

# EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AL SECADO ARTIFICIAL DE MADERA DE *Eucalyptus dunnii* Maiden PROVENIENTE DE CONCORDIA, ENTRE RÍOS. ARGENTINA.

Albano BOUJON <sup>1,2</sup>

**Palabras clave:** *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis*, secado, contenido de humedad, defectos de secado.

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la superficie forestada con eucaliptos en el Noreste de Argentina corresponde a *Eucalyptus grandis*. No obstante, otras especies también han mostrado una excelente adaptación y velocidad de crecimiento. Entre ellas se destaca *Eucalyptus dunnii* por su menor susceptibilidad a las bajas temperaturas, alta densidad de la madera y un rendimiento volumétrico inferior al de los mejores orígenes de *E. grandis* introducidos en la región (J. A. López y G. M. Staffieri).

Al cortar el árbol se inicia la eliminación del agua en la madera. Durante la remoción del agua, la madera puede sufrir cambios no deseados en su forma y color o ser atacada por hongos o insectos. Si estos defectos no pueden ser controlados, es posible que la madera se convierta en un material no apropiado para los diversos usos a que podría destinarse, ya que la aparición de defectos como grietas, rajaduras y deformaciones, limita considerablemente sus aplicaciones. Bajo las anteriores consideraciones puede afirmarse que es necesario secar la madera si se quiere convertirla en un material apropiado para una amplia gama de aplicaciones industriales (Junta del acuerdo de Cartagena, 1989).

El secado de la madera es un fenómeno consistente en la eliminación superficial de agua, por evaporación, a la vez que esta migra desde el interior hacia el exterior de la madera. Una parte muy importante de la madera aserrada que es utilizada en la actualidad por la industria es previamente secada en cámaras hasta un contenido final de humedad adecuado al uso. El proceso de secado de la madera es el que mayores cantidades de tiempo y energía consume si se le compara con los demás procesos de su elaboración (Álvarez Novez H. y Fernández-Golfín Seco J.J. 1992).

En este trabajo se tomó como objetivo evaluar el comportamiento, rendimiento y la aptitud de la madera de *Eucalyptus dunnii* al secarla artificialmente con la tecnología aplicada actualmente en *E. grandis*. La cual utiliza temperaturas de 30 °C a 50 °C y velocidades de secado (SGR) de 2,0 a 2,4.

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. UNLP. La Plata. Buenos Aires.

<sup>2</sup> Siete Hnos. SRL. Secado-Ventas. Ruta Nacional 14 – Km. 201. Ubajay. Entre Ríos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Material Leñoso

Se trabajó con madera de *Eucalyptus dunnii* proveniente de un monte implantado en la zona de Concordia, Provincia de Entre Ríos, perteneciente a la empresa Forestal Argentina SA. El material fue aserrado en las instalaciones de la empresa Siete Hnos. SRL, del cual obtuvieron tablas y tirantes de diferentes escuadrías y largos.

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Ensayo de selección madera verde para secado

La madera verde aserrada fue sometida a un proceso de selección para luego ser llevada al sector de secado (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación de madera para secar según Siete Hnos. SRL

| Característica                  | Para Secado  | Para Comercializar |
|---------------------------------|--------------|--------------------|
|                                 | Artificial   | Verde              |
| Médula                          | NO           | SI                 |
| Encorvado                       | NO           | SI                 |
| Canto muerto                    | NO           | SI                 |
| Nudos sueltos                   | NO           | SI                 |
| Nudos por metro lineal de Tabla | Menos de dos | Mas de dos         |

La madera que fue seleccionada para secado (Tabla 1), se clasificó en tres calidades de madera seca según la clasificación utilizada en la empresa Siete Hnos. SRL. :

**CLEAR:** Una de las caras libre de nudos.

**SELECT:** nudos (pasantes) en las dos caras, un nudo por metro lineal de tabla aproximadamente.

**STANDARD:** nudos (pasantes) en las dos caras, más de un nudo por metro lineal de tabla.

#### 2.2.2 Ensayo de secado

Las tablas que pasaron la clasificación para secar (Tabla 1), fueron llevadas al sector de secado. Aquí se procedió a realizar el proceso de "encastillado", el cual consiste en colocar listones de 21 mm. de espesor entre las tablas y armar paquetes de 1.25 mts. de ancho, 4 mts. de largo y 0.7 mts. de alto. Luego la madera fue ingresada a la cámara de secado.

El proceso de secado de *E. dunnii* se realizó junto a tablas de *E. grandis*. Se utilizó una curva de temperatura de 30 a 50 °C respectivamente, una velocidad del viento de 2 m/s constante y

un gradiente de secado (SGR) de 2,0 a 2,4. El material luego de secado fue sometido a los siguientes ensayos:

### 2.2.2.1 Contenido de humedad final

Se determinó el contenido de humedad final del material sin defecto mediante el uso de un Xilohigrómetro marca MERLIN (Método eléctrico por contacto). Luego se procedió a sacar el promedio (X) de todos los datos obtenidos.

### 2.2.2.2 Defectos de secado

Los “defectos del secado” son todas aquellas imperfecciones que se presentan en una pieza de madera durante el proceso de secado al aire o al horno, disminuyendo su calidad y afectando en mayor o menor grado su valor (Junta del acuerdo de Cartagena, 1989).

En este trabajo se estudiaron los siguientes defectos de secado:

- (a) Grietas superficiales y en los extremos

Las grietas en la superficie y en los extremos de las piezas de madera aserrada se presentan con mayor frecuencia en las primeras etapas de secado, cuando se aplica un gradiente de secado muy alto (Junta del acuerdo de Cartagena, 1989).

- (b) Colapso

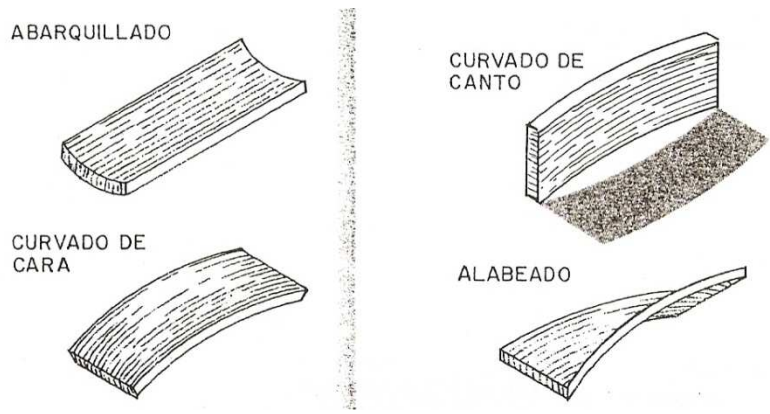
Este efecto se manifiesta exteriormente por una ondulación de la superficie de la madera (Figura 1), siendo causado por un acercamiento (aplastamiento) irregular de las paredes celulares, lo que provoca la disminución del tamaño de los lúmenes. Si el colapso es importante, puede producirse grietas en el interior de la pieza, aunque esto no sea sistemático (Álvarez Novez H. y Fernandez-Golfin Seco J.J. 1992).



**Figura 1.** Madera colapsada.

- (c) Deformaciones (Abarquillado, alabeado, curvado de cara y curvado de canto)

Aunque la mayoría de las deformaciones que se producen en la madera aserrada se desarrollan durante el proceso de secado, no son las condiciones en que se efectúa este las responsabilidades de su aparición. El abarquillado es producido por la anisotropía de la propia madera. El curvado de cara, el de canto y el alabeo (Figura 2) tienen su origen en la existencia en la madera de una o varias de las siguientes anomalías: madera juvenil, madera de reacción, desviación de fibra, fibra en espiral y nudos (Álvarez Novez H. y Fernandez-Golfin Seco J.J. 1992).



**Figura 2.** Deformaciones en la madera aserrada.

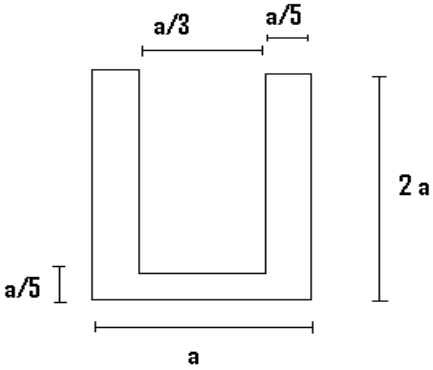
**2.2.2.3 Tensiones de secado**

La expresión madera tensionada comprende todos los síntomas que son causados por los gradientes de humedad que se crean en el interior de la madera durante el proceso de secado. La determinación cualitativa de las tensiones de secado se puede efectuar tanto en laboratorio como en la industria mediante la prueba denominada “tenedor” (destruccion). Por el contrario, la evaluacion cuantitativa solo se puede efectuar en laboratorio haciendo uso del método TRADA (Timber Research and Development Association) (Álvarez Novez H. y Fernandez-Golfin Seco J.J. 1992).

En este trabajo se aplicó el método TRADA para evaluar las tensiones de secado. Las probetas “tenedor” fueron elaboradas con las medidas indicadas en la metodología (Fig. 3) y se tomó material del centro de las tablas. Luego se procedió a la lectura del movimiento de estas con respecto a la plantilla patrón y se determinó el grado de tensión que tenían las mismas. Con los datos obtenidos se clasificó la calidad del material final (Tabla 2).

**Tabla 2.** Niveles tensionales admisibles por calidades. Método TRADA.

| Calidad  | Evaluación inmediata | Evaluación a las 24 h. |
|----------|----------------------|------------------------|
| Special  | Ligero tensionado    | Ligero tensionado      |
| Utility  | Ligero tensionado    | Moderado tensionado    |
| Standard | Moderado tensionado  | Fuerte tensionado      |



**Figura 3.** Dimensiones para realizar la probeta tenedor. Método TRADA (Timber Research and Development Association).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Ensayo de selección madera verde para secado

En la tabla 3 se presentan los valores obtenidos de madera clasificada para comercialización verde y secado respectivamente (tabla 1).

**Tabla 3.** Cantidad de madera clasificada para secado y comercialización verde.

| Destino      | Pies <sup>2</sup> | (%)        |
|--------------|-------------------|------------|
| Verde        | 10380             | 71         |
| Secado       | 4141              | 29         |
| <b>TOTAL</b> | <b>14521</b>      | <b>100</b> |

El porcentaje total obtenido para secado (tres calidades) fue muy bueno respecto al total de la producción y mayor que el obtenido en *E. grandis* en esta empresa.

En la tabla 4 se muestra la cantidad de madera verde que pasó la clasificación y fue llevada al sector de secado según calidades.

**Tabla 4.** Cantidad de madera clasificada para secado según calidades.

| Calidad      | Pies <sup>2</sup> | (%)        |
|--------------|-------------------|------------|
| Clear        | 427               | 10         |
| Select       | 1866              | 45         |
| Standard     | 1848              | 45         |
| <b>TOTAL</b> | <b>4141</b>       | <b>100</b> |

De acuerdo a los porcentajes presentados en la tabla 4, la madera de *E. dunnii* presentó un menor porcentaje de tablas calidad "Clear" respecto al obtenido en madera de *E. grandis* en la empresa Siete Hnos. SRL. Se debería trabajar más en la parte de tratamientos silviculturales de los montes para elevar el porcentaje obtenido de esta calidad.

#### 3.1 Ensayo de secado

##### 3.1.1 Contenido de Humedad Final

De acuerdo a lo observado en la tabla 5 la madera de *Eucalyptus dunnii* no llegó al contenido de humedad final deseado (10 +/- 2 %), esto se debería a que esta madera requiere mas horas de secado que las de *E. grandis* por poseer mayor densidad (secado mas lento). Este resultado se encontraría influenciado aún mas porque las tablas de *E. dunnii* se encontraban verdes (recién aserradas) al momento de inicio de secado artificial y las de *E. grandis* tenían unos 40 días de secado natural (oreado).

La diferencia en el contenido de humedad final entre las tablas de *E. dunnii* calidad (Clear-Select) y (Standard), se debería a que las primeras están conformadas mayormente por albura la cual posee mayor contenido de humedad inicial que el duramen. Lo contrario a las

de calidad standar que están conformadas mayormente por duramen ya que se obtienen de la parte central de la troza.

**Tabla 5.** Contenido de humedad final de tablas al finalizar el ciclo de secado artificial.

| Madera                          | Contenido Humedad<br>Final (%) |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>E .dunnii (Clear-Select)</i> | 21.05                          |
| <i>E .dunnii (Standard)</i>     | 18.88                          |
| <i>E. grandis</i>               | 10.47                          |

Es necesario destacar que las tablas de *E. dunnii* tenían una gran variación en el contenido de humedad a lo largo de la pieza, y en algunos sectores el xilohigrómetro marcaba “error” indicando que esa zona se encontraba con un contenido de humedad mayor al punto de saturación de las fibras (CH= mayor a 30%).

### 3.1.2 Defectos de secado

**Tabla 6.** Porcentajes de tablas sin defectos, con colapso y deformaciones.

| Calidad                         | Colapso | Deformaciones | Sin Defectos |
|---------------------------------|---------|---------------|--------------|
| <i>E .dunnii (Clear-Select)</i> | 31.9 %  | 41.5 %        | 26.6 %       |
| <i>E .dunnii (Standard)</i>     | 60.1 %  | 30.1 %        | 9.8 %        |

Los porcentajes obtenidos de tablas sin defectos en ambas calidades fueron muy bajos con respecto a los obtenidos en *E. grandis*, el alto nivel de defectos se debería a un rápido secado tanto por encima del punto de saturación de las fibras como por debajo del mismo. Este secado rápido se dio mayormente porque las tablas de *E. grandis* se encontraban con un contenido de humedad inicial menor que el de las tablas de *E. dunnii* y el proceso de secado se dirigió de acuerdo al contenido de humedad de las primeras.

La calidad Standard presentó mayores porcentajes de defectos que las calidades Clear-Select, ya que la primera se obtiene de la parte central de la troza y es un material más propenso a sufrir defectos de secado.

El porcentaje de grietas obtenido fue del 14.11 % respectivamente, y la mayoría de estas se encontraron en tablas que tenían colapso.

### 3.1.3 Tensiones de secado

En la tabla 7 se puede observar que la madera de *E. dunnii* al finalizar el proceso de secado presentó tensiones “ligeras” y “moderadas”. De tal modo que según lo indicado por el Método TRADA (Tabla 2) este material se clasificó en su mayor parte en calidad (Special) y la menor parte en calidad (Utility) respectivamente.

**Tabla 7.** Tensiones de secado según Método TRADA a las 0 hs. y 24 hs. respectivamente.

| Probeta | Grado de tensión    |                     |
|---------|---------------------|---------------------|
|         | A las 0 hs.         | A las 24 hs.        |
| 1       | Ligero tensionado   | Moderado tensionado |
| 2       | Ligero tensionado   | Ligero tensionado   |
| 3       | Ligero tensionado   | Ligero tensionado   |
| 4       | Ligero tensionado   | Ligero tensionado   |
| 5       | Ligero tensionado   | Moderado tensionado |
| 6       | Ligero tensionado   | Ligero tensionado   |
| 7       | Moderado tensionado | Moderado tensionado |
| 8       | Ligero tensionado   | Ligero tensionado   |

#### 4. CONCLUSIONES

- El porcentaje de tablas obtenidas para secado con respecto al total de lo producido fue muy bueno, y mayor que los obtenidos para *E. grandis*. Pero el porcentaje obtenido de tablas calidad Clear fue menor respecto al obtenido para *E. grandis*.
- El contenido de humedad final no llegó al esperado (10 +/- 2 %). Se debería secar una carga completa con madera de *E. dunnii*, la cual demandaría mas días de secado que los que duran las cargas de *E. grandis*, pero llegaría al contenido de humedad final objetivo.
- Los porcentajes de defectos obtenidos fueron muy altos con respecto a los de *E. grandis*. Estos porcentajes altos se debieron a un rápido secado por la diferencia de humedad que tenían las tablas de *E. dunnii* y *E. grandis* respectivamente. También se debería bajar la velocidad de secado (SGR), para disminuir la aparición de estos.
- Los valores de tensión de secado fueron “ligeros” y “moderados”, lo cual indica que las tablas terminaron bien estabilizadas y se podrán industrializar sin tener problemas.
- La madera de *E. dunnii* se podría secar correctamente llegando a la humedad final objetivo y con pocos defectos, se debería ajustar un programa adecuado para esta madera variando la velocidad de secado (SGR) y temperaturas.

## 5. LITERATURA CITADA

Andia, I. & G. Keil. 2004. Propiedades Físicas de las maderas. Curso de Xilotecología. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 16pp.

J. A. López y G. M. Staffieri. 2003. Variación radial de la densidad de la madera de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunnii* a los 21 Años de edad. EEA INTA Bella Vista. Corrientes. Argentina. 2 pp.

H. Álvarez Noves Y J.J. Fernandez-Golfin Seco. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España.

Junta del Acuerdo de Cartagena. 1989. Manual del Grupo andino para el secado de maderas. Lima. Perú.