

## Relación entre sitio y crecimiento en dos clones de sauces

Monteoliva S<sup>1</sup>.; Villegas M.S<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Dra. Docente-Investigador, Jefe de Trabajos Prácticos Cátedra de Xilotecología, e-mail: dendrologia@agro.unlp.edu.ar

<sup>2</sup>Ingeniera Forestal, Ayudante Diplomado Cátedra de Dendrología, e-mail: silvillegas@agro.unlp.edu.ar

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, CC 31 (1900) La Plata

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue establecer relaciones entre diferentes sitios de implantación y el crecimiento en altura y diámetro de 2 clones de sauce. Se estudiaron plantaciones comerciales de *Salix babylonica* var. *sacramenta* "sauce americano" (SA) y *Salix babylonica* x *Salix alba* 'A-131-25' (SH), en 4 sitios de implantación, tres en zona de Delta (DM=delta medio, BD dd=bajo delta dentro de dique, BD fd=bajo delta fuera de dique) y uno continental (C). Se midieron altura total, DAP y espesores de anillos. Se calcularon los ICA e IMA para cada clon y sitio y el crecimiento acumulado según 3 períodos de edades. Los resultados indican que las condiciones del sitio DM resultaron superiores para el cultivo de sauce americano, mientras que el sitio C fue el de inferior calidad para ambos clones. En los sitios con menor disponibilidad de agua en el suelo el SH se comportó mejor tanto en altura como en DAP, mientras que en los sitios con inundaciones recurrentes el sauce americano demostró claras ventajas. Pueden apreciarse diferencias significativas en la producción de madera analizando 3 períodos de edades, dependiendo del sitio y del clon que se trate. Se observa que para el sitio C ambos clones producen la mayor cantidad de madera entre los 4-7 años. Para el sitio DM ambos clones presentan leves diferencias, el sauce americano produce un mayor porcentaje de madera a mayor edad (4-7 años) que el híbrido (1-3 años), aunque las diferencias no son significativas. La situación del SA en el sitio BD fd se asemeja al comportamiento en el sitio DM (ambos sitios con inundaciones recurrentes), mientras que en el sitio BD dd (sitio con posibilidad de períodos de sequía) la situación es atípica. Las curvas de IMA e ICA permiten definir dos tendencias en cuanto a la edad de rotación. El sitio C presentó curvas de ICA con un retardo inicial para ambos clones siendo el año 5 el de mayor crecimiento. En cambio, en los sitios del Delta los picos de máximo crecimiento se produjeron a los 3-4 años. Las curvas de IMA culminaron tempranamente (años 3-5) en los sitios del Delta, mientras que en el sitio continental el IMA máximo se retrasó a los años 7-8, en concordancia con sus características de calidad inferior. Las diferencias de edad en la producción máxima de madera, pueden influir en la cantidad de madera de calidad producida al turno.

Palabras clave: incremento corriente anual, incremento medio acumulado, calidad de sitio, anillos de crecimiento

### Introducción

Para un mismo material genético, la cantidad y calidad de la madera producida depende fundamentalmente de las características del sitio de implantación (suelo, relieve, disponibilidad de agua, clima), siempre que las prácticas de manejo, espaciamiento y edad se mantengan constantes.

Los sauces son especies hidrófilas que se caracterizan por una gran tolerancia a la falta de oxígeno en el suelo. Las diferentes especies y clones de *Salix* exhiben muy disímiles comportamientos según dónde se localice la plantación.

La mayor superficie cultivada con sauces se encuentra en el Delta del río Paraná, si bien existen algunos ensayos aislados en sitios continentales.

El potencial productivo de una determinada locación define la calidad de ese sitio y puede medirse, para una determinada especie o clon, como la cantidad de madera producida dentro de un cierto período de tiempo. Tal volumen de producción se relaciona directamente con el crecimiento experimentado por los individuos que componen la población. El conocimiento de los patrones de crecimiento manifestados en diferentes sitios es requisito indispensable para la toma de decisiones en la actividad forestal. De ello dependen, entre

otros, la correcta elección de la localización para un cierto genotipo, así como de las prácticas de manejo adecuadas, incluyendo la duración del turno.

El sauce americano es el clon más ampliamente cultivado por su elevada tolerancia a sitios bajos y por presentar madera de calidad para la industria de celulosa y papel. Sin embargo, es conocido por su muy lento crecimiento inicial durante los primeros 5 años (Guth, 1980; Borodowski y Suárez, 1998). En cambio, el sauce híbrido 'A 131-25' no es muy tolerante a inundaciones, adaptándose bien a terrenos protegidos o semielevados.

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; Barañaño *et al.*, 1983; Cerrillo *et al.*, 1992; DeBell *et al.*, 1998; Koubaa *et al.*, 1998). Estos reportes expresan que como consecuencia de diferencias en los crecimientos, la madera producida difiere en su calidad.

El objetivo del presente trabajo fue establecer relaciones entre diferentes sitios de implantación y el crecimiento corriente anual, medio acumulado, altura y diámetro, de 2 clones de sauce.

### Materiales y métodos

Se estudiaron árboles de *Salix babylonica* var *sacramenta* "sauce americano" (SA) y sauce híbrido *Salix babylonica* x *Salix alba* 'A-131-25' (SH), en 4 sitios diferentes de implantación.

1. DELTA MEDIO (DM), suelos Hidracuentes sistematizados con inundación recurrente y largos períodos de anegamiento. Establecimiento "Las Animas", de Papel Prensa S.A., Villa Paranacito, provincia de Entre Ríos (33° 45' Lat. Sur; 59° 05' Long. Oeste).
2. BAJO DELTA "dentro de dique" (BD dd), suelos hidromórficos, semipantanosos, formados por elementos finos. Terreno protegido de las inundaciones por un dique de 5,50m de cota y 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. Establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa S.A., 1° Sección de Islas, provincia de Buenos Aires (34° 30' Lat. Sur; 59° 00' Long. Oeste).
3. BAJO DELTA "fuera de dique" (BD fd), ídem BD dd, pero el terreno cuenta 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*. Establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa S.A., 1° Sección de Islas, provincia de Buenos Aires (34° 30' Lat. Sur; 59° 00' Long. Oeste).
4. CONTINENTAL (C), suelo Argiudol típico, con un horizonte Bt a los 49 cm que puede considerarse como un impedimento al drenaje interno, con modificación de la velocidad de infiltración y del crecimiento radicular. Los Hornos, La Plata, provincia de Buenos Aires (34° 55' Lat. Sur; 57° 57' Long. Oeste).

Los ejemplares de sauce americano contaban con 13 años de edad en los sitios DM, C y BD fd y 12 años de edad en el sitio BD dd. Los del sauce híbrido tenían 13 años en los sitios DM y C, 10 años en BD dd y 8 años de edad en el sitio BD fd.

Se seleccionaron en plantaciones comerciales, 8 árboles por clon, con buen estado sanitario y sin condición de borde. En cada ejemplar se marcó la altura del pecho y se procedió al apeo de los mismos. Se realizó un muestreo destructivo de los árboles y se obtuvieron rodajas en la zona del metro treinta de altura. Las muestras fueron correctamente identificadas con su rótulo, embolsadas para evitar la desecación y enviadas al laboratorio para su análisis. Previamente se midieron en campo, en todos los ejemplares, la altura total con cinta métrica y el DAP con corteza.

Las rodajas fueron preparadas en su superficie transversal para observar los anillos de crecimiento, puliéndose con sucesivas lijas finas, hasta tener un claro reconocimiento de los límites del anillo. Para cuantificarlos, 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.

Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) tomando como fuentes de variación sitio y clon. Se utilizó el test de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ). Se calcularon los

incrementos corrientes anuales (ICA) y medios anuales (IMA) y los crecimientos acumulados para 3 períodos (1 a 3 años, 4 a 7 años y 8 a 12 años) por clon y sitio. Se utilizaron técnicas gráficas para establecer comparaciones de incrementos entre sitios.

## Resultados

La Tabla 1 presenta los valores promedio de altura total, diámetros y crecimiento acumulado (%) para ambos clones en los 4 sitios.

Para la variable altura total puede apreciarse que el sauce americano presenta los mayores valores en los sitios que pertenecen al Delta, aunque en el DM y BD dd no difieren significativamente de los valores alcanzados por el 131-25 a los 8 años. En el sitio C el SH es significativamente más alto que el americano (Tabla 1, Figura 1). El ANOVA indica que la interacción clon x sitio es una fuente significativa de variación para la altura.

Se observa que para el SA el mejor sitio fue el DM y el peor el C, mientras para el SH los valores indican algo similar realizando solo la comparación entre esos dos sitios ya que las edades de las muestras de los árboles de los sitios BD son menores y por lo tanto incomparables. Estos resultados coinciden con los presentados por Monteoliva y Marlats (2006) para 6 clones de sauces implantados en 2 sitios (DM y C).

Puede apreciarse claramente un mejor comportamiento del sauce híbrido en los sitios C y BD dd, ambos protegidos de las inundaciones, a las que este clon resulta más sensible. En cambio, en los sitios más anegadizos (DM y BD fd) el sauce americano tiene claras ventajas (Fig. 1).

Tabla 1. Valores promedio de altura, DAP y crecimientos acumulados entre los años 1 a 3, 4 a 7 y 8 a 12. Test de Tukey

Clon	Sitio	Altura (m)	DAP c/c (cm)	Crecimientos 1-3 años (%)	Crecimientos 4-7 años (%)	Crecimientos 8-12años (%)
SA	DM	19,22 d*	16,75 bcd	36,2 cd	43,1 bc	20,7 b
	C	10,70 a	9,79 a	22,3 ab	42,7 bc	35 cd
	BD dd	17,11 cd	17,03 bcd	42,6 cde	14,7 a	42,7 d
	BD fd	17,25 cd	15,51 abc	31,9 bc	38,4 b	29,7 bc
SH	DM	18,70 d	21,24 cd	48,0 de	31,8 b	20,2 b
	C	14,20 b	22,76 d	12,3 a	52,5 c	35,2 cd
	BD dd	15,53 bc**	14,04 ab**	47,0 cde**	40,5 bc**	12,5 a**
	BD fd	11,25 a**	10,23 a**	54,1 e**	40,2 bc**	5,7 a**

\* Las letras se leen verticalmente. Letras distintas difieren significativamente

SA: sauce americano, SH: sauce híbrido cv A 131-25

DM: delta medio, C: continental, BD dd: bajo delta dentro de dique, BD fd: bajo delta fuera de dique

DAP c/c: diámetro a la altura de pecho con corteza

\*\* : las muestras no llegan a los 12 años (ver Materiales)

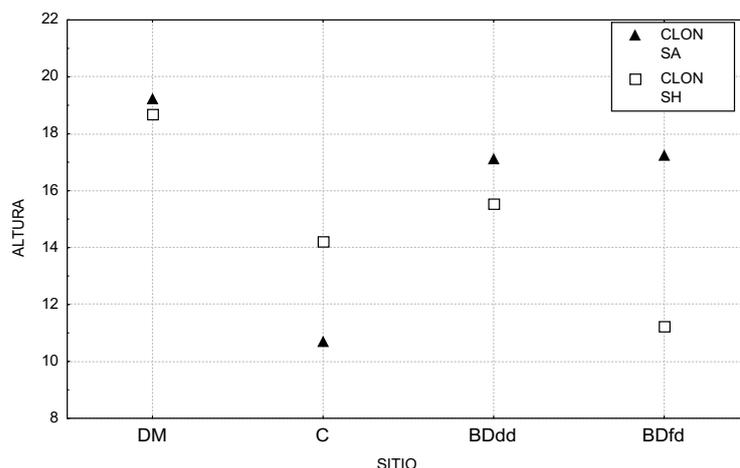


Figura 1. Altura total de ambos clones en los 4 sitios

La Figura 2 muestra las tendencias del DAP en los 4 sitios. Puede apreciarse una tendencia marcada y opuesta de los clones en el sitio C, donde el SH presentó el mayor valor de DAP promedio registrado en este trabajo y el SA el valor más bajo. (Tabla 1). Las pequeñas diferencias de DAP entre los clones en los sitios BD no deben computarse ya que la edad de las muestras no es similar. Es de esperar que si el SH hubiera tenido la misma edad que el SA, el DAP alcanzado hubiera superado al americano. En el sitio DM el SH aparece con ventajas aunque las diferencias no son significativas como puede apreciarse en la Tabla 1 con los grupos homogéneos establecidos mediante el test de Tukey.

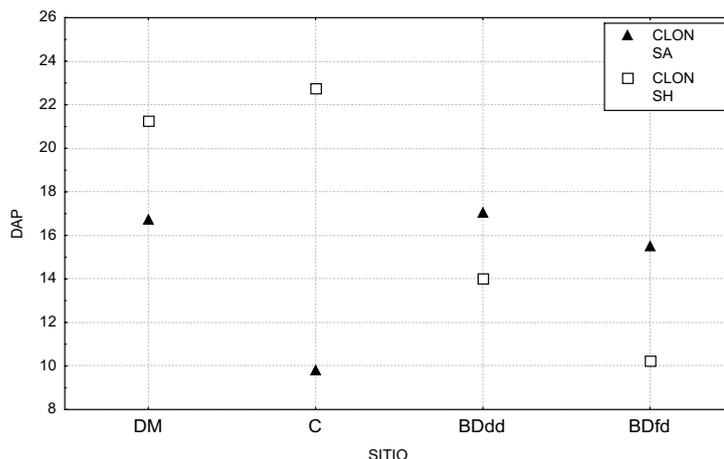


Fig. 2. DAP de ambos clones en los 4 sitios

En la Tabla 1 se presentan los crecimientos porcentuales correspondientes a 3 períodos: desde el año 1 al 3, del año 4 al 7 y del año 8 al 12 o 13 (dependiendo de la edad total de la muestra). Las muestras del híbrido 131-25 de los sitios BD dd y BD fd no cuentan con 12 años (tienen 8 y 10 años respectivamente), por lo tanto no se tendrán en cuenta en el análisis. Pueden apreciarse diferencias significativas en la producción de madera dependiendo del sitio y del clon que se trate (interacción clon x sitio significativa,  $p=0,000$ ).

Se observa que para el sitio C ambos clones producen la mayor cantidad de madera entre los 4-7 años, siendo los incrementos porcentuales de los primeros 3 años muy bajos. Para el sitio DM ambos clones presentan leves diferencias, el sauce americano produce un mayor porcentaje de madera a mayor edad (4-7 años) que el híbrido (1-3 años), aunque las diferencias no son significativas, siendo similar el crecimiento de ambos después de los 8 años (20%). La situación del SA en el sitio BD fd se asemeja al comportamiento en el sitio DM (ambos sitios con inundaciones recurrentes), mientras que en el sitio BD dd (sitio con posibilidad de períodos de sequía) la situación es atípica, presentando crecimientos altos y similares en 2 períodos (1-3 años y 8-12 años), siendo el intermedio muy bajo. Esto podría

deberse a una situación particular de menor disponibilidad de agua sufrida a esa edad, para la cual el SA es más sensible que el SH.

### Incrementos Anuales

Las Figuras 3 y 4 presentan los incrementos corrientes (ICA) y medios anuales (IMA), respectivamente, del sauce americano en los 4 sitios. Como puede apreciarse, las curvas difieren según el sitio. Para el sitio C, el más desfavorable, la curva de ICA presenta un retardo inicial siendo el año 5 el de mayor crecimiento, aunque en todo su desarrollo el crecimiento es muy inferior al de los otros sitios. En cambio, en los sitios que sufren anegamiento (DM y BD fd) los picos de máximo crecimiento se producen a los 3 años, mientras que en el sitio de BD dd el pico de crecimiento se retrasa 1 año produciéndose al año 4 (Figura 3). La culminación del IMA se produce entre el 4° y 5° año en las localizaciones del Delta y al año 7 en el sitio continental (Figura 4).

Obsérvese que los mejores sitios para sauce americano (en el Delta) presentan las mayores alturas y diámetros y alcanzan más rápidamente la culminación del crecimiento. En cambio, cuando la calidad del sitio es inferior (C), el lapso que debe transcurrir para que la masa alcance su culminación es mayor, y los valores de DAP y altura promedio alcanzados resultan inferiores.

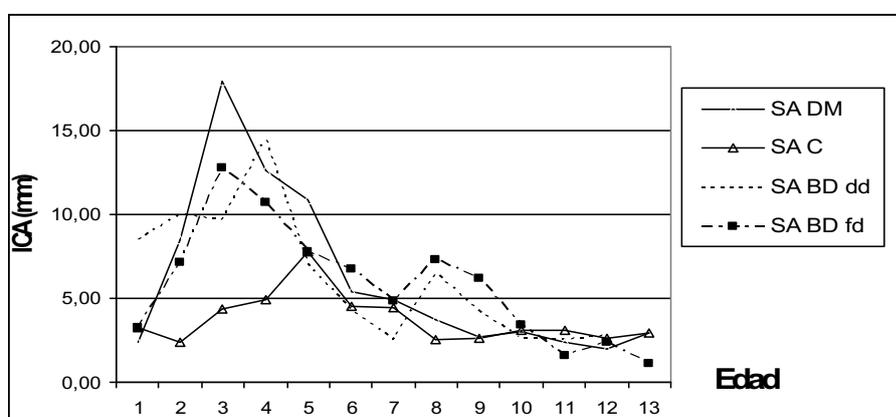


Figura 3. ICA sauce americano en los 4 sitios DM (Delta Medio), C (Continental), BD dd (Bajo Delta dentro de dique) y BD fd (Bajo Delta fuera de dique)

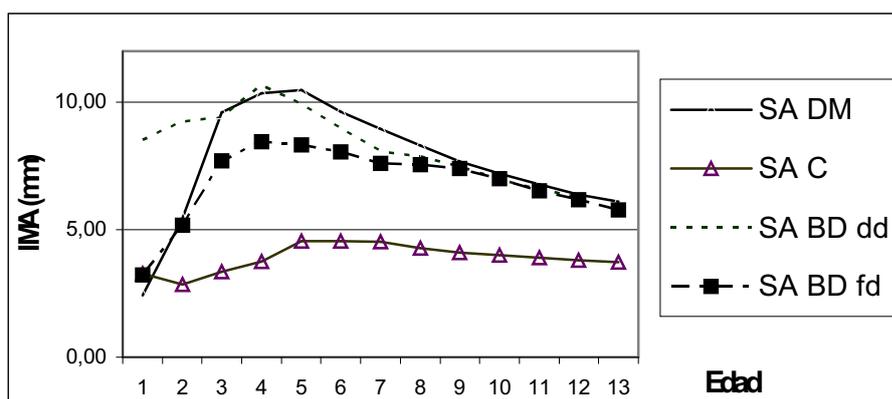


Figura 4. IMA sauce americano en los 4 sitios DM (Delta Medio), C (Continental), BD dd (Bajo Delta dentro de dique) y BD fd (Bajo Delta fuera de dique)

Los incrementos de DAP corrientes y medios anuales para el sauce híbrido 131-25 se presentan en las Figuras 5 y 6 a continuación.

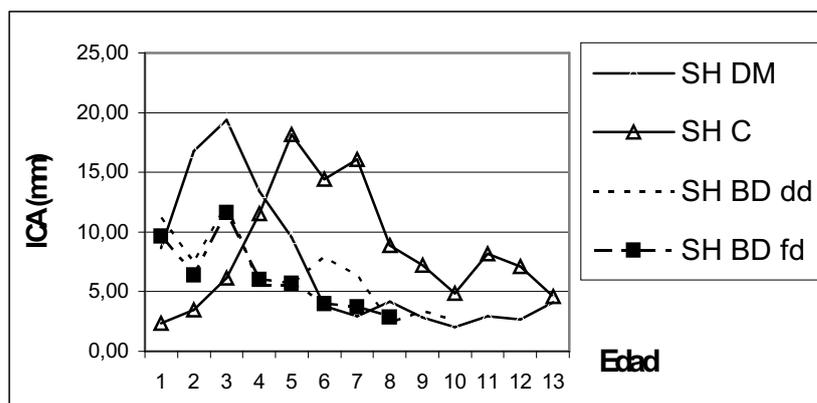


Figura 5. ICA sauce híbrido en los 4 sitios DM (Delta Medio), C (Continental), BD dd (Bajo Delta dentro de dique) y BD fd (Bajo Delta fuera de dique)

Los ICA para el sauce híbrido presentan en general dos tendencias (Figura 5). Para el sitio C, el crecimiento es muy inferior al resto de los sitios en los 3 primeros años, llegando a producir el pico máximo a los 5 años y con crecimientos igualmente importantes los años 6 y 7.

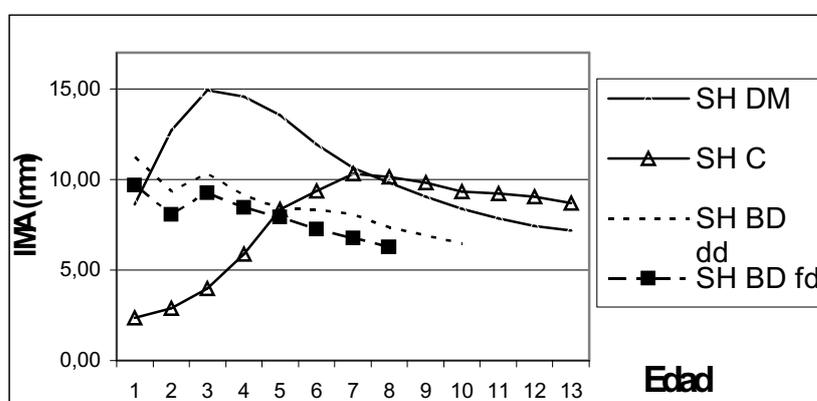


Figura 6. IMA sauce híbrido en los 4 sitios DM (Delta Medio), C (Continental), BD dd (Bajo Delta dentro de dique) y BD fd (Bajo Delta fuera de dique)

En cambio, en los sitios del Delta la producción se maximiza al tercer año, siendo en el DM muy superiores el año 2 además del 3. Las curvas para los sitios BD son muy similares produciéndose un repunte en el crecimiento a los 6-7 años en los árboles ubicados en el lote dentro de dique (BD dd).

Las curvas de IMA (Figura 6) culminan alrededor del 3° año en los sitios del Delta, siendo el crecimiento en DM muy superior al de los sitios BD. En el sitio continental, el máximo IMA se alcanza al año 8, mostrando un considerable retraso respecto de las otras tres locaciones. Esto corrobora las menores cualidades del sitio C, que exhibió una menor altura promedio de sus individuos (Tabla1).

Existen pocos antecedentes publicados sobre curvas de ICA e IMA para estos sauces en Argentina. Monteoliva y Marlats (2006) reportaron comportamientos diferenciales según el sitio para estos mismos clones estudiados en el DM y C en lotes de 13 años de edad. El trabajo incluye la comparación de crecimientos (ICA) de 6 clones concluyéndose que dependiendo de los sitios, las edades de producción máxima de madera cambian para el mismo clon. Estos resultados coinciden con los presentados en este trabajo. Garau *et al.* (1983), estudiaron los incrementos hasta los 10 años de edad de los híbridos 131-25 y 131-27, implantados en dos situaciones edáficas diferentes en la provincia de Buenos Aires. Hallaron, para los dos clones y ambos sitios, que los crecimientos en diámetro fueron mayores en los primeros 4 años, descendiendo a partir del quinto año hasta estabilizarse a los 8 años. Barañao *et al.* (1983), realizaron un estudio comparativo del cv 131-25 y *Populus x euroamericana* cv Conti 12, a los 10 años, implantados en Luján, Buenos Aires. Para todas las clases diamétricas evaluadas, los ICA mostraron un crecimiento inicial ascendente hasta el 3° - 4° año y luego un descenso hasta

el 7°- 8°. Las curvas de ICA presentadas en estos dos estudios concuerdan con las halladas en el sitio DM y BD para estos clones.

### Conclusiones

Las condiciones del sitio DM son claramente superiores para el cultivo de sauce americano, como puede apreciarse a través de la altura total media alcanzada por los árboles implantados en ese sitio. Mientras que las condiciones del sitio C son las peores para ambos clones.

En los sitios con menor disponibilidad de agua en el suelo (C y BD dd) el SH se comporta mejor tanto en altura como en DAP, mientras que en los sitios con inundaciones recurrentes (DM y BD fd) el sauce americano tiene claras ventajas.

Pueden apreciarse diferencias significativas en la producción de madera analizando 3 períodos de edades, dependiendo del sitio y del clon que se trate. Se observa que para el sitio C ambos clones producen la mayor cantidad de madera entre los 4-7 años. Para el sitio DM ambos clones presentan leves diferencias, el sauce americano produce un mayor porcentaje de madera a mayor edad (4-7 años) que el híbrido (1-3 años), aunque las diferencias no son significativas. La situación del SA en el sitio BD fd se asemeja al comportamiento en el sitio DM (ambos sitios con inundaciones recurrentes), mientras que en el sitio BD dd (sitio con posibilidad de períodos de sequía) la situación es atípica.

Las curvas de los incrementos corrientes anuales para cada clon difieren según el sitio. El sitio C (el más desfavorable) presenta las curvas de ambos clones con un retardo inicial siendo el año 5 el de mayor crecimiento, aunque en todo su desarrollo el crecimiento es muy inferior al de los otros sitios para sauce americano, y superior a partir del año 5 para el sauce híbrido. En cambio, en los sitios que sufren anegamiento (DM y BD fd) los picos de máximo crecimiento se producen a los 3-4 años.

Las curvas de incrementos medios anuales permiten definir dos tendencias en cuanto a la edad de rotación. En los sitios del Delta (DM, BD fd y BD dd), la culminación del IMA se produce al 3° año para sauce híbrido y entre los años 4 y 5 para sauce americano. En cambio, en el sitio continental el pico de IMA máximo se retrasa a los años 7 para SA y 8 para SH, corroborando sus características de calidad inferior para estos clones.

Las diferencias de edad en la producción máxima de madera, pueden influir notoriamente en la cantidad de madera de calidad producida al turno. Es necesario entonces, indagar sobre las características de la madera juvenil y su relación con los patrones de crecimiento. De esta forma, se podrían determinar la oferta de madera de calidad a diferentes edades y definir prácticas silvícolas adecuadas o modificaciones de los turnos de corta.

### Agradecimientos

A Papel Prensa SA por facilitarnos el muestreo de sus plantaciones y su apoyo económico. Al Ing. Gabriel Ciocchini por la toma de datos de alturas y DAP a campo.

### Bibliografía

- 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- Bonavía de Guth E y Piussan CM. 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. CIEF, Actas Tomo IV, pp. 219-235.
- 3- Bonavía 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.

- 4- Borodowski ED y Suárez RO. 1998. Sauces cultivados y de interés para el Delta del Paraná. NEF Delta, Carpeta de Información Técnica 2: 1-6.
- 5- Cerrillo T, Bunse G y Sparnochia 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.
- 6- 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.
- 7- 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.
- 8- 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.
- 9-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).