

# DURABILIDAD NATURAL Y ABSORCIÓN EN MADERAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Y *Ruprechtia Laxiflora* Meisn. DEL DEPARTAMENTO ELDORADO MISIONES.

NATURAL DURABILITY AND ABSORPTION IN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze WOODS. AND *Ruprechtia Laxiflora* Meisn. IN THE DEPARTMENT OF ELDORADO MISIONES.

Fecha de Recepción: 16/11/2020 // Fecha de Aceptación: 17/02/2021

## RESUMEN

## SUMMARY

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto "Estudio tecnológico de maderas impregnadas y no impregnadas de tres especies de coníferas y tres especies de latifoliadas aptas para la industria de la construcción, de la Provincia de Misiones. Código ISIF: II 21". Se estudió las características de durabilidad natural y absorción de las maderas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, (Pino paraná) y *Ruprechtia laxiflora* Meisn. (Mamelero). Las probetas fueron seleccionadas de maderas comerciales de las industrias de la zona. Los estudios de durabilidad natural, se realizaron bajo la Norma EN (Norma europea) 113 modificada; los hongos que se utilizaron pertenecen a la especie: *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum* sp., *Laetiporus sulphureus*, *Ganoderma applanatum* y *Pleurotus sajor-caju*. Para clasificar la resistencia de las maderas al ataque de tales hongos se utilizó la clasificación establecida por Findlay. Tanto el pino paraná como el marmelero presentaron diferencias significativas ante el ataque de los distintos hongos utilizados, siendo las especies que más daño generaron a la *Araucaria angustifolia*, el *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp.; los que más daños generaron a *Ruprechtia laxiflora*, fueron *Ganoderma applanatum* y *Pycnoporus sanguineus*. Por otra parte, para los ensayos de absorción, se utilizaron probetas de iguales dimensiones que para los de durabilidad, las cuales fueron impregnadas con el producto CA-B (copper azole), a través del método de impregnación de Burnett aplicando vacío de  $-0,50 \text{ kg/cm}^2$  y presión de  $7 \text{ kg/cm}^2$ , durante 15 y 120 minutos consecutivamente, y 5 minutos de vacío final, siendo el pino paraná la especie que mejor capacidad de absorción presentó para este producto mencionado. **Palabras clave:** impregnación, resistencia natural, hongos xilófagos.

This work was carried out within the framework of the project "Technological study of impregnated and non-impregnated woods of three species of conifers and three species of hardwoods suitable for the construction industry in the Province of Misiones. ISIF code: II 21". The natural durability and absorption characteristics of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, (paraná Pine) and *Ruprechtia laxiflora* Meisn. (marmelero) woods were studied. The specimens for these tests were selected from commercial woods from industries in the area. The natural durability studies were carried out under the modified EN Standard (European Standard) 113; the fungi to be used belong to the species: *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum* sp., *Laetiporus sulphureus*, *Ganoderma applanatum* and *Pleurotus sajor-caju*. In turn, the classification established by Findlay was used to classify the resistance of wood to such fungal attack. The Paraná pine, as well as the Marmelero, presented significant differences to the attack of the different fungi used, being *Laetiporus sulphureus* and *Gloeophyllum* sp. the species of fungi that caused the most damage to *Araucaria angustifolia*, For *Ruprechtia laxiflora*, the fungi that caused the most damage were *Ganoderma applanatum* and *Pycnoporus sanguineus*. For the absorption tests, specimens of the same dimensions as those for durability tests were used, which were impregnated with the product CA-B (copper azole), composed of copper and azole, through the impregnation method of Burnett applying vacuum of  $-0.50 \text{ kg/cm}^2$  and pressure of  $7 \text{ kg/cm}^2$ , for 15 and 120 minutes consecutively, and 5 minutes of final vacuum, being the Paraná pine the species with the best absorption capacity for the mentioned product. **Key words:** impregnation, natural resistance, xylophagous fungi.

### Hernán Maximiliano Godoy

Ingeniero Forestal independiente. Lisandro de la Torre 2141. Eldorado, Misiones. Argentina. hernanmaximilianogodoy@gmail.com

### Alicia Mónica Stehr

Ingeniera Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. astehr@facfor.unam.edu.ar

### Teresa María Suirezs

MSc. Ingeniera Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales – UNaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. teresuirezs@hotmail.com

### Adelaida Bragañolo

Ingeniera en Industria de la Madera. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM de la cátedra Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. Abeyi33@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. es una especie perteneciente a la familia de las Araucariáceas, posee su máxima extensión de distribución natural en el Brasil, en la provincia de Misiones se la encuentra en los departamentos Manuel Belgrano, San Pedro y parte de Guaraní. Es un árbol que se caracteriza por alcanzar 40 a 50 m de altura, con un fuste recto y diámetros superiores a los 2 m, contando su madera con un peso específico de 0,5 g/cm<sup>3</sup> (GARTLAND y BOHREN, 2007).

Cuando la madera está recién cortada existe poca desigualdad entre albura y duramen, ya que ambos son blanco-amarillentos; sin embargo, a medida que pasa el tiempo, el duramen se torna más ocráceo. El veteado es suavemente demarcado por la diferencia de edad del tejido temprano y tardío; con mucha frecuencia aparecen vetas de color gris-pardo pero las más típicas son rosadas, poseen textura mediana a fina, grano rectilíneo a oblicuo y es de fácil trabajabilidad (TORTORELLI, 1956).

Su madera se utiliza principalmente en carpintería, construcciones civiles y tableros compensados. Se cultiva en la Argentina como plantas ornamentales, en la provincia de Misiones se realizan plantaciones con fines comerciales (BILONE, 1990).

*Ruprechtia laxiflora* Meisn. se encuentra dentro de la familia de las Polygonáceae, es un árbol con amplia distribución, encontrándose en el sur de Brasil, centro y este de Paraguay, norte del Uruguay, mientras que en Argentina se extiende a través de la provincia Paranaense, Parque Chaqueño y también en la provincia de las Yungas. En la selva se encuentra en el estrato medio, contiene un porte pequeño a mediano, con una altura total que se encuentra entre los 7 a 25 m, con diámetros medios entre 45 y 50 cm y máximos de 105 cm, con longitudes de fuste de 5 a 8 m y máximos de 13 m.

Su madera presenta albura de color amarillento y el duramen ocre a castaño rosado, textura mediana y heterogénea, grano recto y diseño veteado. Es moderadamente dura y semipesada, presenta un peso específico de 0,7 g/cm<sup>3</sup> a 0,74 g/cm<sup>3</sup>; resistente, pero con escasa durabilidad natural, pero resistente a los insectos. Se usa para la fabricación de muebles, puertas y ventanas y sus marcos, tanto en interior como exterior, tirantería, terciados, carpintería rústica, estructura de techo, pisos de interiores, muros macizos exteriores (impregnados). (GARTLAND y BOHREN, 2007).

La pudrición en las maderas ocasionada por los hongos xilófagos, está considerada como una de las mayores causas de deterioro microbiológico que afectan su durabilidad y ocasionan fallas estructurales sobre elementos en servicio, tales hongos utilizan la madera y sus componentes como fuente de alimentación (MORA y ENCINAS, 2001). Según HUNT (1941) la temperatura óptima para el desarrollo de los hongos se encuentra entre los rangos de 20°C y 30°C. FINDLAY (1940) afirma que la humedad óptima para el desarrollo de los hongos se encuentra por encima del punto de saturación de las fibras, es decir entre el rango de 30% y 50%.

Teniendo estas condiciones de temperatura y humedad mencionadas anteriormente, y en presencia de oxí-

geno, los hongos xilófagos encuentran en la madera, un ambiente ideal para vivir, siendo esta su principal fuente de alimento, debido a su composición la cual la hace apetecible. La madera está compuesta principalmente por celulosa, lignina, hemicelulosa y los extractivos, siendo la celulosa un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, mientras que la lignina participa con alrededor de un 25% del total, siendo este un polímero, producto de la unión de varios ácidos y alcoholes que otorgan dureza y protección, a su vez la hemicelulosa participa con alrededor de un 25% cuya función es actuar como unión de las fibras. Existen otros componentes minoritarios denominados extractivos tales como resinas, ceras, grasas y otras sustancias (VIGNOTE PEÑA y MARTINEZ ROJAS, 2006).

Las pudriciones son producidas por hongos Basidiomicetes que desintegran a la lignina por oxidación y a la celulosa por hidrólisis, causando pérdida del color natural, peso y propiedades de resistencia mecánicas de la madera (MARTINEZ, 1952).

Los hongos pudridores se clasifican de acuerdo al tipo de pudrición que generan, los mismos son pudrición marrón, blanca y blanda. Los hongos que producen la pudrición castaña o marrón podemos decir que son los que más daño le genera a la madera, estos son hongos Basidiomicetes que afectan a la celulosa y dejan a la lignina sin daño, la madera dañada queda de color marrón oscuro y se agrieta perpendicular y transversalmente. Por otro lado los hongos de pudrición blanca afectan más a las latifoliadas que a las coníferas, debido a que presentan mayor cantidad de lignina, los mismos pertenecen a la clase Basidiomicetes y a veces a Ascomicetes, se alimentan de los carbohidratos y preferentemente de la lignina de la pared celular, aunque también pueden dañar a la celulosa como los denominados hongos simultáneos (parientes de los hongos de pudrición blanca), la madera atacada se torna de color blanquecino con un aspecto fibroso o incluso harinoso, la resistencia de la madera disminuye considerablemente cuando es afectada por este tipo de hongo (LULEY, 2005).

BOBADILLA *et al.*, (2007) estudiaron la durabilidad de la madera del *Pinus taeda* en el cual encontraron una pérdida de peso de 67,63% frente a la acción del hongo *Laetiporus sulphureus* y 36,77% ante el hongo *Ganoderma applanatum*. Comparativamente bajo el ataque de los mismos hongos SUIREZS *et al.*, (2010 b), al estudiar la durabilidad natural de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. hondurensis encontraron una pérdida de peso de 44,87% frente a la acción del hongo *Laetiporus sulphureus* y 22,64% ante el hongo *Ganoderma applanatum*.

También SUIREZS *et al.*, (2013), determinaron la durabilidad natural, de la albura y duramen de la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. (Cedro rosado), bajo ataque del hongo xilófago *Laetiporus sulphureus*. Obteniendo una pérdida del 49,97% para la albura, y del 11,67% para el duramen, siendo más resistente este último.

Debido a que la provincia de Misiones se encuentra en una región forestal de gran importancia a nivel país, es necesario realizar constantes investigaciones a cuestiones de mejoras tecnológicas de las maderas, como es el caso de

la aplicación de productos preservantes, para aumentar su vida útil.

En este trabajo la impregnación se realizó a través del método Burnett, el mismo consiste en la introducción de la madera dentro del cilindro de tratamiento el cual es cerrado herméticamente, a continuación se pone en funcionamiento una bomba de vacío a modo de extraer el aire del cilindro y de la madera, para facilitar la entrada del líquido, aprovechando el vacío realizado, se llena el cilindro de tratamiento con el preservante, luego se pone en funcionamiento una bomba de presión que debe ser mantenida tanto tiempo como sea necesario para que el preservante penetre enteramente en la madera, completado el periodo de presión el líquido sobrante es bombeado hacia el tanque de almacenamiento y finalmente se hace un nuevo periodo de vacío con la finalidad de extraer el remanente de líquido que queda sobre la superficie de la madera para su manipulación, (TUSSET y DURAN, 1979).

JUNAC (1988) clasifica a los productos preservantes por su naturaleza, en tres categorías, oleoso, oleosolubles e hidrosolubles, dentro de los oleoso, se encuentran las creosotas las cuales son compuesto químico derivado del fraccionamiento de alquitranes procedentes de la destilación de carbones grasos (hulla). Dentro de los productos oleosolubles (orgánicos) encontramos al naftenato de cobre, de zinc, pentaclorofenol, tribromofenol, entre otros, estos son productos que se caracterizan por poseer buena penetración, y permiten la aplicación de pintura sobre el producto una vez seco. Dentro de los hidrosolubles (inorgánicos) encontramos las sales metálicas solubles en agua estas se pueden clasificar en sales simples dobles y múltiples, encontrándose dentro de los múltiples productos como Arseniato de cobre cromatado (CCA), Cromo cupro bórico (CCB), Arseniato de cobre amoniacal (ACA), compuestos de boro, CA-B (copper azole), entre otros.

El producto que se utilizó para la impregnación del pino paraná y el marmelero en este trabajo, es del tipo hidrosoluble, siendo este el CA-B (copper azole), el cual le da protección a la madera ante los hongos pudridores e insectos, su formulación está realizada en base a cobre y azole orgánicos. Es un impregnante de baja contaminación y bajo efecto en el medio ambiente (GELDES GONZÁLEZ, 2008).

Las maderas tratadas con productos químicos no deben ser cepilladas, perforadas, etc. con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación ambiental; por ese motivo se recomienda realizar todas las terminaciones posibles antes de impregnarlas (LEPAGE, 1986).

GIOVENALE y PITSCH (2003), determinaron la absorción por medio del método baño caliente-frío en un estudio realizado en maderas de coníferas obteniendo los siguientes resultados: 472,73 l/m<sup>3</sup> para *Pinus taeda* L Marion 393,90 l/m<sup>3</sup> para *Pinus taeda* L. 436, 88 l/m<sup>3</sup> para *Pinus elliotti*. 407,57 l/m<sup>3</sup> para *Pinus patula* y 203,42 l/m<sup>3</sup> para *Araucaria angustifolia*.

También SUIREZS *et al.*, (2007) realizaron estudios de absorción, retención y penetrabilidad en maderas de la especie de *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotti*, las mismas fueron impregnadas por los métodos

baño caliente-frío y vacío-presión, resultando para *A. angustifolia* 176,4 y 425,14 l/m<sup>3</sup> respectivamente.

SUIREZS *et al.*, (2010a), realizaron estudios de absorción, bajo el método baño caliente-frío y Burnett, al *Lonchocarpus muehlbergianus* (Rabo molle), *Araucaria angustifolia* y *Eucalyptus grandis*, obteniendo como resultado, para el rabo molle 157,47 l/m<sup>3</sup>, para el pino paraná 176,4 l/m<sup>3</sup> y para el eucalipto 114,84 l/m<sup>3</sup>, por otro lado la absorción por el método Burnett, para el rabo molle fue de 507,85 l/m<sup>3</sup>, para el pino paraná de 398,23 l/m<sup>3</sup> y para el eucalipto de 224,23 l/m<sup>3</sup>, de esta manera se pudo notar que las maderas impregnadas por el método Burnett donde se le aplicó vacío-presión, los valores de absorción son significativamente mejores, que la absorción por el método Baño Caliente-Frío.

Este trabajo tiene como objetivo determinar la durabilidad natural frente al ataque de 5 diferentes especies de hongos y determinar la capacidad de absorción del preservante CA-B (copper azole), por el método Burnett, de vacío-presión, en maderas de *Araucaria angustifolia* y *Ruprechtia laxiflora*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las maderas de las especies de interés para este trabajo fueron seleccionadas al azar de las industrias locales de la zona de influencia del departamento Eldorado, Misiones; por ende, las probetas que se utilizaron para los ensayos de durabilidad y absorción, provienen de piezas de madera comercial de dimensiones variables, las cuales fueron estabilizadas antes del ensayo, durante un tiempo de 2 meses en el laboratorio de tecnología de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales.

### Durabilidad

Para el ensayo de la durabilidad natural se trabajó con 25 probetas, 5 tratamientos y 5 repeticiones para cada especie de madera estudiada, la variable a medir fue la pérdida porcentual media de peso por tratamiento.

Las probetas de este ensayo cumplen con la Norma EN 113 modificada, con dimensiones de 3 x 1 x 0,5 cm. Una vez obtenidas las probetas, se procedió al registro del peso inicial de cada una de ellas, posteriormente, se expusieron a la acción de hongos xilófagos. Los hongos que se utilizaron pertenecen a la especie: *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum* sp BAFC: 2735, *Laetiporus sulphureus* BAFC: 205, *Ganoderma applanatum*, BAFC: 1168, *Pleurotus sajor-caju*; estos hongos pertenecen a la clase Basidiomycetes.

El cultivo de los hongos se realizó en medio de Nobles, este material fue esterilizado en autoclave con presión de 0,5 atm durante 25 a 30 minutos. Una vez solidificado el medio y en condiciones asépticas se colocaron pequeños trozos de micelios de cada especie de hongo mencionado, luego se llevaron a estufa durante 14 días a 27 °C ± 1 °C.

Una vez logrado el desarrollo del hongo en los tubos, se depositaron en el mismo cada una de las probetas esterilizadas en autoclave, con sus respectivas identificaciones, especie, número de repeticiones y tipo de hongo, y

luego llevados a estufa de cultivo durante tres meses, a una temperatura de  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con controles semanales. Finalizado este periodo, las probetas se retiraron de los tubos, se las limpiaron dejándolas en ambiente de laboratorio durante 48 h, para su acondicionamiento, luego se tomaron el peso final de las mismas.

La medición de los pesos de las probetas antes y después de ser sometidas a la acción de los hongos, se realizó con balanza Mettler, con precisión de 0,01 miligramos.

La durabilidad de cada probeta de madera frente al ataque de los distintos hongos, se determinó a partir de la diferencia de peso, antes y después del tratamiento, para ello se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Pérdida de masa (\%)} = \frac{P_f - P_i}{P_i} * 100$$

Pi = Peso seco al inicio del experimento (g)

Pf = Peso seco al final del experimento (g)

En la tabla 1 se puede observar el criterio de clasificación de Findlay, que se utilizó para determinar el grado de durabilidad de las maderas estudiadas.

**Tabla 1. Clasificación de Findlay por resistencia de las maderas según pérdida de peso.**

**Table 1. Findlay classification for wood strength according to weight loss.**

Perdida de Peso	Clasificación de Resistencia
< al 5%	Muy resistente
5% al 10 %	Resistente
10% al 20%	Moderadamente resistente
20% al 30%	No resistente
> al 30%	Perecedera

#### Absorción por el método Burnett

Se trabajó con 25 probetas para cada especie estudiada, estas probetas poseen las dimensiones iguales a las utilizadas para el ensayo de durabilidad, siendo sus dimensiones  $0,5 \times 1 \times 3$  cm. Una vez que se acondicionaron las probetas se procedieron a determinar con una balanza de precisión los pesos de las mismas antes y después del tratamiento. El método de impregnación que se utilizó para el ensayo es el método Burnett el cual utiliza presión, el mismo consiste en aplicar vacío inicial de  $-0,50\text{ kg/cm}^2$  por 5 minutos,  $7\text{ kg/cm}^2$  de presión durante 120 minutos y 5 minutos de vacío final. El producto que se utilizó para la impregnación es CA-B (copper azole), compuesto por cobre y azole.

Los cálculos para la determinación de la absorción ( $l/m^3$ ) se realizó en base a la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción} = \frac{P_f - P_i}{V}$$

Pf: Peso final de la probeta después del tratamiento en kg

Pi: Peso inicial de la probeta antes del tratamiento en kg

V: Volumen de la probeta antes del tratamiento en  $m^3$

#### Análisis de datos.

En el ensayo de durabilidad natural se trabajó con un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA). Con los datos obtenidos de la variable pérdida de peso porcentual por tratamiento, en cada especie estudiada, se realizó análisis de variancia (ANOVA), para determinar si cada tratamiento produjo diferencias respecto a la variable pérdida de peso porcentual medio. Debido a que sí hubo diferencias, se realizó un Test de Tukey para determinar qué diferencias significativas presenta cada tratamiento entre sí, para cada especie por separado.

En el ensayo de absorción se comparó la absorción del pino paraná respecto al marmelero, la variable medida fue la absorción media de cada especie bajo el método de impregnación Burnett.

El análisis de los datos se realizó con el software estadístico InfoStat, donde se llevó a cabo un análisis de variancia (ANOVA), para determinar si cada especie impregnada presenta diferencias respecto a la variable absorción.

Debido a que sí hubo diferencia significativa se realizó un Test de Tukey para ratificar nuevamente esta diferencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados de la durabilidad natural

En la tabla 2 se muestra los valores promedio de pérdida de peso para cada madera ensayada bajo el ataque de los distintos hongos, además se clasificó por el tipo de pudrición que generan los mismos y la resistencia que presentó cada madera de acuerdo al sistema de clasificación de Findlay.

En la tabla 2 se puede apreciar que los hongos *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp generadores de pudrición marrón, fueron los que produjeron los mayores valores de pérdida de peso para *A. angustifolia*. En el caso de *R. laxiflora* los que generaron mayor de pérdida de peso fueron los hongos *Ganoderma applanatum* y *Pycnoporus sanguineus*, siendo ambos generadores de pudrición blanca. Por otra parte, para ambas especies de madera, el hongo que menor daño produjo fue el *Pleurotus sajor-caju*.

En la tabla 3 se presenta el promedio de pérdida de peso frente al ataque de los hongos estudiados, desvío estándar y el coeficiente de variación para cada especie de madera analizada.

En la tabla 4 se presenta el resultado del análisis de variancia unifactorial para la interacción hongo-*Araucaria angustifolia*, observando los resultados presentes en dicha tabla se puede apreciar que hay diferencia significativa, entre las pérdidas de peso generado por los hongos, debido a que el p-valor es 0,0001 siendo este valor menor al nivel de significancia de 0,05 establecido. Indicando de esta manera que hay variabilidad en el ataque de los hongos hacia la *A. angustifolia*.

Por ello se realizó el test de Tukey (tabla 5), para comparar las medias de pérdida de peso, que generó cada hongo a la *A. angustifolia*, y ver qué tan variable fueron los daños producidos por tales hongos entre sí.

Tabla 2. Porcentaje de pérdidas de peso por interacción madera-hongo.

Table 2. Percentage of weight loss due to wood-fungus interaction.

Especies de madera	Hongos	Tipo de Pudrición	Media (%)	Resistencia
<i>A. angustifolia</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	marrón	37,87	Perecedera
<i>A. angustifolia</i>	<i>Gloeophyllum</i> sp	marrón	32,26	Perecedera
<i>A. angustifolia</i>	<i>Ganoderma applanatum</i>	blanca	15,36	Moderadamente resistente
<i>A. angustifolia</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	blanca	5,14	Resistente
<i>A. angustifolia</i>	<i>Pleurotus sajor caju</i>	blanca	1,76	Muy resistente
<i>R. laxiflora</i>	<i>Ganoderma applanatum</i>	blanca	35,22	Perecedera
<i>R. laxiflora</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	blanca	31,79	Perecedera
<i>R. laxiflora</i>	<i>Gloeophyllum</i> sp	marrón	22,27	No resistente
<i>R. laxiflora</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	marrón	18,64	Moderadamente resistente
<i>R. laxiflora</i>	<i>Pleurotus sajor caju</i>	blanca	11,15	Moderadamente resistente

Tabla 3. Porcentaje medio de pérdida de peso según interacción hongo-madera.

Table 3. Average percentage of weight loss according to fungus-wood interaction.

Especie de Hongos	<i>A. angustifolia</i>			<i>R. laxiflora</i>		
	Media (%)	D.E	C.V (%)	Media (%)	D.E	C.V (%)
<i>Gloeophyllum</i> sp	32,26	3,95	12,23	22,27	4,57	20,51
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	5,14	1,83	35,54	31,79	3,23	10,17
<i>Laetiporus sulphureus</i>	37,87	15,30	40,41	18,64	9,78	52,51
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	1,76	0,25	14,17	11,15	4,26	38,20
<i>Ganoderma applanatum</i>	15,36	2,46	16,03	35,22	1,87	5,32

D.E.: Desvio estandar; C.V: Coeficiente de variación.

Tabla 4. ANOVA unifactorial para la interacción de los hongos con *Araucaria angustifolia*.Table 4. ANOVA for the interaction of fungi with *Araucaria angustifolia*.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Hongo	5165,19	4,00	1291,30	24,91	0,0001
Error	1036,91	20,00	51,85		
Total	6202,10	24,00			

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: F de Snedecor; p-valor: valor de probabilidad.

Tabla 5. Test de Tukey; variable pérdida de peso en porcentaje de la *Araucaria angustifolia* frente a la acción de distintos hongos.Table 5. Tukey's test; variable weight loss in percentage of the *Araucaria angustifolia* against the action of different fungi.

Hongo	Pérdida de peso (%)	Número de probetas
<i>Laetiporus sulphureus</i>	37,87	5 a
<i>Gloeophyllum</i> sp	32,26	5 a
<i>Ganoderma applanatum</i>	15,36	5 b
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	5,14	5 b
<i>Pleurotus sajor caju</i>	1,76	5 b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Analizando el test de Tukey se puede observar que la especie de hongo *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp fueron las que más afectaron a las probetas de pino paraná, no teniendo diferencias significativas entre ambas especies.

En la tabla 6 se presenta el resultado del análisis de varianza unifactorial para la interacción hongo-*Ruprechtia laxiflora*, observándose los resultados presentes en dicha tabla se puede apreciar que hay diferencia significativa, entre las pérdidas de peso producido por cada hongo, debido a que el p-valor es 0,0001 siendo este valor menor al nivel de significancia de 0,05 establecido. Indicando de esta manera que hay variabilidad en el ataque de los hongos a *R. laxiflora*.

Por ello se realizó el test de Tukey (tabla 7) para comparar las medias de pérdida de peso, que generó cada

hongo a *R. laxiflora*, y ver qué tan variable fueron los daños producidos por tales hongos entre sí.

*Laetiporus sulphureus* ocasiona una pérdida de peso de 67,63% al *Pinus taeda* (BOBADILLA *et al.*, 2007), a *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ocasiona una pérdida de peso de 44,87% (SUIREZS *et al.*, 2010b) mientras que en este trabajo se determinó que a *A. angustifolia* y *R. laxiflora* produce una pérdida de peso de 37,87% y 18,64% respectivamente.

El hongo *Ganoderma applanatum* comparativamente produce al *Pinus taeda* un 36,77% de pérdida de peso (BOBADILLA *et al.*, 2007) y a *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* 22,64% (SUIREZS *et al.*, 2010b) mientras que a *A. angustifolia* un 15,36% y *R. laxiflora* un 35,22%.

**Tabla 6. ANOVA unifactorial para la interacción de los hongos con *Ruprechtia laxiflora*.**

**Table 6. ANOVA for the interaction of fungi with *Ruprechtia laxiflora*.**

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Hongo	1918,19	4	479,55	16,1	0,0001
Error	595,67	20	29,78		
Total	2513,86	24			

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: F de Snedecor; p-valor: valor de probabilidad.

**Tabla 7. Test de Tukey; variable pérdida de peso en porcentaje de *Ruprechtia laxiflora* frente a la acción de distintos hongos.**

**Table 7. Tukey's test; variable weight loss in percentage of *Ruprechtia laxiflora* against the action of different fungi.**

Hongo	Pérdida de peso (%)	Numero de probetas	
<i>Ganoderma applanatum</i>	35,2	5	a
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	31,8	5	a b
<i>Gloeophyllum</i> sp	22,27	5	b c
<i>Laetiporus sulphureus</i>	18,64	5	c d
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	11,15	5	d

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Resultados de absorción**

En la tabla 8 se puede apreciar la capacidad de absorción media y densidad media con sus respectivos valores, de desvío estándar y coeficiente de variación frente al método de impregnación Vacío-Presión de Burnett

Observando los datos obtenidos se puede notar que la *A. angustifolia*, presentó mayor valor de absorción media, siendo este 592,51 l/m<sup>3</sup>. Por otra parte, *R. laxiflora* presentó una absorción media de 419,6 l/m<sup>3</sup>. De forma inversa sucedió con la densidad media la cual fue mayor para *R. laxiflora*, siendo 771,17 kg/m<sup>3</sup>, mientras que *A. angustifolia* presentó una densidad media de 476,35 kg/m<sup>3</sup>.

En la tabla 9 se presenta un análisis de varianza

para las dos especies analizadas, donde se puede observar que hay diferencia estadísticamente significativa, debido a que el p-valor es menor al nivel de significancia de 0,05 establecido, indicando de esta manera que la capacidad de absorción, de *R. laxiflora* respecto a *A. angustifolia*, presentó variación.

En el Test de Tukey realizado en la tabla 10 con la utilización de un alfa de 0,05 podemos ratificar nuevamente ya lo anunciado en el análisis de variancia, respecto a la existencia de diferencias estadísticamente significativas con respecto a los valores de absorción entre ambas especies, teniendo mayor absorción *A. angustifolia*.

**Tabla 8. Promedio de absorción y densidad, según especie.**  
**Table 8. Average absorption and density, according to species.**

Especies	Nº Probetas	Absorción media (l/m <sup>3</sup> )	D.E de Absorción	C.V (%) de Absorción	Densidad media (kg/m <sup>3</sup> )	D.E de PEE	C.V (%) de densidad
<i>A. angustifolia</i>	25	592,51	108,66	18,34	476,35	94,27	19,79
<i>R. laxiflora</i>	25	419,60	53,43	12,73	771,17	54,34	7,05

D.E: desvío estándar; C.V: coeficiente de variación.

**Tabla 9. ANOVA unifactorial para la capacidad de absorción en las especies estudiadas.**  
**Table 9. ANOVA for the absorption capacity in the studied species.**

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Especies	373744,10	1,00	373744,10	50,99	0,0001
Error	351862,62	48,00	7330,47		
Total	725606,72	49,00			

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: F de Snedecor; p-valor: valor de probabilidad.

**Tabla 10. Test de Tukey. Variable absorción media para *A. angustifolia* y *R. laxiflora*.**  
**Table 10. Tukey’s test. Variable mean absorption for *A. angustifolia* and *R. laxiflora*.**

Especies	Promedio de absorción (l/m <sup>3</sup> )	Nº de probetas	
<i>A. angustifolia</i>	592,51	25	a
<i>R. laxiflora</i>	419,60	25	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

En el gráfico 1 y 2 con el objetivo de verificar la relación entre la absorción y la densidad, se realizó un análisis de correlación, para cada especie estudiada, notándose que existe una correlación inversa para el marmelero, donde a medida que aumenta la densidad disminuye su capacidad de absorción, mientras que el pino paraná presentó una correlación directa entre ambas variables, observándose que a medida que aumenta la densidad aumenta la absorción.

También se puede notar que el marmelero presentó mejor correlación en sus datos de absorción y densidad, siendo este 0,4814, es decir 48,14%, siendo esta la proporción de la varianza compartida entre ambas variables, mientras, que por su parte el pino paraná, tuvo una correlación de 0,1346, es decir 13,46%, la cual también es la proporción de la varianza compartida entre ambas variables.

La absorción obtenida con el método Burnett para *Araucaria angustifolia* fue de 592,51 l/m<sup>3</sup> superior a la obtenida por GIOVENALE y PITSCH (2003) mediante el método baño caliente-frío (203,42 l/m<sup>3</sup>) y SUIREZS *et al.*, (2007 y 2010a); mediante los métodos baño caliente-frío, Burnett y vacío-presión (176,4, 398,23 l/m<sup>3</sup> y 425,14 l/m<sup>3</sup> respectivamente).

Comparando el método respecto a otras especies también fue mayor que *Lonchocarpus muehlbergianus* (Rabo molle) (507,85 l/m<sup>3</sup>) y para *Eucaliptus sp.* de (224,23 l/m<sup>3</sup>) (SUIREZS *et al.*, 2010a).

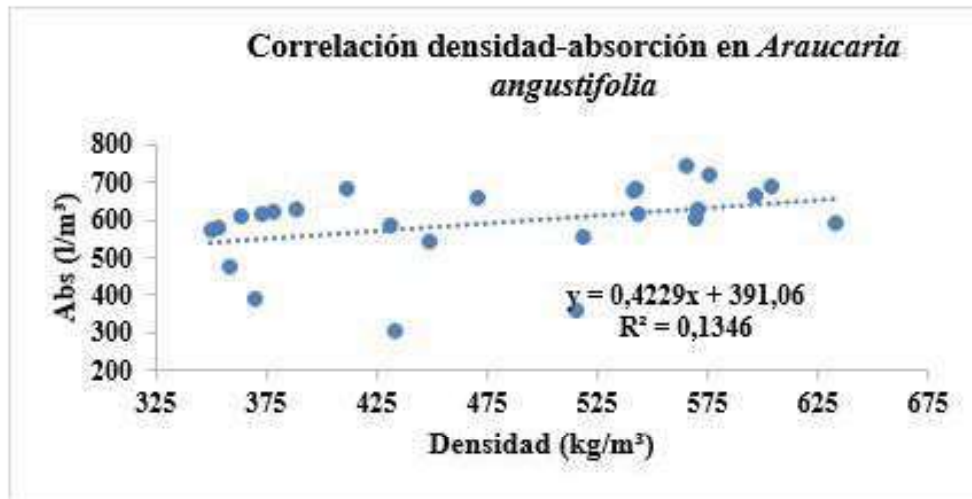


Gráfico 1. Diagrama de dispersión representando el grado de correlación entre la absorción y la densidad en *Araucaria angustifolia*.

Graph 1. Diagram representing the degree of correlation between absorption and density in *Araucaria angustifolia*

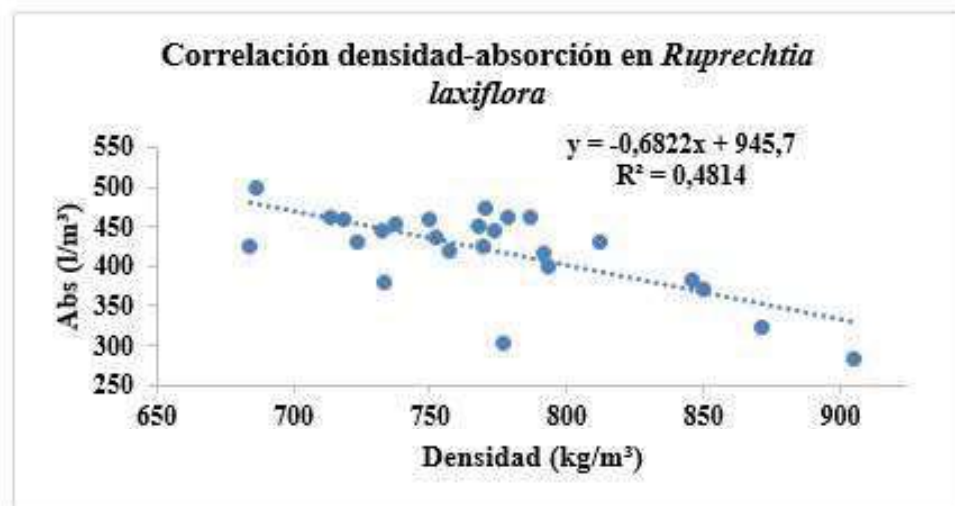


Gráfico 2. Diagrama de dispersión representando el grado de correlación entre la absorción y la densidad en *Ruprechtia laxiflora*.

Graph 2. Diagram representing the degree of correlation between absorption and density in *Ruprechtia laxiflora*.



## CONCLUSION

Los hongos *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp. fueron los que produjeron los mayores valores de pérdida de peso a *Araucaria angustifolia*; en el caso de *Ruprechtia laxiflora*, los hongos que produjeron mayores valores de pérdida de peso fueron las especies *Ganoderma applanatum* y *Pycnoporus sanguineus*, clasificándose a ambas como maderas percederas según Findlay al ataque de estos hongos.

Mientras que para ambas especies de madera el hongo que menor daño produjo fue el *Pleurotus sajor-caju*, con 1,76% de pérdida de peso para *Araucaria angustifolia*, considerándose como madera muy resistente al ataque del mismo y con 11,15% de pérdida de peso para *Ruprechtia laxiflora*, considerándose como madera moderadamente resistente.

La madera de *Araucaria angustifolia* presentó mejor capacidad de absorción con el método de Burnett, donde se aplicó el producto preservante CA-B (copper azole), compuesto por cobre y azole, que la madera de *Ruprechtia laxiflora*, siendo la absorción de 592,51 l/m<sup>3</sup> para la primera y de 419,6 l/m<sup>3</sup> para la segunda.

## BIBLIOGRAFÍA

BILONE, J. S. 1990. Árboles autóctonos argentinos de la selva, bosques y montes de la Argentina. Editora Argentina. Buenos Aires. Argentina. 335 pp.

BOBADILLA, E. A.; Suirezs, T. M.; Pereyra, O.; Weber, E.; Silva, F.; Stehr, A. M. 2007. Durabilidad de la madera del *Pinus taeda*. L. impregnado con arseniato de cobre cromatado, frente a hongos xilófagos. Misiones. Argentina. Revista Floresta v. 37 n. 1. FUPEF. Universidad Federal do Paraná.

FINDLAY, W. P. K. 1940. Studies in Physiology of Wood Destroying Fungi. Annuals of Botany N.S. 4 (16): 701-706.

GARTLAND, H. M.; Bohren, A. V. 2007. Dendrología especial, árboles forestales de Argentina. Editorial Universitaria. Posadas, Misiones. 132 pp.

HUNT, G. M. 1941. Factors that influence the decay of untreated Wood in service and comparative decay resistance of different species. U.S department of Agriculture. Forest Products Laboratory. Report N° 68.

GIOVENALE, L.; Pitsch, E. C. 2003. Determinación de la absorción de agua en madera del género *Pinus* y *Araucaria*. Integradora II. Facultad de Ciencias Forestales. 8 pp.

JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). 1988. Manual del Grupo Andino para la preservación de Maderas. Proyecto Sub-Regional de Promoción Industrial de la Madera para la construcción. Lima-Perú. 150 pp.

LEPAGE, E. S. 1986. Manual de preservação de madeiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 342 pp.

LULEY, C. J. 2005. Wood Decay Fungi Common to Urban Living Trees in the Northeast and Central United States. Urban Forestry LLC. Naples, New York. 60 pp.

MARTINEZ, 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. 550 pp.

MORA, N.; Encinas, O. 2001. Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea*, en condiciones de laboratorio. Revista Forestal Venezolana, 45 (1), 23-31.

SUIREZS, T. M.; Pereyra, O.; Bobadilla E. A.; Weber, E.; Bernio, J. C.; Wanderer. R. 2007. Absorción, retención y penetrabilidad en maderas de corta durabilidad impregnadas por los métodos baño caliente-frío y vacío-presión. CODIGO ISIF: II 17.

SUIREZS, T. M.; Weber E.; Bobadilla, E. A.; Pereyra, O.; Magnago, S. 2010a. Absorción en maderas impregnadas por los métodos sim presión y a presión. Trabajo presentado 2do Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. 2010, Mar del Plata, Argentina.

SUIREZS, T. M.; Bobadilla, E. A.; Stehr, A. M.; Pereyra, O.; Arguelles, T.; Weber, E. M.; Magnago, S.; Martínez, S.; Vera, L.; Almada, C.; MOREL, M. 2010b. Durabilidad natural de la madera de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (pino híbrido) frente a la acción de dos especies de hongos xilófagos. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 10 al 12 de junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina.

SUIREZS, T. M.; Arenhardt O.; Stehr, A. M.; Bobadilla, E. A.; Weber, E.; Bragañolo, A. 2013. Durabilidad natural y pesos específicos aparentes del *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. (Cedro rosado) cultivado en la provincia de Misiones. 13th international Congress of Science and Technology of Metallurgy and Materials. ISBN 978-950-579-276-4. Puerto Iguazú, Argentina.

TINTO, J. C. 1980. Manual para Tratamientos Protectores de Productos Forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 62 pp.

TORTORELLI, L. A. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME, S.A.C.I. Maipú Buenos aires. 895 pp.

TUSET, R.; Durán, F. 1979. Manual de maderas comerciales equipos y procesos de utilización. Editorial agropecuaria, hemisferio sur S.R.L. Montevideo, Uruguay. 688 pp.

VIGNOTE PEÑA, S.; Martínez Rojas, I. 2006. Tecnología de la madera. 3ª edición. S.A. Mundi-prensa libros. Madrid. 678 pp.