

Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix* spp.)

S. MONTEOLIVA¹, G. SENISTERRA², J. MARQUINA²,
R. MARLATS^{2,3} & S. VILLEGAS¹

¹ Area Dendrología y ² Area Silvicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP

³ Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires (CIC)

MONTEOLIVA, S., G. SENISTERRA, J. MARQUINA, R. MARLATS & S. VILLEGAS. 2002. Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix* spp.). Rev. Fac. Agron. 105(1): 77-82.

Se estudió el patrón de variación axial intraclonal de la densidad básica de la madera en 8 clones del género *Salix* (sauces) y se determinó la variabilidad entre clones. Los clones analizados fueron: 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 (Villa Paranacito, Entre Ríos; 33° 45' LS; 59° 05' W). Se extrajeron muestras en forma de disco completo, de 3 cm de espesor, de tres alturas en el fuste (1,30 m, 4,30 m y 6,50m), sobre las que se realizaron determinaciones de densidad básica según la norma TAPPI 258-om-94. Se realizaron análisis de la varianza entre clones, para los valores medios de densidad básica a las diferentes alturas y para los valores medios generales se realizaron pruebas de Tukey ($P < 0,05$).

Los mayores valores se detectaron en las muestras a 1,30 m. En algunos clones la densidad varió significativamente según la altura elegida para efectuar la comparación. Los cv. "A 13-44" y americano presentaron las mayores densidades y el cv "A 250-36" siempre estuvo en los grupos de menor densidad.

Se infiere la necesidad de complementar los estudios comparativos con muestreos realizados a mayor cantidad de alturas, elegidas de forma relativa (porcentual) con respecto a la altura comercial del árbol, y caracterizar la variación de la densidad dentro de los conos de crecimiento.

Palabras clave: *Salix* spp., densidad madera, patrón de variación axial, variabilidad entre clones.

MONTEOLIVA, S., G. SENISTERRA, J. MARQUINA, R. MARLATS & S. VILLEGAS. 2002. Wood basic density variation of eight willow clones (*Salix* spp.). Rev. Fac. Agron. 105(1): 77-82.

Inter and intraclonal variation of wood basic density was studied on eight 13 year old *Salix* clones (willow) implanted in the Delta Paranaense (Villa Paranacito, Entre Ríos; 33° 45' S; 59° 05' W). Clones were: american, "A 131-25", "A 131-27", "A 13-44", "NZ 26992", "A 250-33", "A 250-36" and nigra 3. Disc samples of three centimeter thick were taken from the shaft at three different heights (1.30 m, 4.30 m and 6.50 m) and their basic density was determined according to TAPPI standard 258- om - 94. Variability analysis among clones was carried out for average basic density values, according to different heights. Tukey tests were applied for general average values ($P < 0.05$).

Density highest values were generally found at 1.30 m. In some clones the density vary significantly at the different heights chosen. American and cv. "A 13- 44" clones showed the highest densities while cv A- 250- 36 was always within the lowest density group.

These comparative studies should be complemented including other heights, chosen in a relative (percentual) form, considering the commercial height of the tree, and characterizing density variation within growth cones.

Key words: *Salix* spp., wood density, patterns of axial variation, variability between clones.

INTRODUCCIÓN

Las diferencias en las propiedades de la madera tienen un efecto importante sobre las características y el rendimiento de la pulpa y los productos del papel, así como también en la resistencia y utilidad de sus productos sólidos (Sparnochia, 1990; Downes *et al.*, 1997). Entre esas propiedades se destaca la densidad, que presenta una gran complejidad, ya que es consecuencia de diferentes factores como son la cantidad de leño de verano, el espesor de las paredes de las fibras, el tamaño de las células y su proporción relativa, y la composición química de la madera (Bonavía de Guth & Ragonese, 1980; Bonavía de Guth 1981, 1982, 1987; Bonavía de Guth & Piusan, 1987). Por ser, además, un carácter altamente heredable, la densidad ha adquirido gran importancia en la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal, tanto para la producción de fibras, como de productos sólidos (Senisterra *et al.*, 2000).

En términos generales es factible encontrar madera juvenil en los primeros anillos junto a la médula, asociada a una menor densidad y menor longitud de fibras. La madera madura se encuentra distanciada de la médula y en ella se espera encontrar una estabilización de la densidad, de la longitud de fibras y de otras características asociadas.

La variación de la densidad con la altura está ligada a la cantidad de madera juvenil que recorre al árbol axialmente como un cilindro interno desde la base hasta el ápice. El resultado es que las trozas de la copa constan principalmente de madera juvenil, mientras que las de la base del mismo árbol poseen más madera madura con una mayor densidad (Zobel, 1988). Yang *et al.*, (1994), determinaron que el valor de las propiedades puede variar ampliamente dentro de un mismo árbol, estando relacionado con el leño producido por distintas edades fisiológicas del cambium.

Si se desea caracterizar la densidad de un árbol a través de muestras, resulta enton-

ces imprescindible conocer como varía la propiedad dentro del ejemplar, para ubicar el ó los puntos de donde extraer el material con el cual se realizarán las determinaciones.

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 debobinado, laminado y aserrado con un volumen estimado de 450.000 t año⁻¹.

El desarrollo de planes de mejoramiento genético del género, orientados a su aplicación en la industria papelera, necesita la caracterización de la densidad para los materiales en estudio. La misma se realiza por muestreo y para que los resultados puedan ser comparados con otros registros, es necesario que las muestras se obtengan de posiciones identificadas dentro del fuste (Piussan, 1990; Piussan *et al.*, 1990; Cerrillo *et al.*, 1992). Asimismo, en la medida en que se conozca en detalle la variación de la densidad dentro de los ejemplares, las mismas podrán ser estandarizadas.

La hipótesis del presente trabajo plantea la existencia de variación de la densidad básica de la madera dentro y entre los individuos de clones de sauce utilizados en la industria papelera, cuyo patrón adquiere importancia al realizar un muestreo para evaluar el árbol completo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el patrón de variación axial intraclonal de la densidad básica de la madera en 8 clones del género *Salix* y determinar la variabilidad entre ellos en ejemplares provenientes de plantaciones de un ambiente del Delta Paranaense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron muestras obtenidas en plantaciones experimentales implantadas en el Establecimiento "Las Animas", ubicado en

Tabla 1. Clones estudiados, sus orígenes parentales y procedencias.

Clones, parental origins and procedences.

Clon	Origen parental y procedencia
Sauce americano	<i>Salix babylonica</i> var <i>sacramenta</i> . Rusia
Sauce híbrido cv "A 131-25"	<i>Salix babylonica</i> x <i>Salix alba</i> ". INTA Castelar 1957
Sauce híbrido cv "A 131- 27"	<i>Salix babylonica</i> x <i>Salix alba</i> INTA Castelar 1957
Sauce híbrido cv "A 13- 44"	<i>Salix matsudana</i> x <i>Salix alba</i> ". INTA Castelar 1967
Sauce híbrido cv " NZ 26992"	<i>Salix matsudana</i> x <i>Salix alba</i> . Nueva Zelanda
Sauce híbrido cv " A 250-33"	<i>Salix babylonica</i> x <i>Salix alba</i> . INTA Castelar 1961
Sauce híbrido cv " A 250-36"	<i>Salix babylonica</i> x <i>Salix alba</i> . INTA Castelar 1961
<i>Salix nigra</i> 3	<i>Salix nigra</i> . Material seminal originario de EEUU,
Se-	Selecciones de INTA Delta 1971.

Villa Paranacito, Entre Ríos (33° 45'S; 59° 05' W). Se extrajo material de ejemplares de 8 clones del género *Salix*, de 13 años de edad, plantados con un distanciamiento de 3 m entre filas y 2 m entre plantas.

Los clones utilizados figuran en Tabla 1.

Se seleccionaron 8 árboles por clon, sin condición de borde, con el leño en buen estado sanitario. Se apearon y marcaron en los mismos tres alturas en el fuste (1,30 m, 4,30 m y 6,50 m), y de cada una de ellas se sacó un disco completo de 3 cm de espesor.

Sobre cada disco se realizó una determinación de densidad básica, previo descortezado, según la norma TAPPI 258-om-94 (Technical Association of the Pulp and Paper Industry).

Se realizaron análisis de la varianza entre clones, para los valores medios de densidad básica de cada altura, y para los valores medios generales (englobando las tres alturas en estudio). Se complementaron los análisis con pruebas estadísticas de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1- Variación axial intraclonal

La Tabla 2 muestra que la variación hallada según las alturas de muestreo es dife-

rente en los distintos clones. No se detecta un único patrón de variación axial.

Tres de los clones (Sauce híbrido cv "A 131-27"; *Salix nigra* 3 y Sauce americano), no presentaron diferencia de densidad media en ninguna comparación. Estos resultados son similares a los obtenidos por Bonavía de Guth & Ragonese (1980) sobre 7 clones. Si bien se menciona en dicho estudio que el análisis se realizó a 3 alturas, sólo se reportan los valores a la altura del pecho (1,30 m), argumentando que las diferencias halladas en las otras alturas estudiadas no resultaron significativas. Para el caso particular del *Salix nigra*, Bonavía de Guth & Piussan (1987) encontraron diferencias significativas al muestrear 5 árboles de 14 años a 8 alturas fijas, aunque tampoco discriminaron explícitamente entre qué alturas se detectaron esas diferencias.

Sólo un clon (Sauce híbrido cv "A 250-36") presentó diferencia de densidad media entre las alturas a 4,30 m y 6,30 m.

Cuatro clones (Sauce híbrido cv "A 13-44", Sauce híbrido cv "A 250-33", Sauce híbrido cv "A 131-25", Sauce híbrido 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 dos.

Dos clones (Sauce híbrido cv "A 250-33" y Sauce híbrido cv "A 131-25") presentaron diferencia de densidad media entre la altura

Tabla 2. Variación axial de la densidad en 8 clones de sauce, según altura de toma de muestra. Test de Tukey ($P < 0,05$).Axial variation of clone densities at different sample heights. Tukey test ($P < 0,05$).

Clon	Densidad media a 1,30 m (g.cm ⁻³)	Densidad media a 4,30 m (g.cm ⁻³)	Densidad media a 6,50 m (g.cm ⁻³)
Sauce híbrido cv "A 13-44"	0,447 a	0,429 b	0,431 ab
Sauce híbrido cv "A 250-33"	0,392 a	0,373 b	0,377 b
Sauce híbrido cv "A 250-36"	0,359 a	0,334 a	0,353 b
Sauce híbrido cv "A 131-25"	0,408 a	0,368 b	0,377 b
Sauce híbrido cv "A 131-27"	0,368 a	0,357 a	0,365 a
Sauce híbrido cv "NZ 26992"	0,383 a	0,371 ab	0,367 b
Salix nigra 3	0,381 a	0,380 a	0,377 a
Sauce americano	0,433 a	0,431 a	0,433 a

Letras distintas en una misma fila indican diferencias mínimas significativas para $q \leq 0,05$.Different letters in a row show least significant differences for $q \leq 0,05$

inferior y las otras dos.

En el sauce híbrido cv "A 250-36" la densidad en la altura superior superó a la registrada en la altura media.

En ningún caso fue superado significativamente el valor de densidad media de la altura inferior en estudio. Esto se opone a lo mencionado por Bonavía de Guth & Piussan (1987), quienes encontraron que, para *Salix nigra*, la densidad aumentaba axialmente con fluctuaciones en las alturas medias. En dicho trabajo se calificaron a las diferencias como significativas, pero no se presentaron las pruebas estadísticas que lo respalden. Novaresi *et al.*, (1997), informaron que los resultados variaron según los clones. La tendencia mostró un aumento de la densidad desde la base al medio y luego descenso hacia el ápice para Sauce americano, *Salix nigra* y el cv 13-44. El cv 131-27 evidenció un descenso desde la base hacia el medio y luego un ascenso.

La disparidad de los patrones axiales en los resultados obtenidos pudo estar condicionada por distintas circunstancias tales como:

– Diferentes conos de crecimiento pueden tener distintas densidades. En los clones estudiados, los mismos conos de crecimiento no

necesariamente participaron en todas las alturas de muestreo, debido a que en un mismo sitio pueden tener diferentes tasas de crecimiento.

– Aún si los mismos conos de crecimiento participaron en las muestras (en términos de edad), podrían no hacerlo con el mismo peso porcentual.

– Un mismo cono puede variar su densidad según la altura puntual de donde se obtenga la muestra.

Esto marca la necesidad de complementar los estudios con la variación de las densidades por cono de crecimiento. Los resultados obtenidos pueden haber sido consecuencia de las distintas edades fisiológicas del cambium, que al producir leño juvenil y adulto, generan diferencias en propiedades tecnológicas como densidad, longitud de fibras y composición química. Este efecto ha sido ampliamente estudiado en coníferas (donde se descubrió) y verificado en grupos de latifoliadas de uso comercial (Yang *et al.*, 1994).

2- Comparación entre clones.

Supuestamente los conos de crecimiento de todos los años se encuentran solamente

Tabla 3. Comparación de densidades promedio entre clones y para las 3 alturas de muestreo. Test de Tukey ($P < 0,05$).

Clones density comparison for average and samples taken at 3 heights. Tukey test ($P < 0,05$)

Clon	Densidad a 1,3 m (g.cm ⁻³)	Densidad a 4,3 m (g.cm ⁻³)	Densidad a 6,5 m (g.cm ⁻³)	promedio 3 alturas (g.cm ⁻³)
Sauce híbrido cv "A 250-36"	0,359 a	0,334 a	0,353 a	0,349 a
Sauce híbrido cv "A 131-27"	0,368 ab	0,357 ab	0,365 ab	0,364 ab
Salix nigra 3	0,381 ab	0,380 b	0,377 b	0,379 bc
Sauce híbrido cv "NZ 26992"	0,383 abc	0,371 b	0,367 ab	0,374 bc
Sauce híbrido cv "A 250-33"	0,392 bc	0,373 b	0,377 b	0,381 c
Sauce híbrido cv "A 131-25"	0,408 cd	0,368 ab	0,377 b	0,385 c
Sauce americano	0,433 de	0,431 c	0,433 c	0,432 d
Sauce híbrido cv "A 13-44"	0,447 e	0,429 c	0,431 c	0,436 d

Letras distintas en una columna indican diferencias mínimas significativas para $q \leq 0,05$.

Different letters in a column show least significant differences for $q \leq 0.05$

en la altura inferior en estudio, pero no en las otras dos. Esto determina que cuando se carece de información acerca de los incrementos anuales en diámetro y altura, las medidas en la altura inferior son usualmente la posición de referencia para efectuar las comparaciones entre clones.

La Tabla 3 muestra que, en todos los casos, los clones Sauce híbrido cv "A 13-44" y Sauce americano se encuentran en el grupo de mayor densidad, con valores similares a los encontrados por otros autores (Bonavía de Guth & Ragonese, 1980; Bonavía de Guth 1982 y 1987; Piussan *et al.*, 1990; Cerrillo *et al.*, 1992; Novaresi *et al.*, 1997, Senisterra *et al.*, 2000). El clon Sauce híbrido cv "A 250-36" aparece siempre en el grupo de los menos densos, coincidiendo con Bonavía de Guth (1981) Cerrillo *et al.*, (1992), Senisterra *et al.*, (2000). Este posicionamiento relativo fue independiente de la altura de toma de muestras.

Los 5 clones restantes (Sauce híbrido cv "A 131-27", Sauce híbrido cv "NZ 26992", *Salix nigra* 3, Sauce híbrido cv "A 250-33" y Sauce híbrido cv "A 131-25") siempre ocuparon grupos intermedios, variando en su ordena-

miento según la altura de toma de muestras. Resultados similares encontraron Senisterra *et al.*, (2000) al estudiar dos ejemplares de cada uno de estos sauces híbridos de igual edad (13 años) en otro sitio de implantación en la provincia de Buenos Aires.

Para ponderar la significancia práctica de las diferencias detectadas, es indispensable 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 industria papelera). Para la manufactura de pulpa y papel se prefieren especies con densidades entre 400 y 600 Kg.dm⁻³. Dentro de este rango las especies con densidades mayores tienen ventajas en la productividad del digestor. Para un mismo rendimiento en pulpa una densidad mayor significa más peso en pulpa producida por unidad de tiempo (Downes *et al.*, 1997).

Las diferencias de densidad básica halladas entre estos clones de *Salix* y en la población que ellos representan son importantes tanto para la industria consumidora al momento de elegir la materia prima más apropiada a su proceso productivo, como para las estrategias de mejoramiento genético de las que pue-

da participar este material genético. Dada la heredabilidad del carácter (Zobel, 1988), y de acuerdo con Sparnochia (1990), los resultados obtenidos permitirían orientar la elección de progenitores en las estrategias de mejoramiento genético que pretenden esa mayor aptitud de uso. En este sentido el Sauce Híbrido cv. "A 13-44" y el Sauce Americano presentaron buenas características para la industria papelera según el indicador densidad, y el de característica inferior fue el Sauce Híbrido cv. "A 250-36".

CONCLUSIONES

Bajo el esquema de muestreo planteado, los clones estudiados presentaron en algunos casos una variación de la densidad básica de la madera a lo largo del fuste, resultados que verifican la hipótesis planteada.

Para establecer la variabilidad entre los clones, la utilización del valor obtenido a la altura de 1,30 m (altura del pecho) no cambia la clasificación de los clones de la obtenida con las otras alturas o con la densidad promedio del árbol.

Se plantea la necesidad de realizar determinaciones a mayor cantidad de alturas en el fuste, ubicadas en forma relativa (porcentual) a la altura total del árbol. Esto permitiría analizar en forma mas completa la variación axial y realizar además comparaciones más precisas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonavía de Guth, E. 1981. Características del leño de varias especies e híbridos de *Salix* en apoyo a la obtención de buenos clones papeleros. Trabajos Técnicos ATIPCA, Buenos Aires. Tomo 1 pp. 23-32.
- Bonavía de Guth, E. 1982. Evaluación de varios híbridos obtenidos por cruzamiento de *Salix alba* x *S. matsudana*. Trabajos Técnicos ATIPCA, Buenos Aires. Tomo II pp. 20-30.
- Bonavía de Guth, E. 1987. Obtención y evaluación de nuevos clones de sauces y álamos en relación a su uso celulósico. 23° Congreso Técnico sobre Celulosa y Papel, ATIPCA, Buenos Aires. pp. 43-60.
- Bonavía de Guth, E. & C. M. Piussan. 1987. Variación de las características del leño del individuo en *Salix nigra* cultivado en el Delta del Paraná. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de especies forestales. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales, Buenos Aires. Tomo IV pp. 219-235.
- Bonavía de Guth, E. & A. Ragonese. 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.
- Cerrillo, T., G. Bunse & L. Sparnochia. 1992. Productividad de nuevos clones de sauces en el Delta argentino. 19° Sesión de la Comisión Internacional del Alamo. Zaragoza, España. Vol. 1 pp. 515-529.
- Downes, G.M., I. L. Hudson, C. A. Raymond, A. J. Dean, A. J. Michell, L. R. Schimleck, R. Evans & A. Muneri. 1997. Sampling Eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Publishing, Australia, 132 pp, ilustr.
- Novaresi, M. P., F. Delorenzi, G. P. De Rosa, P. Cervantes & C. Rozas. 1997. Aptitud de Salicáceas para la industria del papel. CICELPA. Informe Técnico n° OT 18-2927, 19 pp.
- Piussan, C. M. 1990. Relación entre las características de la madera y las propiedades del papel. Seminario sobre calidad de la madera en la producción forestal. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales, Buenos Aires. pp. 11-30.
- Piussan, C. M., R. Repetti & E. Fontana. 1990. Estudio comparativo de las propiedades papeleras de *Salix nigra* N°4, del híbrido A-131/27 y del sauce americano. 26° Congreso Técnico sobre Celulosa y Papel, ATIPCA, Buenos Aires. pp. 485-504.
- Senisterra, G., S. Monteoliva, J. Marquina, R. Marlats & G. Ciocchini. 2000. Propiedades del leño en clones del género *Salix*, utilizados en programas de mejoramiento genético con aplicación a la industria papelera. Yvyrareta 10: 93-95.
- Sparnochia, L. 1990. Mejora genética de las características tecnológicas de la madera. Seminario sobre calidad de la madera en la producción forestal. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales, Buenos Aires. pp. 36-53.
- Yang K. C., Y. C. Chen & C. Chiu. 1994. Formation and vertical distribution of juvenile and mature wood in a single stem of *Cryptomeria japonica*. Canadian Journal Forestry Research. 24: 969- 975.
- Zobel, B. 1988. Eucalyptus in the forest industry. TAPPI 71 (12): 42-46.