



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Tesis para optar al título de
Magíster en Ingeniería Química**

MODIFICACIÓN TÉRMICA DE MADERA DE *Eucalyptus grandis* Y *Pinus taeda*

Autor: Ing. Leandro Cantera Rosso

Director de tesis: Dr. Andrés Dieste Märkl

Montevideo, Uruguay

2020



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTY OF ENGINEERING

Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of
Master of Chemical Engineering

THERMAL MODIFICATION OF *Eucalyptus grandis* AND *Pinus taeda* WOOD

Author: Ing. Leandro Cantera Rosso

Thesis advisor: Dr. Andrés Dieste Märkl

Montevideo, Uruguay

2020

ISSN 1688-2806

Leandro Cantera Rosso

Tesis de Maestría en Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Montevideo, Uruguay, 2020.

RESUMEN

La industria de la modificación de madera se encuentra actualmente bajo un proceso de grandes cambios, motivados principalmente por el riesgo para la salud y las implicancias ambientales de los métodos tradicionales. En las últimas décadas, nuevas tecnologías de modificación de madera han comenzado a comercializarse, como es el caso de la modificación térmica de madera, que logra mejorar las propiedades de la madera sin el agregado de agentes químicos.

El presente trabajo se centra en el estudio de los cambios en las propiedades de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Pinus taeda* L. sometida a modificación térmica a temperaturas de entre 160 °C y 220 °C en vacío, aire y nitrógeno.

Se estudió la pérdida de masa y la reducción de volumen producto de la modificación térmica, así como la degradación de la pared celular, medida a través del contenido de lignina y de los azúcares glucosa, xilosa, galactosa y manosa. También se analizaron los cambios en la higroscopicidad, tanto como en las propiedades mecánicas, que fueron medidas a través del módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión. Finalmente, se estudió la reversibilidad de los cambios en la higroscopicidad y la estabilidad dimensional de la madera de *Eucalyptus grandis* modificada a 200 °C.

Se constató pérdida de masa y reducción de volumen en ambas especies y en todas las condiciones ensayadas. Se evidenció degradación de la pared celular, principalmente debido a la reducción del contenido de xilosa, galactosa y manosa de la madera sometida a modificación térmica. El contenido de humedad en equilibrio con el ambiente se vio reducido y la resistencia a la flexión se vio afectada por la modificación térmica, mientras que el módulo de elasticidad mostró comportamientos distintos en ambas especies, viéndose disminuido en la especie *P. taeda*. Por último, se comprobó que existe reversibilidad en la reducción de la higroscopicidad y la mejora en la estabilidad dimensional de madera de *E. grandis* modificada térmicamente.

A partir de este trabajo se proporciona un profundo estudio de las variaciones en las propiedades de dos especies maderables uruguayas sometidas a modificación mediante la utilización de una tecnología con potencial para colaborar con el desarrollo de la industria forestal local.

ABSTRACT

The wood modification industry is currently undergoing major changes, mainly motivated by the environmental and health implications of traditional methods. In the last decades, new technologies for wood modification have reached the market, such is the case of thermal modification, which improves the properties of wood without the addition of chemicals.

This work studies the changes in the properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and *Pinus taeda* L. wood subjected to thermal modification at temperatures between 160°C and 220°C in vacuum, air and nitrogen.

Mass loss and volume reduction due to thermal modification were studied, as well as cell wall degradation, measured through lignin content and sugars, namely glucose, xylose, galactose and mannose. The changes in hygroscopicity were also analyzed, in addition to the mechanical properties, measured through the modulus of elasticity and bending strength. Finally, the reversibility of changes in hygroscopicity and dimensional stability of *Eucalyptus grandis* modified at 200°C was studied.

All tested conditions in both species presented mass loss and volume reduction. Degradation of the cell wall constituents was exhibited, mainly due to the reduction of the xylose, galactose and mannose content of thermally modified wood. Equilibrium moisture content was reduced and

bending strength was negatively affected by the thermal modification, while the modulus of elasticity presented different behaviors in the two species, showing a decreasing trend in *P. taeda* wood. Lastly, a certain degree of reversibility in the reduction of hygroscopicity and the improvement in the dimensional stability of thermally modified *E. grandis* wood was observed.

This work provides a comprehensive study of the variations in the properties of two Uruguayan timber species modified with a technology that has the potential to help with the development of the local forestry industry.