

VARIACION DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE DOS CLONES DE SALIX SP. L. EN SENTIDO AXIAL Y RADIAL

AXIAL AND RADIAL VARIATION OF WOOD BASIC DENSITY IN TWO SALIX SP. L. CLONES

María Silvina Villegas¹
Raúl Marlats²

¹ Ing. Forestal. Becaria de Perfeccionamiento UNLP. FCAF, UNLP, 60 y 119, CP 1900 La Plata, Fax ++54 (221) 4252346, E-mail: dendrologia@ceres.agro.unlp.edu.ar

² Ing. Agrónomo. Profesor Titular Silvicultura. FCAF, UNLP, Investigador CIC PBA, 60 y 119, CP 1900 La Plata, Fax ++54 (221) 4252346, E-mail: rmarlats@ceres.agro.unlp.edu.ar

SUMMARY

The purpose of this work was to determine the wood variation in *Salix babylonica* L. x *Salix alba* L. cv. "A-131-25" and *Salix babylonica* var. *sacramenta* H., cultivated in Delta of Paraná (Argentina). Thirty two trees were sampled to evaluate basic density axial and radial variation. Samples were taken at three heights (1,30 m; 25% and 65% of commercial height) and at three positions from pith to bark (33 % of radial distance for each one). Density values obtained were analyzed by Analysis of Variance and Tukey test. The results showed that wood basic density changed with sampling height, radial position and between trees.

Keywords: wood quality; basic density; *Salix*; Delta of Paraná River.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar las variaciones en sentido axial y radial de la densidad básica de la madera de *Salix babylonica* L. x *Salix alba* L. cv. "A-131-25" y *Salix babylonica* var. *sacramenta* H., cultivados en el Delta del río Paraná. La evaluación se realizó en 32 árboles, a tres alturas diferentes sobre el fuste (altura del pecho: 1,30 m y al 25% y 65% de la altura comercial) y en tres posiciones radiales (tercios interno, medio y externo). A los resultados obtenidos se les aplicó el análisis de la varianza y test de Tukey. La densidad básica varió con la altura de muestreo axial y la posición en el radio. Los diferentes árboles fueron una fuente de variación influyente.

Palabras clave: calidad de madera; densidad básica; *Salix*; Delta del río Paraná.

INTRODUCCION

La fijación de objetivos claros y determinados es premisa fundamental para garantizar el funcionamiento exitoso de todo proceso de mejora genética. Rapidez de crecimiento, resistencia a plagas y enfermedades, rectitud del fuste, buen desrame natural, entre otros, constituyen los principales objetivos que tradicionalmente se pretende alcanzar.

Pero en toda plantación forestal, no sólo se debe dar el mayor énfasis a la productividad, sino también a la calidad de la madera (ALONZO, 1989; SPARNOCHIA, 1990; CERRILLO, 1997). La necesidad por parte de la industria de contar con materia prima de buena calidad produjo un mayor interés de los mejoradores en referencia a las

cualidades tecnológicas y estéticas de la madera en todo el mundo (CERRILLO, 1997).

Desde un punto de vista celulósico-papelero, la propiedad que más ha sido estudiada como indicadora de calidad, es la densidad básica (B. DE GUTH, 1981, 1991; ZOBEL y TALBERT, 1988; SPARNOCHIA, 1990; LOPEZ, 1995; YANCHUK y MICKO, 1990; CARRIZO et al., 1997; RAYMOND et al., 1998; MONTEOLIVA et al., 2003).

La importancia de la densidad radica en su relación con las propiedades del producto final y con el rendimiento en celulosa (B. DE GUTH, 1981; DOWNES et al., 1997). ZOBEL y TALBERT (1988) subrayan que la densidad es una característica que combina una alta heredabilidad con un amplio patrón de variación, permitiendo obtener buenas ganancias en un plan de mejoramiento genético.

Dentro de una misma especie, la densidad puede variar según la procedencia, sitio, clon, edad, entre árboles y dentro de un mismo ejemplar, tanto en sentido vertical como horizontal (PANSWIN y DEZEEUW, 1970; WILKES, 1988; ZOBEL y TALBERT, 1988; GARTNER et al., 1997; MUNERI y RAYMOND, 2000). La uniformidad de la densidad es un atributo deseable en la industria del pulpado, ya que se relaciona directamente con la regularidad de la calidad de la pulpa (VALENTE et al., 1992).

Es necesario entonces, caracterizar el comportamiento de esta propiedad para cada situación en particular, intentando encontrar la combinación clon-sitio más adecuada a los fines industriales. Por otra parte, si se desea desarrollar un método de muestreo no destructivo efectivo y eficiente para la evaluación de cualquier atributo de

la madera, es fundamental conocer cómo cambia la propiedad en sentido longitudinal a lo largo del tronco y si ese patrón de variación es consistente a través de diferentes sitios de implantación (RAYMOND y MUNERI, 2001).

El objetivo de este trabajo fue analizar las variaciones de la densidad básica de la madera, en sentido axial y radial, en dos clones de *Salix* cultivados en dos sitios del Delta del río Paraná: *Salix babylonica* var. *sacramenta* Hortus (sauced americano) y el sauced híbrido *Salix babylonica* L. x *Salix alba* L. cv. "A 131-25".

La hipótesis de trabajo plantea que la densidad básica de la madera de sauced no es uniforme, sino que presenta cambios relacionados con el sitio de implantación, el clon analizado, el árbol individual y en dirección vertical y horizontal dentro del tronco. El patrón de variación asociado a estos cambios adquiere importancia al realizar un muestreo para evaluar el árbol completo.

Para nuestro país, la variación axial de la densidad en sauces ha sido analizada por B. DE GUTH y RAGONESE (1980), B. DE GUTH y PIUSSAN (1987), NOVARESI et al. (1997), MONTEOLIVA et al. (2002) y VILLEGAS et al. (2002a, 2002b) y la variación radial de dicha propiedad fue estudiada por B. DE GUTH y PIUSSAN (1987) y VILLEGAS et al. (2002a, 2002b). DEKA et al. (1992) estudiaron estas variaciones en sauces cultivados en Canadá.

Los resultados de los estudios precedentes pertenecen a ejemplares cultivados en sitios diferentes a los analizados aquí. Este trabajo aporta al conocimiento de la variabilidad de la madera de sauced en dos localizaciones no investigadas hasta ahora, requisito previo a la correcta selección de puntos de extracción en el árbol cuando se lo caracteriza a través de muestras

MATERIALES Y METODOS

Los individuos muestreados pertenecían a plantaciones comerciales ubicadas en el establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa S.A., 1° Sección de Islas, provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 30' Lat. Sur; 59° 00' Long. Oeste), con precipitación media anual de 1100 mm y temperatura media anual de 16,3°C. Los suelos son hidromórficos, del tipo "bañado" o "pajonal", semipantanosos, formados por elementos finos. Dentro del mencionado establecimiento, se obtuvieron muestras de dos sitios:

- Sitio 1: Este sitio se encuentra protegido de las inundaciones por un dique de 5,50m de cota y cuenta con sistemas de bombeo para el desalojo rápido del agua que ocasionalmente pueda afectarlo. Los suelos han sido cultivados los últimos 70 años con frutales y álamos principalmente, manejados o no.
- Sitio 2: Se localiza en un sector denominado "fuera de dique". El terreno cuenta en realidad con un dique

de menor cota (3,50m), siendo afectado por inundaciones recurrentes, en las que el tiempo de evacuación del agua está condicionado por las sudestadas del Río de La Plata. Los suelos son prácticamente vírgenes, siendo ésta la primera rotación de cultivos de *Salix*.

Se seleccionaron 8 árboles por clon en cada uno de los dos sitios de producción. Los ejemplares de sauced americano contaban con 11 y 13 años de edad y los del sauced híbrido tenían 10 y 8 años de edad, en los sitios 1 y 2, respectivamente.

En cada ejemplar se marcó la altura del pecho (AP) a 1,30 m y se procedió al apeo. Se retiraron discos de 3 cm de espesor en cada uno de estos tres niveles de muestreo axial: AP, 25% y 65% de la altura comercial (HC), denominadas alturas 1, 2 y 3, respectivamente.

Las rodajas correspondientes se descortezaron y se dividieron de la siguiente manera: se marcaron cuñas de aproximadamente 20° en dos direcciones cardinales opuestas o radios al azar y se obtuvieron tres probetas de cada cuña (1, 2 y 3, en el sentido médula-corteza), proporcionales a la longitud del radio de la rodaja, abarcando cada una un tercio del mismo. El número de probetas fue de 6 por altura, es decir, 18 por árbol. Una vez obtenidas las probetas, se determinó la densidad en cada una de ellas según la norma TAPPI 258-o-m-94.

Para ello se procedió a re-humedecer las muestras hasta que superen el PSF (punto de saturación de las fibras) y se determinó entonces el volumen saturado. A continuación las probetas se dejaron secar al aire libre antes de ser colocadas en estufa a 103 ± 5 °C hasta alcanzar un peso constante. El peso anhidro se determinó en una balanza Ohaus Scout II, con una precisión de ± 0,01g. Los valores de densidad básica surgieron del cociente calculado entre peso anhidro y volumen saturado.

Se efectuaron análisis de la varianza para cada combinación clon - sitio en forma separada. Las fuentes de variación consideradas fueron: árbol, altura de muestreo, posición en el radio y orientación cardinal (radio). Se efectuaron comparaciones de medias mediante el test de Tukey, para aquellos efectos principales que presentaron diferencias significativas en el análisis (valor de $p < 0,05$). Se registraron las diferencias entre cada par de medias, señalando con un asterisco * cl/los pares que presentaron diferencias significativas a un nivel de 95% de confiabilidad.

RESULTADOS

En **Tabla 1** se presentan los resultados de los análisis de varianza efectuados por clon y sitio. En **Tabla 2**, las comparaciones de medias para aquellos factores que resultaron estadísticamente significativos

Tabla 1. Resultados de los análisis de la varianza para densidad básica (kg/m³), en sauces americano e híbrido “A 131-15”, sitios 1 y 2.

Table 1. Analysis of variance results for basic density (kg/m³), in american and hybrid “A 131-25” willows, sites 1 and 2.

	Sitio 1	Sitio 2
Sauce americano	A	H (1-2)
	H (1-3)	P (todas)
	P (todas)	
Sauce híbrido “A 131-25”	A	A
	H (1-3)	P (todas)
	P (todas)	

Las letras mayúsculas indican qué fuente de variación resultó estadísticamente significativa.

Referencias: A: árbol; H: altura o nivel de muestreo; P: posición radial

Entre paréntesis se indica qué altura o posición se diferenció significativamente del resto.

Tabla 2. Comparación de valores medios de densidad básica (kg/m³), según el test de Tukey, para sauces americano e híbrido “A 131-15”, sitios 1 y 2.

Table 2. Basic density (kg/m³) mean values, compared by Tukey’s HSD method, for american and hybrid “A 131-25” willows, sites 1 and 2.

Clon	Sitio	Factor	Contraste de medias	Diferencias
Sauce americano	1	Altura de muestreo	1-2	-7,78
			1-3	*-10,05
			2-3	-2,27
		Posición radial	1-2	*-23,38
			1-3	*-47,03
			2-3	*-23,66
	2	Altura de muestreo	1-2	*-13,29
			1-3	-8,65
			2-3	4,64
		Posición radial	1-2	*-19,53
			1-3	*-39,90
			2-3	*-20,37
Sauce híbrido	1	Altura de muestreo	1-2	6,20
			1-3	*7,76
			2-3	1,56
		Posición radial	1-2	*-12,60
			1-3	*-29,36
			2-3	*-16,76
	2	Posición radial	1-2	*-18,85
			1-3	*-29,36
			2-3	*-10,51

El asterisco (*) indica diferencias significativas entre las medias, con 95% de confiabilidad.

Variación axial

El Gráfico 1 muestra la tendencia seguida por los valores medios de densidad básica a lo largo del eje del árbol, en sauce americano cultivado en los sitios 1 y 2.

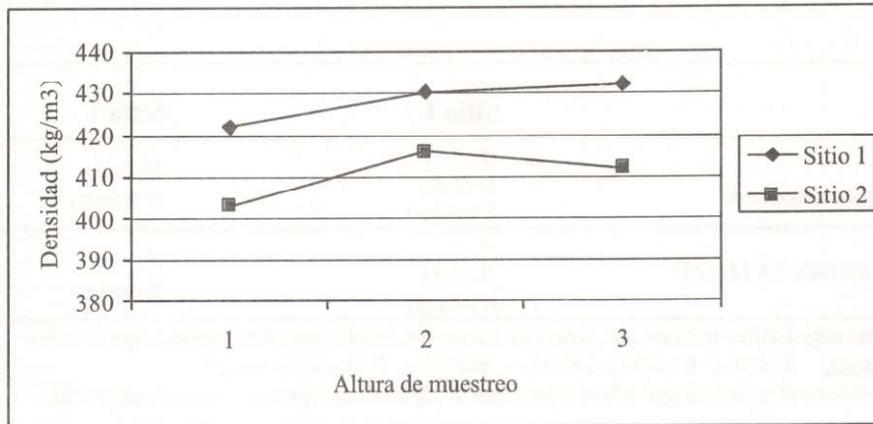
En ambos sitios, la densidad manifestó un aumento entre la AP y el 25% de la altura comercial. Los valores continuaron ascendiendo entre ese nivel

y el 65% HC en el sitio 1, mientras que en el sitio 2, se produjo una disminución de la densidad (no significativa estadísticamente) entre los dos últimos niveles de muestreo.

Los valores de densidad difirieron significativamente entre AP y 65% HC en el sitio 1 y entre AP y 25% HC en el sitio 2 (Tablas 1 y 2).

Gráfico 1. Valores medios de densidad básica (kg/m^3) según altura de muestreo para sauce americano en sitios 1 y 2.

Graphic 1. Basic density (kg/m^3) mean values by sampling height for american willow in sites 1 and 2.



El Gráfico 2 muestra la tendencia presentada por la densidad básica en sentido axial, para el sauce híbrido “A 131-25”, en cada uno de los sitios estudiados. En este clon, la variación en sentido axial de la densidad fue muy diferente según el sitio. En el 1, la variable disminuyó hacia el ápice, detectándose diferencias significativas sólo entre el 1° y 3° niveles de muestreo (Tablas 1 y 2). En el segundo sitio, la altura no resultó una fuente de variación significativa, si bien la tendencia seguida se corresponde más con la hallada en sauce americano (aumento de la

densidad a lo largo del fuste).

Esta interacción altura de muestreo-sitio, que se evidencia para el sauce híbrido en el Gráfico 2, no se considera ocasionada por la diferencia de edad del clon (10 años en el sitio 1, 8 años en el sitio 2). Una variación de tan sólo dos años tendría una mínima incidencia en los resultados, pero no sería la causante principal de este comportamiento. La bibliografía reporta disímiles tendencias seguidas por la densidad básica aún para el mismo clon.

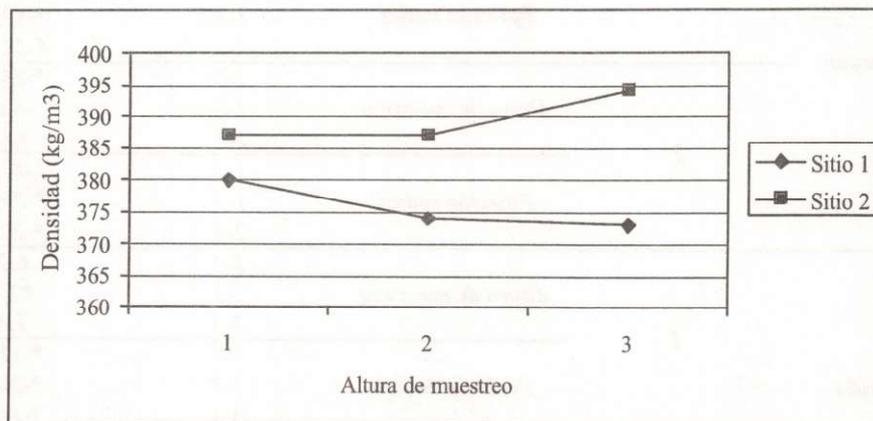


Gráfico 2. Valores medios de densidad básica (kg/m^3) según altura de muestreo para sauce híbrido “A 131-35” en sitios 1 y 2.

Graphic 2. Basic density (kg/m^3) mean values by sampling height for “A 131-25” hybrid willow in sites 1 and 2.

El modelo de variación axial presentado por el sauce americano coincide con lo reportado por B. DE GUTH y PIUSSAN (1987), quienes muestrearon a ocho alturas fijas en *Salix nigra*, y NOVARESI *et al.* (1997), que encontraron un aumento seguido de disminución de la densidad, tal como se describió para el sitio 2.

El sauce híbrido creciendo en el sitio 1 mostró un comportamiento de la densidad (descenso

con la altura) que se corresponde con el hallado para ese mismo clon en otro sitio del Delta (MONTEOLIVA *et al.*, 2002; VILLEGAS *et al.*, 2002a), si bien en dicho sitio la densidad disminuyó entre los dos primeros niveles de muestreo (1,30m y 4,30m), para luego estabilizarse o ascender levemente.

B. DE GUTH y RAGONESE (1980), DEKA *et al.* (1992) y VILLEGAS *et al.* (2002b) no

encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de densidad básica según la altura de muestreo, tal como ocurrió con el sauce híbrido en el sitio 2.

Según PANSHIN y DE ZEEUW (1970), existen tres tendencias para la variación axial de la densidad: disminución con la altura; disminución en la parte inferior del tronco seguida de aumento hacia el ápice y continuo aumento en sentido base-ápice. Por lo tanto, las tendencias en apariencia antagónicas encontradas en este estudio no resultan sorprendentes si se considera el amplio rango de posibilidades existentes.

Para interpretar la implicancia práctica de las diferencias detectadas, es imprescindible conocer el efecto que las mismas provocan en los procesos de elaboración de la madera según la industria transformadora de que se trate, en este caso, la de pulpa y papel. Según DOWNES *et al.* (1997), la industria celulósico-papelera prefiere maderas con densidad básica en el rango de 400 a 600 kg/m³. Dentro de ese intervalo, las mayores densidades implican ventajas en la productividad del digestor. Para un mismo rendimiento en pulpa, una densidad más elevada significa más peso en pulpa producida por unidad de tiempo.

En nuestro caso, el incremento de densidad básica hacia la porción superior del tronco, experimentado por el sauce americano (Figura 1),

estaría indicando que la madera de menor diámetro, generalmente no utilizada (despunte), sería la de mejor calidad papelera atendiendo a la propiedad estudiada. En cambio, el sauce híbrido, normalmente de madera menos densa, demostró una disminución de la densidad en sentido base-ápice en el sitio 1 (Figura 2), lo que significa que las porciones del fuste cercanas a la base presentan madera de calidad más apropiada para esta industria.

Variación radial

El Gráfico 3 muestra el comportamiento de la densidad básica en sentido médula-corteza para el sauce americano creciendo en el sitio 1.

En ambos sitios de producción y para los dos clones, la tendencia fue exactamente igual a la representada en el Gráfico 3. Como puede apreciarse en Tabla 1, la posición radial resultó una fuente de variación significativa en todos los casos. El patrón hallado fue un aumento de la variable desde la médula hasta la corteza, presentándose diferencias significativas entre todas las posiciones radiales (Tabla 2).

Lo anterior coincide con lo descrito por VILLEGAS *et al.* (2002a) para el híbrido "A 131-25" cultivado en otro sitio. B. DE GUTH y PIUSSAN (1987) también reportan un aumento de la densidad en *Salix nigra* hasta los 8-10 años, seguido de una disminución de los valores hacia la corteza.

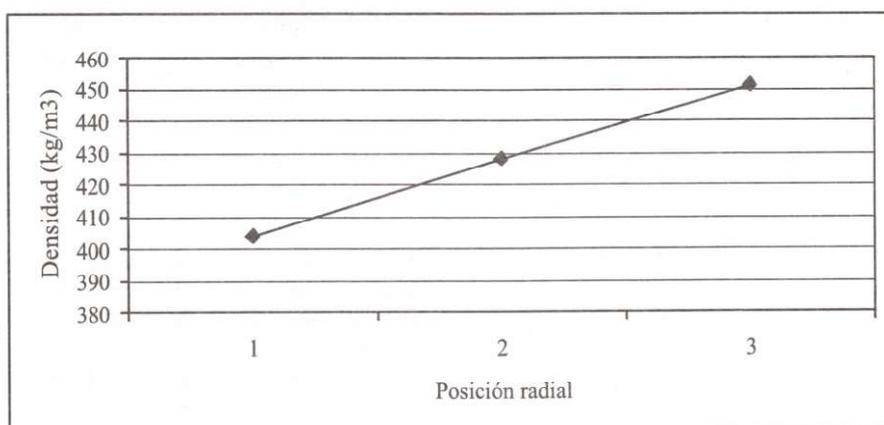


Gráfico 3. Valores medios de densidad básica (kg/m³) según posición radial para sauce americano en el sitio 1.

Graphic 3. Basic density (kg/m³) mean values by radial position for american willow in site 1.

Por el contrario, DEKA *et al.* (1992) en varios clones de *Salix* y VILLEGAS *et al.* (2002b) para sauce americano, no hallaron variaciones de la densidad en sentido horizontal que resultaran estadísticamente significativas.

Los modelos de variación radial de la densidad descritos por PANSHIN y DE ZEEUW (1970), demuestran que en este caso también existen varias alternativas: aumento de la densidad en sentido médula-corteza; disminución en los primeros años

seguida de aumento; aumento en los primeros años seguido de estabilización o descenso en los valores de densidad y disminución desde médula a corteza. La primer alternativa es la más comúnmente encontrada.

Este incremento en sentido radial de la densidad implica que la madera de mejor calidad se forma a edades más avanzadas, por lo tanto es apropiado extender los turnos de rotación de estos sauces a los 12 -13 años como es práctica habitual. La estabilización de los valores de densidad a edades

más jóvenes permitiría reducir la edad óptima de corte en las plantaciones, tal como recomiendan B. DE GUTH y PIUSSAN (1987) para *Salix nigra*.

Variaciones entre árboles, sitios, clones y según la orientación cardinal

Como se aprecia en Tabla 1, los árboles difirieron significativamente entre sí para el sauce híbrido en ambos sitios y para el sauce americano en el sitio 1.

Según GARTNER et al. (1997) es común una gran variación de densidad entre árboles para las especies de porosidad difusa, como es el caso de los sauces. Su conocimiento debe ser atendido pues está ligado a la calidad de las maderas y consecuentemente a la aptitud celulósico-papelera (CERRILLO, 1997). En el presente estudio, todos los árboles pertenecientes a un mismo clon son genéticamente idénticos entre sí. Aún así, las diferencias entre individuos resultaron estadísticamente significativas, coincidiendo con lo hallado por MONTEOLIVA et al. (2003) para seis clones de *Salix* y con VILLEGAS et al. (2002a, 2002b), para sauce híbrido y americano, respectivamente.

La variabilidad entre individuos es en principio desfavorable para la industria papelera, que busca materia prima de propiedades constantes para obtener a menor costo un producto final de mejor calidad (B. de GUTH, 1991; VALENTE et al., 1992). Sin embargo, esta variabilidad puede ser de gran interés en el marco de un plan de mejoramiento genético, ya que brinda la posibilidad de seleccionar árboles con características superiores dentro de un mismo clon.

El factor radio (u orientación cardinal) no resultó una fuente de variación significativa, coincidiendo con lo expresado por RAYMOND et al. (1998) y RAYMOND y MUNERI (2001) para *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, así como por CARRIZO et al. (1997) para *Populus*.

Se evidencia en los resultados precedentes un comportamiento diferente de los clones según el sitio de implantación. Si se analizan los datos de ambos clones en forma conjunta, el análisis de varianza arroja una significativa interacción clon-sitio (los resultados no se presentan aquí). Esta interacción puede apreciarse al comparar los Gráficos 1 y 2. En el primero, de sauce americano, claramente se observan valores medios de densidad más elevados en el sitio 1 y más bajos en el sitio 2 (los promedios para dicho clon fueron 428 kg/m³ y 410 kg/m³, respectivamente). En cambio, el Gráfico 2 demuestra que el sitio 2 arrojó la mayor densidad promedio (389 kg/m³) y el sitio 1 la menor (376 kg/m³) para el híbrido "131-25".

MUNERI y RAYMOND (2000) encontraron significativa la interacción genotipo-ambiente para

densidad básica en *Eucalyptus globulus*, y consideraron que puede ser causada por dos factores: diferentes varianzas entre los sitios o cambios en el ranking de genotipos en los sitios. Este ranking no varió en nuestro caso, ya que siempre resultaron más altos los valores de densidad básica del sauce americano, al compararlos con los del híbrido en los dos sitios analizados. Esta superioridad del sauce americano le otorga un mayor rendimiento en pulpa (kg de pulpa / m³ de madera), mayor resistencia al rasgado y menor índice de resquebrajamiento al secado (B. DE GUTH, 1981).

Según ZOBEL y TALBERT (1988) la densidad de la madera muestra una mínima interacción genotipo-ambiente, sin embargo señalan que con frecuencia los valores promedio cambian drásticamente con el ambiente, mientras los genotipos individuales con densidad alta o baja mantienen su posición relativa sin importar el promedio, como ocurrió con los clones analizados en este estudio.

Según WILKES (1988) y LÓPEZ (1995), las causas de las variaciones de densidad se relacionan con el genotipo de los árboles y la edad cambial al momento de formarse los tejidos. Ambas premisas quedan demostradas con las diferencias detectadas entre clones y dentro de cada individuo en sentido axial y radial. YANCHUK y MICKO (1990) destacan la importancia de conocer estas variaciones inter e intraclonales, cuando son necesarios valores críticos de densidad para algún uso final de la madera, evidenciándose entonces la aplicación práctica de los estudios de este tipo.

CONCLUSIONES

La variación axial de la densidad fue diferente según el clon y sitio. El sauce americano presentó en general un aumento de la variable con la altura, mientras que en el sauce híbrido los valores disminuyeron en sentido base-ápice o se mantuvieron sin cambios.

La variación radial de la densidad mostró un significativo aumento desde la médula hacia la corteza para ambos clones y en ambos sitios.

Se detectaron valores de densidad estadísticamente diferentes entre los individuos analizados, a excepción del sauce americano en sitio 2.

BIBLIOGRAFIA

- ALONZO, A. 1989. Mejoramiento de los sauces. I Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético del género *Salix*. Actas CIEF: 13-26.
- BONAVIA DE GUTH, E. 1981. Características del leño de varias especies e híbridos de *Salix*, en apoyo a la obtención de buenos clones papeleros. 17° Congreso de ATIPCA. Tomo 1: F25-F32.

- BONAVIA DE GUTH, E. 1991. Variación radial de la densidad y morfología celular en *Populus*. Congreso ATIPCA 91: 491-509.
- BONAVIA DE GUTH, E. y Piussan, C.M. 1987. Variación de las características del leño del individuo en *Salix nigra* cultivado en el Delta del Paraná. CIEF. Simposio sobre silvicultura y mejoramiento genético de especies forestales. Tomo IV: 219-235.
- BONAVIA DE GUTH, E. y Ragonese, A. 1980. Evaluación de las características del leño en relación a la calidad del papel de algunos híbridos de sauces obtenidos en Castelar (INTA). IDIA n°393-394: 25-30.
- CARRIZO, G.L.; Guarnaschelli, A.B. y Delfino, S.F.de. 1997. Asociación entre madera juvenil y adulta en *Populus deltoides* subesp. *angulata*. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano "Forestar y Crecer": 6pp.
- CERRILLO, T. 1997. Mejoramiento de álamos y sauces. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano "Forestar y Crecer": 10pp.
- DEKA, G.C.; Wong, B.M. y Roy, D.N. 1992. Suitability of hybrid willow as a source of pulp. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 12: 197-211.
- DOWNES, G.M.; Hudson, I.L.; Raymond, C.A.; Dean, G.H.; Michell, A.J.; Schimleck, L.R.; Evans, R. y Muneri, A. 1997. Sampling plantation Eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO publishing: 132 pp.
- GARTNER, B.L.; Lei, H. y Milota, M.R. 1997. Variation in the anatomy and specific gravity of wood within and between trees of red alder (*Alnus rubra* Bong.). *Wood and Fiber Science* 29 (1): 10-20.
- LOPEZ, J.A. 1995. Densidad de la madera. Fuentes de variación, control genético y métodos de muestreo. INTA EEA Bella Vista, Corrientes. Informe Técnico n°9: 18 pp.
- MONTEOLIVA, S.; Senisterra, G.; Marquina, J.; Marlats, R. y Villegas, M.S. 2002. Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix* spp.). *Revista Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP)* 105 (1): 29-34.
- MONTEOLIVA, S.; Senisterra, G. y Marlats, R. 2003. Influencia del sitio en la variación y heredabilidad de la densidad básica de la madera y longitud de fibras de 6 clones de sauces (*Salix* spp.). (Inédito).
- MUNERI, A. y Raymond, C.A. 2000. Genetic parameters and genotype-by-environment interactions for basic density, pilodyn penetration and stem diameter in *Eucalyptus globulus*". *Forest Genetics* 7 (4): 317-328.
- NOVARESI, M.P.; Delorenzi, F., De Rosa, G.P.; Cervantes, P. y Rozas, C. 1997. Aptitud de Salicáceas para la industria del papel. CICELPA. Informe Técnico n° OT 18-2927: 19pp.
- PANSHIN, A.J. y de Zeeuw, C.H. 1970. *Textbook of Wood Technology Vol I*. Mac Graw-Hill Book Company. New York: 705 pp.
- RAYMOND, C.A. y Muneri, A. 2001. Nondestructive sampling of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* for wood properties. I. Basic density. *Wood Science and Technology* 35: 27-39.
- RAYMOND, C.A.; Muneri, A. y MacDonald, A.C. 1998. Nondestructive sampling for basic density in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. *Appita Journal* 51 (3): 224-227
- SPARNOCHIA, L.J. 1990. Mejora genética de las características tecnológicas de la madera. Seminario sobre calidad de la madera en la producción forestal. CIEF. Actas: 36-57.
- TAPPI T 258 om-94. 1994. Basic density and moisture content of pulpwood. 8pp.
- VALENTE, C.A.; Mendes de Sousa, A.; Furtado, F.P. y de Carvalho, A.P. 1992. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at PORTUCEL: Technological component. *Appita* 45 (6): 403-407.
- VILLEGAS, M.S.; Marquina, J.; Marlats, R. 2002a. *Salix babylonica* x *Salix alba* cv. "A-131-25". Variaciones axial y radial de la densidad básica de su madera. IX Jornadas Técnicas Eldorado, Misiones, Argentina. Actas en CD: 5 pp.
- VILLEGAS, M.S.; Marquina, J.; Monteoliva, S.E.; Senisterra, M.G. y Marlats, R. 2002b. *Salix babylonica* var. *sacramenta* (sauce americano). Variaciones axial y radial de la densidad básica de su madera. II Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT) "Bienes y servicios del bosque, fuente de desarrollo sostenible". Actas en CD: 7 pp.
- WILKES, J. 1988. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. *IAWA Bull.* 9 (1): 13-23.
- YANCHUK, A.D. y Micko, M.M. 1990. Radial variation of wood density and fibre length in trembling aspen. *IAWA Bull.* 11 (2): 211-215.
- ZOBEL, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México: 545 pp.