

LIGUSTRO (*Ligustrum lucidum* W. T. Aiton), CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS, DURABILIDAD Y POSIBLES USOS Y APLICACIONES DE SU MADERA

LIGUSTRO (*Ligustrum lucidum* W. T. Aiton),
TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS, DURABILITY AND
POSSIBLE USES AND APPLICATIONS OF ITS WOOD

Fecha de Recepción: 06/12/2019 // Fecha de Aceptación: 28/12/2019

Felipe Benetti

Ing. Forestal
Becario doctoral CONI-
CET; CIGEOBIO-FCEF
(UNSJ), San Juan Argen-
tina. Av. I. de la Roza 590
(Oeste), J5402DCS. Tel: 54
264 4260353. Fax: 54 264
4234980; e-mail: felipebe-
nett@gmail.com

Mónica Murace

Doc. en Ciencias Naturales
Docente – Investigador,
Lab. de Investigaciones en
Madera (LIMAD), Facul-
tad de Ciencias Agrarias y
Forestales, Universidad Na-
cional de La Plata (FCAYF,
UNLP), calle 60 y 119
(1900), La Plata, Buenos
Aires, Argentina.

Mercedes Refort

Gabriel Keil

Ing. Forestal
Docente – Investigador, La-
boratorio de Investigacio-
nes en Madera (LIMAD),
Facultad de Ciencias Agrar-
ias y Forestales, Univer-
sidad Nacional de La Plata
(FCAYF, UNLP), calle 60 y
119 (1900), La Plata, Bue-
nos Aires, Argentina.

RESUMEN

La aptitud tecnológica de una madera y sus prestaciones pueden transformar una especie arbórea problema como *Ligustrum lucidum* (W. T. Aiton), “ligustro”, en una fuente de recursos aportando al control de su población. El objetivo de este trabajo fue identificar usos y/o aplicaciones de la madera de ligustro crecido espontáneamente en el bosque nativo del partido de Magdalena (Buenos Aires), a partir de sus propiedades físico-mecánicas y durabilidad. Para ello se evaluaron sus cambios dimensionales, dureza, flexión estática, compresión paralela y compresión perpendicular a las fibras y durabilidad natural. De esta manera demostró poseer una madera semi-pesada, mediana o moderadamente estable y dura, alto módulo de rotura y muy bajo módulo de elasticidad en flexión estática y, valores muy altos de rotura en ensayos de compresión paralela y perpendicular a las fibras. Expuesta a degradación fúngica resultó ser una madera resistente o durable ante la acción de una cepa responsable de la pudrición castaña. De acuerdo con los resultados obtenidos la madera de ligustro podría constituirse en una potencial reemplazante de maderas nativas y/o exóticas presentes en el mercado, aportando a la disminución de la presión sobre los bosques nativos, mientras que, la extracción del ligustro consistiría en sí misma una estrategia de control.
Palabras clave: anisotropía, dureza, rotura, flexión, degradación fúngica

SUMMARY

The technological suitability of wood and its performances can transform a problematic tree species like *Ligustrum lucidum* (W. T. Aiton), “ligustro”, into a resource contributing to the control of its population. The objective of this work was to identify uses of spontaneously grown ligustro wood in the native forest of the Magdalena party (Buenos Aires), based on its physical-mechanical properties and durability. For this purpose, its dimensional changes, hardness, static flexion, parallel compression and compression perpendicular to the fibers and natural durability were evaluated. Thus, it proved to have a semi-heavy, medium or moderately stable and hard wood, high modulus of breakage and very low modulus of elasticity in static flexion and very high values of breakage in tests of parallel and perpendicular compression to the fibers. Exposed to fungal degradation, it proved to be a resistant wood against the action of a strain responsible for chestnut rot. According to the results obtained, ligustro wood could be a potential substitute for native and / or exotic woods present in the market, contributing to the reduction of pressure on native forests, while the extraction of the ligustro would be itself a control strategy.
Key words: anisotropy, hardness, rupture, flexural, fungal degradation

INTRODUCCIÓN

Ligustrum lucidum W.T. Aiton (Oleaceae), “ligustro”, es una especie arbórea originaria del sudeste asiático, ampliamente utilizada como ornamental (NEBEL y PORCILE 2006; XIM y LONG, 2015). Su fruto posee propiedades antioxidantes y potenciales aplicaciones contra el cáncer (LIN *et al.*, 2007; HU *et al.*, 2014). El ligustro es considerado invasor en numerosos países del mundo (GRAU *et al.*, 2008; GRAU *et al.*, 2010) entre los cuales se presenta la República Argentina (DASCANIO *et al.*, 1994; GRAU y ARAGÓN, 2000; GAVIER-PIZZARRO *et al.*, 2012; SAyDS, 2018). En los bosques nativos de nuestro país, la presencia de esta planta alteró su estructura vertical, regeneración (HOYOS *et al.*, 2010), composición y abundancia, y en consecuencia provocó una disminución de la diversidad de especies nativas (CEBALLOS *et al.*, 2015) como así también afectó el contenido hídrico del suelo (ZAMORA NASCA *et al.*, 2014), la descomposición y ciclado de nutrientes y a causa de ello la dinámica del ecosistema (ARAGÓN *et al.*, 2014).

De acuerdo con NEBEL y PORCILE (2006), una alternativa a la implementación de costosos y prácticamente inviábiles programas de erradicación de una invasora establecida, es su transformación en un recurso genuino. En este sentido, la disponibilidad de la especie, sus características biométricas (CARABELLI *et al.*, 2004; TORTORELLI, 2009 a), las propiedades tecnológicas - definidas por parámetros físico-mecánicos - y la durabilidad de su madera (BARNET y JERONIMIDIS, 2003; KEIL *et al.*, 2011) son aspectos a tener en cuenta a fin de su consideración como tal. Las situaciones de uso y aplicaciones de las maderas se encuentran vinculadas a su densidad (FERNÁNDEZ-GOLFÍN y DIEZ, 1994), a los cambios dimensionales (CORONEL, 1994), la dureza (TINTO, 1997), la anatomía (RIVERA y LENTON, 1999; BÁRCENAS-PAZOS *et al.*, 2014), a los valores de sus módulos de elasticidad y rotura (CORONEL, 1995), a la resistencia a la compresión (RIVERO MORENO, 2004) y a su resistencia al deterioro o durabilidad (ZABEL y MORRELL, 1992; DÍAZ *et al.*, 2003), entre otros.

En los bosques nativos de Argentina el ligustro posee una altura media total de 12,25 m y una altura y volumen comercial medios de 8,70 m y 0,058 m³/árbol, respectivamente (SCHAUMAN, 2011). Estos datos indican que ejemplares de estas características podrían ser aprovechados de manera rentable para la obtención de madera sólida y/o procesada (TORTORELLI, 2009 a; TORTORELLI, 2009 b; MORAS y VALLEJOS-BARRA, 2013). Respecto de sus atributos tecnológicos y durabilidad, a la fecha no se registran antecedentes en nuestro país. No obstante, SCHAUMAN (2011) aporta resultados obtenidos mediante estudios anatómicos y de densidad de individuos invasores de un bosque nativo de “tala” (*Celtis tala* Gillies ex Planch.) del partido de Magdalena (Buenos Aires, Argentina). A partir de ellos sugiere orientar el uso de su madera hacia la carpintería rural, acabados de interiores y exteriores (puertas, ventanas y muros macizos), productos de madera corta (mangos de herramientas y elementos deportivos) y muebles, entre

otros.

Según lo expuesto, se planteó como hipótesis que la madera de *L. lucidum* cuenta con atributos físico-mecánicos y de durabilidad natural que permiten su utilización como material estructural y no estructural, en situaciones propicias para el biodeterioro.

El objetivo de este trabajo fue identificar los posibles usos y/o aplicaciones de la madera de *Ligustrum lucidum*, invasora de un bosque nativo del partido de Magdalena (Buenos Aires), a partir del conocimiento de sus propiedades físico-mecánicas y de su durabilidad natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con madera de *Ligustrum lucidum* proveniente de 5 ejemplares elegidos al azar ubicados en la Reserva Pearson (partido de Magdalena, 34°04'00"S-57°31'60"O, provincia de Buenos Aires, Argentina). De cada árbol, a partir de los 0,30 m de la base, se obtuvieron trozas (3 por ejemplar; 15 en total) de 1,20 m de longitud, de las cuales fueron obtenidos tablones de 55 mm de espesor que fueron estibados hasta comprobar contenido de humedad en equilibrio higroscópico (HEH), testeado mediante higrómetro electrónico (GANN, Hydromette HT 85). De dichos tablones se obtuvieron probetas para la realización de los ensayos siguientes: contenido de humedad (CH), densidad normal (Dn), cambios dimensionales, flexión estática, compresión paralela y perpendicular a las fibras, dureza y durabilidad (tabla 1). La totalidad del material cumplió con los requisitos especificados por las normas IRAM para la determinación de estas propiedades.

Propiedades Físicas y Mecánicas

Los parámetros de las propiedades físicas determinados fueron: contenido de humedad (CH%); densidad aparente normal (Dn), anhidra (Do); contracción normal máxima en sentido radial y tangencial ($Cn_{máxrd}$ y $Cn_{máxtg}$), coeficiente de contracción en sentido radial y tangencial (vrd y vtg), punto de saturación de las fibras (PSF) y coeficiente de anisotropía ($Cn_{máxtg} / Cn_{máxrd}$). Las propiedades físicas fueron determinadas en el Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Los parámetros de las propiedades mecánicas determinados, expresados en MPa, fueron: dureza Janka radial, tangencial y transversal; módulo de rotura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática y en compresión paralela a las fibras; MOR en compresión perpendicular a las fibras. Para la realización de estos ensayos se utilizó una Prensa Universal de 5000 kg ALFRED J. AMSLER & Co, Schaffouse – Suisse 7928 (dureza Janka y flexión estática) y una Máquina Universal de Ensayos de 25 toneladas ALFRED J. AMSLER & Co, Schaffhouse – Suisse 5380 (compresión perpendicular y paralela a las fibras), pertenecientes al Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería, UNLP.

Tabla 1. Ensayos, normas, dimensiones del material y repeticiones por tipo de ensayo.
Table 1. Tests, standards, material dimensions and repetitions by type of test.

Propiedades	Ensayos	Norma IRAM	Dimensiones	Repeticiones (n)
Físicas	Contenido de humedad	9532 (1963)	20 x 20 x 20 mm	200
	Densidad normal	9544 (1985)	20 x 20 x 20 mm	200
	Densidad anhidra	9544 (1985)	20 x 20 x 20 mm	200
	Cambios dimensionales	9543 (1985)	20 x 20 x 50 mm	100
Mecánicas	Dureza	9570 (1971)	50 x 50 x 150 mm	30
	Flexión estática	9542 (1977)	20 x 20 x 340 mm	50
	Compresión paralela	9541 (1977)	50 x 50 x 200 mm	30
	Compresión perpendicular	9547 (1977)	50 x 50 x 150 mm	30
Durabilidad		9518 (1962)	20 x 20 x 20 mm	40

Durabilidad Natural

El ensayo de durabilidad fue establecido según Norma IRAM 9518 (tabla 1). La madera fue expuesta a la acción de *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst. Cepa 735 (LPSC) – Cepario del Instituto Spegazzini, La Plata – causante de pudrición castaña.

Obtenida la cepa, fue repicada a cajas de Petri con medio agar extracto de malta al 2% (AM 2%: 20 g de extracto de malta; 20 g de peptona de carne; 20 g de agar; 1000 cm³ agua destilada) las que posteriormente fueron colocadas en estufa por 15 días a 25 ± 2°C.

Para la instalación de los ensayos se emplearon frascos de vidrio de 500 cm³ de capacidad. En cada uno de ellos fueron colocados 43 cm³ de agua destilada y 200 g de una mezcla de tierra (40 g) y arena (160 g) previamente seca en estufa a 103 ± 2°C durante 72 h y tamizada. Llenados los frascos, sobre el sustrato fueron apoyadas dos tablillas (“feeder strips”) de madera blanda (*Salix* sp.) de 20 mm de lado. Posteriormente, cada frasco fue cerrado con tapones de algodón y esterilizado en autoclave durante 30 minutos a 1,5 atm. Cumplida esta etapa, se procedió a la inoculación, la cual fue realizada mediante trozos de micelio fúngico de 10 mm de diámetro obtenidos con sacabocados, colocados próximos a cada “feeder strips”. Una vez que el micelio cubrió las tablillas (20 días aproximados) sobre cada una de ellas fue colocada una probeta de ensayo (dos por frasco) previa determinación de la masa inicial (Mi) en equilibrio higroscópico (Pi) y esterilización en autoclave a 0,5 atm de presión durante 20 minutos.

El material estuvo expuesto a degradación durante 90 días bajo condiciones controladas de humedad y temperatura (27 ± 2°C y 70% de HR). Cumplido el tiempo de ensayo, las probetas fueron extraídas de los frascos y acondicionadas en laboratorio durante 30 días hasta comprobar masa en equilibrio higroscópico (Mf) constatado cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas no superó los 0,01 g. Con las Mi y Mf obtenidos fue calculada la media porcentual de pérdida de masa (Pm) de las probetas empleando la fórmula:

$$Pm (\%) = [(Mi_{(g)} - Mf_{(g)}) / Mi_{(g)}] \times 100$$

Obtenida la media de Pm (%) de la totalidad del material, fue estimada la clase de resistencia a la degradación fúngica según la Norma ASTM D-2017-81 (1986):

altamente resistente, Pm 0% - 10%; resistente, Pm 11% - 24%; moderadamente resistente, Pm 25% - 44%; no resistente, Pm > 45%.

Análisis Estadístico

Para cada variable se analizaron medidas de posición, dispersión y variabilidad: media, desvío estándar y coeficiente de variación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas

En la tabla 2 se presentan los resultados correspondientes a los parámetros físicos determinados.

En base a su densidad normal (D_n) la madera de ligustro resultó pesada (rango: 0,751 g/cm³ - 1,000 g/cm³ al 15% CH; CORONEL, 1994). En cuanto al valor medio de contracción normal radial máxima (Cn_{rdmax}) y contracción normal tangencial máxima (Cn_{tgmax}), éstos se encuentran dentro de los rangos normales aceptables: 1,5 a 7,00% y 3,60 a 15,00%, respectivamente (CORONEL, 1994). Según su coeficiente de anisotropía (Cn_{tgmax} / Cn_{rdmax}) la madera de esta especie es mediana o moderadamente estable (rango: 2,01-2,50; RIVERO MORENO, 2004).

La densidad es considerada una de las mejores propiedades físicas asociadas a las propiedades tecnológicas de las maderas, determinantes de su calidad; este parámetro explica y posee una estrecha relación positiva con los módulos de elasticidad y rotura (FERNÁNDEZ-GOLFÍN Y DIEZ, 1994). Al comparar el valor de D_n obtenido para ligustro con el de algunas de las maderas presentes en el mercado argentino se observa que si bien es inferior al de ciertas especies nativas, es muy superior al de especies exóticas que se utilizan en la actualidad, entre ellas los eucaliptos (e.g: *Eucalyptus saligna* Sm., 0,71 g/cm³; *E. grandis* W. Hill ex Maiden, 0,51 g/cm³), paraíso (*Melia azedarach* L., 0,60 g/cm³) y pino (e.g.: *Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson, 0,44 g/cm³; *P. taeda* L., 0,45 g/cm³) (CEMA, 2019; INTI, 2019).

La madera de ligustro, al igual que otras exóticas

Tabla 2. Valores medios de contenido de humedad, densidades aparentes y cambios dimensionales de la madera de ligustro.

Table 2. Average values of moisture content, apparent densities and dimensional changes of ligustro wood.

CH (%)	Dn 15% (g/cm ³)	Do (g/cm ³)	Cn _{rdmáx} (%)	Cn _{tgmáx} (%)	Vrd	Vtg	Cn _{rdmáx} / Cn _{tgmáx}	PSF
11,47	0,76	0,72	4,61	9,77	0,18	0,30	2,16	29,31
(4)*	(5,98)	(6,20)	(12,13)	(7,51)	(10,78)	(14,19)	(13,81)	(14,30)

Referencias: 1CH=contenido de humedad; Dn=densidad normal; Do=densidad anhidra; Cn_{rdmáx} y Cn_{tgmáx}=contracción normal máxima en sentido radial y tangencial, respectivamente; Vrd y Vtg= coeficiente de contracción en sentido radial y tangencial, respectivamente; PSF=punto de saturación de las fibras. * Coeficiente de variación (CV)

References: CH = moisture content; Dn = normal density; Do = anhydrous density; Cn_{rdmax} and Cn_{tgmáx} = maximum normal contraction in radial and tangential direction, respectively; Vrd and Vtg = contraction coefficient in radial and tangential sense, respectively; PSF = fiber saturation point. * Coefficient of variation (CV)

y algunas nativas de Argentina, posee valor de anisotropía alto (≥ 2)¹, característica que influye sobre el proceso de secado y sus posibles defectos. Se encuentran antecedentes en torno a la utilización estructural de maderas con valores de anisotropía similares a los indicados, usos condicionados por la densidad, dureza, escuadrías y secciones de corte de cada una de ellas (PEREYRA *et al.*, 2006; CALVO, 2006; WINK, 2013; MEDINA *et al.*, 2018; INTI, 2019). De acuerdo con ello, maderas con valores de anisotropía superiores a 2 son utilizadas en carrocerías, durmientes, construcciones rurales y viviendas, algunos ejemplos: *Aspidosperma quebracho blanco* Schlttl., “quebracho blanco”, 0,88 g/cm³, anisotropía=2,05, utilizada para la elaboración de marcos de aberturas y pisos; *Balfourodendron riedelianum* Engl., “guatambú”, 0,84 g/cm³, anisotropía=1,95, para postes y puntales; *E. saligna*, 0,71 g/cm³, anisotropía=1,96, tirantería; *Populus x euroamericana* Guinie., “Álamo I-214”, 0,47 g/cm³, T/R=2,17, entre otras.

Maderas con valores similares de densidad y anisotropía también son utilizadas para la obtención de productos de mayor valor agregado. Entre ellas, el cedro misionero (*Cedrela fissilis* Vell., 0,55 g/cm³, anisotropía=1,55) o el coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Blume., 0,67 g/cm³, anisotropía=2,34) para revestimientos de interior, puertas, persianas y ventanas; el laurel blanco (*Ocotea acutifolia* Mez., 0,54 g/cm³, anisotropía=2,51), para carpintería en general, vigas, cabo de herramientas, ataúdes y cajones (INTI, 2019), usos que también podrían ser dados a la madera de ligustro.

Propiedades Mecánicas

En la tabla 3 se presentan los resultados correspondientes a las propiedades mecánicas determinadas.

Según se indica (tabla 3), la madera de ligustro pertenece a la categoría de material duro (Dureza Janka entre 69 y 98 MPa, CORONEL, 1995). En cuanto al módulo de rotura (MOR), tanto en flexión, comprensión paralela y perpendicular a las fibras lo hallado se ubica en el rango alto

a muy alto: MOR, flexión entre 120 y 172 MPa; C. paralela >49 MPa; C. perpendicular >10 MPa (RIVERO MORENO, 2004). Respecto del módulo de elasticidad (MOE) en flexión, el mismo resultó ser muy bajo: MOE <9807 (RIVERO MORENO, 2004).

La dureza es una característica a tener en cuenta ante la necesidad de utilizar una madera para la elaboración de muebles, ventanas, puertas, pisos, escalones como también en diferentes sitios de una vivienda en que el material esté sujeto a un desgaste pronunciado (TINTO, 1997). Las maderas nativas argentinas clasificadas como duras, al igual que el ligustro, son utilizadas en la fabricación de parquet, en construcciones navales, civiles y tirantería (TORTORELLI, 2009 a; TORTORELLI, 2009 b). Por lo tanto, la madera de ligustro podría resultar apta para pisos de alto tránsito y constituir una buena alternativa para el reemplazo de las nativas en las mismas situaciones de uso.

Cuanto más altos son los valores de MOR y MOE, más alta es la resistencia y mayor la rigidez del material, respectivamente (CORONEL, 1995). Para flexión estática en particular, la madera de ligustro posee un alto valor de MOR y un muy bajo valor de MOE (tabla 3), lo cual podría ser considerado como una limitante para usos estructurales, en la construcción. Sin embargo, es frecuente en el mercado encontrar maderas cuyo MOE en flexión estática es incluso inferior, como es el caso de algunos pinos (e.g. *P. ponderosa*, MOR= 67 MPa, MOE= 8900 MPa; *P. taeda*, MOR= 63 MPa, MOE= 8138 MPa) no obstante, son utilizadas para la elaboración de vigas o perfiles laminados.

La resistencia a la compresión paralela a las fibras junto a datos acerca de la curvatura o pandeo que se produce en piezas con mayores escuadrías, permite estimar la aptitud de la madera como material para la elaboración de pilotes, parantes o columnas (CORONEL, 1994; RIVERO MORENO, 2004). En relación al MOR en dicha compren-

¹ Aquellas maderas cuyos valores de coeficiente de anisotropía se sitúan entre 1,2 y 1,5 serían consideradas excelentes, entre 1,6 y 1,9 normales, y con un valor de T/R mayor a 2,0 en adelante se verían limitadas varias utilidades (Coronel, 1994).

Tabla 3. Valores medios de Dureza Janka, flexión estática, compresión paralela y perpendicular a las fibras para la madera de ligustro.**Table 3. Average values of Janka Hardness, static bending, parallel compression and perpendicular to the fibers for ligustro wood.**

Dureza Janka (MPa)			Flexión estática (MPa)		Compresión paralela (MPa)		Compresión perpendicular (MPa)
Rd	Tg	Tr	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR
73	73	94	123	9786	59	10366	26
(16,45)*	(14,31)	(8,30)	(14,05)	(10,60)	(7,92)	18,79	(12,67)

Referencias: Mpa=megapascasles; Rd=radial; Tg=tangencial; Tr=transversal; MOR y MOE=módulo de rotura y elasticidad, respectivamente; * Coeficiente de variación (CV)

References: Mpa=megapascals; Rd=radial; Tg= tangencial; Tr= transversal; MOR and MOE = modulus of breakage and elasticity, respectively; * Coefficient of variation (CV)

sión, la madera de ligustro posee valores similares a los de maderas nativas o exóticas que son empleadas en postes, construcciones rurales y viviendas (e.g. quebracho blanco, MOR= 44 MPa; Pino elliotti, *P. elliottii* Engelm., MOR= 53 MPa), o puntales y pilotes, (e.g. Eucaliptus globulus, *E. globulus* Labill., MOR= 66 MPa) (TORTORELLI, 2009 a; PITER *et al.*, 2016; INTI, 2019). A su vez, maderas ubicadas dentro de valores medios de clasificación para compresión paralela, como ser *E. grandis* (MOR= 34 MPa), Pino ponderosa (MOR= 30 MPa) o Pino taeda (MOR= 35 MPa), son muy utilizadas con los fines estructurales anteriormente citados, así como en otras formas simples (correas, cabios, listones, cumberas) o bien combinadas (mediante cordones superior e inferior, diagonales y montantes formando cerchas o cabriadas) (PITER *et al.*, 2016; INTI, 2019).

El comportamiento de las maderas expuestas a la aplicación de fuerzas difiere a razón de su anatomía (RIVERA y LENTON, 1999; BÁRCENAS-PAZOS *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos son compatibles con las características anatómicas descritas para la especie (SCHAUMAN, 2011; RIVERA y GALIUSSI, 2015). La porosidad difusa que la caracteriza, sus poros solitarios muy pequeños con espesamientos espiralados, el parénquima axial escaso, radios parenquimáticos con cristales y la presencia de fibras de paredes muy gruesas, así como el agrupamiento de las mismas, explicarían los muy buenos resultados obtenidos en dureza y en los módulos de elasticidad y rotura para las diferentes compresiones.

Durabilidad

En función del porcentaje de pérdida de masa determinado (Pm 16%, CV (%) 36), la madera de ligustro resultó resistente (Pm% entre 11% - 24%, ASTM D-2017-81) expuesta a *G. sepiarium*, cepa responsable de pudrición castaña. En cuanto al CV (%), su elevado valor se corresponde con el tipo de ensayo biológico. De acuerdo con la Norma IRAM 9600, para las maderas pertenecientes a dicha clase de resistencia habría de esperarse una vida útil entre 10 y 30 años en situaciones de uso consideradas extremas (madera en contacto con el suelo), comportamiento similar al que poseerían los Algarrobos, Anchico colorado, Caldén, Cancharana, entre otras allí citadas.

La durabilidad o resistencia a la degradación estimada también se corresponde con los rasgos anatómicos descritos para la especie (SCHAUMAN, 2011; RIVERA y GALIUSSI, 2015). En términos generales, en esta madera, las espesas paredes de las fibras, la presencia de cristales y el pequeño tamaño de los vasos limitan la colonización fúngica como también la disponibilidad de oxígeno y humedad indispensables para los procesos de degradación. Paredes altamente lignificadas afectan negativamente la descomposición, en particular por los hongos de pudrición castaña; éstos atacan selectivamente la fracción de carbohidratos, inicialmente mediante un sistema no enzimático y difusible (KIM y SINGH, 2000; SCHMIDT, 2006; SCHWARZE, 2007).

En Argentina, así como en otros países, se ha comenzado a utilizar madera en el sistema constructivo denominado “bloques de madera encastrada” o BME, con ventajas tales como una rápida construcción, reducción de desperdicios en obra y esfuerzo físico de los obreros, buena aislación térmica y acústica, eficiencia y “diseño ecológico”, entre otros (COPAIDE, 2018; Madera y Construcción, 2019). Para este uso es necesario tener en cuenta, entre otras características, la durabilidad, dureza y el índice de anisotropía de la madera. De acuerdo con ello, y lo hallado mediante la presente investigación, la madera del ligustro podría emplearse en este tipo de construcción con prestación superior al pino ponderosa, de uso actual en Argentina en este sistema constructivo.

De manera similar, asociadas a la elevada dureza y durabilidad natural se puede citar el uso de maderas nativas como lapacho, anchico, curupay o exóticas de menor dureza y durabilidad como *Eucalyptus* spp. y *Pinus* spp. tratadas, para la elaboración de “decks” y parquets, es decir madera en suelos construidos para el exterior o interior (PLASTIFICADORA ARGENTINA, 2018). Se puede considerar entonces que, la madera de ligustro con una buena durabilidad natural, podría ser utilizada para tales fines.

CONCLUSIÓN

La madera de ligustro por sus propiedades físicas, mecánicas y durabilidad natural podría constituir una reemplazante válida de distintas maderas de especies nativas y exóticas de uso habitual en el mercado argentino. Los resultados encontrados en este estudio validan los usos sugeridos por SCHAUMAN (2011) y amplían notablemente sus aplicaciones.

Clasificada como una madera mediana o moderadamente estable presentaría aptitud para ser utilizada en carrocerías, durmientes, construcciones rurales, viviendas, paralelas, postes, puntales, tirantería, entre otras. Considerada como una madera dura, es una potencial sustituta de especies nativas que en la actualidad son utilizadas en pisos y decks. Valores muy altos en los módulos correspondientes a las compresiones paralela y perpendicular a las fibras, indican que también podría ser considerada como sustituta de especies exóticas como pinos y eucaliptos, o bien nativas de plantación o bosque nativo. Si bien no se observó una buena respuesta en el MOE en flexión estática, esto no representaría una limitante, ya que varias maderas que se utilizan con fines estructurales se encuentran en los mismos rangos.

La madera de ligustro resultó resistente a la degradación fúngica. Esto indicaría en primer instancia su posibilidad de uso en la mayoría de las situaciones o clases de riesgo (en términos generales interior y exterior, sin /en contacto con el suelo) asegurando una prolongada vida útil en servicio sin necesidad de ser expuesta a tratamientos adicionales, aun cuando se encuentre en situaciones propicias para el deterioro. No obstante, debe tenerse en cuenta subestimar los resultados obtenidos a fin de lograr una mayor utilidad y de este modo evitar los costos de su reposición y el riesgo que implica este tipo de deterioro particularmente cuando es utilizada para la elaboración de piezas de difícil acceso y/o con fines estructurales.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda la realización de ensayos con piezas de dimensiones estructurales, a fin de incrementar la información disponible para los usos sugeridos en el presente trabajo y anteriores; contar con mayor cantidad de evidencias que sustenten la posibilidad del uso de la madera de ligustro como recurso genuino y su posible extracción como medida para disminuir la competencia con el bosque nativo.

AGRADECIMIENTOS

Al personal profesional y personal de apoyo de la Facultad de Ingeniería (UNLP) y del Laboratorio de Investigaciones en Maderas (FCAYF, UNLP), por permitir el uso de las instalaciones, por su acompañamiento y buena predisposición.

A los caminos de la vida y las decisiones que nos llevaron hasta donde estamos exactamente ahora, en este tiempo y con esta gente.

BIBLIOGRAFÍA

ARAGÓN, R.; Montti, L.; Ayup, M. M.; Fernández, R. 2014. Exotic species as modifiers of ecosystem processes: Litter decomposition in native and invaded secondary forests of NW Argentina. *Acta oecologica*, 54, 21-28.

ASTM D-2017-81. Reapproved. 1986. Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. ASTM Book of Standards, American National Standard, pp: 348-352.

BÁRCENAS-PAZOS, G. M.; Ortega-Escalona, F.; Ángeles-Álvarez, G.; Ronzón-Pérez, P. 2014. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 21(42).

BARNETT J.R.; Jeronimis G., 2003. Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing Ltd, CRC Press. 240 pp.

CALVO, C. F.; Cotrina, A. D.; Cuffré, A. G.; Piter, J. C.; Stefani, P. M.; Torrán, E. A. 2006. Variación radial y axial del hinchamiento, del factor anisotrópico y de la densidad, en el *Eucalyptus grandis* de Argentina. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 8(3), 159-168.

CARABELLI, F.; Bava, J.; Momberg, F.; Cordone, V. 2004. Estimación de volumen maderable en bosques de Lenga (*Nothofagus pumilio*) en la región patagónica de Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 25(3), 3-9.

CEBALLOS, S. J.; Malizia, A.; Chacoff, N. P. 2015. Influencia de la invasión de *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) sobre la comunidad de lianas en la sierra de San Javier (Tucumán-Argentina). *Ecología Austral*, 25(1), 65-74.

CEMA (Camara de Empresarios Madereros y Afines). [fecha de consulta: Junio de 2019] Disponible en: <http://www.cema.com.ar/newsletter-2/fichas-tecnicas-de-maderas/>

COPAIDE, Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo. Ministerio de Desarrollo Territorial. Provincia de Neuquén. [fecha de consulta: Noviembre 2018] Disponible en: <https://www.copade.gob.ar/Contenido.aspx?Id=innovacion15-proy-d-4>

CORONEL, E.O. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 1 Parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Publicación ITM-UNSE. 187 pp.

CORONEL, E.O. 1995. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 2 Parte: Fundamentos de las propiedades mecánicas de las maderas. Publicación ITM-UNSE. 335 pp.

DASCANIO, L. M.; Barrera, M. D.; Frangi, J. L. 1994. Biomass structure and dry matter dynamics of subtropical alluvial and exotic *Ligustrum* forests at the Río de la Plata, Argentina. *Vegetatio*, 115(1), 61-76.

DIAZ, B.; M. Murace; P. Peri; G. Keil; L. Luna; M. Otaño. 2003. Natural and preservative treated durability of *Populus nigra* cv *Italica* timber grown in Santa Cruz Province, Argentina. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 52: 43-47.

FERNÁNDEZ-GOLFIN, J. I.; Diez, M. R. 1994. Influencia de la anchura del anillo de crecimiento en la densidad y otras propiedades físico-mecánicas de la madera estructural de diversas especies. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 3, 211-219.

GAVIER-PIZARRO, G. I.; Kuemmerle, T.; Hoyos, L. E.; Stewart, S. I.; Huebner, C. D.; Keuler, N. S.; Radeloff, V. C. 2012. Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and Support Vector Machines in Córdoba, Argentina. *Remote Sensing of Environment*, 122, 134-145.

GRAU, H. R. y Aragón, R. 2000. Árboles invasores de la sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. *Ecología de árboles exóticos en las yungas argentinas*, 3-21.

GRAU, H.R.; Hernández, M.E.; Gutierrez, J.; Gasparri, N.I.; Casavecchia, M.C.; Flores, E.E.; Paolini, L. 2008. A peri-urban neotropical forest transition and its consequences for environmental services. *Ecology and Society*, 13(1)

GRAU, H. R.; Paolini, L.; Malizia, A.; Carilla, J. 2010. Distribución, estructura y dinámica de los bosques de la Sierra de San Javier. *Ecología de una transición naturalurbana: El Gran San Miguel de Tucumán y la Sierra de San Javier*. San Miguel de Tucumán, Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de Tucumán, 33-48.

HU, B.; Du, Q.; Deng, S.; An, H. M.; Pan, C. F.; Shen, K. P.; Xu, L.; Wei, M. M.; Wang, S. S. 2014. *Ligustrum lucidum* Ait. fruit extract induces apoptosis and cell senescence in human hepatocellular carcinoma cells through upregulation of p21. *Oncology Reports*, 32(3), 1037-1042.

HOYOS, L. E.; Gavier-Pizarro, G. I.; Kuemmerle, T.; Bucher, E. H.; Radeloff, V. C.; Tecco, P. A. 2010. Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biological Invasions*, 12(9), 3261-3275.

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). [fecha de consulta: Abril de 2019] Disponible en: <http://www.inti.gov.ar/maderaymuebles/index.php?seccion=maderas-nativas>

IRAM 9518. 1962. Toxicidad, Permanencia y Eficacia

de Preservadores de Madera. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 12 pp.

IRAM 9532. 1963. Método de determinación de humedad. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 14 pp.

IRAM 9541 1977. Método de ensayo de compresión paralela a las fibras. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.

IRAM 9542 1977. Método de ensayo de flexión estática de maderas con densidad aparente mayor de 0.5 g/cm³. Instituto Argentino de Racionalización de materiales. 10 pp.

IRAM 9543 1985. Método para la determinación de los valores de contracción de la madera. Instituto Argentino de racionalización de Materiales. 10 pp.

IRAM 9544 1985. Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.

IRAM 9547 1977. Método de determinación de la compresión perpendicular al grano. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 5 pp.

IRAM 9570 1971. Método de ensayo de la dureza Janka. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.

IRAM 9600. 1998. Preservación de maderas. Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave. 22pp.

KEIL, G.; Spavento, E.; Murace, M.; Millanes, A. M. 2011. Acacia blanca "*Robinia pseudoacacia* L." y acacia negra "*Gleditsia triacanthos* L.": aspectos tecnológicos relacionados al empleo en productos de madera maciza. *Forest systems*, 20 (1), 21-26.

KIM, Y. S.; Singh, A. P. 2000. Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: a review. *Iawa Journal*, 21(2), 135-155.

LIN, H. M.; Yen, F. L.; Ng, L. T.; Lin, C. C. 2007. Protective effects of *Ligustrum lucidum* fruit extract on acute butylated hydroxytoluene-induced oxidative stress in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 111(1), 129-136.

MADERA Y CONSTRUCCIÓN. [fecha de consulta: Julio de 2019] Disponible en: <http://maderayconstruccion.com.ar/ladillos-de-madera-ultima-tendencia-en-construccion/>

MEDINA, A. A.; Baucis, A. G.; Catalán, M. A.; Andía, I. R.; Trangoni, F.; Razquin, M.; Pampiglioni, A.; Vuillermet, A. 2018. Características y propiedades físicas de la madera de álamos cultivados en Río Negro, Patagonia Argentina. *Madera y bosques*, 24(1).

- MORAS, G. y Vallejos-Barra, O. S. 2013. Tablas de volumen para árboles individuales de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* cultivados en la región sur de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 17(2), 11-24.
- NEBEL, J. P., Porcile, J. F. 2006. La contaminación del bosque nativo por especies arbóreas y arbustivas exóticas. Departamento de bosque nativo, manejo y protección forestal. Uruguay.
- PEREYRA, O.; Suirezs, T. M.; Pitsch, C.; Báez, R. 2006. Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento en procesos industriales de la madera de kiri, grevilea, paraíso y toona. *Floresta*, 36 (2).
- PITER, J. C. J.; Ramos, M. D. R.; Gómez, R. E.; Demkoff, M.; Torrán, E. A.; Sosa Zitto, M. A. (2016). Manual de aplicación de los criterios adoptados en el reglamento argentino CIRSOC 601: con ejemplos desarrollados y comentarios y tablas auxiliares para el cálculo. [fecha de consulta: Abril de 2019] Disponible en: <http://ria.utn.edu.ar>
- PLASCHKIES, K.; Jacobs, K.; Scheiding, W. & Melcher, E. 2014. Investigations on natural durability of important European wood species against wood decay fungi. Part 1: Laboratory tests. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 90, 52–56.
- PLASTIFICADORA ARGENTINA. [fecha de consulta: Noviembre de 2018] Disponible en: <http://www.plastarg.com.ar/index.php>
- RIVERA, S. M.; Lenton, M. S. 1999. La xilología y las propiedades mecánicas de cinco maderas nativas argentinas. *Quebracho*, 7, 72-78.
- RIVERA, S. M.; Galiussi, E. 2015. Guía de Observación. Clave n° 2 – Identificación macroscópica de especies exóticas. Cátedra de Dendrología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
- RIVERO MORENO, J. 2004. Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. F. Pasantía Cochabamba, Bolivia. 73 pp. SAyDS. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Argentina. [fecha de consulta: octubre de 2018] Disponible en: www.ambiente.gob.ar.
- SCHAUMAN, S. 2011. Estudios xilotecnológicos en *Ligustrum lucidum* como base para definir usos y aplicaciones de su madera. Tesis de Grado de la Carrera de Ingeniería Forestal. FCAYF. 43 pp.
- SCHMIDT, O. 2006. Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use. Springer Science & Business Media.
- SCHWARZE, F. W. 2007. Wood decay under the microscope. *Fungal Biology Reviews*, 21(4), 133-170.
- TINTO, J.C. 1978. Aporte del Sector Forestal a la construcción de viviendas. IFONA. Folleto Técnico N° 44. 2ª edición. Buenos Aires. 142 p.
- TORTORELLI, L. A. 2009 a. Maderas y bosques argentinos. 2da Ed., Tomo 1. Orientación gráfica Editora. Buenos Aires. 576 pp.
- TORTORELLI, L. A. 2009 b. Maderas y bosques argentinos. 2da Ed., Tomo 2. Orientación gráfica Editora. Buenos Aires. 595 pp.
- WINCK, R. A. 2013. Influencia del raleo sobre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina. Tesis Maestría. 102 p.
- XIN, T., & Long, C. 2015. *Chinese Aceraceous* germplasm resource analysis: A case from Kunming. *Acta horticulturae*, (1087), 289-297.
- ZABEL, R.A. y J.J. Morrell 1992. Wood microbiology. Decay and its prevention. Academic Press Inc. San Diego, Estados Unidos. 476 pp.
- ZAMORA Nasca, L.; Montti, L.; Grau, R.; Paolini, L. 2014. Efectos de la invasión del ligustro, *Ligustrum lucidum*, en la dinámica hídrica de las Yungas del noroeste Argentino. *Bosque (Valdivia)*, 35(2), 195-205.