

Evaluación de propiedades relacionadas a la calidad de madera en *Eucalyptus camaldulensis*

González D.¹ y J. G. Moglia¹



1. Introducción

Las actividades realizadas en el bosque nativo con el propósito de abastecer de madera a los aserraderos que existen en el NOA, trajeron aparejada la extracción excesiva y sin criterio técnico de especies forestales de alto valor comercial, provocando la degradación del recurso forestal en gran parte de la Región Chaqueña.

Esta realidad, llevo a que surgieran decisiones legislativas tendientes a dar solución a ciertas necesidades sociales, una de ellas fue la de incentivar plantaciones forestales mediante la ley 25.080 y más recientemente con la intención de proteger y conservar los bosques nativos surge la ley 26.331. Sin embargo, la demanda madera continúa en aumento y la oferta es aún limitada.

Con la visión de plantear una alternativa diferente mediante la incorporación de especies de rápido crecimiento a fin de diversificar la producción forestal de la región y descomprimir la situación por la que atraviesan nuestros bosques, en el año 1996 la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero por intermedio de los Dres. Carlos López y Luis Fornés, introdujeron familias de progenies de polinización abierta de *Eucalyptus camaldulensis* procedentes de Australia y Sudáfrica estableciendo ensayos en Santiago del Estero (Zanjón) y en Tucumán (Faimallá).

No obstante, para la introducción y utilización de esta especie en nuestra provincia, se requiere no solo de un adecuado conocimiento de su comportamiento productivo y reproductivo sino también de su comportamiento tecnológico, de la demanda que tenga y de las acciones de difusión y promoción que se lleven adelante.

¹ Laboratorio de Anatomía de la Madera, Instituto de Silvicultura y Manejo de bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina.; E-mail: gonzidamian@yahoo.com.ar

Para conocer el potencial tecnológico es preciso determinar características asociadas a la calidad de la madera. Esta “calidad” se encuentra estrechamente vinculada a las propiedades intrínsecas de la madera y fundamentalmente al objetivo de producción (López, 2005). Sin embargo es necesario tener en cuenta que la madera, al ser un material heterogéneo, presenta variaciones de sus propiedades tanto entre como dentro de una especie (Kollmann y Cote, 1968), entre clones y dentro de un mismo clon (Tomazello Filho, 1985; Evans *et al.*, 2000) e incluso dentro del mismo individuo en las direcciones radial y longitudinal.

El estudio de la variabilidad hace necesario realizar ensayos sobre numerosos individuos y muestras, proceso que se vuelve lento y costoso, principalmente porque estos ensayos se realizan de manera convencional. Por esta razón, el desarrollo de nuevas y sofisticadas técnicas instrumentales y metodologías que permitan la determinación de varias propiedades en forma simultánea de manera no destructiva, se están volviendo cada vez más popular.

Ante la demanda de madera en el NOA, se procedió a estudiar las características relacionadas a la calidad de madera en los materiales genéticos de *Eucalyptus camaldulensis* implantados en Santiago del Estero, con el menor impacto posible por ser uno de los pocos ensayos genéticos del país donde se encuentran identificados los orígenes y procedencias de esta especie. Para tomar tal recaudo se recurrió al uso de técnicas no destructivas y al abatimiento de pocos individuos seleccionados dentro de las procedencias que mejor se adaptaron y desarrollaron según los estudios de López (2004) a fin de corroborar la eficiencia de los equipos utilizados.

2. El género Eucalipto en Argentina-Aspectos generales

La introducción de los eucaliptos en Argentina comienza con la plantación de *E. globulus* en 1857, principalmente para cortinas y montes de reparo de la ganadería en Buenos Aires, y luego con eucaliptos colorados como *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*. Finalmente se incorporó *E. grandis*, siendo hoy en día, el más abundante en superficie plantada y de mayor industrialización.

Posteriormente los eucaliptos colorados sucedieron al *E. globulus* en el distrito bonaerense y comenzaron a expandirse a otras regiones como Mendoza, Córdoba, Santa Fe y el NOA, debido a su gran rusticidad y plasticidad.

La madera de eucalipto que fue utilizada en un primer momento en el mercado de Buenos Aires provenía de árboles híbridos o de poca aptitud, esto producía rajaduras y alabeos frecuentes en la madera y como consecuencia de ello comenzó a ser poco considerada y menospreciada durante muchos años. En la actualidad las plantaciones con material genético mejorado y el uso de tecnologías apropiadas para el tratamiento de la madera, permite vislumbrar un panorama muy alentador para el uso de eucaliptos.

Según Sánchez Acosta (2005) las especies utilizadas a nivel comercial en las zonas Pampeana y Mesopotámica se restringe a *E. grandis*, *E. viminalis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*

3. *Eucalyptus camaldulensis*

Eucalyptus camaldulensis Dehnh es sinónimo de *Eucalyptus rostrata* Schlecht; pertenece a la familia Mirtáceas. Es un árbol de 20 a 50 m de altura y originario de Australia. Tiene un tronco liso de color gris o marrón claro, que muestra un aspecto manchado ocasionado por los numerosos fragmentos de corteza que se caen (Mangieri y Dimitri, 1961).

Tanto *E. camaldulensis* como *E. tereticornis* son llamados colorados, por presentar maderas de color rojo a pardo rojizo en el duramen. Su textura es fina y homogénea; con grano entrecruzado u ondulado. Son maderas pesadas (D.B. 0,75-0,98 g/cm³) y duras, comparables entre sí. Son relativamente fáciles de trabajar, se pulen bien y adquieren mucho brillo.

Según Marco y Harrant (2005) los eucaliptos colorados presentan un crecimiento menor a los blancos y rosados, de 25 a 10 m³/ha/año. Sin embargo estos valores son mayores a los de *Prosopis alba*, especie cultivada en la región chaqueña, donde alcanza una tasa de crecimiento anual de 8 a 9 m³/ha. (Braier, 2004)

Es la especie del género *Eucalyptus* de más amplia área de dispersión en Australia, encontrándose en casi todos los estados, con una gran variedad de climas, dándole a la especie gran variabilidad genética. Su rango latitudinal va de los 12 ½ a los 38° S, casi toda la parte continental de Australia con excepción de partes del sur de Western Australia (WA) y South Australia (SA) y una franja angosta costera sobre los estados de Victoria (VIC), New South Wales (NSW) y Queensland (QLD) (Figura 1), generalmente en riberas de cursos de agua sobre suelos arenosos aluviales. La especie crece en climas templados con lluvias de invierno en la parte sur, a tropicales con lluvias de verano en la parte norte del continente australiano, con precipitaciones que van de los 200 mm a más de 1100 mm/año. Las heladas son frecuentes e intensas en el sur y ausentes en el norte. El rango de altitud va de los 20 a 700 metros sobre el nivel del mar (Eldridge, *et. al.*, 1994).

Para Eldridge, *et al.* (1994) fuera de Australia quizás constituye la principal especie de eucalipto plantada en zonas áridas o semiáridas y resiste tanto condiciones de extrema sequía como inundaciones periódicas, tolera suelos salinos y se adapta a subsuelos con terreno arcilloso. Ello demuestra la alta plasticidad de la especie, que la hace extremadamente apta para plantaciones en diferentes partes del mundo.

En el trabajo de Tinto (1979), “Utilización de los Recursos Forestales Argentinos” se detallan los usos a que puede destinarse la madera de *Eucalyptus camaldulensis*. Entre los más destacados se menciona pastas celulósicas, tableros de fibra, paneles aglomerados, postes impregnados, partes de equipos y máquinas, escaleras fijas en interiores, carpintería rural, construcciones rurales, marcos para aberturas, marcos para puertas exteriores y ventanas, parquet, pisos, chapas, esqueletos de techos, pisos a la intemperie, leña y carbón de calidad por su alto calor específico. En la actualidad, con la tecnología disponible, las aptitudes de

esta madera ya contemplan usos como mueblería con la única desventaja, que en algunos casos los muebles pueden ser moderadamente pesados si son sobredimensionadas las piezas.

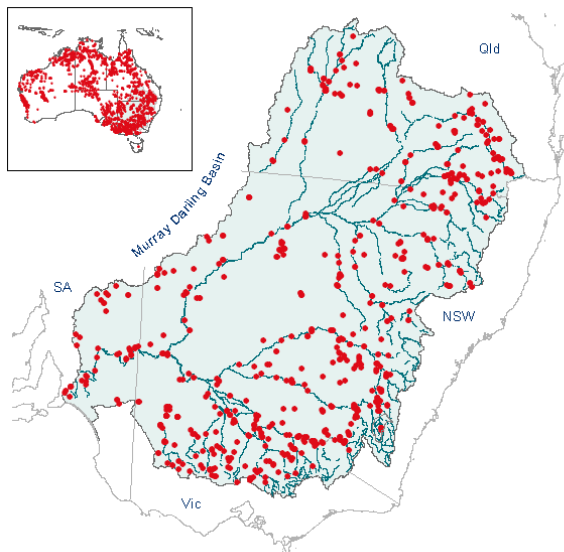


Figura 1. Distribución geográfica de *E. camaldulensis* en el continente Australiano.
Fuente: <http://www.anbg.gov.au/cpbr/WfHC/Eucalyptus-camaldulensis/index.html>

4. Ensayos no destructivos

La tecnología de evaluación no destructiva puede definirse como aquella que identifica las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material sin alterar su capacidad de uso final (Ross y Pellerin, 1994).

En estas pruebas la información sobre el material se obtiene mediante mediciones indirectas y sus principales ventajas son la rapidez en la colecta de los datos, el bajo costo y la posibilidad de evaluar un gran número de individuos en condiciones de campo.

Si bien estos ensayos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir, los realizados de manera convencional a pesar de ser precisos, en la mayoría de los casos impiden el análisis de un gran número de muestras, inviabilizando la caracterización de la madera.

En la actualidad existen numerosos equipos y técnicas pseudo destructivas y no destructivas para la estimación de las propiedades tecnológicas de la madera, algunas de evaluación en árboles en pie, mientras que otras en trozas y en tablas. Entre los equipos de evaluación temprana que fueron utilizados en estas investigaciones se encuentran pilodyn, resistógrafo y extensómetro. La medición con los instrumentos empleados se realizó con

la valiosa colaboración del Ing. Juan López del INTA Bella Vista de Corrientes, que facilitó el equipamiento, personal capacitado y el asesoramiento para su utilización, como así también, mediante el apoyo económico por parte del proyecto PIA N° 14022 "Evaluación de variables de calidad en madera de *Eucalyptus camaldulensis* implantados en Santiago del Estero con técnicas de muestreo no destructivo" dirigido por la Dra. Juana Moglia.

Además de estos equipos, fue utilizada una técnica que está ampliamente difundida en otros países, como lo es la espectroscopia con infrarrojo cercano. En Argentina hay estudios basados en esta técnica en diferentes áreas de aplicación, pero aún no está implementada en del sector forestal. Los resultados de esta técnica estarán plasmados en una tesis doctoral que se está realizando en el doctorado de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

5. Estudios previos realizados en el ensayo

El principal objeto de estudio de la introducción y establecimiento del ensayo de familias de progenies de polinización abierta de *Eucalyptus camaldulensis* procedentes de Australia y Sudáfrica en Santiago del Estero (Zanjón) fue comprobar la capacidad de adaptación de los materiales genéticos introducidos a diferentes ambientes de implantación y mejorar sus características de crecimiento en volumen, densidad y supervivencia por selección entre y dentro de poblaciones de diferentes orígenes geográficos.

Los resultados obtenidos por López (2004) revelaron interacciones altamente significativas de las procedencias con el ambiente en las variables diámetro y supervivencia y detectaron mayor estabilidad de los materiales procedentes de Gibb River, Kimberley, WA para Santiago del Estero. No obstante dicho autor manifestaba que para emprendimientos productivos de pequeña y mediana escala se puede utilizar el material del huerto semillero de Zimbabwe dado su desempeño excelente en volumen, a pesar de su moderada adaptación al ambiente de este sitio.

En este ensayo además se realizaron varias investigaciones en los diferentes estadios de crecimiento. Así Moglia *et al* (2007) estudiaron los caracteres morfológicos de corteza y describieron varios tipos de corteza lisa y en placas con una alta variabilidad entre árboles. La variabilidad observada no se correlacionaba con los orígenes o procedencias, por lo que no fue un factor que permitiera la diferenciación de las progenies. Además se estudiaron los defectos del leño de 30 ejemplares, los más frecuentes fueron la presencia de rajaduras asociadas a las tensiones de crecimiento, presentes en el 70 % de los individuos estudiados. Se determinó que el índice de rajado a los 9 años de la plantación con la metodología utilizada por el Inta en Concordia en el año 2005, mediante la sumatoria de las rajaduras visibles dividido el diámetro de la rodaja. Se tomó una sola determinación al DAP a las 4 hs posteriores al apeo del árbol, resultando independiente del diámetro y también de la forma del árbol. Otros defectos observados en menor frecuencia fueron: nudos, venas de quino, tilosis y ataques de insectos, solo en pocos ejemplares.

En el año 2008 estos autores estudiaron la variabilidad en la anatomía del leño de dos orígenes de *E. camaldulensis* encontrando que, la mayor variabilidad para las variables estudiadas se detectaban entre árboles y en sentido radial, lo que corrobora la mayor importancia de la variabilidad entre y dentro del árbol (Moglia *et al.*, 2008).

Siguiendo la línea de investigación para la introducción de dicha especie en Santiago del Estero, Moglia *et al.* (2010) estudiaron la velocidad de crecimiento de individuos de este ensayo, mediante la medición de los anillos de crecimiento con la finalidad de dar pautas sobre sus posibles turnos de cortabilidad. Se encontró que el promedio de espesor de los anillos es de 10,64 mm (9,65-24,3) para un intervalo de 9 años.

En los ejemplares estudiados de *E. camaldulensis* existe una amplia variedad de colores de duramen predominando en un 50% los castaños rosados en diferente gama e intensidad. El veteado es espigado suave y el grano oblicuo. La proporción de duramen a los 10 años alcanza el 75,7 %. El radio del duramen correlaciona positiva y significativamente con el DAP, con el radio sin corteza y en menor proporción con los espesores de anillos. El mejor predictor del radio del duramen es el radio sin corteza. Tanto el espesor de albura como el espesor de corteza no muestran relación con ninguna de las variables estudiadas (Moglia *et al.* 2011).

Con el objeto de tener material para plantar, Venturini y López (2010) evaluaron la forma de desarrollar individuos mediante propagación agámica.

6. Origen y muestreo del material de estudio

El material empleado en esta investigación proviene de un ensayo de progenie de *Eucalyptus camaldulensis* constituido de 13 orígenes australianos, uno africano y 2 testigos de semillas comerciales totalizando 104 familias de polinización abierta. Este ensayo fue realizado bajo un diseño experimental de bloques de familias compactos con 4 repeticiones, subparcelas lineales de 5 plantas y bordura perimetral simple.

El año de implantación fue 1996 en la localidad del Zanjón Santiago del Estero, (27° 46' Latitud Sur; 64° 18' Longitud Oeste y a 188 m.s.n.m) (Figura 2). Presenta un régimen de precipitaciones de tipo monzónico que varía entre 500 y 550 mm anuales, entre los meses de noviembre y marzo. La evapotranspiración potencial es de 1000 mm anuales. El suelo pertenece al orden Entisoles, gran grupo Torrifluent, sub grupo Típico, con horizontes A, AC y C, sin limitaciones de profundidad y drenaje. Es un suelo sódico con salinidad leve. Los valores de pH varían entre 7.5 y 10, en sentido horizontal y profundidad.

La temperatura máxima media del mes más cálido (enero) es de 32.5° C; la mínima media del mes más frío (julio) es de -2.9 °C, y la temperatura mínima absoluta es -7 °C. Las heladas ocurren de Junio a Agosto y hay más de 300 días libres de ella, los vientos predominantes soplan de norte a sur, especialmente en agosto (López, 2004).

Fueron utilizados 29 individuos seleccionados a través de un ranking elaborado a partir del mérito genético obtenido en base al DAP, forma y densidad estimada indirectamente con pilodyn mediante índices de selección.



Figura 2. Localización del material de estudio

Una vez seleccionados los individuos y realizadas las evaluaciones no destructivas, se procedió al apeo de los mismos a fin de extraer el material de ensayo para corroborar la eficiencia de las mediciones efectuadas con los instrumentos a través de los métodos de referencia, densidad básica mediante norma IRAM 9544 para evaluar pilodyn y resistógrafo e Índice de rajado para evaluar el uso de extensómetro.

Tabla 1. Detalle del material genético

| Procedencia | Localidad | Nº de Flia. Selectas | Individuos selectos |
|-------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| A | Emu Creek, Petford, QLD | A6- A2 | 3 (103-104-510) |
| B | Huerto Semillero de Zimbabwe, África | B3-B8-B9-B11-B12 | 8 (125-166-196-260-258-516-614-629) |
| C | Dimbulah, Petford, QLD | C5-C6-C9 | 4 (150-157-211-458) |
| D | Gibb River, Kimberley, WA | D1-D2-D3-D4-D7-D9 | 6 (247-640-627-684-706-718) |
| E | 8 km west of Irvinebank, QLD | - | - |
| F | South of Katherine, NT | - | - |
| G | Ord River, WA | - | - |
| H | Gilbert River, QLD | - | - |
| I | Dunham River, WA | I1 | 2 (274-612) |
| J | Gilbert River, QLD | - | - |
| K | Wyalba Creek, QLD | K4-K6 | 2 (300-584) |
| L | Kimberleys, WA | - | - |
| LL | Lennard River, WA | LL8 | 2 (605-606) |
| M | Fitzroy River, WA | M1 | 1 (647) |
| SA | Testigo comercial de Sudáfrica | SUD | 1 (676) |
| T | Testigo comercial de Mendoza | - | - |

Fuente: González adaptado de López 2004

7. Medición de propiedades con Métodos no destructivos y convencional

7.1. Determinación de la densidad básica mediante Norma IRAM 9944.

Se determinó la densidad básica (peso seco/volumen saturado) con el método tradicional de desplazamiento de fluidos para realizar una calibración entre penetración de pilodyn, resistografo y densidad real del material.

Los datos de densidad básica (g/cm^3) se indican en la Tabla 2. Estos fueron obtenidos realizando el promedio de los valores de densidad de las probetas extraídas tanto de las posiciones externas, medias e internas de las orientaciones Norte y Sur de cada tronco del árbol

Tabla 2. Valores de Densidad Básica en 29 individuos selectos de *Eucaliptus camaldulensis*

| | D.B (g/cm^3) |
|----------|-------------------------|
| Promedio | 0,66 |
| Máximo | 0,80 |
| Mínimo | 0,56 |

Estos valores resultan ser relativamente bajos para la especie si contemplamos que el rango de densidad citado que varía entre 0,75 y 0.98 g/cm^3

7.2. Estimaciones de densidad básica en forma no destructiva

7.2.1. *Penetrómetro Pilodyn (6J Forest)*

Este instrumento fue desarrollado originalmente en Suiza, y se trata de una especie de pistola con un mecanismo de resorte que impacta en la madera una aguja de acero a una velocidad constante de 6 Joule. La profundidad de penetración de esta aguja es asociada negativamente con la densidad y medida en una mirilla que posee el instrumento en una escala graduada en milímetros (Figura 3).

Las evaluaciones con este instrumento fueron realizadas a 1,30 m de altura (DAP) en sentido Norte-Sur y Este-Oeste. Para la medición se extrajo una porción de corteza de manera que el instrumento entre en contacto directamente con la albura del árbol



Figura 3. Disparo y lectura de penetración con pilodyn.

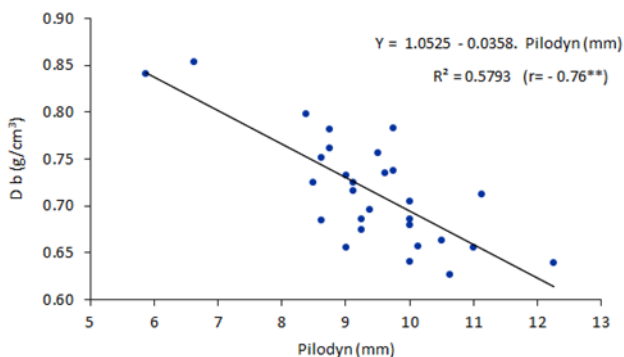
Los valores determinados en la Tabla 3 son menores a los encontrados por Böthig (2001) en diferentes lotes de tablas de madera seca a horno y solo de duramen de *Eucalyptus grandis*. Los valores promedios resultaron en 10,4; 10,6 y 11,4 mm en los distintos lotes, esto refleja la densidad superior del *E. camaldulensis* ya que a menor penetración mayor densidad.

Tabla 3. Valores de Pilodyn en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis*.

| | Pilodyn (mm) |
|----------|---------------------|
| Promedio | 9 |
| Máximo | 12 |
| Mínimo | 6 |

Para llevar adelante los análisis se utilizaron los valores de penetración promedio de las posiciones cardinales y los valores de la densidad básica de la porción externa del tronco, se procedió de esta forma ya que el instrumento solo otorga una medida a nivel superficial.

En la Figura 4 se presenta gráficamente la relación entre la penetración de pilodyn (variable independiente) y la densidad básica (variable dependiente). En el análisis de esta regresión se obtuvo un coeficiente de correlación negativo de 0,76. Si bien este valor resulta desde un punto de vista estadístico altamente significativo, el coeficiente de determinación (R^2) obtenido refleja que la penetración de pilodyn puede explicar el 58 % de la variación de la densidad básica de la madera al utilizar este instrumento.





c



Figura 5. Medición de la Amplitud radial con el Resistógrafo: a y b) Detalle de las diferentes formas de registrar la amplitud del equipo; c) Perforación radial del fuste.

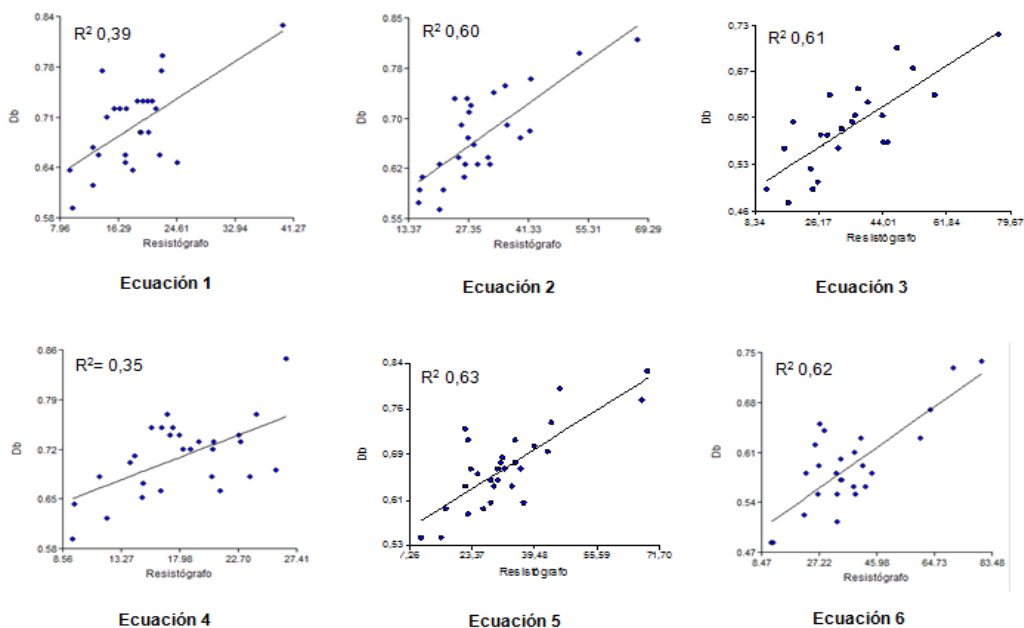


Figura 6. Regresiones lineales considerando la orientación y posición entre densidad básica y el Resistógrafo.

Aunque los ajustes de los modelos de los equipos usados no son muy buenos, se considera que son datos valiosos para discriminar e identificar de manera no destructiva genotipos por densidad de la madera dentro de programas de mejoramiento forestal. La ventaja del resistógrafo con respecto al pilodyn es que permite estimar la densidad en todo el perfil radial del fuste del árbol, mientras que su desventaja es el elevado costo de adquisición.

7.2. Estimaciones de las tensiones de crecimiento.

Una de las principales limitaciones técnica que presenta este género según Maree and Malan (2000), son las grietas y rajaduras que se producen en los rollizos luego de que el árbol es abatido. Este defecto afecta principalmente el rendimiento de madera aserrada durante el proceso de transformación mecánica y es causado por la liberación de las tensiones de crecimiento. Su origen, ya estudiado desde 1945 por Jacob's citado por Latorraca and Albuquerque (2000) se debe a la lignificación de las paredes celulares de las fibras durante el proceso de maduración. Este fenómeno provoca la expansión o hinchamiento lateral de las células en sentido transversal y la contracción o acortamiento en sentido longitudinal. Por lo tanto al apea y seccionar en rollos los árboles, se produce un reordenamiento que origina en primera instancia rajaduras en las caras de los rollos y posteriormente, rajaduras, alabeos y torceduras en piezas aserradas.

Existen diferentes formas de estimar las tensiones de crecimiento entre estos métodos se mencionan:

7.3.1. *Extensómetro (método no destructivo)*

Es un instrumento creado por el CIRAD-Forêt (Centre de Coopération International e em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêts). El extensómetro mide las deformaciones residuales longitudinales (DRL) registradas en un reloj comparador que se encuentra apoyado a dos púas fijadas a 45 mm una de la otra. Para liberar las tensiones y originar el movimiento de las púas entre las dos se efectúa un orificio con una mecha de 20 mm de diámetro (Figura 7). Las determinaciones con este equipo fueron efectuadas en la parte descortezada del tronco donde se usó el pilodyn.

Los valores promedios encontrados en los individuos estudiados resultaron moderados para esta especie (Tabla 4) si se compara con los valores encontrados en base a la literatura consultada. Muneri *et al.* (2000) obtuvieron valores medios de 0,077 mm en *Eucalyptus cloeziana*, a los 4 años de edad, Lima *et al.* (2004) encontraron valores de 0,71 mm en clones de *Eucalyptus* spp. de diferentes edades. Trugilho (2005) ya obtuvo valores similares a los determinados en este estudio siendo de 0,90 mm en 11 clones de *Eucalyptus* spp., a los 6 años de edad. Mientras que fue menor a los registrados en árboles de *Eucalyptus dunnii* con edades de 8, 13, 15 y 19 años que alcanzaron valores de 0,107; 0,113; 0,111 y 0,123 mm respectivamente (Trugilho *et al.*, 2004).

Tabla 4. Valores de las Deformaciones residuales Longitudinales de los individuos selectos

| DRL (mm) | |
|----------|-------|
| Promedio | 0,099 |
| Máximo | 0,152 |
| Mínimo | 0,042 |

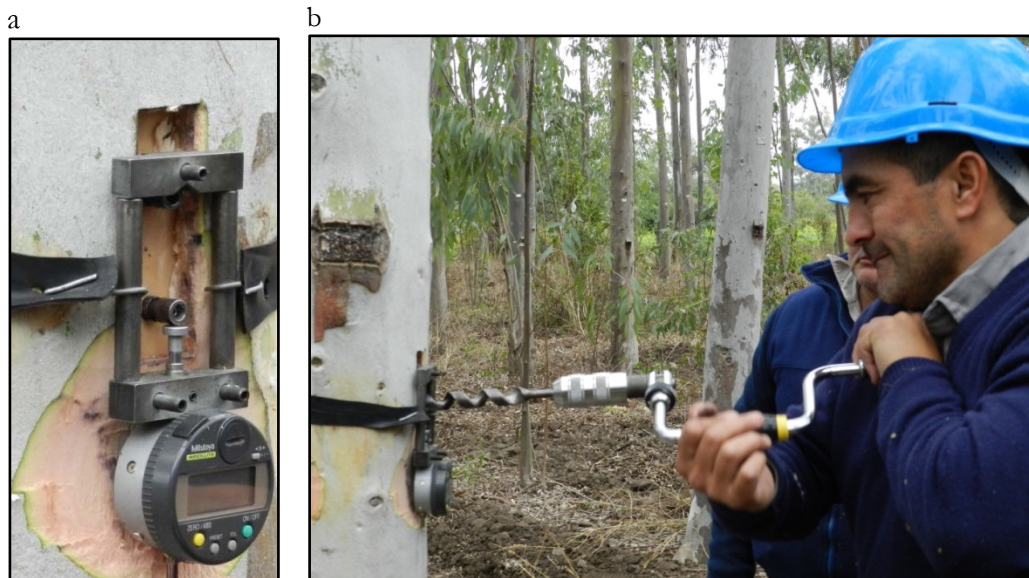


Figura 7. Estimación de las tensiones de crecimiento por medición de las deformaciones residuales longitudinales: a) Detalle de fijación de púas e instrumento; b) Perforación del fuste para originar el movimiento entre púas.

7.3.2. Índice de Rajado

Otra forma de determinar las rajaduras puede ser mediante el uso de índice de rajado, obtenido mediante la medición de las grietas producidas en las caras de los rollos. Esta forma de determinación indirecta es una de las más confiable sin embargo requiere de mayor tiempo empleado para la estimación, como así también del abatimiento del árbol.

Para asegurar que las determinaciones de las rajaduras sean producida verdaderamente por las tensiones de crecimiento y no por el proceso de secado natural, a cada una de las caras de los rollizos se las cubrió con bolsas plásticas siguiendo la metodología propuesta por López y Genes (2005) y Trevisan *et al.* (2013).

La medición de las longitudes de las rajaduras se efectuó con un software SIG de uso libre denominado kosmo versión 2.0.1. Las medidas fueron obtenidas sobre las fotografías tomadas en cada cara de los rollizos a los 2 días de ser apeados los árboles, ya que en el trabajo realizado por González *et al.* (2014) demostraron que no había diferencias con el tamaño de las rajaduras producidas en días posteriores. Para la determinación del índice de rajado se utilizará la fórmula propuesta por Lima (2000), que relaciona la sumatoria de las áreas ocupadas por las rajaduras y el área total de la sección transversal que contiene a esas rajaduras.

$$IR = \frac{\sum_{i=1}^n (Ai * Li)}{\frac{\pi * D^2}{4}} * 100$$

Donde

Ai: Es el ancho máximo (cm) de la rajadura i (i=1,...,n);

Li: Largo (cm) de la rajadura i (i= 1,...,n)

D: Diámetro medio de la sección transversal (cm) que contiene las rajaduras.

N: Número de rajaduras encontradas en la cara de la troza.

En la Tabla 5 se representan los valores medios, máximos y mínimos determinados en este estudio.

Tabla 5. Valores de IR para *Eucaliptus camaldulensis*

| IR a las 48 hs | |
|----------------|------|
| Promedio | 0,88 |
| Máximo | 2,72 |
| Mínimo | 0,07 |

EL valor promedio determinado en este trabajo es alto si se lo compara con el valor obtenidos por López y Parisi (2002) donde el valor de IR total promedio obtenido para los diferentes lotes de semillas de *Eucaliptus grandis* resulto en 0,47. Sin embargo hay que tener en cuenta que este valor fue determinado a las 4 horas de haber apeado el árbol donde las rajaduras son menores.

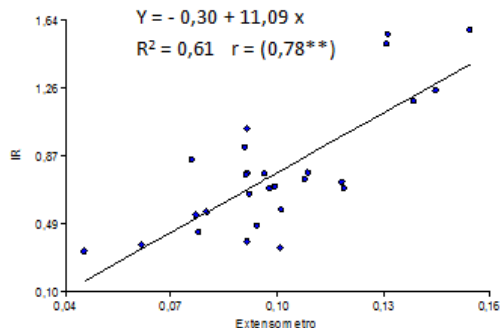


Figura 8. Relación entre el extensómetro y el índice de rajado

Los resultados demuestran que la correlación entre las mediciones realizadas con extensómetro y el IR promedio individual fue de 0,78 mientras que el ajuste de la regresión evaluado a través de su coeficiente de determinación indicó que este instrumento puede explicar el 61 % de la variabilidad total de las rajaduras. No existe correlación entre este instrumento y la densidad de la madera, lo que indica baja influencia sobre esta variable.

Como consideraciones finales se puede aducir que aunque estos métodos no destructivos proporcionan resultados bastante satisfactorios, su aplicación a la actividad forestal es todavía limitada y requiere mayor investigación. El desarrollo de métodos rápidos, precisos e industrialmente viables se convierte, por tanto, necesario en la caracterización y clasificación de materia prima relacionada con la industria forestal.

8. Referencias Bibliográficas

- Böthig, S. 2001. *Densidad, Dureza y Color de Eucalyptus grandis de Uruguay*. Informe de Investigación N° 5. Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003) 24 p.
- Braier, G. 2004. *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe*. Informe Nacional Argentina. FAO. [agosto 2014], 1-71. Disponible en: http://www.agrobit.com/Documentos/H_1_Forestac/853_tendencia%20forestal.pdf
- Eldridge, K.; J. Davidson; C. Harwood and G. Van Wyk. 1994. *Eucalypt Domestication and Breeding*. Clarendon Press. Oxford, 288 p.
- Evans, J.; J. Senft and W. Green. 2000. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Products Journal* 50 (7/8): 75-87.
- González, D.; J. Moglia; A. López; M. Pece; J. López; R. Moreno. 2014. Estimación de las tensiones de crecimiento en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* mediante extensómetro e índice de rajado. *Quebracho* 22 (1, 2): 57-65
- Kollmann, F. and W. Coté. 1968. *Principles of Wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag, 592 p.
- Latorraca, J. and C. Albuquerque. 2000. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente* 7 (1): 279-291.
- Lima, I. L. 2000. *Variación de Propiedades Indicativas da Tensão de Crescimento em Função da Posição na Arvore e da Intensidade de Desbaste*. Tese Mestrado, Universidade de São Paulo. Brasil. 90 p.

- Lima, J.; P. Trugilho; S. Rosado; C. Cruz. 2004. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. *Arvore*: 28 (1): 107-116.
- Lima, J.; R. Sartório; P. Trugilho; C. Cruz; R. Vieira. 2007. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis* 75: 85-93.
- López, C. 2004. *Variación genética en procedencias y progenies de Eucalyptus camaldulensis introducidas en el noroeste Argentino*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España.
- López, J. y L. Parisi. 2002. *Tensiones de crecimiento del estrato dominante de algunos orígenes y procedencias de Eucalyptus grandis a los 17 años de edad en 2 sitios del oeste de la provincia de Corrientes*. Argentina. XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia.
- López, J. 2005. Madera de calidad para usos sólidos. In: *IDIA XXI, Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario*. [febrero 2010], 175-179. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210583.pdf>
- López, J. y P. Genes. 2005. *Ajuste y validación de un método no-destructivo para seleccionar genotipos de Eucalyptus grandis con bajo nivel de tensiones de crecimiento*. 3° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes.
- Mangieri, H. y M. J. Dimitri. 1961. *Los eucaliptos en la silvicultura*. Editorial ACME SACI. Buenos Aires. 226 p.
- Marcó, M. y L. Harrand, 2005. *Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas*. I Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.
- Maree, B. and F. Malan. 2000. *Growing for solid hardwood products: a South African experience and perspective*. In: Proceedings of an IUFRO Conference on the Future of *Eucalypts* for Wood Products, Launceston, Tasmania, Australia 319-327 p.
- Moglia, J. G.; S. Bravo; A. M. Giménez; C. López. 2007. *Defectos en el leño en progenies de Eucalyptus camaldulensis cultivados en Santiago del Estero*. Jornadas UNIRAM Santiago del Estero. p. 18-20 Octubre.
- Moglia, J. G.; S. Bravo y R. Gerez. 2008. Anatomía comparada del leño de dos Orígenes selectos de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn (MYRTACEAE), ensayados en la Provincia de Santiago del Estero, Región Chaqueña Argentina. *Boletín de la SAB*. ISSN 0373-580X.
- Moglia, J. G.; A. M. Giménez; D. González; R. Gerez. 2010. Caracterización de los anillos de crecimiento y relación con la densidad básica de la madera en progenies de *Eucalyptus camaldulensis* cultivados en Santiago del Estero. *Quebracho* 18 (1,2): 47-57
- Moglia, J. G.; M. Venturini; A. M. Giménez, C. Lopez. 2011. Caracterización del duramen en individuos selectos de progenies de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. en Santiago del Estero, Argentina. *CIDEU* N°10. ISSN 1885-5237.
- Muneri, A.; W. Legate; G. Palmer. 1999. Relationships between surface growth strain and some tree wood and sawn timber characteristics of *Eucalyptus cloeziana*. *Southern African Forestry Journal* 187: 41-49.
- Ross, R.; R. Pellerin. 1994. *Nondestructive testing for assessing wood members in structures: A review*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-70 (Rev.). Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 40 p.
- Sánchez Acosta, M. 2005. *Experiencia Argentina en el uso de la madera de Eucalipto*. Anais do Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. [septiembre 2012], 74-91. Disponible en http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_serraria/cap09.pdf
- Tinto, J. C.: 1979. *Utilización de los recursos forestales argentinos*, IFONA foll. tec. 41: 97. Buenos Aires.
- Tomazello Filho, M. 1985. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. *IPEF* 29: 37-45.
- Trevisan, R.; L. Denardi; G. Cardoso; C. Haselein; E. Santini. 2013. Variação axial do índice de rachadurasna base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Scientia Forestalis* 41 (97): 75-81.

- Trugilho, P.; S. Iwakiri; M. Pereira da Rocha; J. Monteiro de Matos y L. Saldanha. 2004. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* maiden. *Árvore* 28 (5): 725-731.
- Trugilho, P. 2005. *Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de Eucalyptus spp. e de Eucalyptus dunnii Maiden e propriedades de sua madeira*. Tese (Pós Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 123 p.
- Venturini, M. y C. López. 2011. Propagación de árboles selectos por injerto de púas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Quebracho* 18 (1,2): 101-105.

