

## ***1 Introducción***

---

---

En este primer capítulo se explica la esencia del problema planteado y se detallan los objetivos trazados, con una breve descripción de la metodología utilizada para alcanzarlos. Se mencionan los antecedentes relacionados al caso y los fundamentos que justifican la realización de la investigación, junto a la presentación de una síntesis de los resultados logrados.

### ***1.1 Presentación del problema***

En la República Argentina hay más de 200000 hectáreas plantadas con eucaliptos, de las cuales más del 60% están localizadas en la Mesopotamia, totalizando aproximadamente 130000 hectáreas, con una gran predominancia de la especie *Eucalyptus grandis* (INTA, 1995). La misma encuentra en esta región condiciones naturales favorables para su cultivo, produciendo excelentes rendimientos debido al rápido crecimiento y a la calidad de su madera. Su cultivo comenzó en la década del 50, alcanzando su mayor incremento a partir de 1970, fundamentalmente en las provincias de Corrientes y Entre Ríos.

La incorporación de tecnologías adecuadas impulsó el desarrollo de productos de excelente calidad, como los tableros fenólicos, entre otros, pero la utilización de la madera aserrada de *Eucalyptus grandis* en la construcción se ha producido sin conocer sus propiedades físicas y mecánicas más importantes y en la ausencia de un marco normativo que garantice la calidad necesaria para un buen uso (Belvisi et al., 1998). Estas condiciones condujeron a una pérdida de prestigio del material y, consecuentemente, a su empleo en estructuras poco importantes, con escaso valor agregado.

Un caso particular de utilización de esta especie es el constituido por las tablas destinadas a la construcción de vigas laminadas encoladas. Durante muchos años las láminas fueron empleadas luego de eliminar todos los defectos visibles en las mismas, lográndose en consecuencia un material de excelente calidad, pero con valores resistentes y de rigidez desconocidos. Por su parte, la extracción total de defectos conduce a la fabricación de numerosas uniones dentadas (finger joint), las cuales generan costos adicionales y en muchas ocasiones debilitan más la tabla que la presencia de los defectos eliminados.

Para revertir la pérdida de competitividad frente a otros materiales de construcción en general y a otras especies en particular, para uso estructural, es necesario en primer lugar determinar sus propiedades mecánicas, como la resistencia y la rigidez ante distintos tipos de esfuerzos, y las propiedades físicas más importantes. A su vez, estudiar la influencia que los defectos ejercen sobre esas propiedades y desarrollar un método que permita clasificar las piezas aserradas en distintas calidades, con propiedades garantizadas (Blaß & Görlacher, 1996; Glos, 1995b). De esta manera se podría eliminar el desconcierto que existe tanto en los proyectistas como en los constructores, comerciantes y usuarios en general, acerca de su comportamiento.

Resulta entonces de fundamental importancia clasificar por resistencia la madera aserrada de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina, como primer paso para resolver el problema existente y potenciar su empleo como material estructural, garantizando la confiabilidad que los modernos conceptos de diseño llevan implícita. El método a desarrollar debe estar fundamentado en los modernos conceptos publicados sobre el tema, y a su vez reunir las condiciones de sencillez en su aplicación, que un país carente de tradición en la temática como Argentina requiere para lograr una efectiva utilización práctica del mismo. Los métodos complejos generan dificultades en su aplicación aún en países con gran experiencia en la clasificación por resistencia (Glos & Diebold, 1987). La expansión de la utilización de este recurso generaría además un aumento de la actividad económica regional y mejoras sustanciales en el medio ambiente, tanto por la escasa energía requerida para su transformación como por el favorable efecto que las plantaciones programadas causan sobre la atmósfera (Vihavainen, 1995).

## **1.2 Antecedentes y fundamentación**

No se conocen antecedentes sobre el desarrollo de un método de clasificación por resistencia para la madera aserrada de *Eucalyptus grandis* cultivado en el país, y tampoco referidos a la realización de ensayos mecánicos planificados sobre cuerpos de prueba de tamaño estructural. Las publicaciones e informes referidos a esta especie (INTA, 1995) se relacionan con otros objetivos

que los perseguidos en este trabajo, involucrando una relativamente reducida cantidad de pruebas llevadas a cabo sobre probetas pequeñas y libres de defectos. Por lo tanto, no responden a la concepción actual de determinación de los valores característicos de resistencia, rigidez y densidad aparente, sobre probetas de tamaño y condiciones normales de uso en estructuras, obtenidas a través de un muestreo diseñado para tal fin, como el presentado en la norma europea EN 384 (1996).

El sistema de clases resistentes previsto en EN 338 (1996), en pleno afianzamiento en el nivel internacional (Glos, 1995a), contempla la inserción en el mismo de nuevas normas de clasificación por resistencia, con la condición que estén probadas sobre una base estadística confiable para una determinada especie y procedencia de la misma (Europäisches Komitee für Normung, 1998b). Es decir que actualmente es necesario investigar y considerar el conjunto “método de clasificación/especie/procedencia” para lograr un material con reconocimiento internacional. Sus valores característicos de resistencia, rigidez y densidad, deben estar determinados sobre una base científica que otorgue adecuada confiabilidad conforme al moderno concepto de diseño estructural por estados límite.

La inexistencia de un método de clasificación por resistencia tiene como consecuencia el desaprovechamiento de las piezas que exhiben mayor calidad, pues ellas no pueden ser distinguidas de aquellas de menor resistencia, sobre la base de un método confiable. La gran dispersión en los resultados conduce a la consideración de valores característicos globales muy bajos para la resistencia, rigidez y densidad aparente, en comparación con los que se obtendrían separando adecuadamente grupos de diferente calidad. Por lo tanto, el uso adecuado de este recurso natural está ligado al diseño de un método de clasificación por resistencia para las piezas aserradas que de él se obtienen, y al conocimiento de sus propiedades físicas y mecánicas.

### ***1.3 Objetivos y metodología de desarrollo***

Esta tesis persigue dos objetivos principales:

- 1) Diseñar un método de clasificación visual por resistencia para la madera aserrada de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina, y proponer su inserción en el sistema internacional de clases resistentes establecido en las normas europeas.
- 2) Desarrollar modelos para una clasificación mecánica por resistencia de la madera considerada, en el marco del sistema internacional citado precedentemente.

Para alcanzar estos objetivos y ampliar el conocimiento de esta especie con fines estructurales, numerosos interrogantes deben ser investigados y respondidos:

- Cuáles son los parámetros visuales y mecánicos de mayor correlación con la resistencia?
- Cuáles son los valores característicos de la resistencia y del módulo de elasticidad en flexión, así como de la densidad aparente, y su relación con los parámetros más importantes?
- Qué relaciones vinculan la resistencia y rigidez en flexión, así como la densidad aparente, con las otras propiedades?
- Cuál es la efectividad de los métodos dinámicos para determinar el módulo de elasticidad?
- Cuál es la variabilidad de las propiedades físicas y mecánicas más importantes?.

Teniendo en cuenta los objetivos planteados, se diseñó una investigación empírica sobre 7 muestras con un total de 550 cuerpos de prueba representativos de la población a analizar. Las probetas fueron seleccionadas al azar de plantaciones ubicadas en las regiones de mayor importancia para el cultivo de la especie, que son el Nordeste de Corrientes y el Nordeste de Entre Ríos. El tamaño de las piezas respondió a las medidas estructurales más usuales, y su producción y secado a los procesos habituales para el país.

Las determinaciones y ensayos se llevaron a cabo conforme a la normativa y prácticas de reconocimiento en los países con mayor desarrollo en la temática, de manera de obtener resultados con la precisión y condiciones requeridas para su comparación en el nivel internacional. El marco teórico de referencia para el análisis y discusión, que se expone en el Capítulo 2, fue elaborado considerando publicaciones científicas y normas que delinean el estado actual del conocimiento y las modernas tendencias en la materia. El listado de la bibliografía se encuentra en el Capítulo 6. Los materiales y métodos empleados están detallados en el Capítulo 3, habiéndose desarrollado las actividades en el Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata y en el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional, en cooperación con la Cátedra Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, Universität Karlsruhe. El trabajo contó con el apoyo de empresas madereras de las provincias de Corrientes y Entre Ríos y de la Red de Instituciones para el Desarrollo Tecnológico de la Industria Maderera de nuestro país (RITIM).

#### **1.4 Resultados**

El trabajo de tesis ha permitido alcanzar los objetivos planteados, conocer importantes particularidades de la especie analizada, y a su vez ha hecho surgir nuevos interrogantes que

ameritan futuras investigaciones. A continuación se efectúa un breve resumen de los resultados alcanzados, cuya presentación y discusión se lleva a cabo en el Capítulo 4 y sus conclusiones son expuestas en el Capítulo 5. Entre ellos se destaca:

- Los estudios de correlación y regresión, tanto simple como múltiple, llevados a cabo entre distintos parámetros y la resistencia, así como la determinación de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad aparente, han producido soluciones originales que se materializan en el desarrollo de un método visual de clasificación por resistencia de sencilla aplicación, y en el análisis de distintos modelos aptos para clasificar mecánicamente por resistencia esta especie.
- Las relaciones rigidez/densidad y resistencia/densidad encontradas son elevadas en comparación con las obtenidas para la especie en otros continentes, y a su vez resultan más similares a las encontradas para las especies de coníferas que para las maderas provenientes de especies frondosas.
- La resistencia y la rigidez en tracción comparan bien con las de flexión, en tanto que la resistencia y la rigidez en compresión son elevadas con relación a las de flexión, en comparación con las relaciones previstas en las normas.
- La eficiencia del método basado en la frecuencia fundamental de vibración para determinar el módulo de elasticidad fue comprobada para la especie estudiada. Se confirmó la existencia de una excelente correlación entre los valores obtenidos a través de los ensayos estáticos estandarizados y de los determinados por medio de vibraciones longitudinales y flexionales. Los resultados corroboran asimismo su aptitud para piezas estructurales de distintas dimensiones y calidad.

El trabajo aporta datos que permiten esclarecer otros aspectos complementarios, que mejoran el conocimiento de la especie como material estructural. Dentro de estos se encuentran:

- La influencia de la nudosidad sobre la resistencia en tracción paralela a las fibras.
- Las diferencias existentes entre el módulo de elasticidad global y el local en flexión, como consecuencia de la acción del esfuerzo cortante.
- La relación existente entre las propiedades mecánicas de flexión y de compresión en probetas obtenidas de la misma pieza aserrada.
- La aptitud, para esta especie, de los ajustes propuestos para las condiciones de referencia de la resistencia y el módulo de elasticidad.
- La influencia que la región de cultivo ejerce sobre las principales propiedades del material.
- La variación de las propiedades en función de la distancia a la médula.
- La variación de las propiedades en función de la altura en el árbol.

De la discusión de los resultados, así como de las conclusiones, surge la necesidad de

efectuar nuevas investigaciones, las que son también expuestas en el Capítulo 5. En particular, se comenzó con el desarrollo de un programa destinado a estudiar las deformaciones diferidas en flexión para vigas aserradas de esta especie, bajo cargas permanentes de un año de duración. Un detalle de este proyecto complementario se presenta en el Anexo B.