

## INFLUENCIA DEL PATRÓN DE CRECIMIENTO Y LA EDAD SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE LA MADERA EN SAUCES

Faustino L.<sup>1</sup>; Coco J.I.<sup>2</sup>; Monteoliva S.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ayudante alumno, Cátedra de Análisis Químico

<sup>2</sup>Ayudante alumno, Cátedra de Xilotecología

<sup>3</sup>Doctora, Docente-Investigador, Jefe de Trabajos Prácticos, Cátedra de Xilotecología Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31 (1900) La Plata, Argentina. Cátedra de Xilotecología. e-mail: [dendrologia@ceres.agro.unlp.edu.ar](mailto:dendrologia@ceres.agro.unlp.edu.ar)

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la influencia del crecimiento y la edad sobre la longitud de fibras y densidad básica de la madera de 3 sauces. Los árboles muestreados fueron obtenidos de plantaciones comerciales y estaqueros conducidos en el campo Las Carabe perteneciente a Papel Prensa SA, en el Delta Bonaerense ubicado en la 1ª sección de islas, Buenos Aires (34° 30' LS y 59 °W). Los clones estudiados fueron: *Salix matsudana* x *Salix alba* 'NZ 26992', *Salix babylonica* x *Salix alba* 'A 250-33' y sauce americano (*S. babylonica* var *sacramento*). Se midieron los diámetros a la altura de pecho (DAP) y se establecieron clases diamétricas. Se aparearon 18 árboles por clon (6 por clase diamétrica). Las variables medidas fueron el ancho de los anillos de crecimiento, la densidad básica de la madera y la longitud de fibras. Estas dos últimas en 3 ó 4 posiciones radiales (edades). Se realizaron ANOVAS tomando como fuentes de variación a la clase diamétrica y la posición radial de muestreo. Se construyeron curvas de incrementos corrientes anuales (ICA) por clon y clase diamétrica. Los patrones de crecimiento (ICA) son diferentes según los clones. Dentro de cada clon la producción máxima de madera se produce a diferentes edades según el sitio y la clase diamétrica. El comportamiento del 26992 es similar para las 3 clases diamétricas. El sauce híbrido 250-33 se destaca por sus altos crecimientos en las edades próximas al arranque (2 y 3 años) diferenciándose según las clases diamétricas, en cambio el sauce americano produce un incremento máximo a los 4 años para todas las clases, con crecimientos igualmente importantes a los 3 y 5 años. El crecimiento, medido como clase diamétrica, tuvo influencia en la densidad del híbrido 26992 y no la tuvo para el 250-33 y el americano. Si consideramos la longitud de fibras el resultado se invierte, siendo significativa la influencia de la clase diamétrica en el 250-33 y americano, y no significativa en el 26992. La edad fue una fuente significativa de variación para ambas variables (densidad y longitud) en los tres clones. Para los 3 sauces y las 2 propiedades de la madera consideradas, la producción de árboles de mayor tasa de crecimiento produce mayor ganancia en madera de calidad, además de volumen. Los 3 sauces considerados presentaron diferencias en cuanto al tipo de crecimiento y porcentaje de ganancias de madera de calidad.

Palabras clave: calidad de madera, densidad básica, longitud de fibras, crecimientos

### INTRODUCCIÓN

En la región del delta del río Paraná, la implantación de sauces (*Salix* spp.) llega a ser la más importante del mundo en superficie, abarcando aproximadamente unas 51.000 hectáreas (Casaubon *et. al.*, 2004). Sus productos primarios abastecen la fábrica más importante de celulosa de fibra corta para papel de diario utilizando cerca del 85 % del volumen total, el 15% restante se destina a la industria del debobinado, laminado y aserrado. Para satisfacer el incremento en la demanda de fibras y madera, se han desarrollado clones de rápido crecimiento, mejor forma, adaptados al ambiente de plantación y resistentes a enfermedades. Sin embargo, ha tenido poca importancia las propiedades de la madera, siendo la calidad de la madera tan importante como el volumen que se obtiene de ella.

En los rodales forestales, algunos árboles adquieren ventajas competitivas sobre otros, y denotan un mayor volumen de madera que sus competidores, ya que obtuvieron una mayor velocidad de crecimiento. Las propiedades de la madera de cada árbol individual pueden verse afectadas, así como también su rendimiento. Analizando el comportamiento de esta variabilidad se puede comprender la forma en que cambian sus propiedades y manejarse mediante prácticas silviculturales.

Diferentes autores han reportado informes sobre curvas de crecimiento, alturas y diámetros para Salicáceas. Algunos de los trabajos establecen la relación entre crecimiento y propiedades de la madera a través de correlaciones (Garau *et al.*, 1983; Barañao *et al.*, 1983; Cerrillo *et al.*, 1992; Koubaa *et al.*, 1998). Estos reportes expresan que como consecuencia de diferencias en los crecimientos, la madera producida difiere en su calidad. Sin embargo, son pocos los trabajos que involucran especies de porosidad difusa de corta rotación. De Bell *et al.* (1998) encuentran que la longitud de fibras en *Populus* está asociada a la velocidad de crecimiento medida como clases diamétricas para rodales de 7 años. En Argentina, Monteoliva y Marlats (2005) demuestran cierta asociación entre los patrones de crecimiento y la densidad y longitud de fibras medidas en la madera de 6 híbridos de sauces.

El objetivo del trabajo fue determinar la influencia del patrón de crecimiento y la edad sobre la longitud de fibras y la densidad básica de la madera, de dos clones de sauces híbridos ('NZ 26992' y 'A 250-33') y de sauce americano.

## MATERIALES Y METODOS

Los clones estudiados fueron *Salix matsudana* x *Salix alba* 'NZ 26992', *Salix babylonica* x *Salix alba* 'A 250-33' y *Salix babylonica* var *sacramenta* "sauce americano". Los árboles muestreados fueron obtenidos en el Establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa S.A., 1° Sección de Islas, provincia de Buenos Aires (34° 30' Lat. Sur; 59° 00' Long. Oeste). Se registraron los diámetros a la altura de pecho (DAP) de todos los individuos en una parcela de cada clon. Allí mismo se establecieron clases diamétricas, teniendo en cuenta el DAP promedio ( $\bar{x}$ ) y los desvíos Standard ( $\sigma$ ). Posteriormente se realizó un muestreo destructivo, en el cual se aparearon 18 árboles por clon (6 por clase diamétrica) y se obtuvieron tres rodajas por cada árbol en la zona del metro treinta de altura. Los árboles de los sauces híbridos fueron obtenidos de estaqueros conducidos, con un distanciamiento al momento del muestreo de 3,80m x 1,30m (2024 plantas/ha), diferente a la densidad de las plantaciones comerciales (1730 pl/ha). El sauce americano fue muestreado por el Jefe del Establecimiento en plantaciones comerciales (rebrote de 11 años, distanciamiento comercial de 3,4 m x 1,7 m) siguiendo las especificaciones anteriores. Todas las parcelas muestreadas se ubican en sectores "dentro de dique".

Variables analizadas: espesor de los anillos de crecimiento, densidad básica y longitud de fibras.

Medición de anillos: Las rodajas se pulieron con sucesivas lijas finas, hasta tener un claro reconocimiento de los límites del anillo. Para cuantificar el espesor, se utilizó una lupa binocular de 10x, con reglilla incluida con precisión al mm. Se tomó el promedio de dos radios por árbol, para disminuir errores por medula excéntrica, o de muestreo. Con la medida de los anillos se recalcularon los DAP y se generaron 3 clases diamétricas, siendo la clase I la más chica, II la intermedia y III la de mayor diámetro.

Luego de reconocidos los anillos de crecimiento, se marcaron las posiciones de muestreo, del siguiente modo (tabla 1):

Tabla 1: Posiciones radiales respecto a la medula y rango de años que abarcan

	Años	Nomenclatura
Posición A	1-2	2
Posición B	3-4	4
Posición C	5-6-7	7
Posición D	8 en adelante	10/14

### Densidad Básica

Para su cálculo se utilizó el cociente entre el peso anhidro y el volumen saturado. Las muestras de densidad se tomaron siguiendo la norma IRAM 9544 que define probetas cúbicas de 2cm de lado cepilladas, sin rajaduras, nudos u otras anomalías.

### Longitud de fibras

Se tomaron astillas con formón de cada posición radial de todos los árboles, se maceraron en una mezcla de ácido acético y agua oxigenada 100vol. Se midieron 50 fibras por cada posición radial, para todos los árboles de las tres clases diamétricas. Para la medición se utilizó un microscopio óptico con analizador de imágenes.

### Análisis estadísticos

Se realizaron gráficos de incrementos corrientes anuales por clase diamétrica. Se realizaron análisis de la varianza teniendo en cuenta la clase diamétrica y la edad como fuentes de variación. Se utilizó el test de comparaciones múltiples de Tukey. Todos los análisis se realizaron en cada clon por separado ya que contaban con diferente edad y condición de plantación.

## RESULTADOS

### 1- Anillos de crecimiento - Incrementos Corrientes Anuales por clon (ICA)

En la figura 1 se observa el comportamiento del ICA para el clon 'NZ 26992'.

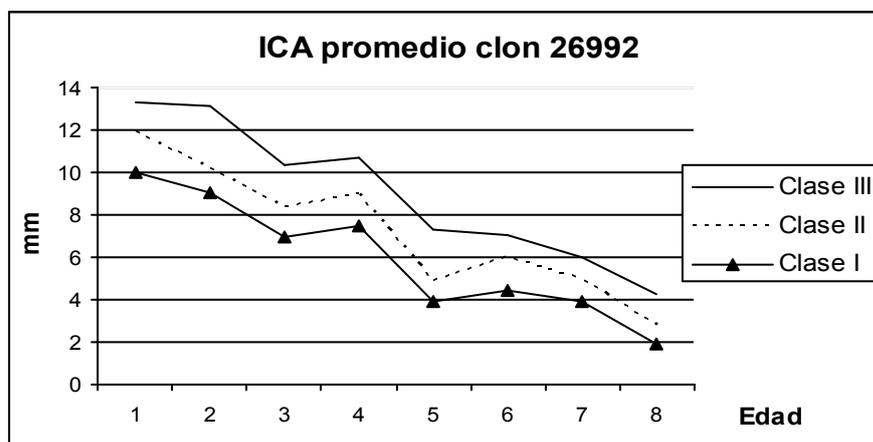


Figura 1. ICA clon 'NZ 26992' según 3 clases diamétricas

Las tres clases presentan un patrón de crecimiento corriente muy similar, que se ve reflejado en la evolución de las curvas, aunque dentro de cada clase este comportamiento no fue el mismo entre los árboles, especialmente durante los primeros años. Un comportamiento singular que puede verse en la grafica es que el año de mayor crecimiento fue el primero para luego descender en forma pronunciada. Este comportamiento es típico en plantaciones "estancadas". Los árboles analizados en este trabajo, provienen de un estaquero conducido, por lo tanto la cepa de cada árbol (de 4-5 años) estuvo firmemente establecida y con sus raíces desarrolladas. Podría conjeturarse que en el primer año, existían condiciones adecuadas para el crecimiento sin la restricción de las copas, y que no existía la intensa competencia que

vendría en los años sucesivos dada la elevada densidad de rebrotes. En el tercer año, aparece un leve incremento en el crecimiento para todas las clases, quizás debida a una intervención de raleo de las guías, para continuar descendiendo el año siguiente, de forma similar que en los primeros años. En el sexto año, aparece otro pulso de crecimiento en las dos clases de menores diámetros, con diferente intensidad, a diferencia de la clase restante que disminuye hasta el 8vo año. Al momento del muestreo, todos los árboles presentaban una única guía, pero desconocemos el tipo de práctica efectuado para llegar a esa condición.

En la figura 2 para el clon 'A 250-33', puede apreciarse como tendencia general, que el máximo valor en este clon se obtuvo entre el 2do y 3er año, y luego descendió hasta el año 14. Se observa además, que el comportamiento para las tres clases diamétricas es similar.

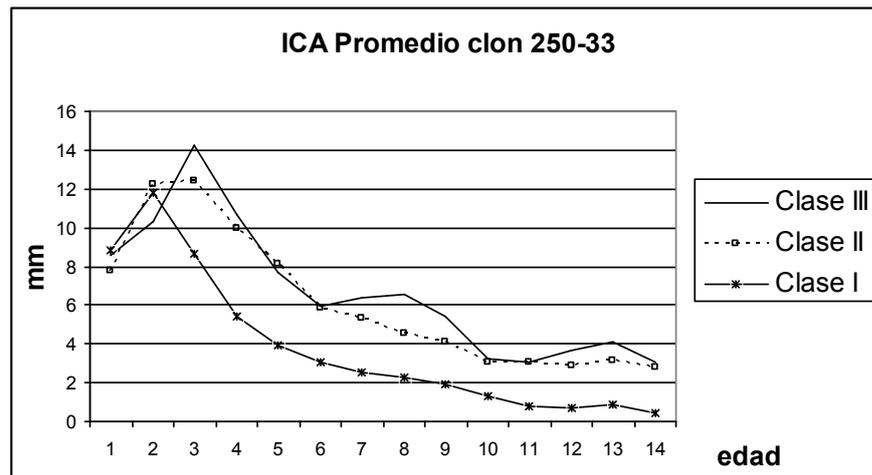


Figura 2. ICA clon 'A 250-33' según 3 clases diamétricas

La clase de mayor crecimiento (Clase III) fue la que obtuvo el punto de culminación más alto a mayor edad (año 3), seguramente debido a la ventaja en posición que obtuvo con sus vecinos más cercanos en la competencia. Esta misma clase presenta otros dos pulsos de mayor crecimiento entre los años 7-8-9 y 12-13, que no se presentaron en las otras clases diamétricas. La clase diamétrica de menor crecimiento (Clase I) obtuvo su máximo incremento en diámetro al 2do año, y la clase de intermedia lo hizo sostenidamente entre el segundo y tercer año.

Para el sauce americano (figura 3) los crecimientos mayores se obtuvieron entre el 3 y 4 año para descender hasta la edad 6 y estabilizarse. La clase de crecimiento mayor (Clase III) fue la que obtuvo el pico más alto sostenidamente en la edad 3 y 4, seguramente debido a la ventaja en posición que obtuvo con sus vecinos más cercanos en la competencia. Esta misma clase presenta otros dos pulsos de mayor crecimiento entre los años 8-9 y 10, que no se presentaron en las otras clases diamétricas. La clase diamétrica de menor crecimiento (Clase I) obtuvo su máximo incremento en diámetro al 3er y 4to año, y la clase de intermedia lo hizo en el 4to año.

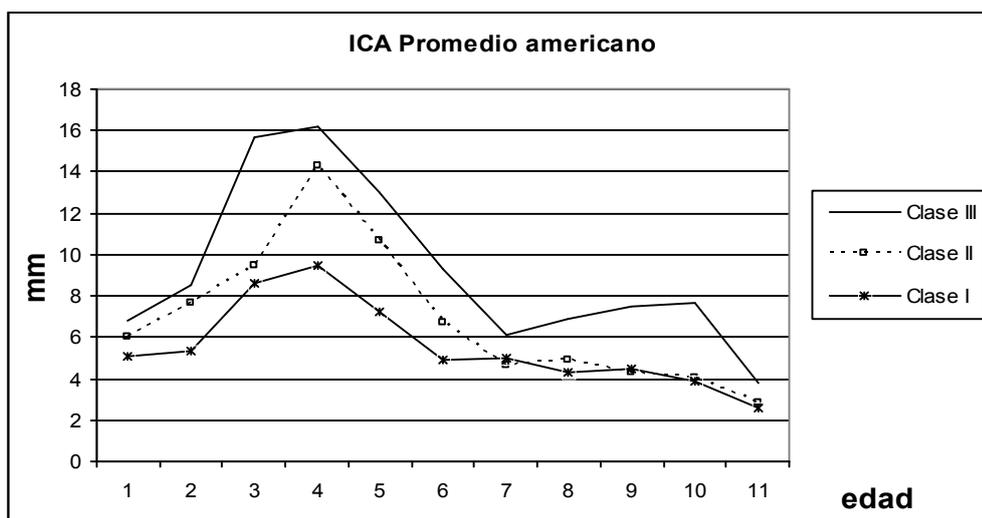


Figura 3. ICA americano según 3 clases diamétricas

La figura 4 muestra el único antecedente de ICA para estos híbridos (Monteoliva 2005). Las muestras pertenecían a 5 árboles por clon ubicados en ensayos experimentales del CIEF (ensayo comparativo de 22 clones, 1987) en el Establecimiento Las Animas en Delta Medio (Entre Ríos). La curva de sauce americano se obtuvo con árboles de plantaciones del mismo campo.

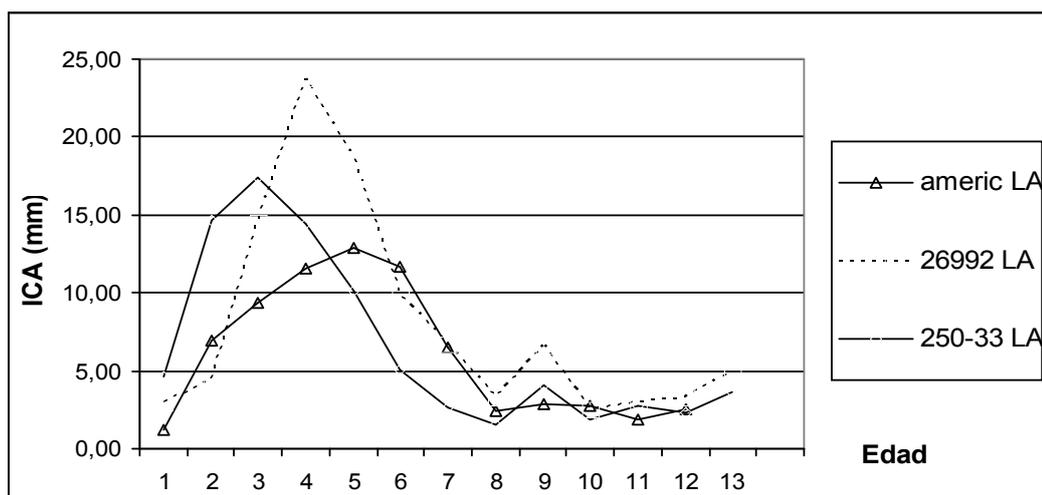


Figura 4. ICA comparativo 3 sauces en Las Animas

Puede observarse que el clon 'NZ 26992' presenta una curva típica de plantaciones, con crecimiento máximo en el 4to año, en cambio el 'A 250-33', coincidiendo con lo presentado para Carabelas, presenta los máximos incrementos a edades menores (2-3 y 4). El sauce americano, también en este campo con un retardo inicial, alcanza los puntos de mayor crecimiento a los 4-5 y 6 años.

**2- ANOVAS**

La tabla 2 presenta un resumen de los ANOVAS realizados para longitud y densidad  
 Tabla 2. Resumen ANOVAS para cada clon

Clon	Densidad básica			Longitud de fibras		
	Clase	Edad	Cl x E	Clase	Edad	Cl x E
'NZ 26992'	**	**	Ns	Ns	**	**
'A 250-33'	Ns	**	Ns	**	**	**
Americano	Ns	**	Ns	**	**	**

\*\* significativo al 0,05% . Ns no significativo

El crecimiento, medido como clase diamétrica, tuvo influencia en la densidad básica de la madera producida por el clon 'NZ 26992' y no la tuvo si consideramos el clon 'A 250-33' y el sauce americano. En cambio, si consideramos la longitud de fibras el resultado se invierte, siendo significativa la influencia de la clase diamétrica en el híbrido 'A 250-33' y americano, y no significativa en el 'NZ 26992'. Sin embargo, para los 3 clones se observa que la influencia de la clase diamétrica depende de la edad a la cual analicemos la variable (interacción clase x edad)

La edad, medida como posición radial, fue una fuente altamente significativa de variación para ambas variables (densidad y longitud) en los tres clones analizados. Por lo tanto, no puede compararse rodales/clones de diferente edad al evaluar estas propiedades de la madera.

Se podría inferir que tratamientos silvícolas que aumenten la tasa de crecimiento (distanciamientos, raleos, fertilización) modificarían en forma diferencial a las propiedades de la madera según el clon, el sitio y la edad que se trate.

### Variables ponderadas

Las variables densidad y longitud de fibras pueden ponderarse por el área basal según la fórmula:

$$LW_x = l_x \frac{(A_{x+1}^2 - A_x^2)}{A_t^2}$$

Donde:

$LW_x$  = longitud de fibras (um) ponderada a la edad x (x= 2, 4, 7 y 10/13)

$l_x$  = longitud promedio de fibras a la edad x

A= crecimiento acumulado de los anillos (en mm) hasta la edad indicada por x

x+1= 1 año más que la edad x

x= edad a la cual quiere realizarse el cálculo de la ponderación

t= edad total de las muestras (7 ó 10/13 años, según el clon)

La densidad ponderada fue calculada por medio de una fórmula similar.

Las Tablas 3 y 4 expresan las variables (longitud de fibras y densidad) ponderadas por área para esos mismos años. Los valores de longitud/densidad ponderada representan la oferta de madera, con determinada calidad para esa edad, en este caso longitud de fibras o densidad básica, en relación al total obtenido a los 7 ó 10/14 años.

Tabla 3. Longitud de fibras ponderadas (um) por área basal discriminados por edad y clase diamétrica para los 3 clones

	'NZ 26992'			'A 250-33'				Americano			
	2	4	7	2	4	7	14	2	4	7	10
Clase I	82,7	187,4	307,6	99,3	127,5	196,0	233,0	22,4	141,1	271,1	311,7
Clase II	69,7	171,9	350,5	36,1	94,7	187,7	363,2	26,4	171,5	283,2	280,6
Clase III	67,0	179,8	276,0	24,5	92,3	183,4	417,4	20,5	149,6	266,3	357,3

Tabla 4. Densidad ponderada ( $g/cm^3$ ) por área basal, discriminados por edad y clase diamétrica para los 3 clones

	'NZ 26992'			'A 250-33'				Americano			
	2	4	7	2	4	7	14	2	4	7	10
Clase I	0,043	0,085	0,132	0,045	0,050	0,067	0,080	0,009	0,049	0,093	0,109
Clase II	0,039	0,081	0,137	0,016	0,040	0,068	0,131	0,011	0,061	0,090	0,110
Clase III	0,035	0,069	0,123	0,011	0,037	0,063	0,139	0,007	0,049	0,086	0,117

La evolución de la longitud y la densidad difieren según el clon y clase diamétrica que analicemos, aunque las diferencias de densidad son menores que las de longitudes de fibras ponderadas.

La tabla 5. Resumen de los ANOVAS realizados para longitud y densidad ponderadas

Clon	Densidad básica			Longitud de fibras		
	Clase	Edad	Cl x E	Clase	Edad	Cl x E
'NZ 26992'	**	**	**	**	**	**
'A 250-33'	**	**	**	**	**	**
Americano	**	**	**	**	**	**

En la tabla 5 se puede observar que en este caso, y para todos los clones, tanto la velocidad de crecimiento como la edad tienen influencia en las 2 propiedades (densidad y longitud ponderadas). La máxima ganancia en densidad y longitud depende de la clase diamétrica analizada y la edad (interacción clase x edad).

Para el 'NZ 26992' la producción de madera de mejor calidad con respecto a densidad y longitud de fibras se produce a los 7 años. Sin embargo, el análisis debe diferenciarse con respecto a las clases diamétricas, la densidad obtiene un 10% más de ganancia con las clases I y II, en cambio para la longitud de fibras la clase II es un 22% mayor que la III.

Para el 'A 250-33' la producción de madera de mejor calidad se produce a los 14 años. La ganancia en densidad es 6% mayor con la clase III, que con la clase II y 43% mayor que con la I. En longitud de fibras la clase III produce un 45% de fibras más largas que la clase I y un 14% más que la clase II.

Para el americano la densidad de la clase III es 7% mayor que la I y II, mientras que la longitud de la clase III es 13% mayor que la clase I y 20% mayor que la clase II.

## CONCLUSIONES

Para los 3 sauces y las 2 propiedades de la madera consideradas, la producción de árboles de mayor tasa de crecimiento produce mayor ganancia en madera de calidad, además de volumen. Pese a ser genomas derivados de cruzamientos con progenitores en común, los 3 sauces considerados presentaron diferencias en cuanto al tipo de crecimiento y % de ganancias de madera de calidad. Considerando los patrones de crecimiento característicos para cada sitio de producción, se esperaba que estas diferencias de % se potenciaran.

## AGRADECIMIENTOS

A Papel Prensa SA por facilitarnos el muestreo de sus plantaciones y su apoyo económico. Al Ing. Juan García Conde Jefe del Establecimiento Las Carabelas por su participación en el muestreo de las plantaciones. A la Ing. Ftal. Gabriela Senisterra por su ayuda en el muestreo de las plantaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- Barañao JJ, Garau AM, Ayarza RE. 1983. Crecimiento comparado entre *Salix babylonica* x *Salix alba* cv 131-25 y *Populus x euroamericana* cv Conti 12 en el Partido de Luján-Prov. de Bs. As. Congreso Forestal Argentino, La Pampa, pp. 1109-1115.
- 2- Casaubon E., Cueto G. Gómez L. 2004. Relaciones entre el sitio y la productividad en Salicáceas del Delta del Paraná. Investigación Forestal al servicio de la producción. SAGPyA.
- 3- Cerrillo T, Bunse G y Sparnochía L. 1992. Productividad de nuevos clones de sauces en el Delta Argentino. 19° Sesión de la Comisión Internacional del Alamo, Zaragoza España. pp. 515-529.

- 4- DeBell JD, Gartner BL y DeBell DS. 1998. Fiber length in young hybrid *Populus* stems grown at extremely different rates. *Can. J. For. Res.* 28 :603-608.
- 5- Garau AM, Barañao JJ y Ayarza RE. 1983. Crecimiento de dos clones del género *Salix* en suelos arcillosos del Partido de Luján-Provincia de Bs. As. Congreso Forestal Argentino, La Pampa. pp. 1116-1121.
- 6- Koubaa A, Hernández RE, Beaudoin M y Poliquin J. 1998. Interclonal, intraclonal, and within tree variation in fiber length of poplar hybrid clones. *Wood and Fiber Science* 30 (1) :40-47.
- 7- Monteoliva SE y Marlats RM. 2006. Efecto del crecimiento, sitio y edad sobre la calidad de madera en sauces de corta rotación. *Revista de Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* (en evaluación).
- 8- Monteoliva, S. 2005. Propiedades intrínsecas de la madera de seis clones de sauces y su relación con las pulpas quimimécánicas. Tesis Doctoral (inédito). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.