

## Variación axial y radial de la longitud de fibras en seis clones de *Salix*

S. MONTEOLIVA<sup>1</sup>, J. L. MARQUINA<sup>2</sup>, G. SENISTERRA<sup>3</sup> & R. M. MARLATS<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Cátedra Xilotecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, E-mail: [ofpink@netverk.com.ar](mailto:ofpink@netverk.com.ar)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Cátedra de Silvicultura

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Cátedra de Mejoramiento Genético

<sup>4</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, CIC.

MONTEOLIVA, S., J. L. MARQUINA, G. SENISTERRA & R. M. MARLATS. 2006. Variación axial y radial de la longitud de fibras en seis clones de *Salix*. *Rev. Fac. Agron.* 106 (1):13-19.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la variación axial y radial de la longitud de fibras en 6 clones del género *Salix* (sauces) y evaluar la variabilidad entre clones. Las muestras fueron tomadas en plantaciones experimentales establecidas en Entre Ríos, Argentina (33° 45' S; 59° 05' W). Se extrajeron discos en 6 árboles por clon de 6 clones de 13 años de edad. La longitud de fibras fue medida en 3 alturas sobre el fuste y en 4 posiciones radiales a lo largo del radio. La longitud de fibras varía significativamente entre los clones estudiados. Los valores medios de longitud de fibras varían desde 1168,1 µm para «Sauce americano» a 841,8 µm para el híbrido 'NZ 26992'. Los mayores valores se registraron para el «Sauce americano». La tendencia radial general para los 6 clones fue de un marcado incremento en la longitud de fibras desde la médula hacia la corteza en todas las alturas muestreadas. Los clones presentaron diferentes patrones de variación axial y de menor importancia que la radial. Los mayores valores de longitud de fibras se registraron en las alturas menores (1,3 m y 4,3 m). La longitud de fibras medida a 1,3 m fue representativa del árbol completo.

**Palabras clave:** madera, variación intraclonal e interclonal, propiedades del leño.

MONTEOLIVA, S., J. L. MARQUINA, G. SENISTERRA & R. M. MARLATS. 2006. Variability of fibre length in six clones of *Salix*. *Rev. Fac. Agron.* 106 (1):13-19.

The purpose of this work was to analyse axial and radial variation of fibre length in six clones of the genus *Salix* (willow), and to assess variability between clones. Samples were taken from experimental plantations established in Entre Ríos, Argentina (33° 45' S; 59° 05' W). Discs were taken from six 13-year-old *Salix* clones. Fibre length was measured at three height levels and at four positions along the radius. Fibre length varied significantly among the six studied clones. Mean values varied from 1168,1 µm for «Sauce americano» to 841,8 µm for the hybrid 'NZ 26992'. «Sauce americano» showed the highest values. Fibre length showed a noticeable increase from pith to bark. Different patterns of axial variation (less important than those of radial variation) were found for the studied clones. The highest values of fibre length were found at the two lowest levels (1,3 m and 4,3 m). Fibre length measured at 1,3 m was representative of whole-tree.

**Keywords:** wood, variability within and between clones, wood properties

### INTRODUCCIÓN

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

Recibido: 23/11/2003. Aceptado: 28/12/2004.

industrias del debobinado, laminado y aserrado con un volumen estimado de 450.000 t año<sup>-1</sup>.

La calidad de madera destinada a proveer de material fibroso a la industria de la pulpa y el papel está determinada por la variabilidad de sus características físicas y químicas. Algunas de estas características son la densidad de la madera, la longitud de fibras, el espesor de pared y la composición química (Pipan, 1989).

Las variables mencionadas de madera están influenciadas por la posición dentro del árbol. Se han demostrado patrones de variación radial entre médula y corteza y patrones de variación axial desde la base hacia el ápice asociadas a diferentes edades fisiológicas del cambium (Yang, 1994). El conocimiento de estas variaciones reviste importancia para hallar el punto de muestreo representativo del árbol completo.

En general se admite que con un aumento de la edad de los árboles las células cambiales producen elementos de mayores dimensiones. La literatura indica que la madera juvenil, asociada a una edad fisiológica temprana de las células cambiales, tiene más baja densidad, elementos fibrosos más cortos, por lo tanto, produce pulpas de inferior calidad y rendimiento en comparación con la madera madura. La edad fisiológica del cambium tiene un efecto predominante en la variación del leño dentro y entre los árboles, tanto en términos de densidad, de espesor de las paredes de las fibras, como de su longitud (Downes *et al.*, 1997). A su vez, el sitio de implantación puede ser un factor que influye significativamente en la maduración de las células cambiales, por consiguiente el efecto se transmite a la longitud de fibras de la madera formada.

El modelo de *variación radial* dentro del árbol más comúnmente descrito indica un aumento de la longitud de las fibras desde la médula hacia la corteza. En el *sentido axial* las variaciones son en general menos consistentes (Wilkes, 1988). Se menciona como característica la disminución general de la longi-

tud de las fibras hacia el ápice. Estos modelos deben verificarse para cada especie y cada sitio de implantación.

Algunos clones de sauces han sido estudiados en Argentina en relación a la longitud de fibras a una sola altura de muestreo, correspondiente a la altura del pecho (1,3 m), (Fiaño, 1976; Bonavía & Ragonese 1980; Bonavía, 1981, 1982, 1984, 1987; Repetti, 1983; García Volonté & Suarez, 1989; Piussan *et al.* 1990). Para *Salix nigra*, la variación de la longitud de fibra a lo largo del tronco fue caracterizada a 8 alturas, mientras que la posición radial a una sola altura (1,3 m) (Bonavía & Piussan, 1987). Monteoliva *et al.* (2002) investigaron la variación axial y radial de 8 clones de sauces muestreados a 3 alturas y 3 posiciones radiales fijas para un sitio de implantación en la Provincia de Buenos Aires. Se hallaron diferentes patrones de variación axial y una tendencia homogénea en la variación radial. El estudio planteó la necesidad de aumentar el número de posiciones radiales y de fijar dichas posiciones en forma proporcional a la longitud del radio.

En Canadá, fueron estudiados diferentes clones de *Salix*, donde se encontraron variaciones de la longitud de fibra dentro y entre clones para árboles de 14 años muestreados anualmente a una sola altura (1,3 m) (Deka *et al.*, 1992, 1994).

Consecuentemente con el estado de conocimiento del tema en el género *Salix*, es necesario indagar sobre las variaciones de las propiedades de la madera y su relación con el punto de muestreo representativo del árbol completo, teniendo en cuenta la siguiente hipótesis de trabajo:

*Hipótesis:* existe variación en la longitud de fibras dentro del árbol, cuyos patrones radiales son de mayor importancia que los axiales.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la variación axial y radial de la longitud de fibras en 6 clones del género *Salix* y evaluar la variabilidad entre clones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron muestras obtenidas en plantaciones experimentales implantadas en el Establecimiento «Las Animas», ubicado en Villa Paranacito, Entre Ríos (33° 45'LS; 59° 05' W).

Se extrajo material de 6 ejemplares de 6 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 6 árboles por clon, sin condición de borde, con el leño en buen estado sanitario. Se aparearon y marcaron tres alturas en los fustes (1,30 m; 4,30 m y 6,50 m), y de cada una de ellas se sacó un disco completo de 5 cm de espesor para analizar la variación axial. La variación radial se estudió en cada altura en 4 posiciones radiales sobre el radio norte. Los puntos de muestreo fueron: desde la médula hasta 25% de la longitud del radio (posición 1), desde 25 a 50% del radio (posición 2), desde 50 a 75% del radio (posición 3) y desde 75 a 100% del radio (posición 4). Se midieron 30 fibras por posición radial (150 fibras por clon para cada posición radial) con un microscopio óptico con analizador de imágenes, previa maceración de dichas posiciones según la técnica de maceración de Franklin (1945).

Se realizaron análisis de la varianza entre clones considerando como fuente de variación clon, árbol, altura y posición de muestreo. Se complementaron los análisis con pruebas estadísticas de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1- Variación General

El análisis de la varianza mostró diferencias significativas entre clones.

**Tabla 2.** Longitud de fibra ( $\mu\text{m}$ ) promedio por clon. Test de Tukey.

Fibre length ( $\mu\text{m}$ ) per clone. Tukey's test		
Clon	Longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ )	Grupos Homogéneos*
Sauce Americano	1168,1	a
250-33	952,1	b
131-25	892,6	c
13-44	871,9	d
131-27	869,1	d
26992	841,9	e

\* Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\* Different letters indicate significant differences for  $q < 0,05$

La Tabla 2 muestra diferencias significativas entre clones, excepto para los clones 'A 131-27' y 'A 13-44'. Los valores medios de longitud de fibras varían desde 1168,0  $\mu\text{m}$  para «Sauce americano» a 841,8  $\mu\text{m}$  para el híbrido 'NZ 26992'. El rango de variación entre clones coincide con los valores observados por estudios previos en el país (Bonavía & Ragonese, 1980; Bonavía 1981, 1982, 1984, 1987, García Volonté & Suarez, 1989). Monteoliva *et al.* (2002) reportaron valores significativamente más elevados para los mismos clones de la misma edad, en otro sitio de implantación en la Provincia de Buenos Aires.

**Tabla 1.** Clones de sauces (*Salix* spp.), origen parental y procedencias.

*Willows Clones, parental origins and provenance.*

Clones	Origen parental y procedencias
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

## 2 – Variación intraclonal

El análisis de la varianza por clon muestra que el árbol, posición axial y posición radial son fuentes significativas de variación.

Para la longitud de fibras la altura de muestreo es una fuente altamente significativa de variación excepto para el «Sauce americano» ( $p=0,544$ ).

Los resultados podrían haber sido diferentes si se hubiera utilizado otra estrategia de muestreo localizando los puntos de muestreo en forma proporcional a la altura total del árbol.

**2.a- Variación radial.** La tendencia general hallada para los 6 clones corresponde a un marcado aumento de la longitud de fibras de médula a corteza en todas las alturas de muestreo (Tabla 3).

Esta tendencia se explica por el aumento de la longitud de las células iniciales cambiales a medida que aumenta la edad cambial. En general puede afirmarse que clones con una gran longitud de fibras en los primeros años de crecimiento tendrán también fibras largas en las edades posteriores (Yanchuk *et al.*, 1984). La selección temprana de clones con una gran longitud de fibras se basa en estas afirmaciones y es una característica de todo plan de mejoramiento forestal que busca incrementar la calidad de madera para la industria papelera.

Se hallaron diferencias en todas las posiciones para cuatro clones 'A 250-33', 'A 131-25', 'NZ 26992', y «Sauce americano». Los clones 'A 13-44' y 'A 131-27' no presentaron diferencias significativas entre las posiciones 3 y 4 (mas externas), pudiendo considerarse como una estabilización de los valores de longitud a una edad menor que los otros clones estudiados. Para estos mismos clones, Monteoliva *et al.* (2002) reportó una variación similar considerando 3 posiciones radiales en otra condición de sitio en la Provincia de Buenos Aires.

Bonavía & Ragonese (1980) coinciden con esta tendencia al estudiar «Sauce americano» y sauces híbridos 'A 131-25', 'A 131-27' y 'A 250-33' de 15 años cultivados en Castelar (Provincia de Buenos Aires) en 4 posiciones radiales y una sola altura (1,3 m). Igual tendencia describen Bonavía y Piussan (1987) para *Salix nigra* del Delta del Paraná en árboles de 14 años analizados anualmente, para una altura de estudio de 1,3 m, con estabilización de valores a partir de los 10 años.

Deka *et al.* (1992) estudiando 3 sauces híbridos de 14 años en Canadá encuentran igual tendencia, encontrando a partir de los 10-11 años valores que se mantienen alrededor de 1000  $\mu\text{m}$  en forma constante (leño maduro), al determinar año a año la longitud a una sola altura (1,3 m).

**Tabla 3.** Longitud de fibra ( $\mu\text{m}$ ) por clon y por posición radial. Test de Tukey.

Fibre length per clone and radial position. Tukey's test

Posición**	Clon					
	13-44	250-33	131-27	131-25	26992	americano
1	a 685,9	a 728,8	a 690,1	a 679,6	a 665,7	a 960,1
2	b 867,5	b 942,5	b 832,3	b 864,7	b 838,1	b 1120,7
3	c 966,6	c 1053,2	c 968,8	c 996,8	c 917,7	c 1269,1
4	c 967,9	d 1083,9	c 985,3	d 1029,1	d 946,1	d 1322,2

\* Letras distintas indican diferencias significativas ( $p<0,05$ )

\* Different letters indicate significant differences for  $q < 0,05$

\*\* Posiciones (% con respecto a la longitud del radio entre médula y corteza): 1 (de 0 a 25%), 2 (de 25 a 50%), 3 (de 50 a 75%) y 4 (de 75 a 100%).

\*\* Position (% relatively to radii length between pith and bark): 1 (between 0 and 25%), 2 (between 25 and 50%), 3 (between 50 and 75%) and 4 (between 75 and 100%).

2.b- *Variación axial.* Analizando la Tabla 4 se encuentran diferentes patrones de variación axial, aunque en todos los casos es menos destacada que la variación radial.

Se observa una tendencia general de descenso desde la base hacia el ápice en los clones 'A 13-44', 'A 250-33', 'A 131-27', y 'A 131-25'. Sin embargo, no se detectan diferencias en las dos alturas menores para 2 clones ('A 13-44', y 'A 131-27'). Tampoco se detectaron diferencias entre las 2 alturas superiores para 'A 250-33' y para el caso particular del 'A 131-25'. Ni la altura mayor ni la menor de muestreo mostraron diferencias significativas con los valores de la altura media. El clon 'NZ 26992' es el único que difiere en forma significativa en la tendencia general, mostrando un ascenso desde la base hacia la altura intermedia y luego un descenso hacia el ápice. En contraste con los otros clones el «Sauce americano» no muestra diferencias entre las 3 alturas de muestreo.

Esta leve diferencia en los valores (aunque no significativos en muchos casos) con respecto a la tendencia general puede explicarse a través del tipo de muestreo practicado en alturas fijas. La diferencia en las alturas totales de los árboles involucrados en cada clon (6 árboles por clon) hace que las muestras tomadas en alturas fijas no representen para cada ejemplar una edad fisiológica similar. Esta misma situación puede trasladarse al tratar de comparar los 6 clones con alturas totales muy diferentes.

Existen pocas publicaciones que describan la variación axial. La variación axial poco destacada ya ha sido reportada en otros géneros de latifoliadas (Wilkes, 1988). Particularmente, para el género *Salix* y para estos mismos 6 clones, Monteoliva *et al.* (2002) hallaron tendencias de variación axial diferentes a las expresadas en la tabla 4 en las alturas media y superior. En ese mismo trabajo expresan que la mayor longitud de fibras se registra en la altura de 1,3m, resultados concordantes con los registrados en el presente trabajo. Bonavía & Piussan (1987) estudiando 8 alturas fijas de *Salix nigra*, mencionan haber detectado diferencias axiales, pero sin expresar la tendencia. Novaresi *et al.* (1997) reportan diferentes tendencias para 4 sauces («Sauce americano», sauces híbridos 'A 131-27', 'A 13-44' y 'A 13-112') muestreados a 3 alturas fijas. Los híbridos 'A 131-27' y 'A 13-44' disminuyen la longitud de fibras con la altura, el híbrido 'A 13-112' aumenta y el «Sauce americano» aumenta desde la base hacia la altura media y luego disminuye hacia el ápice.

La Tabla 5 muestra el ordenamiento de los 6 clones en forma decreciente según su longitud de fibras. Se puede observar que la medida de longitud de fibras tomadas a la altura del pecho (1,3 m) no cambia el ordenamiento de los clones que se obtiene con el promedio de las 3 alturas.

Por lo tanto, puede tomarse la medida de longitud de fibras a la altura de 1,3 m como representativa del árbol completo. De esta for-

**Tabla 4.** Longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ ) por clon y por altura. Test de Tukey.

*Fibre length per clone and height. Tukey's test*

Altura (m)	Clon					
	13-44	250-33	131-27	131-25	26992	americano
1,30	a 887,1	a 980,3	a 894,7	a 909,9	a 831,4	a 1165,8
4,30	a 895,0	b 937,2	a 880,5	ab 894,7	b 870,8	a 1175,2
6,50	b 833,7	b 938,8	b 832,2	b 873,2	a 823,5	a 1163,1

\* Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\* Different letters indicate significant differences for  $q < 0,05$ .

**Tabla 5.** Comparación de la longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ ) medidas a la altura de 1,3m y de la longitud promedio de las 3 alturas.

Comparision of fibre length at 1,3m and average fibre length (average of three heights).

Clon	Longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ )	
	A 1,3m*	Promedio 3 alturas*
americano	a 1165,8	a 1168,3
250-33	b 980,3	b 952,1
131-25	c 909,9	c 892,6
13-44	d 887,1	d 871,9
131-27	d 894,7	d 869,1
26992	e 831,4	e 841,9

\* Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )\* Different letters indicate significant differences for  $q < 0,05$ 

ma pueden realizarse evaluaciones comparativas de clones con respecto a su calidad de fibras para la industria consumidora.

## CONCLUSIONES

– Pese a que varios de los clones provienen de cruzamientos controlados entre los mismos progenitores, la longitud de fibras varía entre los clones estudiados. Los mayores valores se registran para el «Sauce americano».

– La tendencia radial general para los 6 clones es de un marcado incremento en la longitud de fibras desde la médula hacia la corteza en todas las alturas muestreadas.

– Los clones muestran diferentes patrones de variación axial, siendo en todos los casos de menor importancia que la variación radial.

– La medida de longitud de fibras tomada en varias posiciones radiales a la altura de 1,3m puede utilizarse como medida representativa del árbol.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Ing. Ftal. Silvina Villegas por su asistencia técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

**Bonavía de Guth, E.** 1981. Características del leño de varias especies e híbridos de *Salix* en apoyo a la obtención de buenos clones papeperos. 17° Congreso de ATIPCA, Buenos Aires Tomo 1, pp.F25-F32.

**Bonavía de Guth, E.** 1982. Evaluación de varios híbridos obtenidos por cruzamiento de *Salix alba* x *S. matsudana*. 18° Congreso de ATIPCA, Buenos Aire, pp. 19-30.

**Bonavía de Guth, E.** 1984. *Salix nigra*: características del leño según zonas de implantación en el Delta del Paraná. 20° Congreso de ATIPCA, Buenos Aires Trabajos Técnicos, pp 17-86.

**Bonavía de Guth, E.** 1987. Obtención y evaluación de nuevos clones de sauces y álamos en relación a su uso celulósico. 23° Congreso de 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, Buenos Aires. CIEF Tomo IV: 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 (septiembre – octubre): 25-30.

**Deka, G. C, B. M. Wong & D. N. Roy.** 1992. Suitability of hybrid willow as a source of pulp. Journal of Wood Chemistry and Technology 12 : 197-211.

**Deka, G. C, B. M. Wong & D. N. Roy.** 1994. Variation of specific gravity, fibre length and cell wall

- thickness in young *Salix* clones. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 14 (1): 147-158.
- 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.
- Fiaño, E.** 1976. Pastas de alto rendimiento de salicáceas del delta del Paraná. B. Sauce americano. CIELPA publicación n°3, 37pp.
- Franklin, G. L.** 1938. The preparation of woody tissues for microscopic examination. *Forest Products Research Laboratory* 40.
- García Volonté, R & E. Suárez.** 1989. Características de algunos sauces para la producción del papel para diarios. Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético del Género *Salix*, Buenos Aires. CIEF Actas pp. 139-144.
- Monteoliva, S, G. Senisterra, J. L. Marquina, R. M. Marlats & G. R. Ciocchini.** 2002. Clones de sauce, longitud de fibras en su madera. *Revista Facultad Ciencias Agrarias UNCuyo*, Tomo XXXIV, N°2: 49-56.
- Novaresi, M. P., F. Delorenzi, G. P. De Rosa, P. Cervantes & C. Rozas.** 1997. Aptitud de Salicáceas para la industria del papel. CIELPA. Informe Técnico n° OT 18-2927, 19 pp.
- Pipan, C.** 1989. El rol de las fibras en el papel. 25° Congreso de ATIPCA, Buenos Aires, pp. 52-92.
- 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 de ATIPCA, Buenos Aires pp. 485-504.
- Repetti, R.** 1983. Pastas de alto rendimiento de sauces, incidencia de la morfología de las fibras en las propiedades del papel. 19° Congreso de ATIPCA, Buenos Aires, pp. 102-110.
- Yanckuk, A. D, B. P. Dancik & M. M. Micko.** 1984. Variation and heredability of wood density and fibre length of trembling aspen in Alberta, Canada. *Silvae Genetica* 33 (1): 11-16.
- 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
- Wilkes, J.** 1988. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. *IAWA Bull.* n.s. 9 (1): 13-23.