ESTUDIO DE LA DENSIDAD, MORFOMETRÍA DE FIBRAS Y DURABILIDAD DEL SAUCE RAGONESE '131-27' (*SALIX BABYLONICA X SALIX ALBA*)

Trabajo Final de Grado

del alumno

VALENTÍN BRACCO

Este trabajo ha sido presentado como requisito

para la obtención del título de

Ingeniero Agrónomo

Carrera

Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Junín 14 de Octubre de 2021

ESTUDIO DE LA DENSIDAD, MORFOMETRÍA DE FIBRAS Y DURABILIDAD DEL SAUCE RAGONESE '131-27' (*SALIX BABYLONICA X SALIX ALBA*)

Trabajo Final de Grado

del alumno

VALENTÍN BRACCO

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Ing. Forestal Paula Ferrere
Evaluadora

Dra. Marcela Ruscitti
Evaluadora

Ing. Agr. Alejandro Signorelli
Evaluador

Dra. Ing. Forestal Ana Clara Cobas
Directora

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Junín, 14 de Octubre 2021

Agradecimientos

A mi directora, Ana Clara Cobas, por darme esta posibilidad, por guiarme, por su predisposición, amabilidad y paciencia.

A Edgardo Casaubón de la EEA Delta del Paraná por proveernos de las muestras del clon de sauce Ragonese ‘131-27’.

A mis padres Gladys y Miguel, a mis hermanos Anita y Alejo por su apoyo, una familia de oro.

A mis amigos, Harry, Fabricio, Joaquín, Daiana, Matías G, Matías R, Fernando, Nacho, esa familia que uno elige, que estuvieron en las buenas y en las malas.

A Santiago Mercado, un amigo, un hermano, compañero de estudio excelente, un eslabón importantísimo en esto.

A todos los que de alguna manera se cruzaron en mi camino, fueron parte de mi crecimiento personal, profesional y aportaron para que esto sea posible.

ÍNDICE

RESUMEN 5

1. INTRODUCCION. 4

1.1. Patrones generales de variación radial y axial en coníferas 8

1.2. Patrones de variación axial y radial en Latifoliadas 8

1.3. Durabilidad natural……..…..9

1.4. Salicáceas……..…11

1.4.1. Antecedentes bibliográficos en salicáceas.. 11

2. OBJETIVOS. 14

2.1. Objetivo General. 14

2.2. Objetivos Específicos. 14

3. HIPOTESIS. 14

4. MATERIALES Y METODOS. 15

5. RESULTADOS Y DISCUSION. 20

5.1. Ancho de anillos 20

5.2. Longitud de fibras 21

5.3. Diámetro de vasos 22

5.4. Frecuencia de vasos 23

5.5. Densidad 24

5.6. Durabilidad 26

6. CONCLUSION. 27

7. BIBLIOGRAFIA. 28

RESUMEN

Las salicáceas se destacan por su capacidad de reproducción vegetativa, la practicidad de su replicación, de rebrotar a partir de sus cepas y la rápida velocidad de crecimiento que les permite alcanzar tamaños comerciales a temprana edad (con turnos de aprovechamiento de 10 a 12 años). En cuanto a sitios de implantación presentan una gran plasticidad frente a diferentes condiciones edáficas y climáticas como anegamiento y sequía.

Argentina posee en la región del Delta del Río Paraná, la mayor superficie de bosques implantados con sauces (*Salix spp.*) en el mundo. Su madera abastece la fábrica de pulpa de latifoliadas para papel de diario más importante del país y aporta a industrias del bobinado, laminado y aserrado con un volumen estimado de 450000 t año^{-1}

Debido a las características que presenta la madera de estos árboles se plantea su uso como madera estructural. Teniendo en cuenta el uso al cual se quiere destinar la madera, su durabilidad natural, la capacidad de impregnación de la misma y los diferentes tratamientos para prolongar dicha durabilidad se puede optar por el tratamiento que mejor se ajuste a cada situación.

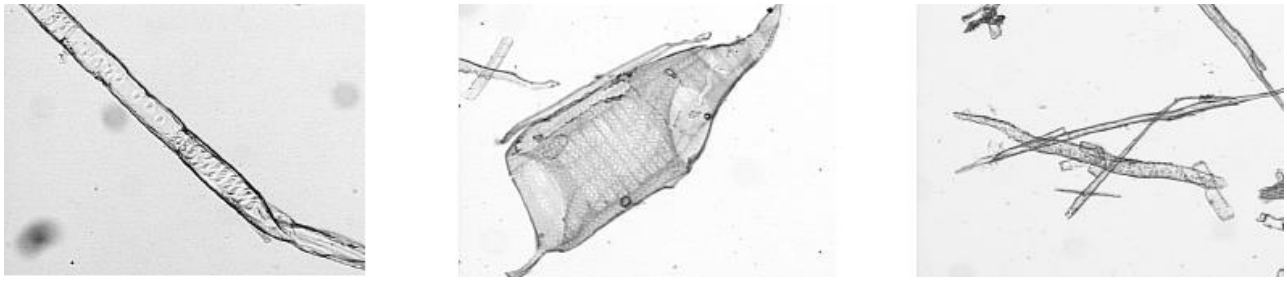
El propósito de este trabajo fue realizar un estudio sobre la variabilidad axial y radial de la densidad básica y morfometría de fibras del sauce Ragonese ‘131-27’ (*Salix babylonica x Salix alba*), para determinar sus patrones de variación y establecer su durabilidad natural. Se trabajó con árboles de dicha especie, el material corresponde a las muestras obtenidas de un ensayo de la EEA Delta del Paraná. Se seleccionaron 6 ejemplares en buenas condiciones fitosanitarias y representativos del rodal. Se tomó como muestra la troza basal de 2 m de largo a partir de las que se confeccionaron las tablas a ensayar. El sauce Ragonese ‘131-27’ presentó patrones, aunque sin diferencias estadísticas significativas, de aumento de sus valores de la morfometría de fibras en sentido radial (de medula a corteza) y de aumento de las propiedades en sentido axial (con la altura). La longitud de fibras y la frecuencia de vasos mostraron un patrón de variación radial de aumento de ambas variables de medula a corteza y un patrón de variación axial de aumento con la altura para el clon estudiado. Mientras que en el diámetro de vasos no se observó un patrón de variación radial ni axial definido. La densidad siguió un patrón de variación radial compuesto por un descenso de sus valores de medula a corteza con un leve incremento en la posición más externa, aunque sin diferencias estadísticas significativas. Axialmente se observó un aumento de la densidad con la altura, pero estas diferencias tampoco resultaron estadísticamente significativas. En cuanto a la durabilidad natural la madera de este clon se clasificó como medianamente durable, lo que indicaría que su uso debiera estar acotado a estructuras interiores sin contacto con el suelo o a la intemperie.

Palabras clave: Salicáceas, Durabilidad, Patrones de variación axial y radial, Propiedades anatómicas y físicas.

1. INTRODUCCION.

Las propiedades anatómicas, físicas, químicas y mecánicas que presente una determinada madera afectarán el destino final de la misma. Según Monteoliva (2010) la madera posee algunas propiedades que deben ser estudiadas y analizadas antes de emplearla en cualquier tipo de industria (dendroenergía, pulpa y papel, uso sólido):

-Su origen biológico: la madera es una estructura con células organizadas en dos sistemas: axial y radial. Como todo organismo biológico, es heterogéneo, es decir el tejido no presenta iguales características y tipos celulares (Fig. 1) dependiendo del grupo taxonómico de plantas leñosas. Existe, además, variabilidad dentro de las especies e individualmente dentro de cada árbol (Fig. 2).



Traqueida axial Araucaria | Vaso y fibra Eucalyptus | Fibras y fibrotraqueidas Eucalyptus

Figura 1. Tipos celulares (Ilustración extraída de Monteoliva, 2010)

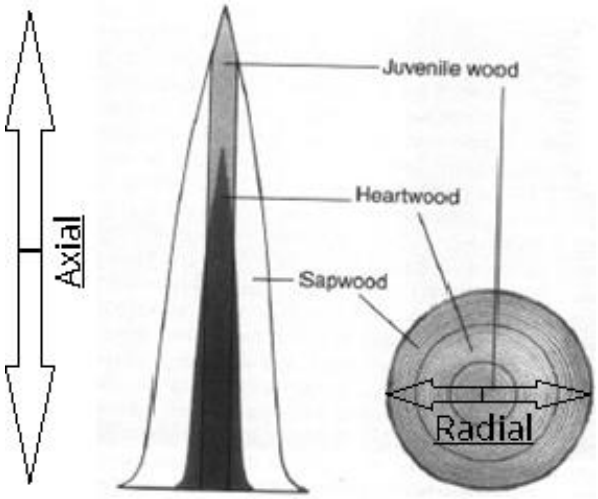


Figura. 2. Variabilidad dentro del árbol (Ilustración extraída y editada de Monteoliva, 2010)

-La madera es anisotrópica por naturaleza, es decir que presenta diferentes comportamientos físicos y mecánicos a lo largo de tres direcciones diferentes: axial, radial y tangencial. Este comportamiento diferencial deriva de la estructura anatómica interna formada por dos sistemas interconectados (axial y radial) y por la organización de la celulosa en la pared celular.

-La madera es higroscópica: pierde y toma humedad como resultado de los cambios de humedad y temperatura atmosférica circundante (Fig. 3). Debido a la naturaleza anisotrópica, estos cambios de contenido de humedad producen cambios en las dimensiones de la pieza de madera (contracción e hinchamiento) que no son iguales en las 3 direcciones (axial, radial o tangencial). El contenido de humedad que presenta la madera afecta directamente las propiedades físicas y mecánicas.

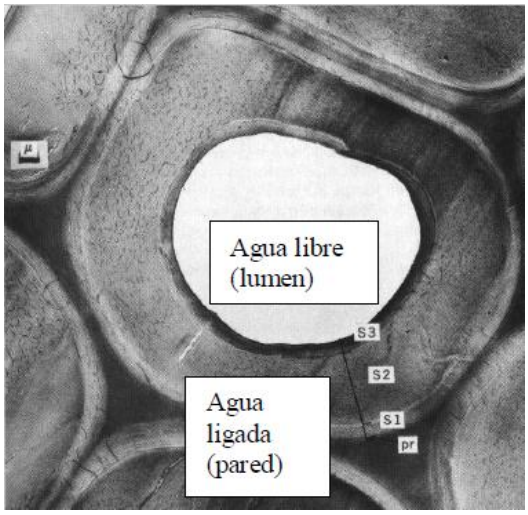


Figura.3. Tipos de agua presentes en la madera (Ilustración extraída de Monteoliva, 2010)

-La madera es biodegradable. Puede degradarse por la acción de organismos descomponedores, tales como hongos, bacterias o insectos. Estos organismos pueden atacar los hidratos de carbono (celulosa y hemicelulosas) de la pared celular, la lignina o en algunos casos todos los componentes. La biodegradación afecta las propiedades químicas, físicas y mecánicas.

- La madera es durable bajo condiciones que no favorezcan el desarrollo de organismos degradadores (hongos, bacterias o insectos). Las diferentes especies presentan distinta durabilidad natural dependiendo fundamentalmente de la composición química. Existen tratamientos para aumentar la durabilidad natural de las maderas frente a los organismos degradadores (preservación).

La madera es un material biológico y heterogéneo, por lo que sus propiedades y características anatómicas, químicas, físicas y mecánicas varían entre distintas especies, en la misma especie e incluso dentro de un mismo árbol en sentido radial y axial (Monteoliva, 2010, Cobas, 2013).

La bibliografía indica que la variabilidad radial de las propiedades es, en general, de mayor magnitud e importancia que la variación axial. Para las coníferas y las latifoliadas de porosidad circular es más marcada que para las latifoliadas de porosidad difusa. Esta variación está ligada a la edad del cámbium, que en los primeros años de crecimiento (10-15 años dependiendo de la especie), presentan iniciales cambiales con una morfología y características denominadas “juveniles”. Estas variaciones están relacionadas al concepto de madera juvenil, ya que dependen

de la edad de la madera producida a diferentes niveles en el fuste. A medida que el árbol envejece estas características se estabilizan para comenzar a formar madera con propiedades estables o maduras (Monteoliva, 2010).

La porción del tronco correspondiente a madera juvenil es aquella parte del árbol en que las propiedades de la madera se modifican de año en año, mientras que hay otra parte del árbol conocida como madera madura en que dichas propiedades se estabilizan (Nuñes, 2013; Saranpää, 2003 y Burdon *et al.,* 2004). El leño juvenil es la madera formada en los primeros años de crecimiento de un árbol por un cambium joven. Se la llama también “madera de copa”. Se extiende desde la base hasta el tope (Zobel y Talbert ,1988), el tamaño del mismo puede variar considerablemente aún entre árboles de una misma especie y edad. (Zobel y Jett, 1995). La formación de madera juvenil puede oscilar entre 5 y 20 años y la terminación del período puede ser abrupta, o gradual a medida que nos desplazamos desde la médula hacia la corteza (Panshin y de Zeeuw, 1980). La madera juvenil presenta menor densidad, elementos fibrosos más cortos y propiedades de resistencia menores en comparación con la madera madura (Yanchuk y Micko, 1990; Zobel y Sprague, 1998). Por lo antes dicho la madera juvenil resulta indeseable, sobre todo para aplicaciones sólidas de la madera, ya que el leño juvenil posee menores resistencias y es más inestable frente al secado (Zobel y Jett, 1995).

El modelo clásico de “madera juvenil” propuesto por Zobel y Talbert (1988) indica que la madera juvenil conforma un cilindro central y su pasaje a madera madura es abrupto, principalmente en coníferas. Sin embargo, Burdon *et al.,* (2004), plantean un modelo que además de tener en cuenta la madera juvenil y madura, considera las zonas de transición entre ambas y como varían en el fuste (axial y radialmente) (Figura 4).

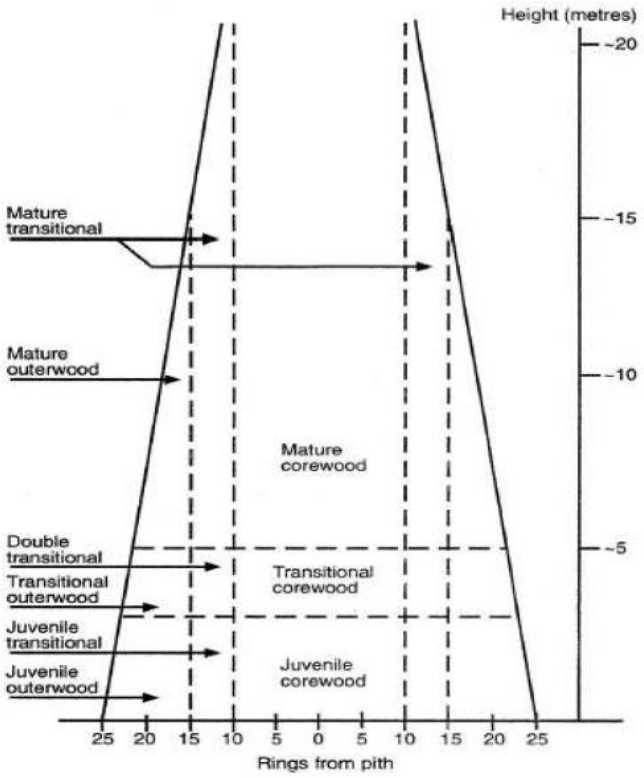


Figura 4: Esquema de las zonas con las diferentes clases de madera de acuerdo a los tipos de variación propuestos. (Grafico tomado de Burdon *et al., 2004*).

Según estos autores hay argumentos sólidos para emplear dos conceptos separados: juvenil vs maduro (en sentido axial o vertical, “juvenility versus maturity”) y madera interna vs madera externa (en sentido radial, “corewood versus outerwood”) (Figura 4).

Según Cobas (2013) la progresión de madera juvenil a madura se interpreta a lo largo del fuste, y la madera interna se transforma en externa en el sentido radial. Con estos conceptos bases, se observa que la porción inferior del fuste contiene madera juvenil interior (“juvenile corewood”) que se integra hacia la corteza en la madera juvenil externa (“juvenile outerwood”). Hacia la parte superior del fuste la madera juvenil se integra en madera madura, y así la parte alta del tronco contiene madera madura interior (“mature corewood”) que se integra en madera madura externa (“mature outerwood”). Según estos conceptos aplicados en conjunto, la madera proveniente de raleos contendría gran cantidad de madera juvenil interior (“juvenile corewood”) y las trozas superiores del tronco madera madura interior (“mature corewood”).

Las zonas más bajas del tronco, correspondientes a la madera juvenil (Figura 4), son las que presentan las mayores variaciones axiales. A su vez representa, económicamente, la porción más importante del árbol debido a su volumen y ubicación. Estas variaciones causan problemas de procesamiento y utilización del material fibroso (Burdon *et al.*, 2004; Cobas, 2013).

1.1. Patrones generales de variación radial y axial en coníferas

La transición de madera juvenil a madura es muy marcada en las coníferas en casi todas las variables que suelen estudiarse (Nuñes, 2013).

Como lo indica Cobas (2013) se han encontrado distintos patrones generales de variación de las propiedades de la madera juvenil y madura que diferencian fundamentalmente a las coníferas de las latifoliadas. Las coníferas están ampliamente estudiadas y se generó un modelo denominado de “cilindro central” que explica los patrones de variación de las diferentes propiedades dentro del árbol.

En general, se puede asumir que la madera juvenil de coníferas, mayoritariamente pinos, presenta un aumento de la densidad con la edad (Ferreira *et al.*, 1978; Cown, 1980; Talbert y Jett, 1981; Zobel y Talbert, 1988; Fucheng *et al.*, 1997; Yang y Benson, 1997; Larson, *et al.*, 2001; Saranpää, 2003; Gartner, 2005; y Mäkinen *et al.*, 2007.). La longitud de las traqueidas aumenta rápidamente en los anillos cerca de la médula, luego continúa creciendo a la misma velocidad, de forma más lenta o puede variar de manera impredecible. El diámetro de las traqueidas se mantiene esencialmente constante mientras que el espesor de la pared incrementa gradualmente (Bendtsen y Senft, 1986; Wang y Braaten, 1997; Larson *et al.*, 2001 y Mäkinen *et al.*, 2007).

El ancho del anillo de crecimiento aumenta radialmente con la edad y luego se estabiliza o empieza a decrecer (Larson *et al.*, 2001.).

1.2. Patrones de variación axial y radial en Latifoliadas

La madera juvenil de latifoliadas se diferencia de la de coníferas principalmente porque la variación de sus propiedades se desarrolla de manera gradual. En este grupo, la variación de la densidad básica y longitud de fibra no es tan uniforme como en el caso de las coníferas.

-<u>Longitud de fibras:</u>

En su trabajo con álamos Belager *et al.,* (2000) registraron que la longitud de fibras aumento con la edad.

En *Eucalyptus grandis*, en cuanto a longitud de fibras, Nuñes (2013) notó un aumento permanente de este valor desde la médula hasta aproximadamente el anillo teórico n° 14 a partir del cual se mantuvo aproximadamente constante.

Para la longitud de fibras Cobas (2013) indica que para las latifoliadas de porosidad difusa (*Eucalyptus, Alnus, Acer, Populus, Salix*) el patrón de variación radial de la longitud de fibra es

similar al reportado para las coníferas, presentando un aumento sostenido de los valores en los primeros anillos (madera juvenil) y luego una estabilización de sus valores (madera madura).

-Densidad básica:

Con la variación de la densidad básica se han reportado patrones con distintas tendencias las cuales fueron clasificadas por Panshin y De Zeeuw (1980) en tres tipos generales:

- ✓ Tipo1: aumento de los valores de medula a corteza
- ✓ Tipo 2: disminución de los valores cerca de la medula y luego un aumento
- ✓ Tipo 3: disminución constante de los valores de médula a corteza.

Entre diversos trabajos de investigación que incluyeron el estudio de la densidad básica, algunos trabajos reportan un comportamiento de tipo 1 mientras que otros reportan el tipo 2, otros el tipo 3 e incluso hay trabajos que encontraron situaciones intermedias o directamente no reportan variaciones significativas para dicho parámetro estudiado en latifoliadas (Cobas, 2013).

-Variables anatómicas:

Cobas (2013) explica que los estudios de modelos de variación radial sobre otras variables anatómicas y químicas de la madera no son tan extensos, por lo tanto, es más difícil realizar una generalización de los patrones de variación.

Alves Ramos *et al.,* (2011) y Castro Silva *et al.,* (2007), en sus trabajos sobre *Eucalyptus grandis* (10 a 23 años de edad), encontraron que el ancho de fibra aumenta, el lumen disminuye y el espesor de pared aumenta en sentido radial.

En cuanto al diámetro de vasos se registra un aumento de médula a corteza (Panshin y de Zeeuw, 1980; Peszlen, 1998; Castro Silva *et al.*, 2007 y Alves Ramos *et al.*, 2011).

Las latifoliadas pueden mostrar diferentes patrones de variación según se trate de latifoliadas de porosidad circular o de porosidad difusa y también dependiendo de la propiedad estudiada. Según Fukazawa (1984) las latifoliadas de porosidad circular presentan valores de densidad elevados cerca de la médula y luego disminuyen a medida que nos acercamos a la corteza, mientras que las latifoliadas de porosidad difusa presentan patrones muy diversos.

1.3. Durabilidad natural

Una de las características de la madera es que es un material biológico, formado por células y productos celulares como las moléculas de celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales son los

constituyentes mayoritarios de la pared celular. La lignina forma una densa matriz que protege a los demás componentes de la degradación enzimática. Los agentes degradantes de la madera pueden ser bióticos o abióticos, siendo los primeros más relevantes, ya que son más efectivos en el proceso de degradación. En este grupo hay insectos, hongos, bacterias, algas y xilófagos marinos. Para los factores abióticos, se puede mencionar la acción de las lluvias, de los vientos y la radiación solar. Dichos agentes pueden actuar por separado o en conjunto, acelerando la descomposición (Trevisan *et al.,* 2008, Spavento *et al*., 2014). La propiedad de la madera que le confiere resistencia al ataque de agentes degradadores químicos, físicos y biológicos, sin tratamiento ajeno de preservación, se denomina durabilidad natural (Carrera *et al.,* 2018). El papel de los hongos en la degradación de la madera es intenso, estos generan cambios físicos y químicos en las paredes celulares, afectando gravemente a la resistencia de la madera. Los hongos xilófagos, que causan cambios en la composición química de la madera, se diferencian según el tipo de degradación que produzcan siendo clasificados en hongos de pudrición blanca, pudrición parda y pudrición blanda. La lignina es solo ligeramente degradada por hongos de la pudrición parda y, más intensamente, por hongos de pudrición blanca y blanda (Spavento *et al*., 2014, Trevisan *et al.*,2008).

La durabilidad natural de la madera se puede determinar a través de procedimientos de laboratorio en donde se evalúa la pérdida de peso ocasionada por los agentes xilófagos en cuestión sobre las probetas de madera en estudio. Tal como indica Muñoz (2020) se cuenta con normativas internacionales para la realización de ensayos de laboratorio, donde podemos encontrar distintas escalas de durabilidad según de que normativa se trate (las clases de durabilidad se refieren únicamente al duramen ya que la albura se clasifica como no durable):

- La norma europea (EN350), como puede verse en la tabla 1, define 5 niveles de durabilidad natural de duramen. Estos ensayos se rigen por las normas técnicas CEN-TS 15083-1 para Basidiomicetos y CEN-TS 15083-2 para Ascomicetos. Considera un medio de cultivo en base a malta y agar, sobre el cual son dispuestas las probetas.

Clasificación	**Pérdida de Peso (%)**
Muy durable	≤5
Durable	5 - ≤10
Moderadamente durable	>10 - ≤15
Poco durable	>15 - ≤30
No durable	>30

Tabla 1: Escala de norma EN350 (2016) durabilidad de la madera atacada por hongos.

- Norma americana (ASTM D2017 y AWPA E10). La norma ASTM define 4 grados de durabilidad natural del duramen, tabla 2. La norma AWPA define un método de ensayo para el testeo de productos preservantes que también se utiliza para determinar durabilidad natural de madera sin tratamiento. Las condiciones del ensayo se aproximan a las condiciones en servicio de la madera.

Considera un medio de cultivo PDA (papa, dextrosa, agar). Las probetas son dispuestas sobre un sustrato alimenticio, sobre una capa de arena húmeda, inoculados previamente con el hongo.

Clasificación	Pérdida de Peso (%)
Altamente resistente	0-10
Resistente	11-24
Moderadamente Resistente	25-44
Poco resistente o no resistente	45 o más

Tabla 2: Escala de la norma ASTM D2017 (2005) durabilidad de la madera atacada por hongos.

1.4 Salicáceas

Monteoliva *et al.,* (2002) afirman que Argentina posee en la región del Delta del Río Paraná, la mayor superficie de bosques implantados con sauces (*Salix spp.*) en el mundo. Sus productos primarios abastecen la fábrica de pulpa de latifoliadas para papel de diario más importante del país y aportan a industrias del bobinado, laminado y aserrado con un volumen estimado de 450000 t año^{-1}.

En cuanto a las características de las salicáceas se destacan la factibilidad de su propagación vegetativa, su capacidad de rebrotar a partir de sus cepas, madera blanca y de baja densidad. Son árboles de rápido crecimiento que alcanzan tamaños comerciales a temprana edad, lo que permite turnos de aprovechamiento de 10 a 12 años (Cobas, 2013). Son muy versátiles en cuanto a posibilidad de sitios de implantación ya que hay especies y clones adaptados a suelos anegados y otros a condiciones de sequía (Cobas, 2013).

1.4.1 Antecedentes bibliográficos en salicáceas.

Las salicáceas es una familia de árboles de porosidad difusa, estudiada en diversos trabajos en los que se evidenció la variación de sus propiedades, que describieron diferentes patrones dependiendo del tipo de variación (axial o radial) y de la propiedad estudiada (Cobas, 2013).

La densidad de la madera es una propiedad universalmente utilizada como índice de calidad en relación a sus usos, dado que está correlacionada con la mayoría de las propiedades físico-mecánicas (Barnett y Jeronimidis, 2003, Álvarez *et al.,* 2010).

Distintos autores estudiaron la variación radial y axial de las propiedades dentro de una misma especie.

En cuanto a la **variación radial de la densidad básica** a la altura de pecho en *Populus tremuloides* de 36 años provenientes de Alberta, Canadá, Yanchuk y Micko (1990) observaron que los valores de densidad eran elevados cerca de la médula, disminuían hasta alrededor de los 12-20 años y luego aumentaban. En su estudio de tres clones de *Populus tremuloides* de 9 años cultivados al oeste de Washington, Estados Unidos, De Bell *et al.,* (2002) encontraron que la densidad básica de los clones disminuyo hasta los cinco años y luego aumento hasta el noveno.

Monteoliva y Marlats (2007) trabajando con sauces de 12 años registraron un aumento de la densidad básica de medula a corteza para el caso de Sauce americano. Sin embargo, para los clones 13-44, 250-33, 26992 y 131-25 no encontraron diferencias significativas de la densidad básica en sentido radial.

Belager *et al.,* (2000) encontraron que en general, en los alamos estudiados la densidad de la madera disminuyó con la edad de los árboles, aunque se señalaron excepciones a esta tendencia para algunos híbridos.

Con respecto a la **variación axial de la densidad básica**, las salicáceas no presentan un único patrón de comportamiento. En *Pópulus deltoides*, álamo australiano 129/60 de diez años en Buenos Aires Argentina, Álvarez *et al.,* (2010) hallaron un aumento de la densidad básica desde la base hacia el ápice. En España, Gutiérrez Oliva y Baonza Merino (2001) en un estudio de propiedades físicas sobre 176 árboles de 25 clones de álamos con edades comprendidas entre 14 y 17 años, hallaron la misma tendencia. En su trabajo con 8 clones de sauce: americano, “A 131-25”, “A 131-27”, “A 13-44”, “NZ 26992”, “A 250-33”, “A 250-36” y *Nigra* 3, de 13 años de edad implantados en el Delta Paranaense, Monteoliva *et al.,* (2002) encontraron un aumento de la densidad básica desde la base al medio y luego descenso hacia el ápice para *Sauce americano*, *Salix nigra* y el cv 13- 44, mientras que el cv 131-27 evidenció un descenso desde la base hacia el medio y luego un ascenso.

En cuanto a **la longitud de fibras en sentido radial**, en el estudio realizado con álamos de 5 años de edad, Belager *et al.,* (2000) registraron que la longitud de fibra aumento con la edad.

De bell *et al.,* (2002), registraron en *Pópulus* una tendencia más uniforme, donde la fibra aumentó cada año hasta los 9 años y los mayores aumentos se produjeron entre la segunda y la cuarta o quinta temporada de crecimiento. En una investigación realizada con clones del hibrido *Populus x euramericana* de 9 años ubicados en el centro-sur de Quebec Koubaa *et al.,* (1998) encontraron que, a la altura del pecho, la longitud de la fibra aumenta rápidamente desde la médula hacia afuera, seguida de una menor tasa de aumento del sexto al octavo anillo anual, con una tendencia a estabilizarse en el octavo anillo anual. En su trabajo sobre *Pópulus*, mencionado anteriormente,

Yanchuk y Micko (1990) hallaron que, en casi todos los casos, la longitud de la fibra aumenta constantemente a lo largo de la médula con muy poca fluctuación.

En cuanto a la variabilidad radial de la longitud de fibras, en clones de *Salix,* Monteoliva *et al.,* (2005) hallaron, que la tendencia para los 6 clones corresponde a un marcado aumento de la longitud de fibras de médula a corteza. El mismo patrón de comportamiento radial de longitud de fibras fue encontrado en otros trabajos en *Salix* (Monteoliva y Marlats, 2007; Monteoliva *et al.*, 2002)

Las Salicáceas presentan un patrón de variación radial uniforme de ascenso longitud de fibra con la edad, más notorio en los *Pópulus*, ya que para el género *Salix* se han encontrado, aunque en menor medida, otros patrones de variación (Monteoliva *et al.*, 2005 y Monteoliva y Marlats, 2007; Cobas, 2013).

Para la **variación axial de la longitud de fibras**, en su trabajo en clones del hibrido *Pópulus x euramericana*, Koubaa *et al.,* (1988) hallaron un patrón no uniforme sin diferencias significativas entre las alturas muestreadas. Mientras que, en su trabajo con 8 clones de sauce, Monteoliva *et al.,* (2002) registraron una tendencia general de disminución desde las secciones inferiores a las superiores. Si bien esa tendencia general se repitió en algunos clones en otros trabajos, se han encontrado diferentes patrones de variación axial de la longitud de fibras entre distintos clones de *Salix*, aunque dicha variación axial fue menos destacada que la variación radial de esa propiedad (Monteoliva *et al.*, 2005 y Monteoliva y Area, 2006).

A través de esta revisión bibliográfica de sauces y álamos, podemos inferir que los patrones de variación de sus propiedades pueden ser afectados por el clon en cuestión, el sitio de plantación, la edad de los ejemplares en estudio entre los principales factores.

En cuanto a la durabilidad natural según la norma IRAM 9600 (1998), la vida útil esperada (VUE) para esta especie es de 5 años o menor, clasificándola como del grupo de maderas poco durables, junto con el álamo y el pino misionero (Mastrandrea, 2020). Sin embargo, existen diferentes tratamientos para prolongar la VUE entre los que se pueden mencionar el pincelado, pulverizado, inmersión breve, térmico, furfurilación, acetilación y protección por diseño (Rivas, 2019). Teniendo en cuenta el uso al cual se quiere destinar la madera, su durabilidad natural, la capacidad de impregnación de la misma y los diferentes tratamientos para prolongar dicha durabilidad se puede optar por el tratamiento que mejor se ajuste a cada situación.

La sociedad en continua expansión demanda, entre varias cosas, de viviendas para poder habitar. Existen diferentes alternativas en cuanto a la elección de materiales para su construcción, una de estas opciones es la madera. Es ligera, fácil de transportar y necesita herramientas sencillas para trabajarla. Tiene una relación resistencia-peso más favorable que el acero y mucho más favorable que el hormigón (Sánchez y Yelín, 2017). Es uno de los materiales más antiguos que se han empleado en la construcción y seguramente el más polivalente: se usa como estructura, como

cerramiento interior y exterior, en laminados, en carpinterías, en techumbres y cubiertas, en pavimentos, entre otros. Particularmente el sauce *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27' está siendo estudiado por el INTA Concordia para fines estructurales, enfocado en la construcción de viviendas sociales. Sin embargo, como se ha desarrollado en los párrafos anteriores, el uso final de la madera va a depender directamente de las propiedades anatómicas y físicas (y sus variaciones en el fuste), propiedades mecánicas y durabilidad natural. Por tal motivo, el propósito de este trabajo fue realizar un estudio sobre la variabilidad axial y radial de la densidad básica y morfometría de fibras del sauce ragonese 131-27' *(Salix babylonica x Salix alba*), para determinar sus patrones de variación, establecer su durabilidad natural y analizar su posible aplicación como madera estructural.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

Determinar la durabilidad natural y variación axial y radial de la densidad y morfometría de fibras del Sauce Ragonese 131-27' (*Salix babylonica x Salix alba*) de 13 años de edad implantados en la EEA Delta del Paraná.

2.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Analizar la longitud de fibras, frecuencia de vasos y diámetro de vasos en Sauce Ragonese.
- ✓ Determinar los valores de densidad en la madera de Sauce Ragonese.
- ✓ Observar los patrones de variación radial y axial que presenta la madera de sauce.
- ✓ Determinar la durabilidad de la madera de sauce.

3. HIPOTESIS

El sauce ragonese 131-27' (*Salix babylonica x Salix alba*) presenta un patrón de aumento de sus valores de la densidad y morfometría de fibras de medula a corteza, mientras que la variación axial no es significativa y su madera es medianamente durable.

4. MATERIALES Y METODOS.

Se trabajó con la especie *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27'. El muestreo se llevó a cabo en un ensayo de Edgardo Casaubón para obtención de madera de calidad, con tratamientos silvícolas de raleo y poda, ubicado en la EEA Delta del Paraná (Fig. 5) (Río Paraná de la Palmas y Canal Laurentino Comas - 4ta. Sección de Islas CC 14 (2804), Campana, Buenos Aires, Argentina). Coordenadas geográficas: 34°10'30.8''S 58°51'49.4''W. El material estudiado fue cedido por el responsable del INTA Concordia, el Dr. Martín Sánchez Acosta.

Caracterización climática:

Berrondo y Gurini (1990) explican que el clima del Delta en general es del tipo templado-húmedo sin estación seca, aunque en los meses invernales se observa una disminución en la cantidad de lluvia. Lupi *et al.,* (2019) afirman que para la región nor-noreste, la temperatura media del mes de enero es de 24 ºC y en julio de 10ºC, con un valor medio anual de 18ºC. Los máximos absolutos superan los 40ºC y los mínimos absolutos de -7ºC a -10ºC. En cuanto a las heladas, Lupi *et al.,* (2019) indican que el período libre de estas en el NE es de 260 días, que la fecha media de la primera helada es a principios de junio y las últimas heladas ocurren a fines de agosto. Según Lupi *et al.,* (2019) las lluvias anuales superan los 900 mm, la estación con mayores precipitaciones es el verano, mientras que, en invierno, particularmente en el mes de junio, se registran los menores valores. Para la evapotranspiración potencial anual, Lupi *et al.,* (2019) afirman que en dicha región es de 850 mm (a partir de la metodología de Thornthwaite y Mather). El balance hídrico de la región oriental de la provincia de Buenos Aires manifiesta excesos hídricos de aproximadamente 100 mm desde mayo a septiembre, Lupi *et al.,* (2019).

Figura 5: EEA INTA Delta del Paraná

Se Seleccionaron 6 ejemplares de 13 años de edad en buenas condiciones fitosanitarias y representativos del rodal. Se tomó como muestra la troza basal de 2 m de largo y fue cortada en cruz para facilitar la posterior formación de las tablas a ensayar. De estos ejemplares se tomó, por árbol, una tabla central en la cual se marcaron los anillos de crecimiento, previa preparación de la superficie transversal con sucesivas lijas de diferentes granulometrías (de 80 a 120) hasta la perfecta visualización de los elementos celulares. (Figura 6).

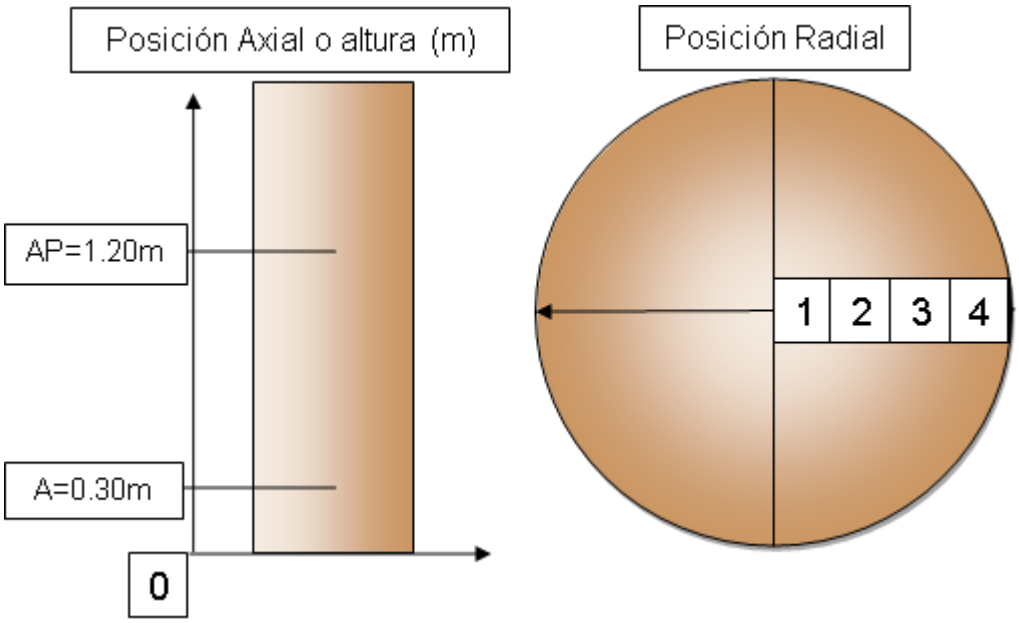


Figura 6: Posición axial y radial de la toma de muestras. Cada posición radial agrupa tres anillos de crecimiento.

Para la delimitación de los anillos se utilizó una lupa binocular (10x). Sobre la tabla central se marcaron las posiciones radiales de muestreo y según este criterio se tomaron las probetas para la determinación de la densidad básica y durabilidad natural (Fig. 7, 8 y 9)

Figura 7: Lijado de tablas centrales. Figura 8: Visualización de los anillos de crecimiento con lupa binocular.

Figura 9: Anillos de crecimiento delimitados sobre la tabla central.

Para la medición de las variables anatómicas se siguieron las recomendaciones de IAWA Committee (1989).

- Ancho de los anillos de crecimiento (mm): se midieron sobre las tablas centrales pulidas, en 2 radios opuestos bajo lupa binocular 15X, con reglilla micrométrica.

-Longitud de fibras (μm): se midió en disociados, según la técnica de Franklin (1946) (agua oxigenada y ácido acético en partes iguales) montados en agua sobre portaobjetos, sin teñir. Se midieron 50 fibras por posición radial de muestreo en las rodajas de todas las alturas (álamo, n=18500; sauce, n=9000). Las mediciones se realizaron sobre imágenes digitales tomadas con un microscopio óptico y se midieron con software específico (ImageJ, versión libre) (Figura 10).

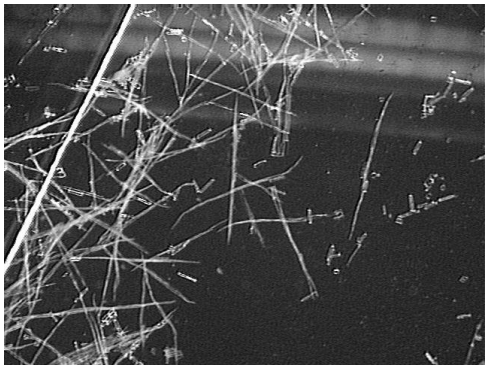


Figura 10: Disociado de fibras observado en microscopio óptico 4X.

-Diámetro de vasos: (μm): De cada una de las rodajas obtenidas a partir de los árboles muestreados se tomó una tabla central pulida, la cual incluye la medula y ambos radios opuestos hasta llegar a la corteza. Se obtuvieron probetas con tres anillos de crecimiento cada una, ya que el ancho de los últimos anillos es muy pequeño. A través de un formón y un martillo se separaron dichas probetas dando un golpe vigoroso sobre el correspondiente anillo de crecimiento. Luego a partir de cada una de estas, como indica Nuñez (2008), se obtuvieron cortes de 20 μm de espesor, los cuales fueron teñidos con safranina, un colorante que permite obtener un mayor contraste de las estructuras como los vasos, la pared y el lumen de las fibras. Estos cortes fueron

montados sobre portaobjetos, colocando luego el cubreobjetos el cual se fijó aplicando una delgada película de esmalte para uñas a ambos lados. Se los llevó a microscopio con cámara incorporada para poder obtener fotografías con diferentes aumentos. A partir de ImageJ, un programa de computadora, se realizaron las mediciones de diámetro sobre 100 vasos en cada posición radial. Luego se convirtió de pixeles a μm a través de la respectiva regla para cada aumento del microscopio utilizado (Figura 11 y 12).

Figura 11: confección de preparados para observar en el microscopio óptico.

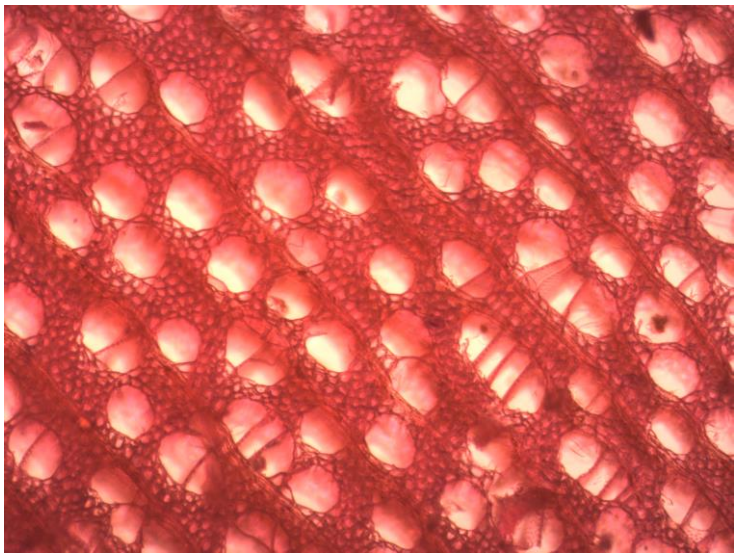


Figura12: Preparado para medir diámetro de vasos, observado en microscopio óptico con aumento 10X.

-Frecuencia de vasos: Se tomaron 5 imágenes digitales en cada posición radial, sobre las cuales se determinó el número de vasos en 1 mm2 (4x). Se contaron todos los vasos presentes en el área total de la imagen y se lo llevó a 1 mm2. (Figuras 13 y 14).

Figura 13: Observación de preparados en el microscopio óptico y obtención de imágenes digitales.

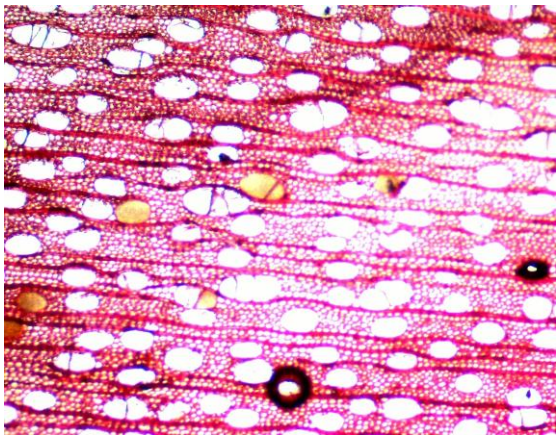


Figura 14: Preparado para obtener la frecuencia de vasos, observado en microscopio óptico con aumento 4X.

-Densidad básica [g/cm3] (volumen verde /peso seco): Para su determinación se tomaron probetas de 8cm3 (IRAM 9544) en cada una de las posiciones de muestreo sobre el radio. Se realizaron 94 probetas, cada una de las mismas incluyen 3 anillos de crecimiento (Figura 15 y 16).

Figura 15 y 16: Obtención de probetas a partir de la tabla central, utilizando formón y martillo.

-Durabilidad Natural: Se tomó como referencia la norma ASTM D2017-62t y se siguieron los siguientes pasos:

1. Preparación de Probetas de madera.

Se prepararon probetas de 2x2x2 cm convenientemente orientadas, determinándose su peso seco constante (peso seco inicial) en horno (24 horas a 105 ºC) hasta peso constante y esterilizándolas en autoclave a 110 ºC durante 15 minutos, quedando aptas para el ensayo.

2. Preparación del medio de cultivo.

3. Preparación de las Cámaras de Pudrición.

En botellas de 220 ml, se adicionaron 25 ml del medio extracto malta-agar, previamente esterilizado. Seguidamente se realizó la inoculación con *Trametes versicolor* (pudrición blanca) , cuyas cepas están identificadas en el Jardín Botánico Carlos Spegazzini, UNLP como hongos de pudrición blanca . Se incubaron a 28 ºC por 20, 40, y 60 días.

4. Acondicionamiento de probetas de madera

Luego de tres semanas de desarrollo del hongo xilófago, en cada cámara de pudrición, se coloca una probeta de madera, con la cara de la sección transversal sobre el micelio del hogo e inmediatamente se incuba, por espacio de 12 semanas, iniciándose así el proceso de pudrición.

5. Cálculo de Pérdida de Peso

Se calcula el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de cada probeta de madera empleando la siguiente relación:

%PP = [(PSI - PSF) /PSI x 100

PSI = Peso seco inicial (gr) antes del proceso de pudrición.

PSF = Peso seco final (gr) después del proceso de pudrición.

Dichos valores (%PP) son Interpretados según la Norma ASTM 02017-62t, para la clasificación de las especies forestales en base a su durabilidad natural.

5. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Ancho de anillos

En el siguiente gráfico (Figura 17) se representa el patrón de variación radial y axial del ancho de anillos en cada altura estudiada.

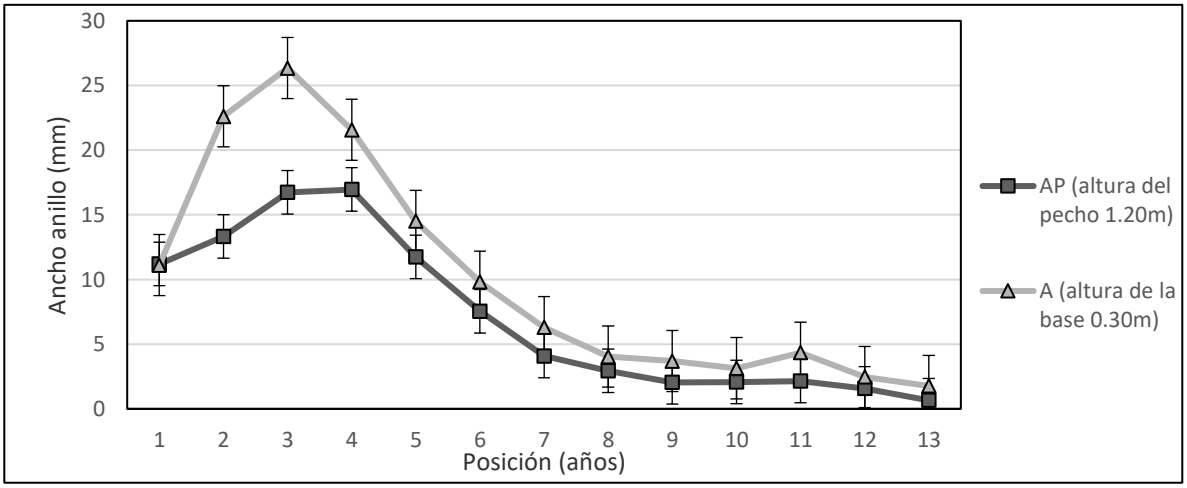


Figura 17: Variación axial y radial del ancho de anillo (mm) en sauce.

Puede observarse, en la figura 17, que radialmente se produce un aumento en esta variable desde la medula hasta el tercer año (26,34 mm para la altura A; 16,96 mm para AP) y luego disminuye a medida que nos acercamos a la corteza (1,77 mm para A; 0,66 mm para AP). Esto difiere con lo hallado por Cobas (2013) para el Sauce Americano de 45 años, donde radialmente el ancho de anillos disminuye desde el rango de edad de 0 a 5 años (37 mm) hasta el rango de edad de 15 a 20 años (10,8 mm) y luego aumenta hasta el rango de edad de 40 a 45 años (45,7 mm).

El ancho de anillos presenta diferencias significativas ($p \leq 0.01$) al comparar axialmente entre las dos alturas estudiadas en el fuste, A y AP, encontrándose una media de ancho de anillos mayor para la altura A. Igual resultado obtuvo Cobas (2013) en su estudio sobre Sauce Americano presentando que la altura de la base (30 cm) fue la de mayor ancho de anillo promedio.

5.2. Longitud de fibras

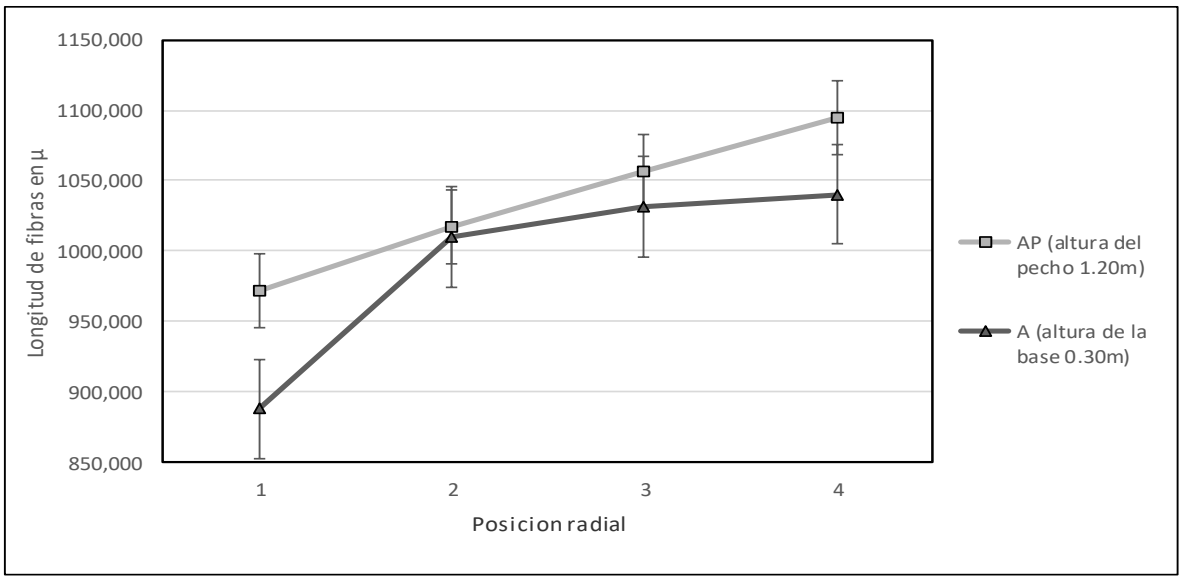


Figura 18: se presenta la variación radial y axial de la longitud de fibra.

Aunque los test de comparaciones múltiples no encontraron diferencias significativas, en la Figura 18, se puede observar un patrón de variación radial de aumento de longitud de fibras de medula a corteza, yendo de 887,96µm en la posición 1 a 1040,10µm en la posición 4 para la altura A (altura de la base, 30 cm del suelo) y de 971,91µm en la posición 1 a 1094,92µ en la posición 4 para la altura AP (altura del pecho, 120 cm desde el suelo). Este patrón concuerda con lo hallado en los trabajos en *Pópulus* por los autores Belager *et al.,* (2000), DeBell *et al.,* (2002), Koubaa *et al.,* (1998), Yanchuk y Micko (1990) y en trabajos en el género *Salix* por Monteoliva *et al.,* (2002), Monteoliva *et al.,* (2006), Monteoliva y Marlats, (2007) y Cobas (2013).

En cuanto a la variación axial, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas, se puede observar en el gráfico un comportamiento de incremento de la longitud de fibras con la altura, entre los dos puntos estudiados. Comparando las mismas posiciones radiales, para la posición 1 hay una diferencia de 83,95 micrones entre ambas alturas, siendo este valor superior al encontrado en la altura AP. Igual situación podemos observar en la posición 4 con una diferencia de 54,82 micrones. Esto concuerda con lo hallado por Cobas (2013) en su trabajo, donde la longitud de fibras en sentido axial presentó un aumento de sus magnitudes partiendo de 1332,60µm en la base (0,3m de altura) hasta 1384,99µm para los 4,2 m de altura en el fuste y luego un descenso hacia el ápice llegando a 1315,04µm de longitud de fibras a los 15,9m de altura. Mientras que difiere con Monteoliva *et al.,* (2002) quienes registraron una tendencia general de disminución desde las secciones inferiores a las superiores. También difiere de Koubaa *et al.,* (1998) quienes hallaron un patrón no uniforme de dicha variación.

5.3. Diámetro de vasos

En la Figura 19 se presentan los patrones de variación radial y axial del diámetro de vasos.

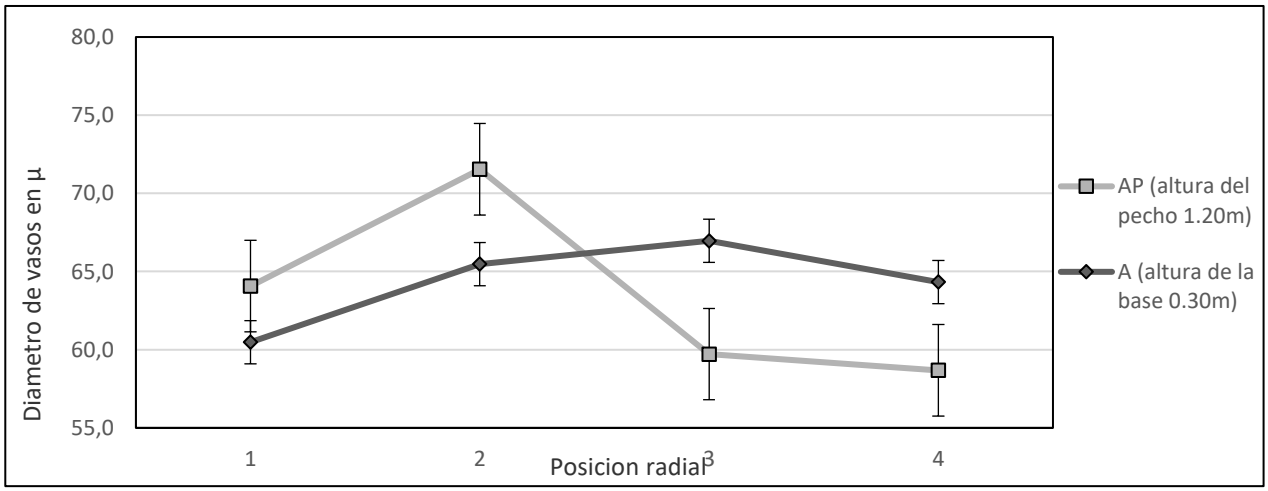


Figura 19: Variación axial y radial del diámetro de vasos (µm) en sauce.

En la Figura 19 no logra observarse un patrón definido de variación radial del diámetro de vasos. En la altura de la base, A, la variación radial describe un leve incremento en las primeras posiciones radiales (1, 2 y 3), para luego decrecer en la última posición radial. En la altura del pecho ocurre algo similar, las dos primeras posiciones radiales (1 y 2) muestran un incremento en el diámetro de vasos (de 64,1 µm a 71,5 µm) mientras que las últimas dos posiciones radiales (3 y 4) evidencian una disminución en el diámetro de vasos (59,7 µm para la posición tres y 58,7 µm para la posición 4). Esto concuerda parcialmente con lo hallado en otros trabajos que describen un incremento de medula a corteza (Panshin y de Zeeuw, 1980; Pezlen, 1998; Castro Silva *et al.*, 2007 y Alves Ramos *et al.*, 2011; Cobas, 2013).

En cuanto a la variación axial de dicha variable, se encontró que en la altura del pecho se observaron mayores valores para las dos primeras posiciones radiales, mientras que en las últimas dos posiciones radiales fue la altura de la base la que presentó mayores valores de ancho de vasos.

5.4. Frecuencia de vasos

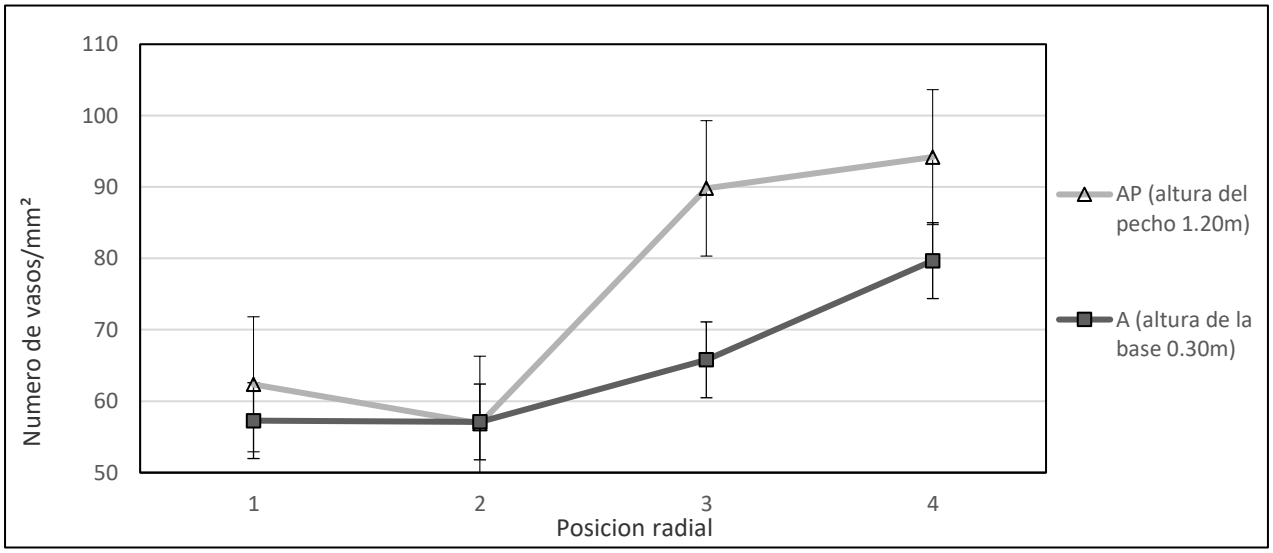


Figura 20: Variación axial y radial del número de vasos por mm² en sauce.

En el caso de la variación radial del número de vasos, se encontraron diferencias significativas entre las medias del número de vasos medidos en la posición 2 con 56.8 vasos/mm² y la posición 4 con 94,2 vasos/mm² para la altura AP. (Figura 20). Se puede observar una tendencia a un aumento del número de vasos con la altura, lo cual concuerda con lo hallado por Cobas (2013) en sauces. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las medias del número de vasos para distintas alturas muestreadas.

5.5. Densidad

Se presenta la Figura 21 con los patrones de variación axial y radial de la densidad.

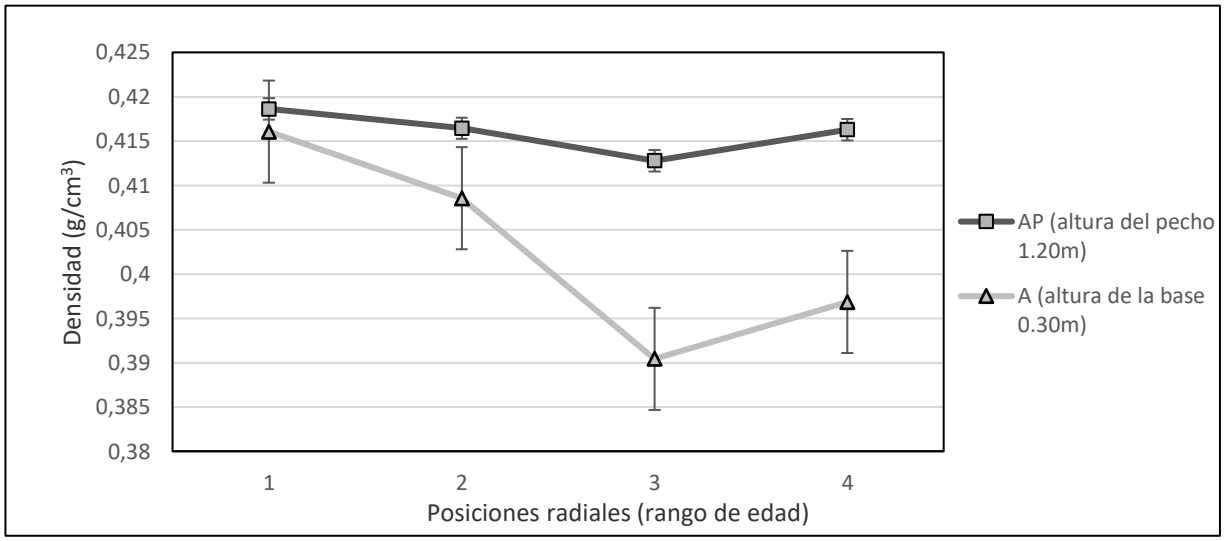


Figura 21: patrones de variación axial y radial de la densidad.

En el gráfico de la Figura 21 puede observarse el mismo patrón de variación radial de la densidad para ambas alturas, donde en las tres primeras posiciones radiales de medula a corteza se produce un descenso de la densidad yendo de la posición 1 con una densidad promedio de 0,417 g/cm³ hasta un valor promedio de 0,401 g/cm³ para la posición 3, acompañado de un pequeño aumento en la posición radial más externa, dando una densidad promedio de 0,406 g/cm³. Dichos resultados concuerdan con el trabajo de Belager *et al.,* (2000) donde los autores registraron un descenso de la densidad de médula a corteza en los 20 híbridos de álamos estudiados. En su trabajo Yanchuk y Micko (1990) encontraron que, para la mayoría de los clones de álamo, la densidad de la madera fue relativamente alta cerca de la médula 0,315 y 0,357 g / cm³, disminuyó alrededor de los anillos de crecimiento 12-20 y luego aumentó con valores promedio de entre 0,342 y 0,380 g / cm³ coincidiendo con el patrón encontrado con el presente trabajo. Sin embargo, dichos autores encontraron que dos de los clones de álamos estudiados no siguieron este patrón, sino que mostraron densidades de madera relativamente constantes en todos los radios. En otro trabajo sobre álamos, DeBell *et al.,* (2002) registraron una densidad promedio de la madera de 0,370 g/cm³ durante el primer año y que fue bastante similar entre los clones durante los tres primeros años. Luego, la densidad disminuyó para los dos clones híbridos y permaneció baja a las edades de 4 y 5 años. Aproximadamente 0,330 g/cm³ en el clon 11-11, 0,320 g/cm³ en el clon 47-174 y 0,350 g/cm³ en el clon CL. En promedio, la densidad comenzó a aumentar después del año 5 y continuó aumentando cada año hasta la recolección de las muestras.

En cuanto a la variación axial de la densidad puede observarse un patrón de aumento de la densidad desde la base (con un promedio de 0,402 g/cm³) hacia la altura del pecho (con un

promedio de 0,415 g/cm³). Esto concuerda con lo hallado por Álvarez *et al.,* (2010) en su trabajo con *Pópulus deltoides* 'Australiano 129/60' donde registraron un aumento de la densidad desde la base del árbol hacia el ápice, aunque en el primer tramo del fuste, desde la base hasta los 2.2m, no encontraron diferencias significativas. También concuerda con lo hallado por Cobas (2013) en su trabajo sobre *Salix babylonica var sacramenta* "sauce americano" y *Populus deltoides* `Australia 129-60` "álamo australiano" donde no hubo diferencias significativas entre la altura de la base y la altura del pecho, pero se evidenció un patrón axial de incremento de la densidad con la altura. Los menores valores (0,360 g/cm³) corresponden a la base y a la altura del pecho (1,3 m), mientras que las otras 3 alturas presentaron diferencias significativas entre sí, aumentando sus valores de 0,370 g/cm³ a 4,2 m de altura, a 0,410 g/cm³ a 15,9 m de altura.
En su trabajo en ocho clones de sauce, Monteoliva *et al.,* (2002) encontraron que 3 de los clones (sauce hibrido cv "A131-27"; *Salix Nigra* 3 y Sauce Americano) no presentaron diferencias significativas de la densidad media en ninguna comparación, lo cual concuerda con lo hallado en el presente trabajo. Mientras que cuatro clones (Sauce hibrido "A 13-44", Sauce hibrido cv "A 250-33", Sauce hibrido cv "A 131-25" y Sauce hibrido cv "NZ 26992") evidenciaron diferencia de densidad media entre la altura inferior (con el mayor valor de densidad) y por lo menos una de las otras alturas estudiadas, lo cual difiere con lo encontrado en este trabajo en donde la densidad a la altura de la base mostró valores menores, aunque no significativamente que los valores de la altura del pecho.

A pesar de observar una tendencia de los patrones de variación de la densidad tanto radial como axialmente, en el análisis de la varianza se observó que la variable posición radial, la variable altura y su interacción posición*altura no fueron significativos ($p \geq 0.05$) sobre la variable respuesta densidad. En el test de Tukey tampoco se hallaron diferencias significativas.

El valor promedio de 0,409 g/cm³ obtenido clasifica a la madera como liviana con valores similares a los presentados para Eucaliptus grandis, Álamos y Pino oregón (Mastrandrea, 2020).

De las propiedades analizadas solo el diámetro de vasos y el número de vasos presentaron una correlación negativa, significativa y moderada (-0.533). Esto indica que al aumentar el número de vasos por mm^2, el diámetro de los mismos disminuye (Tabla 3).

Tabla 3: Matriz de Correlación en sauce.

	Densidad (g/cm^3)	*Diámetro de vasos (*µ)	*Numero de vasos/mm^2*
Densidad (g/cm^3)	1	******	*******
*Diámetro de vasos (*µ)	NS	1	*******
Numero de vasos por mm^2	NS	-0.533	1

5.6. Durabilidad

Luego de realizado el ensayo de durabilidad se obtuvo que el promedio de pérdida de peso para el control fue del 0,09% ± 0,04, para los 20 días de incubación se registró un promedio de 11,91% ± 0,99. Posteriormente para 40 días de incubación el promedio fue 17,09% ± 0,58. La mayor pérdida de peso se observó luego de 60 días de incubación y en promedio el valor fue de 27,9% ± 0,91 respecto del peso inicial. Según la Normativa ASTM D2017-71, se establece que esta madera se encuentra en la categoría medianamente resistente ya que el valor obtenido luego de 60 días de incubación, se ubica en el rango de pérdida porcentual de peso de entre 25% y 44 %. (Figura 22).

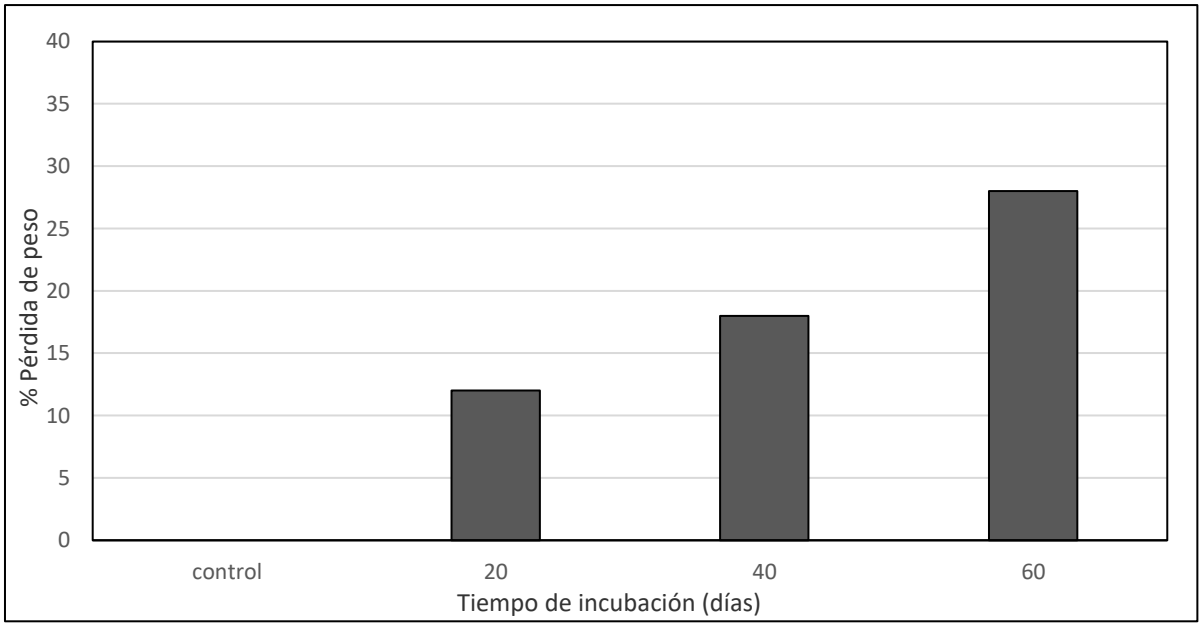


Figura 22: Porcentaje de pérdida de peso en función del tiempo transcurrido.

En uno de sus trabajos, sobre durabilidad natural de la madera en álamos, Spavento *et al*., (2014) estudiaron la madera de *Populus x Canadensis* I-214 de dos procedencias (Argentina y España) y dos especies de hongos (*Trametes versicolor* causante de la pudrición blanca y *Coniophora puteana* causante de la pudrición parda). Las Pp% (pérdidas de peso), a las 16 semanas, producidas por *Trametes versicolor* fueron de 55,75% para la madera de procedencia española y 38,32% para la de procedencia argentina. En el caso de *Coniophora puteana* los valores de Pp% fueron de 26,62% para la madera de procedencia española y 24,26% para la de procedencia argentina. Según los autores, si bien el daño causado por la cepa de pudrición blanca fue significativamente superior en la madera de procedencia española, en ambos casos se corresponden con la misma susceptibilidad (clase de durabilidad 5, EN-350-1, 1995). En otro trabajo sobre durabilidad en alamos, Spavento *et al.,* (2013) estudiaron la madera de *Populus x euramericana* I-214 encontrando que dicha madera presentó una pérdida de peso del 53,71% por lo que concluyeron que dicha madera resultó no durable (clase de durabilidad 5, EN-350-1 (2013))

ante la acción del hongo *Trametes versicolor.* Los autores afirman que los resultados obtenidos fueron los esperados, teniendo en cuenta lo especificado por la Norma EN-350-2 (2013) la cual indica para la madera de distintas especies del género *Populus* una clase de durabilidad 5, equivalente a una madera poco durable como resultó el clon I-214 en estudio, aunque no mencionado en dicha norma. Taraborelli *et al.,* (2020) obtuvieron resultados similares en su trabajo con *Populus x canadensis*`Icanadensis`I-214´ en cuanto a la durabilidad natural de la madera frente a los agentes fúngicos de pudrición parda y blanca. Según el porcentaje de pérdida de peso obtenido de la madera de sauce (con un valor de 27,9% ± 0,91 a los 60 días) y según la norma europea EN350, la madera del sauce ragonese se encuentra dentro del rango de clasificación <15 – 30% ubicándola en la clase de durabilidad 5 siendo consistente con lo encontrado para los alamos por los autores citados.

6. CONCLUSION.

El Sauce Ragonese ´131-27' (*Salix babylonica x Salix alba*) presenta, aunque sin diferencias estadísticas significativas, un patrón de aumento de sus valores de la morfometría de fibras de medula a corteza, mientras que la variación axial presentó un patrón de aumento de las propiedades con la altura sin diferencias estadísticamente significativas. La longitud de fibras y la frecuencia de vasos mostraron un patrón de variación radial de aumento de ambas variables de medula a corteza y un patrón de variación axial de aumento con la altura para el clon estudiado. Para el diámetro de vasos no se observó un patrón de variación radial ni axial definido.

El valor promedio de densidad de 0,409 g/cm³ obtenido clasifica a esta madera como liviana. El patrón de variación radial fue diferente al planteado en la hipótesis ya que mostró un descenso de sus valores de medula a corteza entre las primeras tres posiciones radiales para luego evidenciar un leve aumento entre la tercera y cuarta posición radial, pero sin diferencias estadísticas significativas. Axialmente se observó un aumento de la densidad con la altura, aunque estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas.

En cuanto a la durabilidad los resultados obtenidos apoyan a la hipótesis planteada, clasificando la madera de este clon como medianamente resistente a la degradación natural según la norma ASTM D2017-71.

Los valores de densidad y durabilidad natural obtenidos en este trabajo indicarían que sería posible su uso como madera sólida/estructural si se tienen los recaudos necesarios, como por ejemplo no exponerla al contacto con el suelo o a la intemperie sin hacerle previamente un tratamiento de preservación. Sin embargo, para poder aceptarla definitivamente como madera estructural, se debería determinar su resistencia mecánica.

Cabe destacar que sobre los sauces no se han realizado a nivel mundial investigaciones suficientes y que a nivel nacional hay poca información sobre los mismos pese a que se utilizan en la fabricación de pulpas y papeles. Esto deja la puerta abierta a que se realicen más investigaciones sobre la madera de estos árboles.

7. BIBLIOGRAFIA.

- Álvarez, J, Diaz, G, Monteoliva, S y Tschieder, E. 2010. *Populus* deltoides 'Australiano 129/60': variación axial de la densidad y desarrollo de un modelo predictivo de la densidad del árbol completo. Bosque 31(1): 65-72
- Alves Ramos, L., Figueiredo Latorraca, J., Scaramussa Pastro, M., Teixeira de Souza, M., Garcia, R. y Monteiro de Carvalho, A. 2011. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de Eucalyptus grandis W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. Sci. For., Piracicaba, 39 (92): 411-418.
- ASTM D2017-62t. 2000. Tentative method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods.
- Barnet, J. y Jeronimidis, G. 2003. Wood Quality and its biological basis. CRC Press.
- Belager, L. Cisneros, H. Gee, W. Hatton, J. & Watson, P. 2000. Wood and fiber properties of hybrid poplars from southern British Columbia. TAPPI. 83(7).
- Bendtsen, B. y Senf, J. 1986. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine. Wood and Fiber Science 18 (1): 23-38.
- Berrondo, G. y Gurini, L. 1990. Características Ecológicas Del Delta Del Rio Paraná. Trabajo de investigación. EEA Delta del Paraná. 10 p.
- Burdon, R., Kibblewhite, P., Walker, F., Megraw, A., Evans, R. y Cown, D. 2004. Juvenile versus mature wood: A new concept, orthogonal to corewood versus outerwood, with special reference to Pinus radiata and P. taeda. Forest Science 50 (4): 399-415.
- Carrera, R. Cobos, F. González, J. Hernández, F. Luna, J. y Parra, A. 2018. Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 9 (46)
- Castro Silva, J., Tomazello Filho, M., da Silva Oliveira, J. y Resende de Castro, V. 2007. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden. R. Árvore, Viçosa-MG, 31 (6): 1081-1090.

- Cobas, A. 2013. Modelos de variación de propiedades del leño juvenil a maduro en Salicáceas y su influencia sobre pulpas quimimecánicas. Tesis de doctorado. La Plata, AR, UNLP. 213 p. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/29492
- Cown, D. 1980. Radiata pine: Wood age and wood property concepts. N. Z. J. For. Sci. 10: 504–507.
- DeBell, D. Singleton, R. Harrington, C. & Gartner, B. (2002). Wood density and fiber length in young *Populus* stem: relation to clone, age, growth rate, and pruning. Wood and Fiber Sci. 34 (4): 529-539.
- Ferreira, N., Balloni, E., Pinto junior, J. y Jacob, W. 1978. Adaptabilidade de espécies, fontes de sementes e possibilidades de melhoramento de Eucalyptus em Minas Gerais. Boletim Informativo. IPEF 6 (16):E1-E42.
- Frankling, G.L. 1946. A rapid method of softening Wood for microtome sectioning. Tropical Woods 88:35-36.
- Fucheng, B., Zehui, J., Xiaomei, J., Xixian, L., Xiuwu, C. y Xiugin, L. 1997. Comparative studies on wood properties of juvenile vs mature wood of major plantation and of wood from plantation vs natural forest in China. CTIA/IUFRO Int. Wood Quality Workshop, Canada: 73-85.
- European Estandar. 2016. Norma EN350: Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Ensayos y clasificación de la resistencia a los agentes biológicos de la madera y de los productos derivados de la madera.72p.
- Fukasawa, K. 1984. Juvenile wood of hardwoods judged by density variation. IAWA Bulletin n.s. 5 (1): 65-73.
- Gartner, B. 2005. Assessing wood characteristics and wood quality in intensively managed plantations. Journal of Forestry: 75-77.
- Gutiérrez Oliva, A y Baonza Merino, M. 2001. Propiedades físicas de la madera de diferentes clones de chopo. I Simposio del Chopo, Zamora, España. p. 461-468.
- IAWA Committee. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification by an IAWA Committee. Wheeler, E.A., Baas, P. & Gasson, P.E. (eds.). IAWA bol. n.s. 10: 219–332. Disponible en: https://www.iawa-website.org/en/Downloads/Publications/index.shtml
- IRAM 9544. (1985). “Método para la determinación de la densidad aparente”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10p.

- Koubaa, A., Hernandez, R., Beaudoin, M. y Poloquin, J. 1998. Interclonal, intraclonal and within-tree variation in fiber length of poplar hybrid clones. Wood and Fiber Science 30 (1): 40-47. Disponible en: https://www.researchgate.net/
- Larson, P., Kretschmann, D., Clark III, A. y Isebrands, J. 2001. Formation and properties of juvenile wood in southern pines. A synopsis United States Department of Agriculture Forest Service General Report FPL GTR: 129.
- Lupi, A.M., Marcos, A., Gabriela, C. y Julieta, I. (2019). Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 1-18. Disponible en: https://doi.org/10.24215/16699513e018
- Mäkinen, H., Jaakkola, T., Piispanen, J. y Saranpaa P. 2007. Predicting wood and tracheid properties of Norway spruce. Forest Ecology and Management 241: 175–188.
- Mastrandrea, C. 2020. MADERA DE CALIDAD ¿todas las maderas para todos los usos? PNFOR. Proyecto Silvicultura de Bosques cultivados ISSN 2545-7195 | Año 3. Edición Nro. 23.
- Monteoliva, S. y Area, M. 2006. Análisis multivariados para relacionar las propiedades de la madera de Salix con sus pulpas CMP. IV Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel, CIADICYP 2 Santiago de Chile, Trabajo completo en CD (Actas).
- Monteoliva, S. Marlats, R. Marquina, J. Senisterra, G. y Villegas, S. 2000. Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (Salix spp.)- Fac, Agron. 105(1): 29-34.
- Monteoliva, S., Senisterra, G. y Marlats, R. 2005.Variation of Word density and fiber length in six willow clones (Salix spp). IAWA Journal 26 (2): 197-202.
- Monteoliva, S. Senisterra, G. Marquina, J. y Marlats, R. 2002. Clones de sauce longitud de la fibra en su madera. FCA UNCuyo 34(2): 49-56. Disponible en: https://www.researchgate.net/
- Monteoliva, S. y Marlats, R. 2007. Efecto del sitio, clon y edad sobre el crecimiento y la calidad de madera en sauces de corta rotación. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 16(1): 15-24 Disponible en: www.inia.es/srf
- Monteoliva, S. 2010. La madera como material: estructura anatómica y propiedades. La Plata, ARG, UNLP. 102p.
- Muñoz. P. 2020. Ensayos de laboratorio para determinar la Durabilidad Natural de la madera. LME-INFOR. Disponible en: https://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2020/06/Ensayos-de-laboratorio-para-determinar-la-Durabilidad-Natural-de-la-madera-Patricio-Elgueta.pdf?x81539
- Núñez, C. 2008. Confección de preparados. Disponible en: www.cenuñez.com.ar

- Nuñes, C. 2013. Morfología fibrosa de la madera del *Eucalyptus grandis* implantado en la mesopotamia argentina. 4 - En relación a la madera juvenil. Ciencia y tecnología. N°15: 25-29.
- Panshin, A. y de Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood Technology. McGraw-Hill Book Company: 722.
- Peszlen, I.1998. Influence of age on selected anatomical properties of Populus clones. IAWA Journal 3 : 311-321.
- Rivas, I. 2019. Clasificación y tratamiento de la madera según su uso interior o exterior. Disponible en: https://about-haus.com/construccion/tratamiento-de-la-madera/
- Saranpää, P. 2003. Wood density and growth. En: Wood quality and its biological basis (Barnett & Jeronimidis, eds.), Blackwell Publ. Ltd., U.K., cap. 4: 87-117.
- Sánchez, M y Yelín, N. 2017. Construcción de vivienda canadiense, con madera de eucalipto, en INTA Concordia. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_-_construccion_de_vivienda_canadiense_con_madera_de_eucalipto.pdf
- Spavento, E. Troya, M. Acuña, L. Murace, M. (2013). Resultados preliminares sobre resistencia a la degradación por hongos y termitas en madera de Populus x euramericana I-214. Disponible en: https://www.researchgate.net/
- Spavento, E. Troya, M. Acuña, L y Murace, M. (2014). Susceptibilidad de la madera de Populus x canadensis I-214 de procedencia española y argentina al ataque de organismos xilófagos. Disponible en: https://www.researchgate.net/
- Talbert, T. y Jett, B. 1981. Regional Specific gravity values for plantation growth Loblolly pine in the Southeastern Unite State. Forest Sci. 27 (4): 801-807.
- Taraborelli, C. Murace, M. Monteoliva, S y Spavento, E. (2020). Durabilidad adquirida de la madera de Populus Spp. Modificada térmicamente resultados preliminares**.** Disponible en: https://www.researchgate.net/
- Trevisan, H. Marques, F. M. T y Carvalho, A. G. 2008. DEGRADAÇÃO NATURAL DE TORAS DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS EM DOIS AMBIENTES. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 38, n. 1.
- Tsuchiya, R. y Furukawa, I. 2009. Radial variation of vessel lumen diameter in relation to stem increment in 30 harwood species. IAWA J. 30 (3): 331-342.
- Wang, X., y Braaten K. 1997. Growth rings and spruce pulpwood sorting. Pulp and paper research journal 12 (3): 196-202.

- Yanchuk, A. & Micko, M. 1990. Radial variation of wood density and fibre length in trembling aspen. IAWA J. 11 (2): 211-215. Disponible en: https://brill.com/view/journals/iawa/11/2/article-p211_10.xml?language=en
- Yang, K. y Benson, C. 1997. Formation, distribution and it's criteria for determining the juvenile-mature wood transition zone. En: Timber management toward Wood quality and end-product value. Canada. IX-7.
- Zobel, B. y Jett, J. 1995. Genetics of wood production. Springer-Verlag, Germany: 337.
- Zobel, B. y Sprague, J. 1998. Juvenile wood in forest trees. Ed Springer-Verlag, Berlín.
- Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa, México. Cap. 12, La madera y el mejoramiento genético forestal.

VILLALÓN José Gastón

Digitally signed by VILLALÓN José Gastón
Date: 2021.11.12 10:31:21 -0300