

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Postgrado. Maestrías en Madera, Celulosa y Papel

Maestranda
Ing. Sandra Daniela Magnago

Propiedades de las maderas de *Pinus taeda* L. Marion y *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl. impregnadas con cobre - tebuconazol

Tesis de Maestría presentada para obtener el título de “Magíster en Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel”
OTM

Directora
Mgter. Ing. Teresa María Suirezs

Posadas, 2016



Esta obra está licenciada bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MADERA,
CELULOSA Y PAPEL**

TESIS

**PROPIEDADES DE LAS MADERAS DE
Pinus taeda L. Marion y *Bastardiopsis
densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl.
IMPREGNADAS CON COBRE -
TEBUCONAZOL**

ALUMNA: Ing. SANDRA DANIELA MAGNAGO

DIRECTORA: Mgter. Ing. TERESA MARÍA SUIREZS

2016

DEDICATORIA

A mi Padres, mis Hermanas y mis Hijos; por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue posible gracias al acompañamiento de las instituciones y personas que menciono a continuación:

- Autoridades y Docentes de la Maestría en Ciencias de madera, celulosa y papel por su dedicación y apoyo permanente.
- Bachillerato Orientado Provincial N° 28 y Escuela Provincial de Educación Técnica N° 6 por facilitarme los recursos laborales para realizar la Maestría.
- Universidad Nacional de Misiones que me otorgó una beca para realizar la Maestría.
- Mi directora de Tesis, Mgter. Ing. Teresa María Suirezs, por su valioso asesoramiento, colaboración y conducción en la realización del trabajo.
- Facultad de Ciencias Forestales por permitirme utilizar las instalaciones y equipamiento para ejecutar los ensayos.
- Docentes de la FCF por el asesoramiento y colaboración que me brindaron.
- Alumnos adscriptos a las cátedras de Tecnología y propiedades de la madera por su imprescindible colaboración.

A todos, mi más grande agradecimiento.

ÍNDICE

RESUMEN	VI
SUMARY	VIII
LISTA DE TABLAS.....	X
LISTA DE GRÁFICOS.....	XI
LISTA DE IMÁGENES	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. FUNDAMENTACIÓN	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1. Forestación en Argentina	4
4.2. Durabilidad	4
4.3. Agentes destructores de la madera	5
4.4. Factores que posibilitan el desarrollo de los hongos xilófagos	9
4.5. Caracterización de sustancias componentes del tejido vegetal	10
4.6. Preservación de la madera	11
4.6.1. Finalidad de la preservación	11
4.6.2. Características de preservantes para madera	11
4.6.3. Clasificación de preservantes para madera	12
4.6.4. Breve descripción de preservantes.....	13
4.6.4.1. Creosota	13
4.6.4.2. Productos orgánicos (oleosolubles).....	13
4.6.4.3. Productos inorgánicos (Hidrosolubles)	13
4.6.5. Métodos de preservación.....	15
4.6.5.1. Tratamientos sin presión	15
4.6.5.2. Tratamientos a presión	16
4.7. Descripción de especies madereras	19
4.7.1. <i>Pinus taeda</i> L. Marion	19
4.7.2. <i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassl	21

4.8. Descripción de especies de hongos xilófagos	22
4.8.1. <i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	23
4.8.2. <i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull) Murrill.....	24
4.8.3. Género <i>Gloeophyllum</i>	25
4.8.4. <i>Pleorotus sajor caju</i> (Fr.) Singer	25
5. METODOLOGÍA.....	27
5.1. Contenido de humedad.....	29
5.2. Peso específico aparente: estacionado, anhidro y básico de la madera.....	30
5.3. Contracciones de la madera	31
5.4. Flexión estática	32
5.5. Dureza Janka	33
5.6. Durabilidad.....	35
6. RESULTADOS	38
7. CONCLUSIONES.....	55
8. BIBLIOGRAFÍA	57
GLOSARIO.....	63

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar las propiedades físicas, mecánicas y la durabilidad de las maderas de *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl y *Pinus taeda* L. Marion impregnadas a presión, con un producto formulado en base a cobre y un azol orgánico (tebuconazol), conocido como CA-B. Las maderas se obtuvieron de aserraderos de la zona, y se impregnaron a presión en autoclave de laboratorio por el método de Burnett, que consiste en realizar vacío inicial, presión y vacío final. Las probetas y los ensayos para evaluar las propiedades físicas y propiedades mecánicas se realizaron bajo normas IRAM N° 9544, 9543, 9532, 9542 y 9570. En el estudio de durabilidad se aplicó la norma EN (Norma europea) 113 modificada. La durabilidad, las propiedades físicas y mecánicas de las maderas impregnadas se compararon con las maderas de las mismas especies sin impregnar. Los resultados obtenidos reflejan que los pesos específicos aparentes, de la madera impregnada con CA-B, se incrementaron en *Pinus taeda* y redujeron en *Bastardiopsis densiflora*. El contenido de humedad no presentó variaciones entre tratamientos, en ambas especies. La contracción total tangencial disminuyó luego de ser impregnadas y no se encontraron cambios significativos para la contracción total axial; en cambio, para el sentido radial, la contracción total se comportó de manera diferente, en *Pinus taeda* no tuvo variación y en *Bastardiopsis densiflora* disminuyó en la madera impregnada con CA-B. Para los coeficientes de contracción se encontró aumento en el sentido transversal en *Pinus taeda* y disminución en el sentido radial para *Bastardiopsis densiflora*, en las maderas impregnada con CA-B. El punto de saturación de fibras disminuyó en *Pinus taeda* impregnado con CA-B y en *Bastardiopsis densiflora* no presentó variaciones significativas, entre tratamientos. El comportamiento en la flexión estática fue diferente en las dos especies, en *Pinus taeda* no se observaron diferencias importantes entre los MOR de la madera sin impregnar y la impregnada, en cambio aumenta de manera significativa el MOE de la madera impregnada. En *Bastardiopsis densiflora* hay diferencias estadísticamente significativas en los dos parámetros, MOR y MOE para la flexión estática, siendo

mayores los valores en la madera impregnada. En *Pinus taeda* mejoró levemente la dureza Janka en sentido transversal, en la madera impregnada con CA-B; y en *Bastardiopsis densiflora* se encontró un importante aumento de la dureza Janka en los sentidos radial y tangencial. La durabilidad de la madera de ambas especies mejoró notablemente con el tratamiento con CA-B.

PALABRAS CLAVE

Impregnación – CA-B – Propiedades fisicomecánicas – Durabilidad

SUMARY

The objective of this work was to evaluate physical, mechanical and duration properties of *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl and *Pinus taeda* L. Marion woods, pressure impregnated with a product prepared on the basis of copper and an organic azol (tebuconazol), known as CA-B. The lumber was obtained from local sawmills, and was pressure impregnated in a laboratory autoclave by the method of Burnett which consists in producing initial vacuum, application of pressure and a final vacuum. Samples preparation and the tests to evaluate the physical and mechanical properties were conducted under IRAM standards N^{er} 9544, 9543, 9532, 9542 and 9570. For durability study it was applied the EN 113 modified. The physical and mechanical properties and durability, of the impregnated lumber were compared with not impregnated wood, of the same species. Obtained results show that apparent specific weights, of wood impregnated with CA-B where increased for *Pinus taeda* and where reduced for *Bastardiopsis densiflora*. Humidity content did not showed variations between treatments for both species. Total tangential shrinkage was reduced after being impregnated and there could not be found significant changes for total axial shrinkage, but for radial direction total shrinkage behaved in a different way, for *Pinus taeda* there was no variation and for *Bastardiospis densiflora* was reduced for wood impregnated with CA-B. For shrinkage coefficients it was found an increase in transversal direction for *Pinus taeda*, and a reduction in radial direction for *Bastardiopsis densiflora*, for wood impregnated with CA-B. The fibers saturation point was reduced for *Pinus taeda* impregnated with CA-B and for *Bastardiopsis densiflora* did not presented important variations between treatments. Behavior in static flexion was different for both species, for *Pinus taeda* no important differences were observed between MOR of non impregnated wood and for the impregnated, on the opposite MOE increases significantly for impregnated wood. For *Bastardiopsis densiflora* there are statistically significant differences in both parameters MOR and MOE for static flexure, being higher those values for impregnated wood. For *Pinus taeda* Janka hardness slightly bettered in

transversal direction for wood impregnated with CA-B, and for *Bastardiopsis densiflora* an important increase in Janka hardness was found in radial and tangential directions. Durability of wood for both species increased notably with CA-B treatment.

KEY WORDS

Impregnated – CA-B – Physical-mechanical properties – Durability

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de maderas argentinas propuesta por R. García & García

Tabla 2. Clasificación de maderas según criterio Findlay

Tabla 3. Pesos específicos aparentes estacionado (**PEE**), anhidro (**PEA**) y básico (**PEB**) de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Tabla 4. Contenido de humedad y contracciones totales en los sentidos radial, tangencial y transversal en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Tabla 5. Coeficientes de contracción en los sentidos radial, tangencial y transversal, y punto de saturación de fibras en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Tabla 6. Módulo de rotura (**MOR**) y módulo de elasticidad (**MOE**) a la flexión estática en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Tabla 7. Dureza Janka de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Tabla 8. Pérdida de peso en madera de *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Tabla 9. Pérdida de peso en madera de *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Peso específico aparente básico en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 2. Peso específico aparente estacionado en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 3. Contracción total tangencial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 4. Contracción total tangencial en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 5. Coeficiente de contracción longitudinal en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 6. Coeficiente de contracción radial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 7. Punto de saturación de fibras en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 8. Módulo de elasticidad a la flexión estática en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 9. Módulo de elasticidad a la flexión estática en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 10. Módulo de rotura a la flexión estática en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 11. Dureza Janka radial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 12. Dureza Janka tangencial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 13. Durabilidad frente al ataque de 4 ssp de hongos en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Gráfico 14. Durabilidad frente al ataque de 4 ssp de hongos en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Ciclo de vida de un macro-hongo

Imagen 2. Pudrición cúbica o parda

Imagen 3. Pudrición fibrosa o blanca

Imagen 4. Pudrición blanda

Imagen 5. Autoclave para impregnar

Imagen 6. Equipos principales que forman parte del método de impregnación a presión

Imagen 7. Madera de *Pinus taeda*

Imagen 8. Espécimen de *Pinus taeda*

Imagen 9. Madera de *Bastardiopsis densiflora*

Imagen 10. Espécimen de *Bastardiopsis densiflora*

Imagen 11. *Ganoderma applanatum*

Imagen 12. *Laetiporus sulphureus*

Imagen 13. Género *Gloeophyllum*

Imagen 14. *Pleurotus sajor cajú*

Imagen 15. Máquina Universal de Ensayos

Imagen 16. Variación de la presión en el proceso de impregnación Burnett o célula llena

Imagen 17. Probetas de madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B y sin impregnar para estimación de pesos específicos

Imagen 18. Diseño de probeta con los 4 clavos para determinar la contracción e hinchamiento de la madera

Imagen 19. Probetas para estimación de contracciones tangencial, radial y axial

Imagen 20. Probeta para ensayo de resistencia a la flexión estática. IRAM 9542

Imagen 21. Probetas de madera de *Pinus taeda* sin impregnar e impregnada con CA-B y posterior al ensayo de flexión estática

Imagen 22. Ensayo de dureza Janka

Imagen 23. Hongo cultivado y desarrollado en medio agar agar y madera impregnada

Imagen 24. Probetas de madera de *Pinus taeda* sin impregnar después de la acción del hongo *Laetiporus sulphureus*

Imagen 25. Probetas de madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B después de la acción del hongo *Laetiporus sulphureus*

Imagen 26. Probetas de madera de *Bastardiopsis densiflora* sin impregnar después de la acción de los hongos *Gloeophyllum sp.* y *Laetiporus sulphureus*

Imagen 27. Probetas de madera de *Bastardiopsis densiflora* impregnada con CA-B después de la acción de los hongos *Gloeophyllum sp.* y *Laetiporus sulphureus*

1. INTRODUCCIÓN

La escasez y alto costo de maderas con durabilidad natural prolongada hace necesario aumentar la durabilidad de las que no presentan esta característica. Las maderas con durabilidad conferida son una alternativa interesante a tener en cuenta para satisfacer la demanda creciente de este material, para diversos usos, además de reducir la presión existente sobre el monte nativo. Existen grandes ventajas comparativas a través de los incentivos para la producción forestal otorgados por el Estado Nacional que garantizan una estabilidad fiscal, un apoyo económico no reintegrable a las plantaciones forestales y un tratamiento impositivo muy favorable para las inversiones en el sector forestal (Minagri, 2014).

La impregnación de la madera con sustancias químicas es una solución que se viene aplicando hace aproximadamente dos siglos, pero muchas sustancias utilizadas resultan muy nocivas para el hombre y el ambiente, por lo que se propuso estudiar el tratamiento con una sustancia libre de cromo y arsénico.

Las maderas que son de color claro, consideradas muy agradables para usos en ambientes interiores, tienen en general un peso específico bajo y son blandas, además son susceptibles al ataque de hongos, lo que las hace inadecuadas para la fabricación de pisos y uso exterior, pero sometidas a un proceso de impregnación con un preservante, sus propiedades pueden ser modificadas, ampliando su aplicación y aumentando su valor agregado. La sustancia actualmente utilizada es el cromo cupro arsenical (CCA), tóxica por el contenido de cromo y arsénico, por lo que resulta necesario conocer el comportamiento de la madera impregnada con otros tipos de preservantes.

2. HIPÓTESIS

Las maderas tratadas con CA-B mejoran su durabilidad y mantienen sus propiedades físicas y mecánicas.

2.1. Objetivo general

Estudiar la durabilidad, las propiedades físicas y mecánicas de maderas de *Pinus taeda* L. Marion y *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl tratadas con una sustancia preservante.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar los pesos específicos aparentes y contenido de humedad de las maderas impregnadas con CA-B.
- Verificar la estabilidad dimensional de las maderas impregnadas con CA-B
- Estimar los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática, de las maderas impregnadas con CA-B.
- Estimar la dureza Janka en superficies radial, tangencial y transversal de las maderas impregnadas con CA-B.
- Evaluar la durabilidad de las maderas impregnadas con CA-B, frente al ataque de hongos xilófagos.
- Comparar los valores de las propiedades de la madera impregnada respecto de la madera sin impregnar.

3. FUNDAMENTACIÓN

En nuestro país se está utilizando cada vez más la madera en construcciones de viviendas, oficinas y obras públicas en general. En la instalación de pisos se utilizan maderas semiduras y duras, en su mayoría, provenientes del monte nativo de alta durabilidad natural, lo que implica un costo muy elevado debido a su creciente escasez en el mercado local.

Se ha demostrado que muchas coníferas implantadas, de rápido crecimiento, presentan buena resistencia mecánica, lo que las hace aptas para varios usos. También hay que destacar la resistencia en relación a su peso, ya que es una madera medianamente liviana (González, *et al.* 1992).

La madera tratada con preservantes hidrosolubles no presenta inconvenientes en la aplicación de pinturas, barnices y lustres siempre que el material esté seco. La incorporación de productos preservantes en la masa leñosa afecta a sus propiedades en sentido positivo, dándole mayor resistencia frente al ataque de los agentes destructores. Sin embargo, a veces aparecen reacciones negativas, como la reducción de sus resistencias mecánicas, y la madera se vuelve quebradiza; esto depende del tipo de tratamiento y la concentración del producto (Tinto, 1980).

Actualmente existe predisposición por parte del estado Provincial (provincia de Misiones) y Nacional de incentivar las construcciones de madera, lo que hace necesario ampliar los estudios básicos acerca de sus cualidades tecnológicas.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Forestación en Argentina

Argentina cuenta con 26.589.000 ha de tierras forestales, que incluyen diversas formaciones como selvas y bosques de clima frío y cálido, y 1.120.411 ha de bosques cultivados predominando las forestaciones de pinos (*Pinus sp.*), eucaliptos (*Eucalyptus sp.*), sauces (*Salix sp.*) y álamos (*Pópulus sp.*), de las cuales el 80 % se concentra en la Mesopotamia (provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos) y el Delta del Paraná. El 65 % de las forestaciones del país corresponde a especies de coníferas, fundamentalmente *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* (Minagri, 2014).

La alta tasa de crecimiento anual de los bosques cultivados de coníferas y latifoliadas en la Argentina permite obtener rotaciones cortas, de 16 a 20 años en pinos, con rendimientos de 20 a 40 m³/ha/año en el caso de *Pinus taeda* (Minagri, 2014).

Montagnini *et al.* (1997) señalan un crecimiento diametral, a los 7 años, de 1,47cm/año para la especie *Bastardiopsis densiflora*, en la región paranaense (Argentina).

4.2. Durabilidad

La durabilidad natural de la madera se define como la capacidad de resistir la actividad de organismos bióticos y agentes abióticos causantes de destrucción o deterioro en ella. La importancia de determinar el grado de durabilidad natural, radica en que ésta condiciona el uso que se puede dar a la madera, brinda referencia del tiempo de vida útil, y los tratamientos de protección o de preservación complementarios que se deben aplicar para prolongar su uso (Vásquez Peñaherrera, 2009).

Algunas especies tienen buena durabilidad natural, por contener compuestos tóxicos para los hongos, como ser polifenoles.

Según su durabilidad las maderas se clasifican en las siguientes categorías (Suirezs, 2010):

- *Categoría AR* (Altamente Resistentes). Pérdida de peso entre 0 y 1%, con una duración en uso exterior de más de 15 años. Son, en general, maderas de alta densidad y de duramen que no es posible tratar.

- *Categoría R* (Resistentes). Pérdida de peso entre 1 y 5%, con una duración en uso exterior de 10 a 15 años. Son maderas de alta densidad y tratabilidad variable para el duramen.

- *Categoría MR* (Moderadamente Resistentes). Pérdida de peso entre 5 y 10%, con una duración en uso exterior de 5 a 10 años. Son, generalmente, maderas de alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento.

- *Categoría MPR* (Muy Poco Resistentes). Pérdida de peso entre 10 y 30%, con una duración en uso exterior de 1 a 5 años. Son maderas de densidad media y buena tratabilidad.

- *Categoría NR* (No Resistentes). Pérdida de peso mayor del 30% y una duración en uso exterior menor que un año. Son, en general, maderas de muy baja densidad y muy buena tratabilidad.

4.3. Agentes destructores de la madera

Entre los responsables de la degradación de la madera se encuentran agentes bióticos, como ser hongos e insectos, y agentes abióticos, como el fuego.

Los hongos son organismos unicelulares y pluricelulares de innumerables especies. Atacan la madera desintegrando la celulosa (pudrición parda), la lignina (pudrición blanca) o ambas. El cuerpo vegetativo del hongo es llamado micelio, un tejido algodonoso que se compone de filamentos celulares (hifas). Atraviesan la madera por dentro o aparecen en la superficie. En el micelio se forman los cuerpos de fructificación que son planos aplastados o en forma de consola. Difieren en color y forma según la especie. Dentro de los cuerpos de fructificación

se forman las esporas que se encargan de la reproducción de los hongos, imagen 1.

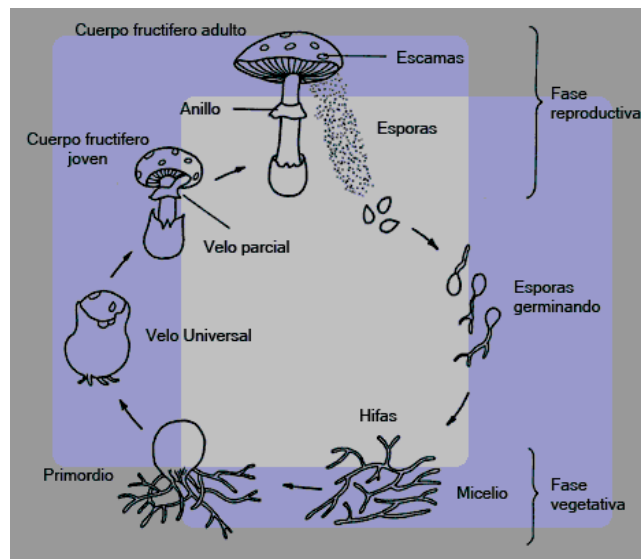


Imagen 1. Ciclo de vida de un macro-hongo.
Fuente: <http://www.inbio.ac.cr/papers/hongos/ciclo.htm>

Los hongos que atacan la madera son: hongos de pudrición, hongos cromógenos y mohos. Los hongos de pudrición se alimentan de la pared celular llegando a provocar la destrucción completa de ésta. Las hifas producen productos químicos (enzimas) que disuelven los nutrientes de la madera con los que se alimentan. Su efecto es la pérdida de densidad y resistencia acompañados de un cambio de coloración, aumento en el contenido de humedad de la madera, y variación de su conductividad eléctrica y térmica (Cruz Fernández, 2014).

En fases iniciales el ataque no es fácil de reconocer porque las hifas permanecen ocultas en su interior. Según va desarrollándose la pudrición se va acentuando el cambio de color y la madera comienza a perder peso. En la fase final del proceso se llega a la destrucción total de la estructura de la madera con la pérdida completa de sus propiedades mecánicas, dado que degradan los componentes principales de la pared celular, que son la celulosa en una proporción del 40-60 % y la lignina en una proporción del 30-20 % (Cruz Fernández, 2014).

Los hongos de la pudrición son también el origen de las alteraciones cromáticas de la madera, que acompañan la fase inicial del ataque incluso antes que la resistencia mecánica y el peso específico sean sustancialmente modificados. La acción de los hongos produce los siguientes casos de pudrición:

- Pudrición Parda: causada por hongos Basidiomicetos que secretan enzimas que destruyen la celulosa blanca, dejando intacta la lignina oscura. La madera se agrieta en forma de prisma o de cubo (pudrición cúbica) perdiendo su consistencia (es posible aplastar con la punta de los dedos) de color amarronado. Imagen 2.



Imagen 2. Pudrición cúbica o parda.

Fuente: http://www.carcoma-termitas.com/Plagas_Madera/plagas_madera.html

- Pudrición Blanca: es causada por hongos Basidiomicetos que segregan enzimas hasta destruir no sólo la celulosa sino también la lignina. La madera queda reducida a una masa fibrosa blancuzca, Imagen 3 (pudrición blanca fibrosa), con muchas cavidades unidas entre sí con un residuo blanco (pudrición blanca alveolar). Es muy común en las maderas frondosas en donde ataca incluso al duramen.



Imagen 3. Pudrición fibrosa o blanca.

Fuente: http://www.carcoma-termitas.com/Plagas_Madera/plagas_madera.html

- Pudrición Blanda: es causada por algunos hongos Ascomicetos y por varios Hongos Imperfectos. La madera se presenta en estado húmedo esponjosa y blanda, Imagen 4, y con color más oscuro. En estado seco presenta agrietamiento superficial. El daño generalmente se manifiesta sobre la superficie a medida que los hongos van penetrando en la madera atacando especialmente la albura y a menor velocidad también el duramen (Boletín de información técnica N^o 192. Agentes destructores de la madera. Disponible en http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3239_11585.pdf. Página consultada en febrero 2015).

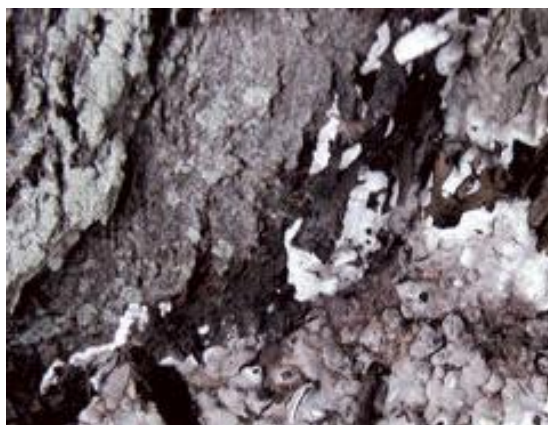


Imagen 4. Pudrición blanda.

Fuente: http://www.carcoma-termitas.com/Plagas_Madera/plagas_madera.html

4.4. Factores que posibilitan el desarrollo de los hongos xilófagos

Los factores que influyen en el desarrollo de los hongos en la madera son (Suirezs, 2010):

Humedad: El contenido de humedad en la madera, que favorece el deterioro causado por estos organismos, está entre 30% y 50%, por encima del punto de saturación de las fibras. La humedad es necesaria para la germinación de las esporas, secreción y vehículo de las enzimas fúngicas y disolución del substrato leñoso. El contenido de humedad varía según la especie de hongo.

- 20 a 40 % hongos de pudrición seca
- 40 a 50% hongos de pudrición húmeda
- 30 a 80 % hongos de pudrición blanda
- + 30 % hongos manchadores y mohos

Temperatura: La temperatura óptima de desarrollo de los hongos oscila entre los 20 y 30 °C, la actividad es prácticamente nula por debajo de los 4 °C y superior a los 40 °C. Existen hongos termofílicos que se desarrollan entre temperaturas de 5 a 65 °C.

Oxígeno: El oxígeno es un elemento fundamental para el desarrollo de los hongos, el porcentaje debe ser siempre mayor al 20% de volumen de oxígeno por volumen de madera.

pH: El pH óptimo es 4,5 a 5,5 y pueden desarrollarse a pH entre 2 a 9.

Alimento: El alimento que obtienen de los tejidos vegetales puede ser la celulosa, hemicelulosa, lignina, extractivos, azúcares y almidones. La disponibilidad de alimento se puede controlar con la incorporación de preservantes químicos o eliminando el agua de la madera.

4.5. Caracterización de sustancias componentes del tejido vegetal

- *Celulosa*: La celulosa es un polímero lineal de moléculas de glucosa unidas por enlaces β 1- 4 glucosídicos. Este polímero, de alto peso molecular y de estructura cristalina, constituye el esqueleto de las paredes celulares, se presenta a modo de fibras que se organizan en microfibrillas y éstas a su vez se empaquetan formando las macrofibrillas. Las microfibrillas están constituidas por moléculas de celulosa, en ellas se diferencian las micelas que conforman una zona de celulosa cristalina y otra zona de celulosa paracristalina o amorfa. La despolimerización de la celulosa o celulólisis se produce por la acción de enzimas (celulasas), las tres más importantes son las endogluconasas, las exogluconasas o celobiohidrolasas y las glucosidasas, éstas actúan sinérgicamente.

- *Hemicelulosa*: Las hemicelulasas son heteropolímeros, constituidos por distintos tipos de azúcares y ácidos orgánicos. Se caracterizan por su solubilidad y bajo peso molecular, quizás por eso son despolimerizadas por endoenzimas. De los tres componentes celulares, la hemicelulosa es la primera en ser atacada por los hongos causantes de la pudrición por poseer cadenas más bien cortas, debido a la solubilidad y a la localización expuesta alrededor de las microfibrillas de celulosa. Las enzimas encargadas de la despolimerización son las hemicelulasas. Las mismas se producen casi inmediatamente en los procesos de pudrición y están asociadas con la degradación de las ligninas.

- *Lignina*: La lignina es un polímero aromático complejo de alto peso molecular, amorfo, tridimensional, insoluble en agua y formado por unidades de fenil-propano. La polimerización comienza a partir de la oxidación de los precursores primarios: coniferil alcohol, cumaril alcohol y sinapil alcohol, unidos por carbono-carbono y aril-éter. La polimerización de la lignina se lleva a cabo luego de la deposición de los polisacáridos y se inicia por oxidación enzimática de los precursores fenoxi radicales. La laminilla media y los ángulos celulares contienen la mayor concentración de lignina.

La lignina es altamente resistente a la degradación y, hasta el momento, los únicos organismos capaces de transformarla eficientemente, llevándola a dióxido de carbono y agua, son los hongos de pudrición blanca. La despolimerización es

vía enzimática. Las enzimas más importantes son: lignin peroxidasa, manganoso oxidasa y lacasa, además existe una actividad enzimática auxiliar (Suirezs, 2010).

4.6. Preservación de la madera

4.6.1. Finalidad de la preservación

En función de su uso en obra y de las condiciones climáticas, la madera está sujeta a ataques de agentes destructores, principalmente de insectos y hongos xilófagos. Por lo que hay que prever el empleo de tratamientos de preservación con productos eficaces y seguros para el hombre y ambiente. Seleccionar los tratamientos adecuados, implica tener conocimientos sobre el uso, la estructura, composición y durabilidad de la madera, así como de los agentes xilófagos, (Novoa Robles, 2006).

La preservación incrementa la vida útil de la madera, mediante procesos fisicoquímicos, además de alargar la vida útil de especies ya introducidas en el mercado, lo cual permitirá incorporar nuevas especies maderables; aspecto que incide directamente en el desarrollo económico y social (Novoa Robles, 2006).

Mediante la adecuada preservación se evitará reemplazos de madera de obra y servicios, con el consiguiente ahorro de material y de dinero.

4.6.2. Características de preservantes para madera

Los preservantes son sustancias químicas que, aplicadas adecuadamente a la madera la protegen de los agentes destructores, otorgándole una vida útil prolongada (Suirezs, 2010).

Una sustancia química es considerada como preservante de madera si cumple con los siguientes requisitos:

- Toxicidad: debe ser tóxico para la actividad de los agentes biológicos que destruyen la madera.

- Penetrabilidad: debe penetrar con facilidad en la madera y alcanzar la máxima profundidad.
- Permanencia: los productos no deben ser lixiviables ni volátiles.
- Inocuidad: una vez que la madera esté impregnada, no deben ser nocivos para el hombre ni para animales domésticos.
- No corrosivos: no deben oxidar a los metales que sirvan de uniones entre las maderas.
- No combustibles: No deben favorecer la combustión en la madera.
- No fitotóxicos: las maderas impregnadas, cuando deben ser usadas en la producción agrícola no deben afectar a sus productos.
- Fácil aplicación: el producto no debe presentar dificultades para su aplicación en la madera.
- Permitir acabados: debe permitir la pintura y el laqueado de la madera.
- Económicos y accesibles: Debe ser fácil de conseguir en el mercado y con precio bajo.

Es difícil que un preservante cumpla con todas estas condiciones; sin embargo, aquél que reúna la mayoría de los requisitos enunciados será el más apropiado.

4.6.3. Clasificación de preservantes para madera

Los preservantes pueden ser clasificados de diversas formas. En este caso se clasificaron por su origen o naturaleza (Suirezs, 2010).

- Creosota, patentada en Inglaterra por Jhon Bethell en julio de 1838, su aplicación fue en postes y durmientes; la madera impregnada con este producto no permite acabados superficiales.
- Orgánicos (oleosolubles), estos productos son de fácil penetración y permiten el laqueado y pintado de la madera.

- Inorgánicos (hidrosolubles), en este grupo de preservantes se encuentran las sales metálicas simples, dobles y múltiples.

4.6.4. Breve descripción de preservantes

4.6.4.1. Creosota

Por carbonización de la hulla se obtiene alquitrán y por destilación se obtiene creosota. La creosota es soluble en cloroformo, éter, alcohol. Recién destilada es un aceite amarillo claro, con tinte verdoso, pero por oxidación en contacto con el aire toma un color marrón oscuro. El olor y color son sus mayores limitaciones para su uso. Se aplica en postes, pilotes, durmientes, muelles.

4.6.4.2. Productos orgánicos (oleosolubles)

Naftenatos: Resultan de la combinación de ácidos nafténicos que se obtienen como subproductos en la refinación del petróleo. Los naftenatos son compuestos cerosos solubles en aceites y se aplican con brochas, aspersion o por inmersión.

Pentaclorofenol (PCP): Compuesto cristalino. Formado por la reacción del cloro con el fenol. Fue patentado en Estados Unidos, 1936. Es eficaz contra hongos e insectos, ineficaz contra perforadores marinos. Se disuelve en aceite es irritante para la piel y mucosa.

Oxido tributil estannoso (O. de Bis tributil-Estañoso TBTO): Se fija en la celulosa. Hay que reforzar con pentaclorofenol. Se aplica con brocha, aspersion o inmersión.

Quinolinolato 8 de cobre: Se puede preservar la madera que va a estar en contacto con productos alimenticios. Volátil a 300 °C.

4.6.4.3. Productos inorgánicos (Hidrosolubles)

Son sales metálicas simples, dobles o múltiples solubles en agua. No dan olores a la madera. Permiten acabados, laca, pintura, etc.

Sales múltiples

- Arseniato de cobre cromatado (CCA)
- Cromocuprobórico (CCB)
- Arseniato de cobre amoniacal (ACA)
- CA-B (cobre azol): Está formulado en base a cobre y azoles orgánicos.

Protege a la madera contra hongos de pudrición e insectos. Es de baja contaminación y bajo efecto en el medio ambiente. Se puede usar en maderas sobre el suelo o empotradas en él (Geldes González, 2008).

Wolman E CA-B (nombre comercial con el cual se consigue el producto CA-B) es un preservante libre de Cromo y Arsénico. Se aplica a la madera seca, bajo el contenido de humedad de equilibrio, mediante un proceso industrial Vacío- Presión, en autoclave herméticamente cerrado, manteniéndose el producto químico en forma segura y sin contacto con los operadores. Los requisitos de retención y penetración del producto dentro de la madera están establecidos en la norma chilena NCh 819, en base al uso o riesgo de exposición de la madera en servicio, y en la norma AWPA, standard UC1 a UC4 (Arch Quimetal, 2015).

Características de la Madera Impregnada con Wolman E CA-B:

- Libre de metales considerados pesados.
- Protegida contra hongos de pudrición e insectos incluida la termita subterránea.
- Es de baja contaminación y bajo afecto sobre el medio ambiente.
- No afecta la salud de las personas en contacto con ella.
- Se utiliza en maderas sobre y empotradas en el suelo. (Arch Quimetal, 2015).

4.6.5. Métodos de preservación

4.6.5.1. Tratamientos sin presión

Brocha, rodillos y aspersion: Protección superficial y temporaria de la madera. Se debería tratar la madera con este método una vez al año. Es necesario el uso de equipos de protección.

Inmersión: Se sumerge la madera en solución. Puede ser breve: segundos o minutos, o prolongado: horas o días. Con estos métodos la retención es baja, se utiliza en piezas acabadas.

Baño caliente – frío: Tiene una duración máxima 24 horas. La temperatura está entre 70 y 90 °C. La duración de cada baño depende de la especie, tipo de solución y dimensiones de la pieza. Por cada cm a calentar se requiere 1 hora de calentamiento. La duración del baño frío se recomienda que sea el doble que la del caliente. El impregnante utilizado es creosota o pentaclorofenol al 5%. La madera estacionada, se sumerge total o parcialmente en un recipiente que contiene el impregnante a una temperatura de 85-90 °C. La carga de madera se mantiene en dicho baño un tiempo que oscila alrededor de una hora por cada cm de espesor, o de diámetro, durante ese período el aire contenido en la madera se calienta y se expande, saliendo del leño en forma de burbujas en la superficie del líquido, cuando este fenómeno cesa significa que todo el aire ha sido desalojado de la madera. Seguidamente se pasa la madera a la pileta con el producto a temperatura ambiente. De este modo el aire remanente de la madera se enfría y se contrae, provocando un vacío parcial, que impulsa al preservante a entrar en los espacios libres que dejó el aire expandido. Por este método se obtienen buenas retenciones o penetraciones.

Difusión simple: Se utiliza este método en maderas recién cortadas. Se sumerge la madera en el preservante para que absorba la sal. Luego se almacena cubriendo las maderas con un plástico para mantener la atmósfera saturada. La eficiencia del tratamiento depende de la humedad, tipo y espesor de las piezas y concentración del preservante.

Difusión doble: Se aplican por separado dos productos diferentes. Por ejemplo: Primero sulfato de cobre, luego cromato sódico. Estos productos reaccionan en la madera dando precipitados insolubles en agua. En la práctica se coloca producto en pasta y se deja actuar entre 15 y 30 días.

4.6.5.2. Tratamientos a presión

Se basan en la producción de presiones, por medio de vacíos parciales o columnas del líquido impregnante. Los mejores resultados en impregnación de maderas se obtienen con el empleo de estos métodos, utilizando “Autoclaves”, (Cilindros metálicos herméticamente cerrados en los que se puede aplicar vacío-presión), imágenes 5 y 6.



Imagen 5. Autoclave para impregnar.
Fuente: Cátedra de Tecnología de la madera, FCF.

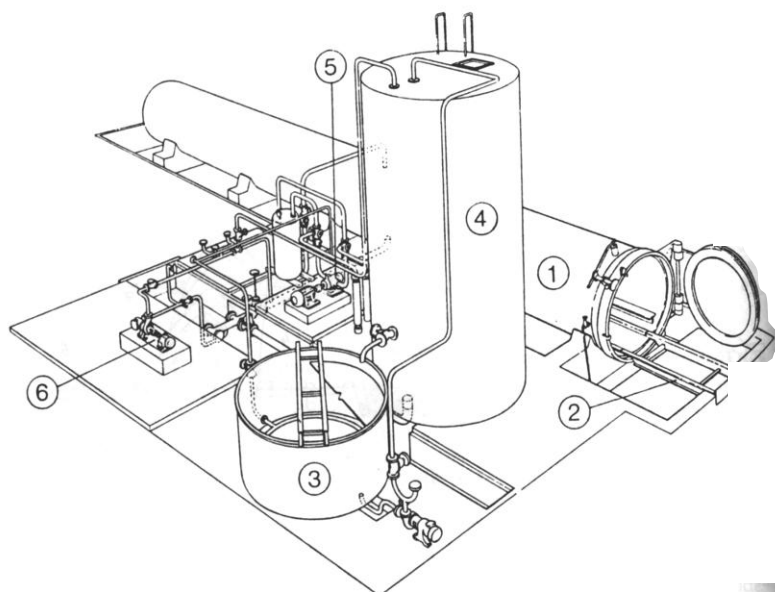


Imagen 6. Equipos principales que forman parte del proceso de impregnación a presión. Fuente: Cátedra de Tecnología de la madera, FCF.

Referencias imagen 6:

- 1- Autoclave con puerta de cierre rápido.
- 2- Rieles para el carro transportador.
- 3- Tanque de mezcla.
- 4- Tanque de almacenamiento.
- 5- Bomba de vacío.
- 6- Bomba de presión.

Método Bethell

El francés Jean Robert Bréant, patentó en 1831 un proceso para aplicar en la madera preservantes con presión en cámara cerrada. Fue el precursor de todos los sistemas actuales de aplicación de preservantes con presión. En 1838 John Bethell patentó un proceso de célula llena para la aplicación de creosota a presión.

Este proceso permite obtener las máximas penetraciones y mayores absorciones, y se lo emplea siempre con soluciones oleosolubles debido a los

grandes volúmenes de solución que debe colocarse en la madera para lograr las retenciones necesarias (150 a 300 litros/m³). Por esta circunstancia se llama “Sistema a célula llena”, por saturar los espacios del tejido leñoso.

Método Burnett

En 1838 Burnett patentó el proceso para impregnar maderas a presión (Célula llena) con preservantes hidrosolubles. El método cumple con las mismas etapas que el método de Bethell.

Los desarrollos más importantes en la aplicación a presión de preservantes fueron: la creación del proceso Boulton en 1881 por Samuel Bagster Boulton y los procesos a célula vacía en 1902 por Max Rüeping y en 1906 por C. B. Lowry.

Método Lowry

Este proceso es muy semejante al Rüeping, solo que no se usa presión inicial del aire superior a la atmosférica. Permite obtener absorciones y retenciones medianas, empleándose generalmente Creosota u oleosolubles.

Método Rüeping

En este método no se realiza vacío inicial con el fin de economizar preservante. Se aplica presión al aire de la madera antes de la introducción del preservante.

En los procesos de impregnación por presión es muy importante que se realice el vacío final, para recuperar el remanente que queda sobre la superficie de la madera y evitar que el impregnante contamine el suelo, al retirar la madera del autoclave.

Según Martínez (1952), los procedimientos empleados para aplicar antisépticos a la madera, por presión en autoclave, se reducen en esencia a tres: Bethell o Burnett, Lowry y Rüeping, ya que todos los demás no son más que una modalidad o combinación de éstos.

4.7. Descripción de especies madereras

4.7.1. *Pinus taeda* L. Marion

Pinus taeda L. Marion es una especie arbórea, imagen 7, de la familia de las pináceas, originaria del sudeste estadounidense, ampliamente difundida en nuestro país, constituye una de las especies más utilizadas en la reforestaciones de la provincia de Misiones.

En la madera de *Pinus taeda* L. Marion, imagen 8, se observa una transición brusca entre el leño temprano y tardío. Las traqueidas del leño inicial presentan paredes más delgadas que las del leño tardío. Las puntuaciones areoladas son más frecuentes y sus diámetros son mayores en el leño temprano que en el tardío. Predominan los radios uniseriados con una a catorce células de altura (Muñiz, 1993).

González, *et al.* (1993), estudiaron las propiedades del *Pinus taeda* de 13 y 14 años de edad y obtuvo valores promedios de peso específico aparente de 0,47 g/cm³, contracción total tangencial de 6,1 %, radial 3,8 % y volumétrica de 10,4 %. El módulo de rotura y el de elasticidad a la flexión estática es de 776 y 63748 kg/cm², respectivamente. Dureza Janka transversal 377 kg/cm², tangencial 320 kg/cm², y radial 307 kg/cm².

Suirezs (2005), estudió la madera de *Pinus taeda* L. impregnada con CCA con retenciones de 5, 10 y 15 kg/m³ y no encontró diferencias significativas en los pesos específicos aparentes, contracciones e hinchamiento entre las maderas sin impregnar e impregnadas. Entre las propiedades mecánicas, como ser módulo de rotura, módulo de elasticidad a la flexión estática, módulo de rotura a la compresión paralela a las fibras, dureza Janka, en la cara radial y en la cara tangencial, no observaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, el tratamiento produjo efecto estadísticamente significativo en dureza Janka sobre la cara transversal y en el módulo de elasticidad a la compresión paralela a las fibras.

Bobadilla, *et al.* (2006) estudiaron la durabilidad de la madera de *Pinus taeda* L. sin impregnar e impregnada con CCA tipo C, con retenciones de 5, 10 y 15

kg/m³, frente a la acción de los hongos xilófagos, *Pycnoporus sanguineus*, *Laetiporus sulphureus*, *Plerotus sajor caju*, *Ganoderma applanatum*, *Gloeophyllum sp.*, en ensayos de laboratorio. La degradación fue evaluada a través de la pérdida de peso. La madera de esta especie, sin impregnar fue perecedera y moderadamente resistente con retenciones de 5 y 10 kg/m³ de CCA, y resistente frente a la acción de las cinco especies de hongos cuando presenta una retención de 15 kg/m³ de CCA.



Imagen 7. Espécimen de *Pinus taeda*.
Fuente: <http://www.planfor.es/compra,pino-taeda,90,E>



Imagen 8. Madera de *Pinus taeda*.

Fuente:

<http://www.barracadonaamerico.com.uy/v2/>

4.7.2. *Bastardiopsis densiflora* (Hook. et Arn.) Hassl

Bastardiopsis densiflora (Hook. & Arn.) Hassl, perteneciente a la familia botánica Malváceas, es conocido como loro blanco, imagen 9, habita la selva misionera donde se presenta ocupando el estrato arbóreo superior y medio de la misma. Su madera presenta hermoso color blanco-amarillento que se torna ocráceo a medida que transcurre el tiempo; en este caso se nota diferencia entre albura y duramen, pues la primera mantiene su color más claro. Es madera moderadamente dura y semi-pesada, su densidad es 0,700. Los demás caracteres presentados por la Administración Nacional de Bosques son: contracción por ciento, radial 5,3; tangencial 8,5 y volumétrica 1,000; módulo de elasticidad 88300. Compresión axial kg/cm^2 : tensión límite proporcional 245; módulo de rotura 538; módulo de elasticidad 140000. Corte kg/cm^2 : tensión de rotura 103. Tracción normal kg/cm^2 : tensión de rotura 81. Dureza kg/cm^2 : transversal 510. Es madera de muy buenos caracteres xilológicos y fácil de trabajar; por lo tanto útil para hacer chapas destinadas a decoración de muebles e interiores claros. También se la puede usar en madera maciza para igual fin. Tiene usos locales en la provincia de Misiones en cajonería y carpintería general (Tortorelli, 2009).

Proporciona madera moderadamente dura, blanco amarillenta, Imagen 10, fácil de trabajar, apta para carpintería, cajonería, enchapados (Dimitri, 1977).

González, *et al.* (2003) al estudiar las propiedades del loro blanco encontró peso específico aparente estacionado fue de 670 kg/m^3 , peso específico anhidro $0,62 \text{ kg/m}^3$, peso específico básico $0,57 \text{ kg/m}^3$. Contracción total tangencial 8,18 %; Radial 5,131 %; Axial 0,45 %. Coeficiente de contracción tangencial y radial 0,29 y 0,19 respectivamente. Coeficiente de anisotropía: 1,59 y punto de saturación de fibras 27 %. Modulo de rotura y elasticidad a la flexión estática $612,2$ y 59440 kg/cm^2 . Compresión paralela a las fibras: módulo de rotura $421,83 \text{ kg/cm}^2$; módulo de elasticidad $37129,04 \text{ kg/cm}^2$. Dureza Janka tangencial $330,31 \text{ kg/cm}^2$, radial: $323,9 \text{ kg/cm}^2$ y transversal: $521,87 \text{ kg/cm}^2$.



Imagen 9. Espécimen de *Bastardiopsis densiflora*.

Fuente:

<http://ibflorestas.org.br/loja/mudas/muda-40a60-louro-branco.html>



Imagen 10. Madera de *Bastardiopsis densiflora*.

Fuente:

<http://www.jwdmaderas.com.ar/lorob.html>

4.8. Descripción de especies de hongos xilófagos

De acuerdo con su naturaleza los hongos se dividen en perfectos (Ascomicetos y Basidiomicetos) e imperfectos (Boletín de información técnica N° 192. Agentes destructores de la madera. Disponible en http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3239_11585.pdf. Página consultada en febrero 2015).

Los basidiomicetos (Basidiomycota) son una división del reino Fungi que incluye los hongos que producen basidios con basidiosporas. Contiene a las clásicas setas y hongos con sombrero. Los hongos que se describen a

continuación pertenecen a este taxón (<http://conabio.inaturalist.org/taxa/47169-Basidiomycota#Clasificaci.C3.B3n>, 2014).

4.8.1. *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.

Ganoderma applanatum (Pers.) Pat. es conocido comúnmente como oreja de palo. Está clasificado como un polyporo, que significa literalmente "muchos poros". Los poros son de color blanco y se encuentran bajo la superficie del cuerpo de fructificación. También es conocido como un " hongo plataforma " porque el cuerpo de fructificación forma una plataforma en los lados de los árboles y troncos (Volk, 2010).

Tienen el sombrero cubierto por una capa dura brillante, como lacada. Carne consistente o dura, coloreada de leonado o pardo. Sin cistidios. Esporas de color pardo-canela o herrumbre, ovales, con un extremo truncado. Suelen cultivarse bien en medios artificiales (Rollan, 1980).

Son especies saprófitas y a veces parasitarias; creciendo solos o en grupos en troncos y tocones en descomposición. Muy ampliamente distribuidos y comunes (Kuo, 2004).

Crece sobre todo en frondosas, causando podredumbre blanca o amarillenta, con cavidades llenas de micelio blanco (Rollan, 1980).



Imagen 11. *Ganoderma applanatum*.

Disponible en: <http://mushroom-collecting.com/mushroomartist.html>

4.8.2. *Laetiporus sulphureus* (Bull) Murrill

Laetiporus sulphureus (Bull) Murrill obtuvo su nombre de *sulphureus* referido a “amarillo azufre”, conocido comúnmente como repisa de azufre, porque su cuerpo fructífero se dispone en forma de repisa; es suave y carnoso en estadios tempranos y duro en estado adulto. El píleo es de 12 a 21cm de ancho y de 6 a 15 cm de longitud. La superficie es semejante a la gamuza, radialmente rugosa, color crema naranja o amarillo azufre, con líneas o zonas naranja brillante. El margen es amarillento. El relleno (contexto) es grueso, suave y acuoso cuando está fresco y desmenuzable cuando está maduro; es de color blanco. Tiene olor fúngico y sabor levemente agrio. La superficie inferior o fértil va de lisa a finamente porosa, su color es amarillo azufre, que se oscurece al ser manipulada. El estípite está ausente y se encuentra adherido lateralmente a la madera. Las esporas son blancas cuando están agrupadas (Mata, 2011).

Fructifica principalmente sobre troncos de frondosas al iniciarse las lluvias (mayo a junio), pero los cuerpos fructíferos se mantienen por muchos meses.



Imagen 12. *Laetiporus sulphureus*.

Disponible en: <http://conabio.inaturalist.org/taxa/53713-Laetiporus-sulphureus>

4.8.3. Género *Gloeophyllum*

Las especies del género *Gloeophyllum* son lignícolas, con un carpóforo de consistencia dura, de colores ocre, grises, café, oxido. Suelen tener forma de concha y se unen al sustrato con pie corto o directamente, sin él. Su cutícula es arrugada o pilosa. Su himenio puede estar compuesto de poros, ser lamelado o daedaloides y de colores marrones. Microscópicamente, sus esporas son lisas, cilíndricas, hialinas y no amiloides (Cuesta & Jiménez, 2014).



Imagen 13. Género *Gloeophyllum*.

Disponible en: <http://conabio.inaturalist.org/taxa/67341-Gloeophyllum>

4.8.4. *Pleurotus sajor caju* (Fr.) Singer

Pleurotus sajor caju (Fr.) Singer es un hongo saprofito o parásito débil, descomponedor de madera, crece abundantemente sobre aliso, balso y arce, principalmente en los valles de los ríos. La palabra pleurotus viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite en relación al píleo (Stamets & Chilton, 1983).

Los hongos del género *Pleurotus*, son capaces de degradar selectivamente la lignina, produciendo una podredumbre blanquecina o Pudrición

blanca (Castro Ríos, 2006). Este género presenta algunas especies comestibles de gran interés comercial.



Imagen 14. *Pleurotus sajor cajú*.

Disponible en: <http://www.pbase.com/chinham/image/59787166>

5. METODOLOGÍA

El diseño experimental es completamente aleatorizado y el análisis factorial $2 \times 2 \times 4$, donde el primero corresponde al número de especies de madera, el segundo al tratamiento impregnado y no impregnado, y el tercer factor a especies de hongos (Area, 2006).

Se realizaron pruebas estadísticas de significación para estimar si las medias entre tratamientos, madera sin impregnar y madera impregnada con CA-B, presentan diferencias. El estadístico utilizado fue el valor p , el cual expresa la probabilidad de que las medias estén comprendidas en la distribución, y así decidir entre aceptar o rechazar tal suposición.

Las probetas destinadas a los diferentes ensayos se obtuvieron de maderas comerciales de *Pinus taeda* L. Marion y *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl, seleccionadas al azar de tres aserraderos locales, para lo que se adquirieron cinco listones por establecimiento, de los que se elaboraron cuatro probetas por listón y por ensayo.

Para la estimación de cada una de las propiedades físicas y mecánicas a estudiar se utilizaron 20 probetas por especie de maderas impregnadas y 20 probetas por especie de madera sin impregnar como testigo. Para la realización de los ensayos físicos y mecánicos se utilizaron los siguientes elementos de trabajo: volumenómetro de Breuill, balanza Mettler, con precisión de 0,001 gramos, estufas de secado con termostato para regular temperaturas de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, calibre con precisión de medidas de 0,02 mm, cubetas, Máquina Universal de Ensayos, imagen 15. Las propiedades físicas se calcularon como lo establecen las normas IRAM: 9544, 9543, 9532 y las mecánicas según normas IRAM 9542 y 9570.



Imagen 15. Máquina Universal de Ensayos.
Fuente: Laboratorio de Tecnología de la madera, FCF.

La durabilidad se estudió en laboratorio aplicando las normas EN (Norma europea) 113 modificada.

Las maderas se impregnaron con CA-B, a una concentración de 0,027 kg/litro de solución, por el método vacío-presión-vacío. Método que consistió en aplicar vacío inicial de $-0,50 \text{ kg/cm}^2$ durante 15 minutos, luego se cargó el preservante mediante vacío, se dejó la madera impregnándose por 2 horas a 7 kg/cm^2 de presión y por último se realizó el vacío final durante 10 minutos, tomando como referencia el método Burnett, imagen 16, con modificaciones en los tiempos de aplicación de presión.

Se obtuvieron retenciones de $1,54 \text{ kg/m}^3$ en *Pinus taeda* y $1,32 \text{ kg/m}^3$ en *Bastardiopsis densiflora*, aplicando las ecuaciones establecidas en la Norma IRAM 9600:

$$A = (P_f - P_i) / V \quad \text{y} \quad R = (A * C) / 100$$

Donde:

A: Absorción, en kg/m³.

Pf: Peso final de la madera, en kg.

Pi: Peso inicial de la madera, en kg.

V: Volumen de la madera, en m³.

R: Retención en kg/m³.

C: Concentración de la solución impregnante, en %.

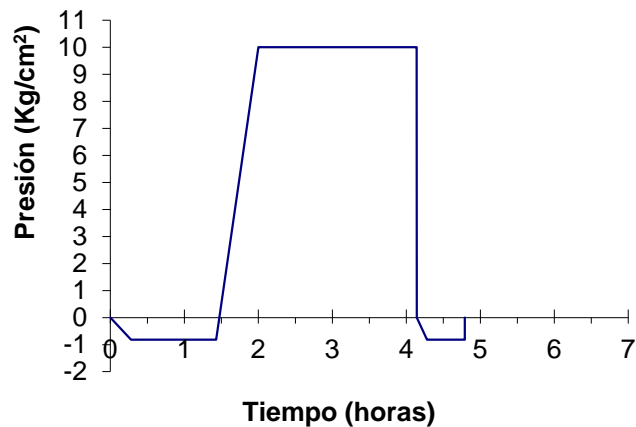


Imagen 16. Variación de la presión en el proceso de impregnación Burnett o célula llena.

El análisis de los datos obtenidos se hizo a través del análisis de variancia y comparación de medias.

5.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad se determinó mediante la ecuación que establece la norma IRAM N° 9532:

$$CH = ((Ph-Po)/Po)100$$

Siendo:

CH = Humedad de la madera, en %

Ph = Peso de la muestra húmeda, en gramos

Po = Peso de la muestra seca, en gramos

5.2. Peso específico aparente: estacionado, anhidro y básico de la madera

Los pesos específicos aparentes de la madera se calcularon según lo establece la Norma IRAM N° 9544. Utilizándose respectivamente las siguientes ecuaciones:

$$\text{PEE} = pe/ve$$

$$\text{PEA} = po/vo$$

$$\text{PEB} = po/vs$$

Siendo:

PEE = Peso específico estacionado, en g/cm^3

pe = Peso de la muestra estacionada, en gramos

ve = Volumen de la muestra estacionada, en cm^3

PEA = Peso específico anhidro (seca), en g/cm^3

po = Peso de la muestra seca, en gramos

vo = Volumen de la muestra seca, en cm^3

PEB = Peso específico básico, en g/cm^3

vs = Volumen de la muestra saturado, en cm^3

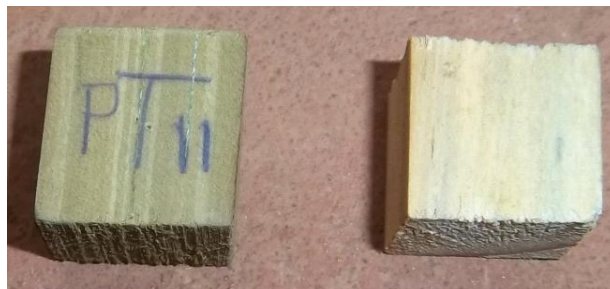


Imagen 17. Probetas de madera de *Pinus taeda* para estimación de pesos específicos, impregnada con CA-B (izquierda) y sin impregnar (derecha).

5.3. Contracciones de la madera

En las determinaciones de contracciones tangencial, radial y axial, Coeficiente de contracción y punto de saturación de las fibras, se trabajó como lo especifica la Norma IRAM N° 9543. Se utilizaron probetas de 2 cm² de sección y 5 cm de largo. Se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$CT = (L_s - L_o)/L_s) 100 \quad C = (L_e - L_o)/L_e) 100 \quad CC = C/CH \quad PSF=CT/CC$$

Siendo:

CT = Contracción total, %

Ls = Longitud saturada, cm

Lo = Longitud anhidra, cm

Le = Longitud estacionada, cm

C = Contracción desde el 12 % de humedad al anhidro, en %

CC = Coeficiente de contracción

CH = Contenido de humedad de la probeta estacionada, en %

PSF = Punto de saturación de las fibras, en %

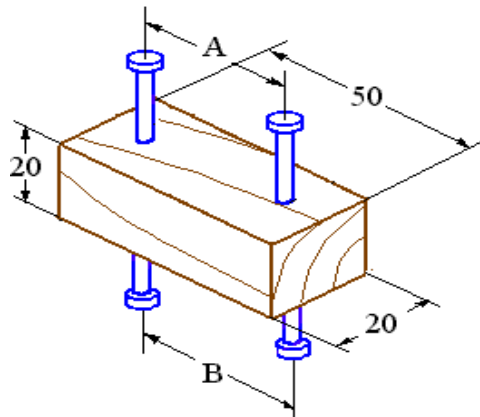


Imagen 18. Diseño de probeta con los 4 clavos para determinar la contracción e hinchamiento de la madera.

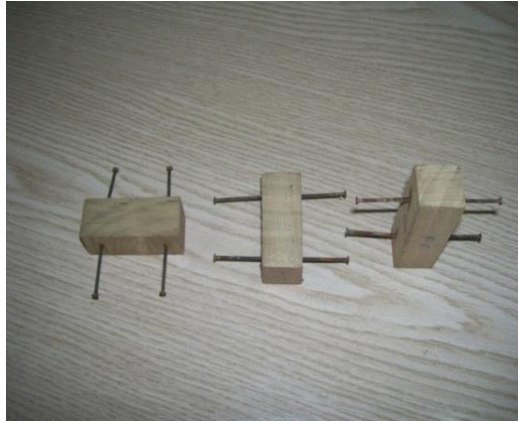


Imagen 19. Probetas para estimación de contracciones tangencial, radial y axial.

5.4. Flexión estática

Módulos de rotura y de elasticidad

Los módulos de rotura y módulos de elasticidad de las maderas se calcularon como lo especifica la Norma IRAM N° 9542. Con probetas de 2 cm de base x 2 cm de altura y 34 cm de largo. Para calcular los módulos de roturas y módulos de elasticidad se usaron las siguientes fórmulas:

$$\mathbf{MOR} = 3PL/2bh^2 \qquad \mathbf{MOE} = P'L^3/4bh^3f$$

Siendo:

MOR = módulo de rotura, en kg/cm²

P = Carga de rotura, en kg; **b** = Base, en cm

L = Longitud entre apoyos, en cm

h = Altura, en cm

MOE = Módulo de elasticidad, en kg/cm²

P' = Carga en el límite proporcional elástico, en kg

f = Deformación en el límite proporcional elástico, en cm

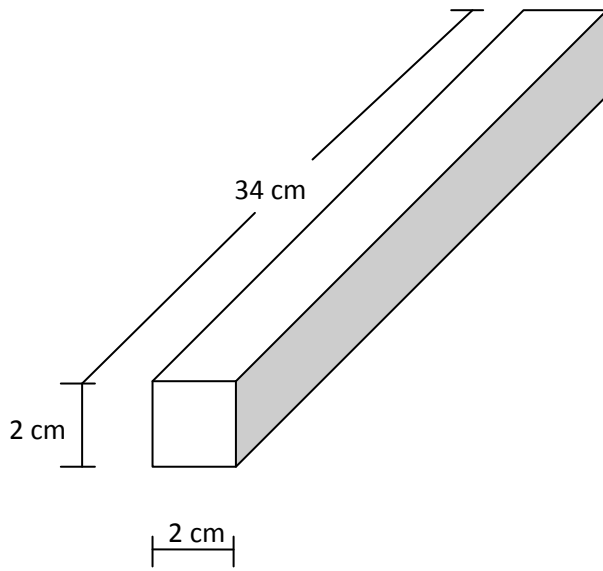


Imagen 20. Probeta para ensayo de resistencia a la flexión estática. IRAM 9542



Imagen 21. Probetas de madera de *Pinus taeda* sin impregnar (arriba) e impregnada con CA-B y posterior al ensayo de flexión estática (abajo).

5.5. Dureza Janka

La dureza de la madera es la resistencia que esta ofrece a la penetración de un cuerpo más duro. Maderas duras indican dificultad de trabajabilidad y generalmente son más pesadas. Las maderas duras son apropiadas para pisos, y todas aquellas piezas que requieren retener tornillos, clavos u otro tipo de conectores.

La dureza no está exactamente considerada como una propiedad mecánica de la madera, debido a los diversos métodos para su determinación y el diferente sentido físico de los valores que se obtienen.

Los ensayos de dureza se determinan según establece la Norma IRAM 9570, utilizándose probetas de sección cuadrada de 50 mm de lado y 150 mm de longitud, orientadas, de tal forma que las caras opuestas tengan dos superficies tangenciales, dos radiales y dos transversales. Se realiza un ensayo en cada superficie, obteniéndose medias para cada una de las superficies.

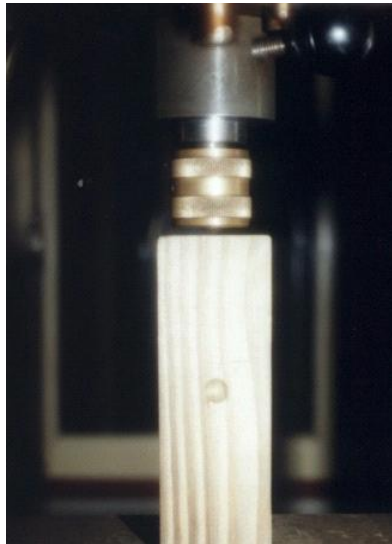


Imagen 22. Ensayo de dureza Janka.

El ensayo consiste en la introducción de una semiesfera de acero de 11,28 mm de diámetro, que deja una impronta de sección circular de un centímetro cuadrado de superficie, en la foto 6 se observa una probeta durante el ensayo.

La dureza se expresa en kg/cm^2 . La velocidad de carga del ensayo es de 6 mm/min.

Tabla 1. Clasificación de maderas argentinas propuesta por García & García (1949).

Maderas	Dureza Janka (kg/cm²)
Muy blandas	300
Blandas	301 a 500
Semiduras	501 a 700
Duras	701 a 1000
Muy duras	+ de 1000

5.6. Durabilidad

La durabilidad se estudió con un método de laboratorio que consiste en desarrollar las cepas de hongos en un medio de cultivo compuesto por agar-agar y extracto de malta, colocándose sobre él probetas de madera. Las probetas de 30 x 10 x 5 mm norma EN (Norma europea) 113 modificada fueron expuestas a los hongos durante 3 meses.



Imagen 23. Hongo cultivado y desarrollado en medio agar-agar y madera impregnada.

Los hongos xilófagos utilizados en este ensayo fueron *Gloeophyllum sp*, *Laetiporus sulphureus* (Bull) Murrill, *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. y *Pleurotus sajor caju* (Fr.) Singer.



Imagen 24. Probetas de madera de *Pinus taeda* sin impregnar después de la acción del hongo *Laetiporus sulphureus*.



Imagen 25. Probetas de madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B después de la acción del hongo *Laetiporus sulphureus*.



Imagen 26. Probetas de madera de *Bastardiopsis densiflora* sin impregnar después de la acción de los hongos *Gloeophyllum sp.* y *Laetiporus sulphureus*.

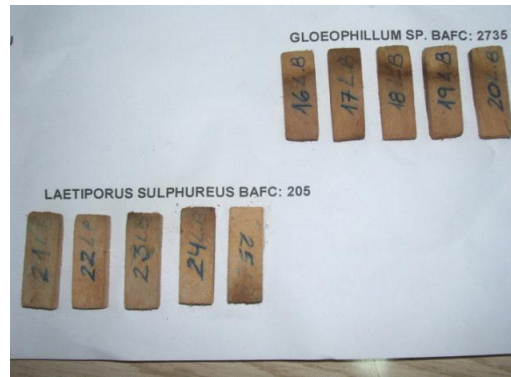


Imagen 27. Probetas de madera de *Bastardiopsis densiflora* impregnada con CA-B después de la acción de los hongos *Gloeophyllum sp.* y *Laetiporus sulphureus*.

El dato final del ensayo de laboratorio es % de pérdida de peso después del ataque de los hongos respecto del inicio del mismo.

$$PP\% = ((Pf-Po)/Po)100$$

Siendo:

PP% = Pérdida de Peso, en %

Pf = Peso final de la muestra atacada por el hongo, en mg

Po = Peso inicial de la muestra antes de inocularse el hongo, en mg

Para la clasificación se empleó el Criterio de Findlay (1951), que se indica a continuación:

Tabla 2. Clasificación de maderas según criterio Findlay.	
Pérdida de peso	Categoría de Resistencia
Inferior al 5 %	Muy Resistente
5 % al 10 %	Resistente
10 % al 20 %	Moderadamente resistente
20 % al 30 %	No resistente
Superior al 30 %	Sin resistencia

6. RESULTADOS

La comparación de los valores medios de propiedades físicas, mecánicas y durabilidad, entre la madera sin impregnar e impregnada con CA-B, detallados a continuación, correspondieron a un nivel de confianza del 95 % para los p-valores del test F. Valores inferiores a 0,05 denotan diferencias estadísticamente significativas e indican lo contrario cuando los valores son superiores a 0,05.

En tabla 3 se presentan los valores de pesos específicos aparentes de las maderas de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin impregnar e impregnadas con CA-B.

Tabla 3. Pesos específicos aparentes de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Especie	Tratamiento	PEE (g/cm ³)		PEA (g/cm ³)		PEB (g/cm ³)	
		Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt
<i>Pinus taeda</i>	Sin impregnar	0,511a	0,054	0,499a	0,060	0,424a	0,045
	Impregnado	0,558b	0,088	0,526a	0,085	0,475b	0,072
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Sin impregnar	0,678a	0,056	0,634a	0,051	0,566a	0,043
	Impregnado	0,648b	0,019	0,622a	0,016	0,542b	0,015

Donde: **PEE**: peso específico aparente estacionado; **PEA**: peso específico aparente anhidro; **PEB**: peso específico aparente básico; **Ma**: media aritmética y **Dt**: desviación típica.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

En el peso específico aparente anhidro, tanto de *Pinus taeda* como de *Bastardiopsis densiflora*, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos, obteniéndose el p-valor del test F = 0,2556 para *Pinus taeda* y 0,3410 para *Bastardiopsis densiflora*.

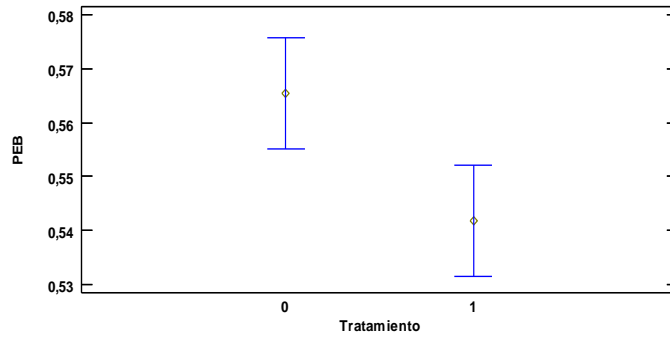


Gráfico 1. Peso específico aparente básico en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

En cuanto a los pesos específicos aparentes básicos medios el p-valor del test F = 0,0117 para *Pinus taeda* y 0,0256 para *Bastardiopsis densiflora*, ambos inferiores a 0,05, por lo que existieron diferencias estadísticamente significativas en estos resultados. Gráfico 1.

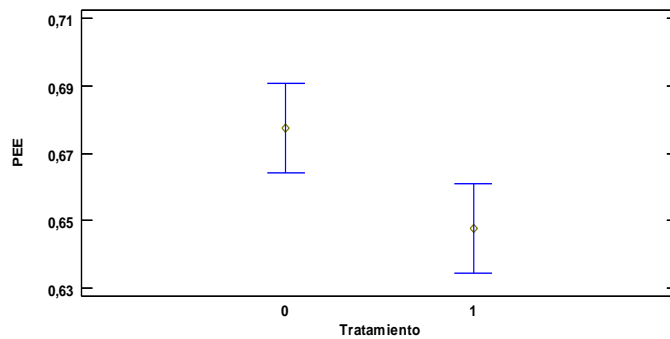


Gráfico 2. Peso específico aparente estacionado en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

Respecto a los p-valor del test F de pesos específicos aparentes medios en estado estacionado, para *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, se obtuvo 0,0461 y 0,0303, respectivamente, los que denotaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Gráfico 2.

El peso específico aparente estacionado obtenido para *Pinus taeda* sin impregnar, $0,511 \text{ g/cm}^3$, fue levemente superior al encontrado por González, *et al* (1993), quienes obtuvieron $0,47 \text{ g/cm}^3$.

Para *Bastardiopsis densiflora* sin impregnar se obtuvo un peso específico aparente estacionado de $0,678 \text{ g/cm}^3$ mientras que González, *et al.* (2003) obtuvo $0,67 \text{ g/cm}^3$.

Suirezs (2005), estudió la madera de *Pinus taeda* impregnada con CCA con retenciones de 5, 10 y 15 kg/m^3 y no encontró diferencias significativas en los pesos específicos aparentes. En este trabajo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los pesos específicos aparentes básico y estacionado, de *Pinus taeda* y de *Bastardiopsis densiflora*, de la madera impregnada con CA-B respecto a la madera sin impregnar.

En tabla 4 se muestran los resultados de contenido de humedad y de contracciones totales en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B. En tabla 5 se dan los resultados obtenidos para los coeficientes de contracción, en los tres sentidos, y valores del punto de saturación de fibras de ambas especies, con los dos tratamientos.

Tabla 4. Contenido de humedad y contracciones totales en los sentidos radial, tangencial y longitudinal en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Especie	Tratamiento	CH (%)		CTRd (%)		CTTg (%)		CTAx (%)	
		Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt
<i>Pinus taeda</i>	Sin impregnar	13,01a	0,96	3,91a	1,08	6,26a	1,11	0,37a	0,18
	Impregnado	13,01a	0,95	3,31a	0,69	5,17a	0,56	0,46a	0,12
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Sin impregnar	14,27a	0,42	5,29a	0,73	8,20a	0,98	0,74a	0,14
	Impregnado	14,02a	1,61	4,01b	0,78	7,27a	0,86	0,67a	0,12

Donde: **CH**: contenido de humedad; **CTRd**: contracción total radial; **CTTg**: contracción total tangencial y **CTAx**: contracción total longitudinal; **Ma**: media aritmética y **Dt**: desviación típica.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

En el análisis del contenido de humedad en *Pinus taeda*, el p-valor del test F fue 0,9931 por lo que no existió diferencia estadísticamente significativa entre las medias de un tratamiento y otro. Lo mismo ocurrió entre las medias del contenido de humedad de *Bastardiopsis densiflora*, en el que el valor-P de la razón-F fue 0,4963.

Al comparar las contracciones totales longitudinales medias en *Pinus taeda* resultó el p-valor del test F = 0,0600, el que al ser superior 0,05 indicó que no hay diferencias estadísticamente significativa entre los tratamientos. Asimismo ocurrió en la comparación hecha en *Bastardiopsis densiflora*, para el cual el p-valor del test F = 0,1183.

La comparación de las contracciones totales radiales medias arrojó un p-valor del test F = 0,0683 en *Pinus taeda* y menor a 0,05 en *Bastardiopsis densiflora*, valores que reflejaron que para *Pinus taeda* no hubo diferencias estadísticamente significativas, en cambio si las hubo entre las contracciones totales radiales medias de ambos tratamientos para *Bastardiopsis densiflora*.

En cuanto a la comparación de las contracciones totales tangenciales medias de la madera impregnada y la madera sin impregnar se tuvo p-valor del test F = 0,0012 para *Pinus taeda* y 0,0027 para *Bastardiopsis densiflora*, ambos valores menores a 0,05, indicaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Gráfico 3.

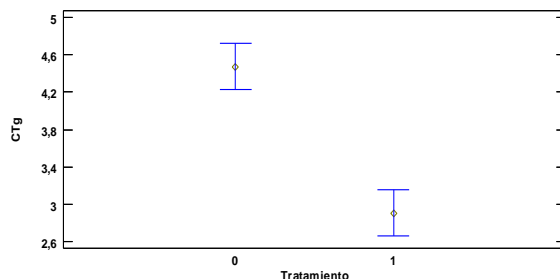


Gráfico 3. Contracción total tangencial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

La contracción total tangencial de *Pinus taeda* sin impregnar resultó de 6,259 %, cercano al obtenido por González, *et al.* (1993), quienes obtuvieron 6,1 %. Gráfico 4.

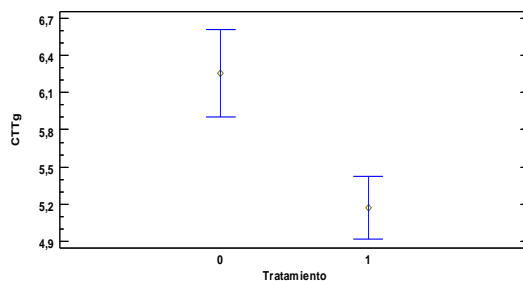


Gráfico 4. Contracción total tangencial en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

En *Bastardiopsis densiflora* sin impregnar la contracción total tangencial fue de 8,199 % mientras que González, *et al.* (2003) obtuvo 8,18 %.

En este trabajo se encontraron diferencias significativas entre las contracciones totales radiales medias de ambos tratamientos en *Bastardiopsis densiflora* y, asimismo, en las contracciones totales tangenciales medias, de la madera impregnada y la madera sin impregnar de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*. Suirezs (2005), estudió la madera de *Pinus taeda* impregnada con CCA con retenciones de 5, 10 y 15 kg/m³ y no encontró diferencias significativas en las contracciones e hinchamiento entre las maderas sin impregnar e impregnadas.

Tabla 5. Coeficientes de contracción en los sentidos radial, tangencial y longitudinal, y punto de saturación de fibras en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Especie	Tratamiento	CCRd (%)		CCTg (%)		CCAx (%)		PSF (%)	
		Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt
<i>Pinus taeda</i>	Sin impregnar	0,14a	0,05	0,20a	0,05	0,016a	0,009	29,07a	12,56
	Impregnado	0,13a	0,02	0,22a	0,03	0,021b	0,006	23,68b	3,84
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Sin impregnar	0,21a	0,03	0,31a	0,04	0,028a	0,01	27,22a	5,68
	Impregnado	0,14b	0,04	0,30a	0,19	0,031a	0,01	27,99a	13,71

Donde: **CCRd**: coeficiente de contracción radial; **CCTg**: coeficiente de contracción tangencial; **CCAx**: coeficiente de contracción longitudinal; **PSF**: punto de saturación de fibras; **Ma**: media aritmética y **Dt**: desviación típica.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

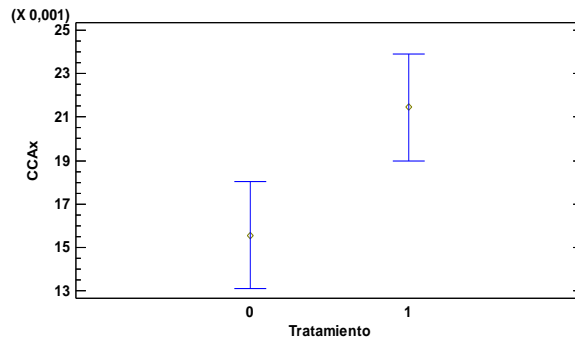


Gráfico 5. Coeficiente de contracción longitudinal en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0**: madera sin impregnar; **Tratamiento 1**: madera impregnada con CA-B.

El análisis estadístico del coeficiente de contracción longitudinal en *Pinus taeda*, Gráfico 5, mostró diferencias significativas entre las medias correspondientes a la madera sin impregnar e impregnada con CA-B, dado que el valor-p del test F fue 0,0203, menor que 0,05. No ocurrió lo mismo en los coeficientes de contracción radial y tangencial para esta especie, puesto que los valor-p del test F fueron 0,8409 y 0,3439 respectivamente.

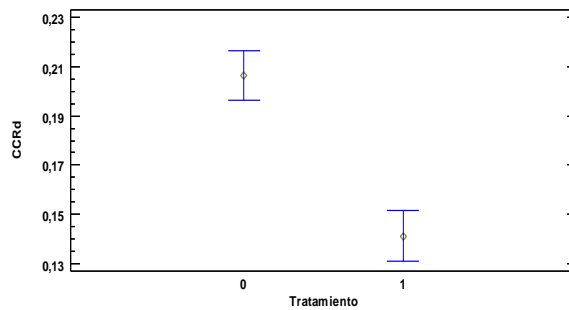


Gráfico 6. Coeficiente de contracción radial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0**: madera sin impregnar; **Tratamiento 1**: madera impregnada con CA-B.

En *Bastardiopsis densiflora* se observó diferencias estadísticamente significativas, de un tratamiento a otro, en el coeficiente de contracción radial, Gráfico 6, cuyo valor-p del test F fue menor a 0,05, no ocurriendo así en los coeficientes de contracción longitudinal y tangencial.

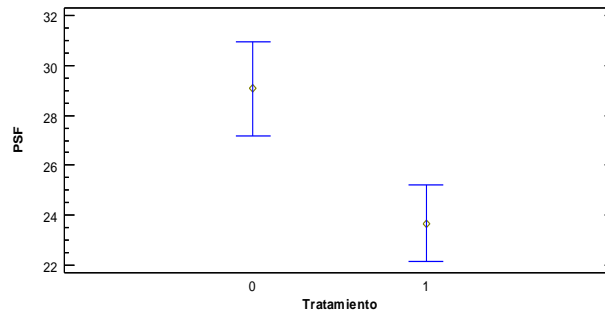


Gráfico 7. Punto de saturación de fibras en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

El punto de saturación de fibras en *Pinus taeda* varió de manera significativa entre la madera sin impregnar y la impregnada con CA-B, dado que el valor-p del test F fue menor que 0,05. Gráfico 7.

No existieron diferencias estadísticamente significativas en el punto de saturación de fibras de la madera de *Bastardiopsis densiflora*, de un tratamiento a otro, ya que el valor-p del test F fue 0,6917.

Al estudiar las propiedades del loro blanco se obtuvo 0,31 % para coeficiente de contracción tangencial y 0,21 % para el coeficiente de contracción radial sin impregnar; y 27,22 % para el punto de saturación de fibras. Estos valores son similares a los que encontró González, *et al.* (2003), cuyos valores son: coeficiente de contracción tangencial y radial 0,29 y 0,19 respectivamente y punto de saturación de fibras 27 %.

A continuación, en tabla 6 se presentan los módulos de rotura y de elasticidad obtenidos de las maderas de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin impregnar e impregnadas con CA-B, sometidos a flexión estática.

Tabla 6. Módulos de rotura y de elasticidad a la flexión estática en *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B.

Especie	Tratamiento	MOR (kg/cm ²)		MOE (kg/cm ²)	
		Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
<i>Pinus taeda</i>	Sin impregnar	599,8a	160,6	52068,3a	19383,5
	Impregnado	687,5a	152,5	84823,3b	26698,4
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Sin impregnar	641,0a	103,1	61920,8a	15414,1
	Impregnado	835,5b	129,3	93624,0b	16792,4

Donde: **MOR**: módulo de rotura a la flexión estática y **MOE**: módulo de elasticidad a la flexión estática.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

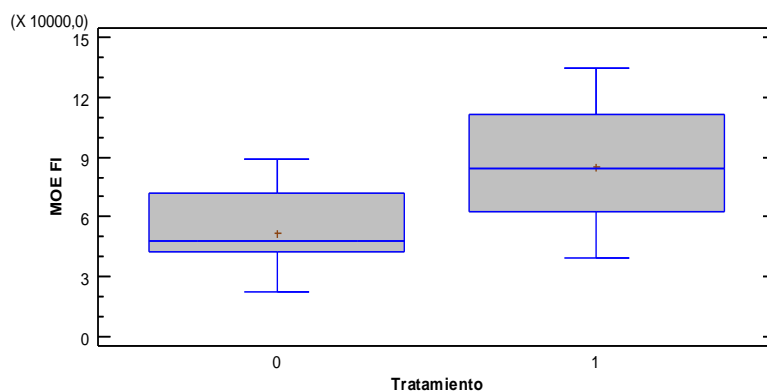


Gráfico 8. Módulo de elasticidad a la flexión estática en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0**: madera sin impregnar; **Tratamiento 1**: madera impregnada con CA-B.

En *Pinus taeda* no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los MOR medios en la flexión para ambos tratamientos, puesto que el p-valor del test $F = 0,0845$ fue superior a $0,05$. En cambio para las medias de MOE a la flexión si se observan diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en ambos tratamientos, dado que el p-valor calculado dio $0,000075$. Gráfico 8.

Suirezs (2005), estudió la madera de *Pinus taeda* L. impregnada con CCA con retenciones de 5, 10 y 15 kg/m^3 y no encontró diferencias significativas entre las propiedades mecánicas, como ser módulo de rotura y módulo de elasticidad a la flexión estática.

Respecto a los módulos de rotura y de elasticidad a la flexión estática de *Pinus taeda* sin impregnar se obtuvo $599,8 \text{ kg/cm}^2$ y $52068,3 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente; ambos valores inferiores a los obtenidos por González, et al (1993).

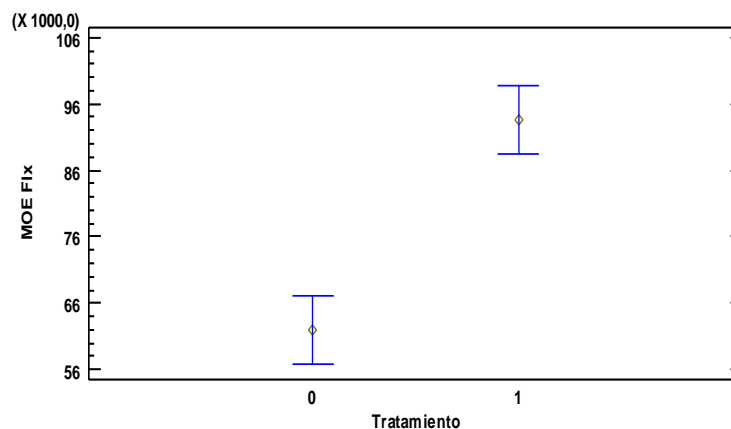


Gráfico 9. Módulo de elasticidad a la flexión estática en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0**: madera sin impregnar; **Tratamiento 1**: madera impregnada con CA-B.

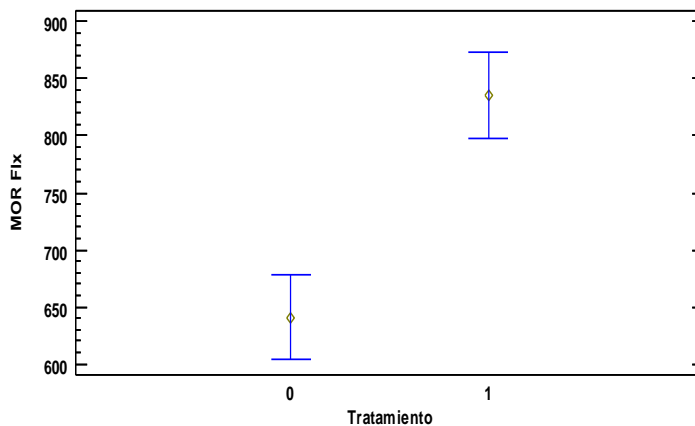


Gráfico 10. Módulo de rotura a la flexión estática en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

En *Bastardiopsis densiflora* el p-valor del test F fue inferior a 0,05, tanto entre los MOE como los MOR medios, en flexión, lo cual reflejó diferencias estadísticamente significativas de un tratamiento a otro. Gráficos 9 y 10.

Para *Bastardiopsis densiflora* González, *et al.* (2003) obtuvo 612,2 kg/cm² y 59440 kg/cm², en el presente trabajo se obtuvieron valores superiores, 641 kg/cm² y 61920,8 kg/cm², respectivamente, para los Módulos de rotura y elasticidad en la madera sin impregnar.

En tabla 7 se pueden observar los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Janka en superficies radial, tangencial y axial, de madera sin tratar y tratada con CA-B, de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*.

Tabla 7. Dureza Janka de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregación con CA-B.

Especie	Tratamiento	Dureza Janka (kg/cm ²)					
		Superficie radial		Superficie tangencial		Superficie transversal	
		Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt
<i>Pinus taeda</i>	Sin impregnar	268,3a	45,40	305,6a	68,85	341,2a	70,58
	Impregnado	254,4a	73,03	301,1a	70,24	353,5a	71,56
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Sin impregnar	360,9a	51,87	383,3a	68,85	554,0a	60,28
	Impregnado	463,4b	71,19	472,0b	77,24	546,1a	66,67

Donde, **Ma**: media aritmética y **Dt**: desviación típica.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

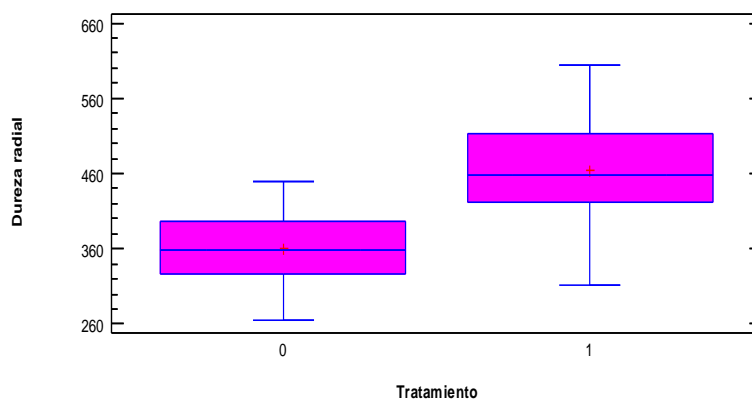


Gráfico 11. Dureza Janka radial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0**: madera sin impregnar; **Tratamiento 1**: madera impregnada con CA-B.

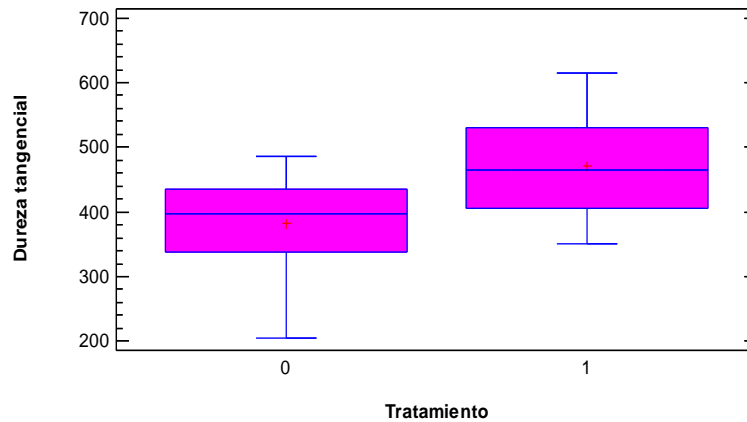


Gráfico 12. Dureza Janka tangencial en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 0:** madera sin impregnar; **Tratamiento 1:** madera impregnada con CA-B.

La comparación de medias de dureza Janka de madera impregnada con la de madera sin impregnar, arrojó para la superficie radial de *Pinus taeda* un p-valor del test F = 0,4737 y menor a 0,05 para *Bastardiopsis densiflora*. Estos valores indicaron que no hay diferencias estadísticamente significativas para dureza radial en *Pinus taeda* de un tratamiento a otro, y en cambio existieron en *Bastardiopsis densiflora*. Gráfico 11. Los resultados correspondientes a la superficie tangencial fueron 0,8407 para *Pinus taeda* y 0,0005 para *Bastardiopsis densiflora*; el primero reflejó la no existencia de diferencias estadísticamente significativas y para *Bastardiopsis densiflora* si existieron diferencias estadísticamente significativas para las medias de los dos tratamientos. Gráfico 12. La comparación de medias de dureza Janka en superficie transversal presentó un p-valor del test F = 0,5882 para *Pinus taeda* y 0,6974 para *Bastardiopsis densiflora*, en ambos casos no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de dureza Janka en superficie transversal, entre madera impregnada y sin impregnar.

Suirezs (2005) estudió la madera de *Pinus taeda* impregnada con CCA con retenciones de 5, 10 y 15 kg/m³ y encontró que el tratamiento produjo efecto estadísticamente significativo en dureza Janka sobre la cara transversal.

González, *et al.* (1993) obtuvo Dureza Janka transversal 377 kg/cm², tangencial 320 kg/cm², y radial 307 kg/cm² y en el presente trabajo los resultados fueron menores, ya que se obtuvo 341,2 kg/cm² para la superficie transversal, 305,6 kg/cm² para la cara tangencial y 268,3 kg/cm² para la superficie radial, para la madera de *Pinus taeda* sin impregnar.

Dureza Janka tangencial 383,3 kg/cm², radial 360,9 kg/cm² y transversal 554 kg/cm² fueron los valores obtenidos para *Bastardiopsis densiflora* sin impregnar, todos mayores a los obtenidos por González, *et al.* (2003), quienes obtuvieron Dureza Janka tangencial 330,31 kg/cm², radial: 323,9 kg/cm² y transversal: 521,87 kg/cm².

Los resultados de los ensayos de durabilidad en *Pinus taeda* se aprecian en tabla 8 y los correspondientes a *Bastardiopsis densiflora* se reflejan en tabla 9. En estas tablas se indican los porcentajes medios de pérdida de peso ocurridos en muestras de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora* expuestos al ataque de los hongos xilófagos *Ganoderma applanatum*, *Gloeophyllum sp*, *Laetiporus sulphureus* y *Pleurotus sajor cajú*, tanto de la madera tratada con CA-B así como de la que no fue tratada.

Tabla 8. Pérdida de peso en madera de *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Tratamientos		Hongos							
		<i>Ganoderma applanatum</i>		<i>Gloeophyllum sp</i>		<i>Laetiporus sulphureus</i>		<i>Pleurotus sajor cajú</i>	
		Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt
Pérdida de peso (%)	Madera sin impregnar	45,0a	6,2	34,0a	8,4	38,1a	13,2	13,8a	2,4
	Madera impregnada	2,7b	0,8	1,2b	0,7	3,2b	1,2	1,2b	0,6

Donde, **Ma**: media aritmética y **Dt**: desviación típica.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

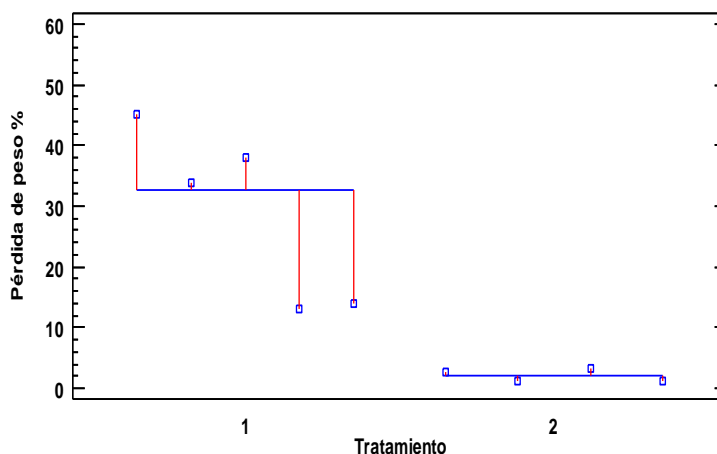


Gráfico 13. Durabilidad frente al ataque de 4 ssp de hongos en *Pinus taeda* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 1**: madera sin impregnar; **Tratamiento 2**: madera impregnada con CA-B.

Tabla 9. Pérdida de peso en madera de *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Tratamientos		Hongos							
		<i>Ganoderma applanatum</i>		<i>Gloeophyllum sp</i>		<i>Laetiporus sulphureus</i>		<i>Pleurotus sajor cajú</i>	
		Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt	Ma	Dt
Pérdida de peso (%)	Madera sin impregnar	49a	4,7	37,2a	11,4	29,8a	25,7	15,7a	1,0
	Madera impregnada	17,2b	4,7	7,0b	1,6	3,3b	0,5	10,2b	3,5

Donde, **Ma**: media aritmética y **Dt**: desviación típica.

Letras diferentes (**a** y **b**) indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas.

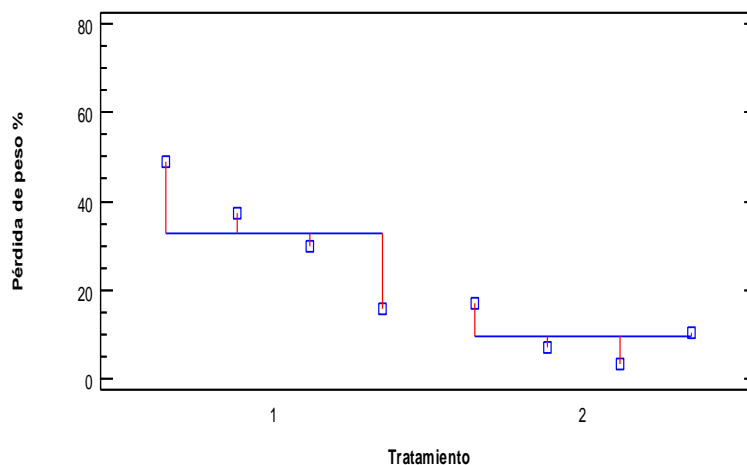


Gráfico 14. Durabilidad frente al ataque de 4 ssp de hongos en *Bastardiopsis densiflora* sin y con impregnación con CA-B.

Donde: **Tratamiento 1**: madera sin impregnar; **Tratamiento 2**: madera impregnada con CA-B.

En *Pinus taeda* así como en *Bastardiopsis densiflora*, la comparación de medias de pérdida de peso arrojó p-valores del test F menores a 0,05, para un

nivel de confianza del 95 %, en los dos factores, por lo tanto existieron diferencias estadísticamente significativas entre las pérdidas de peso de la madera impregnada y sin impregnar; y entre las pérdidas de peso y la especie de hongo que la ataca. Gráficos 13 y 14.

Al analizar los componentes de la varianza, se encontró, para ambas especies que fue el tratamiento el factor que contribuyó con la máxima varianza. Su contribución en *Pinus taeda* representó 78,92 % del total de la variación en Pérdida de peso % y en *Bastardiopsis densiflora* representó el 55,47%.

Bobadilla, *et al.* (2006) estudiaron la durabilidad de la madera de *Pinus taeda* sin impregnar e impregnada con CCA obteniendo diferentes resultados según la retención del producto.

Murace, *et al.* (2014) estudiaron el comportamiento de *Pinus ponderosa* a la acción del hongo de pudrición castaña *Gloeophyllum sepiarium* y concluyeron que la albura del pino ponderosa, proveniente de ejemplares de 19 años de edad, se comporta como moderadamente resistente a la acción de ese hongo.

7. CONCLUSIONES

Al estudiar el comportamiento de las maderas de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora*, sin y con impregnación con CA-B, se observaron diferencias solamente en algunas de sus propiedades físicas y mecánicas. En cambio, en el estudio correspondiente a la durabilidad de ambas especies frente al ataque de diferentes hongos, se obtuvo notables diferencias entre los dos tratamientos.

En general, se observó que los pesos específicos aparentes, de la madera impregnada con CA-B de *Pinus taeda*, aumentaron y en *Bastardiopsis densiflora* disminuyeron. Este fenómeno podría atribuirse a que las probetas utilizadas provinieron de poblaciones diferentes, sin haberse realizado un muestreo estratificado.

El peso específico aparente anhidro de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora* no presentó variaciones significativas entre la madera sin impregnar y la madera impregnada con CA-B, en cambio si se observaron diferencias significativas en los pesos específicos aparentes estacionados y básicos de ambas especies.

El contenido de humedad en ambas especies no presentó variaciones destacables entre tratamientos.

No se observaron diferencias entre la madera sin impregnar respecto de la madera impregnada, de las dos especies, en contracción total axial.

La contracción total radial en *Pinus taeda* impregnado con CA-B no presentó diferencias significativas en cambio si ocurrió una reducción importante en *Bastardiopsis densiflora*, de lo que se deduce que la impregnación mejoró esta propiedad en su madera. También se encontró disminución significativa en la contracción total tangencial de ambas especies al ser tratadas con CA-B.

Los coeficientes de contracción tuvieron diferentes comportamientos, encontrándose aumento en el coeficiente de contracción transversal en *Pinus*

taeda y disminución en el de contracción radial para *Bastardiopsis densiflora*, en la madera impregnada con CA-B.

El punto de saturación de fibras se redujo aproximadamente un 5 % en *Pinus taeda* impregnado con CA-B, en cambio, en *Bastardiopsis densiflora*, no presentó variaciones importantes entre tratamientos.

Para las propiedades mecánicas se encontró una mejora en el MOE en flexión estática en *Pinus taeda* impregnado con CA-B, mientras que en el MOR no se encontraron diferencias significativas. Para *Bastardiospsis densiflora* se observó aumento en ambos módulos, MOR y MOE a la flexión, lográndose cambios positivos en los módulos de rotura y de elasticidad en maderas impregnadas con CA-B.

El estudio de la dureza Janka en la madera impregnada CA-B mostró una leve mejora de esta propiedad en el sentido longitudinal (axial) en *Pinus taeda*, en cambio, en *Bastardiopsis densiflora* la mejora, en la madera impregnada, fue importante y estadísticamente significativa en los sentidos radial y tangencial.

Ambas especies mejoran su durabilidad mediante la impregnación con CA-B, frente al ataque de los hongos xilófagos *Ganoderma applanatum*, *Gloeophyllum sp*, *Laetiporus sulphureus* y *Pleurotus sajor cajú*, observándose mayores diferencias de pérdida de peso entre madera sin impregnar e impregnada de *Pinus taeda* respecto a *Bastardiopsis densiflora*.

De acuerdo al criterio de clasificación de Findlay se encontró que la madera de *Pinus taeda*, impregnada con CA-B, es muy resistente al ataque de los hongos estudiados. En cambio la madera de *Bastardiopsis densiflora*, impregnada con CA-B es muy resistente a *Laetiporus sulphureus*, resistente a *Gloeophyllum sp* y moderadamente resistente a *Ganoderma applanatum* y *Pleurotus sajor cajú*.

Las conclusiones precedentes permiten validar, en su mayor parte, la hipótesis planteada en este trabajo, dado que las maderas de *Pinus taeda* y *Bastardiopsis densiflora* mejoraron su durabilidad, presentaron variaciones en las propiedades físicas estudiadas y mejoraron su comportamiento a la flexión estática y dureza Janka, al ser impregnadas con CA-B.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arch Quimetal. 2015. Productos. Preservantes hidrosolubles. Disponible en: http://www.archquimetal.cl/wolman_e.html. Página consultada en julio 2015.
- Area, M. C. 2006. Apuntes Curso Metodología de la Investigación: Módulo II “Estadística” y Módulo III “Diseños Experimentales”. FEQyN, UNaM.
- Bobadilla, E. A. 2004. Tesis. Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción.
- Bobadilla, E.; Suirezs, T.; Pereyra, O.; Weber, E.; Silva, F.; Stehr, A. 2007. Durabilidad de la madera del *Pinus taeda*. L. impregnado con cupro-cromo-arsenicales, frente a hongos xilófagos. Misiones. Argentina. Publicado en la Revista FLORESTA Volumen 37 número 1. FUPEF. Universidad Federal do Paraná. ISSN: 00153826.
- Bobadilla, E. A.; Suirezs, T. M.; Sther, A.; Wanderer, R.; Amarilla, M.; Redka, L. 2006. Durabilidad y densidades de la madera de *Araucaria angustifolia* impregnada con polietilenglicol PM 600”. 12° Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado. Misiones. ISSN 1668-5385.
- Bobadilla, Elisa Alicia; Suirezs, Teresa Maria; Pereyra, Obdulio; Weber, Elizabeth; Silva, Fidelina; Stehr, Alicia Mónica. 2007. Durabilidad de la madera del *Pinus taeda* L. impregnado con arseniato de cobre cromatado, frente a hongos xilófagos. Misiones, Argentina.
- Boletín de información técnica N° 192. 2015. Agentes destructores de la madera. Disponible en: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3239_11585.pdf. Página consultada en febrero 2015.
- Castro Ríos, Katherin. 2006. Validación de deshidratación convencional para la conservación del hongo comestible *Pleurotus sajor cajú*. Revista Universidad de Caldas. p. 123.

- Cardona Urrea, Luis Fernando. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Crónica forestal y del medio ambiente N° 16. p. 102.
- <http://conabio.inaturalist.org/taxa/47169Basidiomycota#Clasificaci.C3.B3n>. página consultada en julio 2015.
- Coronel, E. O. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Primera parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Instituto de tecnología de la madera, Fac. de Cs. Forestales. Santiago del Estero. Argentina.
- Cruz Fernández. 2014. Restauración de mobiliario. El taller de Gusilina. Capítulo 2. Desinfectación. Hongos. p. 2 y 3.
- Cuesta, José y Jiménez, Jorge. 2014. Guía Micológica. Disponible en: <http://amanitacesarea.com/gloeophyllum.html>.
- EN 113, 1996. European Norm 113. Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes. Determination of the toxic values. European Committee for Standardisation. Bruselas, Bélgica.
- Dimitri, Jorge. 1977. Libro del Árbol, Tomo I, Esencias forestales indígenas de la Argentina de aplicación ornamental. Celulosa Argentina S.A
- Fahlstrom, G.B. 1978. Copfer-Chrome-Arsenate Wood preservatives a study of the influence of composition on service performance. Repr. Proceedings of American Wood preservers Association. p. 6.
- Findlay, W. P. K. 1951. The value of laboratory test on Word preservative. Convention British Word Preserving Association.
- García Rollan, Mariano. 1976. Hongos de la Madera. Editorial: Graficas Agenjo. p. 243.

- Geldes González, Jorge. 2008. Futuro de la impregnación del Pino Radiata en Chile. Normativa y nuevos productos. Seminario Impregnación de pino radiata en Chile.
- Gonzalez, R; Pereyra, O; Suirezs, T. 1992. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera de *Pinus elliottii* reforestado en la Provincia de Misiones, Argentina. Yvyrareta Año 3 N° 3. p.5-19.
- González, Raúl; Pereyra, Obdulio; Suirezs, Teresa; Eskibiski, Edgard. 2003. Estudio de las propiedades tecnológicas de las maderas de cinco especies forestales de interés industrial de Misiones, Argentina. Yvyrareta N° 11.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales - IRAM 9532. 1963. Método de determinación de la humedad.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales - IRAM 9542. 1965. Método de ensayo de flexión estática.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales - IRAM 9543. 1966. Método de determinación de las contracciones totales; axiales, radiales y tangenciales y el punto de saturación de las fibras
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales - IRAM 9544. 1973. Método de la determinación de la densidad aparente.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales - IRAM 9570. 1973. Método de ensayo de dureza Janka.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, IRAM 9600. 1992. Maderas aserradas preservadas por los métodos de presión o de vacío presión.
- Kuo, M. 2004. *Ganoderma applanatum*. Obtenido desde el sitio Web: [MushroomExpert.Com:Http://www.mushroomexpert.com/ganoderma_applanatum.html](http://www.mushroomexpert.com/ganoderma_applanatum.html).
- Lepage, E.S. 1986. "Manual de Preservacao de madeiras". Volumen II. Instituto de pesquisas tecnológicas do Estado de Sao Paulo. p. 363.

- Martínez, J. B. 1952. Conservación de madera en sus aspectos teórico, industrial y económico. Volumen I. Ministerio de Agricultura. Instituto forestal de investigaciones y experiencias. Madrid. p.550.

- Mata, Milagro. 2011. Biodiversidad de Costa Rica. *Laetiporus sulphureus*. Disponible en:

<http://atta2.inbio.ac.cr/neoportal-web/species/Laetiporus%20sulphureus>

- Minagri, 2014. Argentina: plantaciones forestales y gestión sostenible. Dirección de producción forestal. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Disponible en:

http://64.76.123.202/site/forestacion/proyectos_forestales/index.php. Página consultada en julio 2014.

- Montagnini, F.; Eibl, B.; Grance, L.; Maiocco, D.; Nozzi, D. 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the paranaense region of Misiones, Argentina. *Forest Ecol. Manag.* 99: 237-246.

- Mora, N.; Encinas, O.; Molina, Y. 2007. Degradación de maderas tratadas con CCA y CCB por hongos de pudrición blanda. III Congreso Iberoamericano de productos Forestales. Buenos Aires. ISSN 1851 – 0965.

- Murace, M.; Spavento, E.; Rivas, P.; Saparrat, M.; Keil, G. 2014. Comportamiento de *Pinus ponderosa* Dougl. ex. Laws. expuesto al hongo de pudrición *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst. *Revista de Ciencias Forestales*. Quebracho Vol. 22 (1,2). p. 121.

- Novoa Robles, Luis A. 2006. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para la Preservación de Madera aserrada; acorde a los estándares expresados en las propuestas de Normas p. 1 y 2 (versión preliminar). Programa de Desarrollo de Políticas de Comercio Exterior. Lima, Perú. Disponible en:http://www.mincetur.gob.pe/comercio/OTROS/penx/estudios/Secado_Preservacion/MANUAL_DE_PRESERVACION_V5.pdf

- Pelagallo, A. 1997. La impregnación ofrece seguridad para usar madera en la construcción. ASORA N° 11. Año 3. p. 38-40.

- Pereyra, O.; Suirezs, T. M.; Bobadilla, E. A.; Weber, E. M.; Gamarra, N. G. 2007. Estudio de los pesos específicos aparentes, contracciones, hinchamiento, anisotropía y punto de saturación de fibras de la madera del híbrido *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA. Buenos Aires, Argentina
- Pereyra, O.; Suirezs, T. M.; Bobadilla, E. A.; Weber, E. M.; Gamarra, N. G. 2008. Propiedades mecánicas de madera del híbrido *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Misiones, Argentina. 13ª Jornadas Técnicas forestales y Ambientales. Eldorado. Misiones. ISSN.
- Pereyra, O.; Bobadilla, A.; Suirezs, T.; Weber, E.; Silva, F.; Stehr A.; Salina, J. 2005. Comportamiento de la madera de *Pinus taeda*. L. cultivado en la Provincia de Misiones Impregnado con Cupro-Cromo-arsenicales (CCA), Frente a la acción de hongos xilófagos. Publicado en Guía de Resúmenes de investigación, III Jornadas Científico Tecnológicas de la UNAM y V de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Posadas, Misiones.
- Ramirez, I. G. 1996. La preservación contribuye a prolongar la vida útil y el valor de la madera. ASORA N° 8. Año 2. p. 28-30.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Afines - SAGPyA. 1999. Argentina, oportunidades de inversión en bosques cultivados. Proyecto forestal de desarrollo. Buenos Aires. p. 77.
- Sociedad Micológica de Madrid. Actualizada 10/01/2004. *Laetiporus sulphureus*. Disponible en: <http://www.socmicolmadrid.org/des/deslaesul.html>
- Stamets, P. & Chilton, J.S. 1983. The Mushroom Cultivater. Washington. Ed. Agarikon Press Olimpia, p. 415.
- Suirezs, Teresa M., 2000. Tesis: Efecto de la impregnación con CCA (Cromo-cobre-Arsénico) sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda*. implantado en la provincia de Misiones.
- Suirezs, T.; Pereyra, O.; Bobadilla, A.; Weber, E.; Bernio J. C.; Wanderer R.; Bischel, R.; Amarilla M.; Bayer G.; Jejer S. R.; Magnago S. 2007. Absorción,

retención y penetrabilidad en maderas de corta durabilidad impregnadas por los métodos baño caliente-frío y vacío-presión. Proyecto de investigación. CODIGO ISIF: ISIF II 17.

- Suirezs, Teresa M. 2010. Preservación de la madera. Guía de clases. Facultad de Ciencias Forestales, UNam, p. 2 y 13 - 16.
- Tinto, J.C. 1980. Manual para tratamientos protectores de productos forestales. Consejo General de inversiones. Argentina. p. 62.
- Tortorelli, Lucas A. 1956. Maderas y bosques argentinos. Editorial ACME. Bs. As.
- Tortorelli, Lucas A. 2009. Maderas y bosques argentinos. -2a ed.-Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- Tuset, R. y Duran, F. 1979. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Editorial Agropecuaria, Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo.
- Vásquez Peña Herrera, Jorge Manuel. 2009. Disponible en: Durabilidad natural en tres niveles del árbol de la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro” a la acción del hongo *Ganoderma applanatum*.
- Volk, Tom. 2010. Tom Volk’s Fungi. Departamento de Biología, Universidad de Wisconsin. Ls Crosse. Disponible en:
www.botit.botany.wisc.edu/tomsfungi/march99.html.
- Wilkinson, J. G. 1979. Industrial Timber preservation. Associated Business Press. London. p. 532.

GLOSARIO

CA-B: cobre tebuconazol

CH: contenido de humedad

PEE: peso específico aparente estacionado

PEA: peso específico aparente anhidro

PEB: peso específico aparente básico

CTAx: contracción total transversal

CTRd: contracción total radial

CTTg: contracción total tangencial

CCAx: coeficiente de contracción transversal

CCRd: coeficiente de contracción radial

CCTg: coeficiente de contracción tangencial

PSF: punto de saturación de fibras

MOR: modulo de rotura

MOE: módulo de elasticidad

PP: pérdida de peso

Ma: media aritmética

Dt: desviación típica o estándar