 por humedad relativa 1 resultó con menor calidad de madera, siendo el porcentaje de alabeos (60%), colapso (10%) y rajaduras (50%) en seis días y medio de duración.
- Los alabeos más desclasificadores fueron combado de canto y combado de cara seguidos en bajos porcentajes por el abarquillado, no observándose en ningún programa una marcada tendencia al colapso.
- Los orígenes B, A y C presentaron buenas respuestas ante el combado de cara y de canto.

- Los orígenes B, LL y C presentaron un buen comportamiento ante el abarquillado y los D, LL y C lo hicieron ante las rajaduras.
- Los orígenes E y K fueron los más afectados por alabeos y rajaduras.

Referencias

- [1] J. Tinto, "Aportes del sector forestal a la construcción de viviendas". *Folleto Técnico Forestal N° 44*. Segunda Edición, INFONA. Buenos Aires, Argentina. 1978, pp. 142.
- [2] R. Rosende y H. Castillo, "Contracción, colapso, y juego de maderas chilenas". Boletín informativo N° 27. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1984, pp. 23.
- [3] R. Gorrero Molinari y L. Inzunza, "Comportamiento de tablas de *Eucalyptus globulus* (Labill), creciendo en Colcura, sometidas a un programa de secado australiano", Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Serie técnica. Informe de convenio N° 25. Valdivia, Chile. 1980, pp. 16.
- [4] M. Sánchez Acosta, "Experiencia argentina en el uso de la madera de eucalipto", Seminario Internacional de Utilização Da Madeira de Eucalipto para Serraria. IPT - IUFRO. Sao Paulo, Brasil. 1995, pp. 9.
- [5] E. Pan, *et al.*, "Comportamiento de la madera de progenies de *Eucalyptus camaldulensis* en procesos de secado e impregnación", III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales Madereros y No Madereros. Buenos Aires, Argentina. 2007, pp. 20.
- [6] E. M. Pan, "Secado artificial de *Eucalyptus camaldulensis* en secadero automático", IV Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. 2008, pp. 5.
- [7] M. C. Touza Vázquez y F. Pedras Saavedra. "Una propuesta Industrial de Secado de Madera de Eucalipto

- blanco (*Eucalyptus globulus*) de Galicia?. *Revista CIS Madera*, vol. 8, pp. 28-36. Galicia, España. 2002.
- [8] H. Álvarez Noves y J. I. Fernández-Golfin Seco, Secado de la madera aserrada de *Eucalyptus globulus* al vacío continuo con vapor sobrecalentado. Comparación con el secado tradicional en cámara. AITIM N° 181. Madrid, España. 2001.
- [9] E. M. Pan, et al. *Propiedades tecnológicas de la madera- 1ª parte*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Editorial Lucrecia. Santiago del Estero, Argentina. 2009, pp. 184.
- [10] *Junta del Acuerdo de Cartagena, Manual del Grupo Andino para el secado de maderas. Proyecto Subregional de Promoción Industrial de la Madera Para Construcción*. 1989, pp. 124.
- [11] E. Pan, "Secado artificial en madera de renovales de Raulí (*Nothofagus nervosa*)", Tesis de Magíster. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 1995, pp. 200.
- [12] R. Hildebrand, *El secado de madera aserrada*. Comercial Sagrera, S. A. Sabadell, España. 1964.
- [13] L. Inzunza, "Ensayos de secado artificial de madera de Olivillio (*Aextoxicon punctatum* R. Et Pav.) de 1" de espesor", Actas VII Reunión sobre Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 1991, pp. 275-287.