

Resumen

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, se diseñó una investigación empírica sobre cuatro muestras de vigas y una de tablas sometidas a flexión, una muestra de tablas ensayada a tracción paralela a las fibras y una con cuerpos de prueba sometidos a compresión.

Se investigó la influencia de los parámetros visuales sobre las propiedades mecánicas, y se analizaron diferentes perfiles de resistencia, rigidez y densidad con los correspondientes límites para los principales parámetros visuales, de acuerdo con el sistema internacional de clases resistentes establecido en la norma europea EN 338 (1996). También se compararon las propiedades mecánicas en flexión con las correspondientes a tracción y compresión paralela a las fibras. Fue encontrada una relación relativamente baja entre la nudosidad y la resistencia a flexión, en comparación con valores publicados para otras especies. La presencia de médula, frecuentemente asociada con otros defectos como grandes fisuras, reduce significativamente la resistencia a flexión y tracción, así como el módulo de elasticidad en flexión, tracción y compresión, pero su influencia es pequeña sobre la resistencia a compresión. La investigación también revela particularidades para esta especie, como la elevada relación entre el módulo de elasticidad y la densidad y entre la resistencia y la densidad, en comparación con otras especies frondosas, entre otras.

Fue estudiada la eficiencia de parámetros mecánicos tanto simples como combinados para predecir la resistencia a flexión. La combinación del módulo de elasticidad con la densidad y la nudosidad produce la mayor correlación con la resistencia, pero también fue encontrada una muy buena relación para el módulo de elasticidad actuando como parámetro simple. Se analizaron perfiles de resistencia, rigidez y densidad basados en el parámetro combinado y en el módulo de elasticidad, con muy buenos rendimientos para ambos casos, lo cual prueba una excelente aptitud de esta especie para ser clasificada mecánicamente. La efectividad de ambos modelos fue probada también aplicándolos a la muestra de tablas sometidas a ensayos de tracción paralela a las fibras, encontrándose un rendimiento similar al obtenido con las muestras sometidas a flexión. Fue analizado el método dinámico de la frecuencia fundamental de vibración, y los resultados evidencian su eficiencia para determinar las propiedades elásticas de esta madera en diferentes tamaños y calidades.

Se estudiaron aspectos complementarios, de importancia para el desempeño de esta especie como material estructural: i) influencia de la nudosidad sobre la resistencia a tracción paralela a las fibras, ii) relación entre el módulo de elasticidad global y local en flexión, iii) resistencia y rigidez en compresión paralela a las fibras con relación a las correspondientes a flexión, a partir de ensayos sobre cuerpos de prueba provenientes de la misma pieza, iv) aptitud de los coeficientes de corrección para la resistencia y el módulo de elasticidad en flexión dados en la norma EN 384 (1996), v) influencia de la región de cultivo sobre las propiedades, vi) influencia de la distancia a la médula, vii) influencia de la altura en el árbol.

Los resultados obtenidos alientan futuros estudios relacionados a las otras propiedades de resistencia y rigidez de esta madera de rápido crecimiento, la cual exhibe muy buen comportamiento para los aspectos investigados, y puede comportarse ventajosamente tanto en calidad de madera aserrada como en la conformación de vigas laminadas encoladas.

Palabras clave: Clasificación visual por resistencia; perfiles de resistencia, rigidez y densidad; propiedades mecánicas; parámetros de clasificación; *Eucalyptus grandis*; clasificación mecánica por resistencia; métodos dinámicos no destructivos.

Abstract

The thesis addresses two main goals: 1) the design of a method for visually strength grading sawn timber of Argentinean *Eucalyptus grandis* according to European standards, 2) the development of models for machine strength grading this timber species. For this purpose an empirical research project was carried out, which included four samples of beams and one sample of boards subjected to bending, one sample of boards subjected to tension parallel to the grain and one sample of specimens subjected to compression.

The influence of the visual parameters on the mechanical properties was scrutinised, and different strength, stiffness and density profiles with the corresponding limits for the main visual features were analysed in comparison with the international strength class system established in the European standard EN 338 (1996), also bending properties were compared with those corresponding to tension and compression parallel to the grain. A relatively poor relationship between knot ratio and bending strength was found in comparison with results reported for other timber species. The presence of pith, often associated with other defects as large fissures, significantly reduces bending and tensile strength and the modulus of elasticity in bending, tension and compression, but little influence was registered on compression strength. The research also reveals particularities for this timber species as the high ratio of modulus of elasticity and strength to density, in comparison with other deciduous species, among others.

The usefulness of single and combined mechanical parameters for predicting the mechanical properties of this timber species was studied. The combination of modulus of elasticity with density and knot ratio produces the highest correlation with strength, but a very good relationship was also found between strength and global modulus of elasticity by itself. Strength, stiffness and density profiles based on both the combined grading parameter and the modulus of elasticity were analysed, and very good yield was obtained in both cases, proving that this timber species may advantageously perform in a machine strength grading process. Both models were also applied to the sample of boards subjected to tension tests and their effectiveness was proved with similar yield to the one found for bending specimens. The dynamic method of measuring the fundamental frequencies of vibration was analysed and results give evidence of its effectiveness for determining the elastic properties of this timber species in different sizes and quality.

Other important aspects connected with the performance of this Argentinean sawn timber as a building material were studied and presented: i) influence of knot ratio on tensile strength parallel to the grain, ii) relationship between global and local modulus of elasticity in

bending, iii) compression strength and stiffness in relation to the bending ones, by testing specimens prepared from the same pieces, iv) fitness of the adjustment factors for bending strength and modulus of elasticity according to EN 384 (1996), v) influence of the source on timber properties, vi) influence of the distance to the pith, vii) influence of the height in the tree.

The results obtained encourage further studies regarding the other strength and stiffness properties of this fast-growing wood, which exhibits very good behaviour connected with the investigated values, and may therefore advantageously perform in solid as well as in glued laminated timber structures.

Key words: Visual strength grading; strength, stiffness and density profiles; mechanical properties; grading parameters; *Eucalyptus grandis*; machine strength grading; non destructive dynamic methods.