

Selección de seis nuevos clones de sauce (*Salix* spp) para el Delta del Paraná

CERRILLO, T.¹

¹ EEA Delta del Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Paraná de las Palmas y Canal Laurentino Comas, (2804) Campana, Buenos Aires
cerrillo.teresa@inta.gob.ar

Resumen

El presente trabajo presenta resultados recientes obtenidos en el Programa de Mejoramiento Genético de Sauce (*Salix* spp), que lleva a cabo el INTA con enfoque principal al Delta del Paraná, región donde se localiza el núcleo productivo más extenso de plantaciones del género de la Argentina. A través de un esquema clásico de mejora, se arribó en 2013 a la liberación al medio productivo de una primera serie de seis nuevos clones, con destino a la producción de madera. Los materiales mejorados ('Agronales INTA-CIEF', 'Géminis INTA-CIEF', 'Ibicuy INTA-CIEF', 'Lezama INTA-CIEF', 'Los Arroyos INTA-CIEF' y 'Yaguareté INTA-CIEF') se originaron en cruzamientos que tuvieron como parentales individuos destacados de las especies *Salix alba* L, *Salix matsudana* Koidtz. y *Salix nigra* Marsh. Para lograr esta serie de genotipos selectos se practicaron sucesivas etapas de evaluación sobre la base de criterios predeterminados de crecimiento, sanidad, adaptación, forma y aptitud tecnológica de la madera; este documento trata fundamentalmente sobre la última etapa de evaluación. Para el criterio de crecimiento, a través de 6 ensayos a campo de 5 años de edad, localizados en diversos sitios del Delta, se registraron las variables dasométricas altura total y diámetro a la altura del pecho (dap). Asimismo, sobre estos experimentos y otros 5 más, se relevaron datos relativos a los otros criterios de selección citados; en el caso de la sanidad, se consideraron las observaciones finales de afecciones de las principales enfermedades del sauce (foliares y corticales) realizadas en árboles de 8 años de edad. Todos los experimentos fueron instalados utilizando diseños de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, con un número de plantas/parcela de entre 4 y 25, según el tipo de ensayo. Los individuos experimentales probados fueron 67 en total, comparados con 3 testigos comerciales de amplia difusión ('Soveny Americano', 'Ragonese 131-27 INTA' y 'Barrett 13-44 INTA'). Los resultados indicaron que los seis clones nuevos mostraron un crecimiento significativamente mayor al clon testigo 'Soveny Americano' y fueron superiores o equivalentes, según el clon experimental, al sauce testigo de mayor crecimiento promedio en la cuenca ('Barrett 13-44 INTA'). En la consideración integral de todos los criterios de selección, los resultados mostraron una mejora de la performance respecto a los clones actualmente en uso, entendiéndose como tal no sólo el crecimiento volumétrico, sino también la sanidad, la adaptabilidad (tolerancia a períodos prolongados de anegamiento), la calidad del fuste y la aptitud de la madera.

Palabras clave: *Salix*, mejoramiento genético, clones, selección.

Introducción

Los sauces (*Salix* spp) comprenden más de 300 especies con distribución natural casi exclusiva en el hemisferio norte, mientras que en Sudamérica hay una única especie nativa, *Salix humboldtiana* (Paiero, 2007). Especies del género poseen potencial para producir madera en ciclos rápidos (entre otros fines, para la producción de biomasa) y también concentra atención en el mundo por sus aplicaciones desde el punto de vista de las funciones ambientales (fitorremediación, protección contra la erosión, etc), de la aptitud para integrar sistemas agroforestales (Abrahamson *et al*, 2012) y como alternativa para el desarrollo rural (Ball *et al*, 2005). Acompañando algunas de estas tendencias, se desarrollan programas de mejoramiento genético; actualmente, varios están dedicados a la obtención de clones

específicos para producir biomasa con fines energéticos, Estados Unidos, Suecia e Italia son algunos ejemplos en este sentido (Facciotto *et al*, 2011; Smart *et al*, 2005; Zsuffa *et al*, 1984).

Argentina, por su parte, es uno de los países donde históricamente se ha trabajado más en la mejora genética para obtener clones maderables para usos diversos (Ragonese, 1989). Las plantaciones de sauces (*Salix* spp) en el país, junto a las de álamos (*Populus* spp), se localizan principalmente en el Delta del Paraná, conformando el mayor núcleo productivo de Salicáceas en el país, debido a las condiciones ecológicas altamente favorables para las Salicáceas y para *Salix* en particular (Golfari, 1958). Con menor superficie, hay otras zonas donde el sauce se cultiva desde hace décadas, como tierras de regadío de la Patagonia y Cuyo (Arreghini & Cerrillo, 1996).

Ubicado cerca de los centros de consumo, en la parte oriental central del país (entre 32°5' y 34°29' latitud S), el Delta cuenta con aproximadamente 83.000 hectáreas de su territorio ocupadas con Salicáceas, de las cuales el 85% son sauces. Cabe considerar que la mayor parte de ésta área está originada en rebrote del clon *Salix babylonica* var *sacramenta* 'Soveny Americano' (Signorelli *et al*, 2010), de larga data en el Delta, destacado por la rusticidad en sitios bajos inundables y por la aptitud maderera para elaborar para papel de diarios; pero de lento crecimiento y mala calidad del fuste (Cerrillo, 2006). La producción del sauce en la cuenca se destina principalmente a la elaboración de papel para diarios y tableros de partículas, y, en una proporción considerablemente menor (10%), para aserrado, debobinado, fabricación de embalajes, construcciones livianas, etc.; aplicaciones para las que califica con similares estándares, o aún superiores a los del álamo (Leclerq, 1996, Martinuzzi, 2010; Atencia, 2010, Paiero, 2007).

En este contexto, uno de los mayores desafíos técnico-productivos para el Delta es lograr una masa crítica de madera de sauce, hoy faltante para satisfacer demandas de mayor calidad, como se concluyó en las Jornadas Técnicas sobre el Sauce (el 22/07/2010, EEA Delta del Paraná, Campana y 30/11/2011, en Islas del Ibicuy, Entre Ríos). Uno de los mecanismos para lograr ese objetivo es contar con material genético mejorado, seleccionado según criterios predeterminados que atiendan los aspectos productivos y la adaptabilidad. Además, un mosaico de clones mejorados es beneficioso más allá del aporte del mayor rendimiento volumétrico y de calidad en sí, una mayor variabilidad también ayuda a reducir la vulnerabilidad de las plantaciones frente a adversidades, fundamentalmente las de tipo biótico. El mejoramiento de las Salicáceas tiene ventajas respecto a otros forestales, lo que permite resultados más rápidos, si los programas se desarrollan con la debida continuidad. Una ventaja es la posibilidad de efectuar, mediante técnicas operativas sencillas, los cruzamientos controladas aportantes de vigor híbrido a los individuos resultantes (Bisoffi, 1990). Otra, complementaria de la anterior, es la facilidad de propagación vegetativa, que permite que un híbrido pueda ser multiplicado masivamente con los atributos inalterables.

La EEA Delta del Paraná del INTA desarrolla el Programa de Mejoramiento Genético del Sauce, en el marco del Proyecto INTA PNFOR-1104062, con apoyo del PROMEF y los Proyectos Regionales de Extensión Territorial (PRETs) del Delta; manteniendo vinculación con instituciones, empresas y grupos de productores. Se presentan en este documento las características fundamentales del Programa y los recientes avances concretados: la selección de una primera serie de seis clones mejorados, como resultante del trabajo fitotécnico llevado a cabo en las últimas dos décadas.

Objetivos del Programa de Mejoramiento

- Crear variabilidad para liberar al medio productivo clones mejorados de rápido crecimiento, con alta tolerancia a enfermedades y dotados de la calidad de la madera que requieren las industrias de usos sólidos y del papel para diarios.
- Disponer de un mosaico de clones, con adaptabilidad a las diferentes regiones productoras de sauce, que permitan el desarrollo de plantaciones sustentables.
- Acelerar, mediante acciones integradas a la Transferencia y Extensión, la propagación de los clones mejorados para su adopción en el territorio.

Materiales y métodos

Metodología, historial y estrategia marco del Programa

La labor fitotécnica que concluyó en la selección de los seis nuevos clones se desarrolló en el marco de un programa de mejoramiento (PM) clásico (Cerrillo, 1989), oportunamente elaborado sobre la base de conceptos utilizados en mejoramiento de Salicáceas y otros géneros forestales (Avanzo, 1978; Pryor & Willing, 1982; Barrett y Wrigth, 1972; Teissier du Cros, 1984; Bissofi, 1990). Con el tiempo, el programa ha tenido actualizaciones, aunque sin modificaciones conceptuales importantes (Cerrillo, 2000; Cerrillo, 2006; Cerrillo 2012), atendiendo a cambios en la demanda y tomando en cuenta la nueva información disponible local e internacional (Mc Ivor *et al*, 2010). Una red de trabajo interdisciplinario con otras unidades del INTA, universidades e instituciones técnico-científicas ha ido fortaleciendo metodológicamente el desarrollo del PM.

La metodología, representada esquemáticamente en la **figura 1**, comenzó con la ampliación de la base genética a través de la introducción de germoplasma portador de atributos de interés. Mediante la técnica operativa de cruzamientos controlados en invernáculo (CC) y la cosecha de semillas de polinización abierta (PA) se generaron entre 1988 y 1998 aproximadamente 10.000 nuevos individuos (ortets o potenciales clones). Estas etapas iniciales del trabajo se realizaron en el marco del Convenio entre el CIEF (Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales) y el INTA (Cerrillo, 1989).

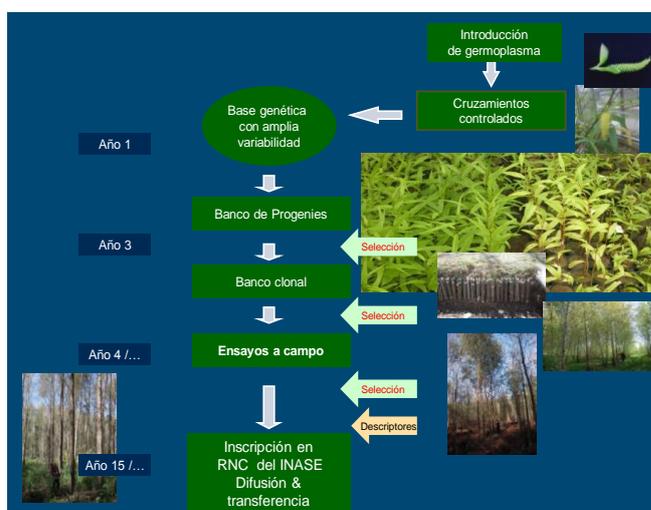


Figura 1: Metodología del PM del Sauce - INTA

Las etapas sucesivas de evaluación y selección se realizaron entre 2003 y 2012 en la EEA Delta del INTA, sobre la base de una red de ensayos que se instaló a campo.



Figura 2: vista de parcela de clon `Agronales INTA-CIEF` en ensayo de 3 años



Figura 3: vista de parcela de clon `Yaguareté INTA-CIEF` en ensayo de 7 años



Figura 4: vista de parcela de clon `Lezama INTA-CIEF` en ensayo de 8 años

Criterios de selección

Se consideraron: la sanidad, la velocidad de crecimiento, la calidad del fuste y la aptitud de la madera (con destino a usos sólidos, como aserrado y debobinado, y a la elaboración de papel para diarios), en ese orden de prioridad.

La adaptación es un criterio también considerado en forma prioritaria, de cara a lograr una clasificación de los materiales según el territorio, herramienta útil para realizar recomendaciones zonales. En el Delta del Paraná, este criterio implicó detectar la tolerancia relativa de los clones frente a períodos prolongados de anegamiento, como los que ocurren frecuentemente con incidencia diferencial en el territorio.



Figura 5: vista de un clon experimental en etapa avanzada de mejora.

Sitios experimentales

La información considerada para seleccionar esta primera serie de seis clones, se obtuvo de diez ensayos a campo instalados por el Programa (**tabla 1**).

Tabla 1: Experimentos utilizados para la selección.

Localización del ensayo	Nº de clones en ensayo	Nº de plantas/clon/ ensayo	Criterios de selección a los que aporta cada ensayo
Río Carabelas, Campana, BsAs	30	16	S - F - C
Aº Léber, Escobar, BsAs	30	16	S - F - C
Aº Brazo Largo, I. del Ibicuy, Entre Ríos	20	16	S - F - C - T
Aº Martínez, Islas del Ibicuy, Entre Ríos	28	16	S - F - C - T
Aº Martínez, Islas del Ibicuy, Entre Ríos	15	16	S - F - T
Río Carabelas, Campana, BsAs	15	100	S - F - C
Aº Martínez, Islas del Ibicuy, Entre Ríos	15	100	S - F - C - T
Aº Martínez, Islas del Ibicuy, Entre Ríos	30	16	S - T
Río Paraná Miní, San Fernando, BsAs	20	16	T
Río Paraná Miní, San Fernando, BsAs	6	36	T

S: sanidad C: crecimiento F: Forma del fuste T: Tolerancia al anegamiento

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizaron diseños de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y un número de plantas/parcela variable entre 4 y 25, según el tipo de ensayo.

Se probaron 68 clones experimentales en total, siendo 15 de ellos comunes a todos los ensayos. Las especies que formaron parte de las combinaciones o familias fueron: *S. alba*, *S. babylonica*, *S. humboldtiana* (a través de la entidad botánica que integra: *Salix x argentinensis*), *S. matsudana* y *S. nigra*.

Como testigos se utilizaron tres clones comerciales ampliamente difundidos: *S. matsudana* x *S. alba* 'Barrett 13-44 INTA', *S. babylonica* x *S. alba* 'Ragonese 131-27 INTA' y *S. babylonica* var *sacramenta* 'Soveny Americano'.

Variables de crecimiento registradas y análisis estadístico

Sobre la base de los datos de altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los tratamientos en seis ensayos al quinto año, se calculó el incremento medio anual en volumen total con corteza (IMA; m³.ha⁻¹.año⁻¹), aplicando un coeficiente mórfico de 0,55. Se realizaron los análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas; al detectarse éstas, se efectuaron las comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey (p≤0,05). Al existir 15 tratamientos en común entre los 68 clones, se realizó un análisis grupal, ajustándose

los tratamientos no comunes según la respuesta de los tratamientos comunes (Pimentel Gomes, 1978). El procesamiento de datos se realizó por el programa InfoStat Versión 2013 (Di Rienzo *et al*, 2013).

Sanidad

Se realizaron observaciones de sanidad en ocho ensayos, considerando las principales enfermedades causantes de daños foliares (*Marssonina salicicola*, *Cercospora spp* y *Melampsora spp*) y afecciones corticales; de desde las primeras etapas de selección hasta árboles de ocho años de edad. Para la valoración de daños en hojas se aplicó una escala visual ordinal de seis grados: de Grado 0= sin síntomas ni signos a Grado 5= completamente afectadas, tomándose en consideración el grado más frecuente de cada clon.

Adaptabilidad (tolerancia al anegamiento)

Se analizaron los datos de supervivencia relevados en seis ensayos sometidos a la inundación ocurrida en el Delta entre noviembre de 2009 a mayo de 2010. Las medias se separaron por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Esta evaluación en particular es desarrollada en Cerrillo *et al*, 2014.

Forma

Se observaron los fustes de los tratamientos, aplicando para su valoración una escala visual ordinal de seis grados: de Grado 0= fustes tortuosos y muy ramificados, a Grado 5= fustes rectos, predominantemente únicos, ramas escasas, con desrame natural y alta dominancia apical. Se consideró el grado más frecuente de cada clon.

Aptitud tecnológica de la madera

Se evaluó la densidad básica, blanca y propiedades para elaborar pasta para papel para diarios, como resistencias a la tracción y al rasgado, y opacidad (Vascchetto y Grande, 2005; Grande, 2013; Monteoliva y Cerrillo, 2013). Asimismo, se realizaron experiencias empíricas de aserrado con madera de 7 años de los seis clones, con la colaboración de productores y aserraderos locales.

Resultados y discusión

Evaluación de los ensayos a campo y selección de seis nuevos clones

Como afirman Balocchi y De Veer (1994), la información obtenida de los ensayos genéticos es la base fundamental de los programas de mejoramiento. Así, en una primera etapa del PMS, permitieron detectar entre el conjunto de 68 clones experimentales a seis con características destacadas tales que justificaron su selección, considerando integralmente los criterios predeterminados: adaptación, sanidad, forma, aptitud de la madera (**tabla 2**). Los seis fueron inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares del Instituto Nacional de Semillas (INASE), con aprobación por Resolución N°00080/2013, con los siguientes nombres:

Salix matsudana x *Salix alba* `Agronales INTA-CIEF´

Salix matsudana x *Salix alba* `Los Arroyos INTA-CIEF´

Salix nigra `Ibicuy INTA-CIEF´

Salix matsudana `Géminis INTA-CIEF´

Salix matsudana x *Salix nigra* `Lezama INTA-CIEF´

Salix alba `Yaguareté INTA-CIEF´

Evaluación del crecimiento

Agrupando los tratamientos de acuerdo al origen específico, se detectaron diferencias significativas entre el germoplasma evaluado ($P < 0.0001$). La comparación de medias (**figura**

6) mostró que los mejores crecimientos estaban dados en materiales constituídos por: PA de *Salix nigra* ($27,47 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,90$) y *S.matsudana x S. nigra* ($25,13 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,23$), los cuales no se diferenciaron significativamente del clon comercial *Salix matsudana x Salix alba* 'Barrett 13-44 INTA' ($23,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,40$); por su parte, los originados en: PA de *S. matsudana* ($21,31 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 0,81$) resultaron equivalentes a los dos últimos. Las combinaciones *S. matsudana x S. alba* ($16,54 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año} \pm 0,35$) y material de PA de *S. alba* ($16,37 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 0,80$), mostraron equivalencia con el clon comercial 'Ragonese 131-27 INTA' ($15,25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,41$), superando significativamente a 'Soveny Americano' ($5,83 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,58$). El conjunto de clones correspondientes a la combinación *Salix matsudana x S. xargentiniensis* ($10,52 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,41$) mostró valores medios equivalentes estadísticamente al testigo 'Soveny Americano'.

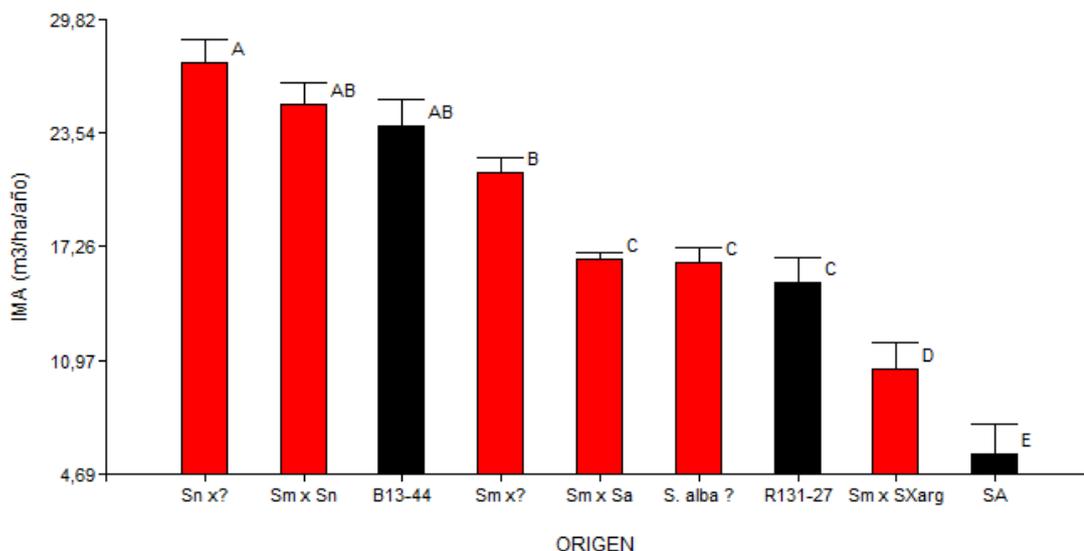


Figura 6: Comparación de medias del Incremento Medio Anual en volumen total con corteza (IMA; $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) del germoplasma según orígenes. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Combinaciones (rojo)	Testigos (negro)
Sn x?: polinización abierta (PA) de <i>S. nigra</i>	B13-44: <i>S. matsudana x S. alba</i> 'Barrett 13-44 INTA'
Sm x Sn: <i>S. matsudana x S. nigra</i>	R131-27: <i>S. babylonica x S. alba</i> 'Ragonese 131-27 INTA'
Sm x?: PA de <i>S. matsudana</i>	SA: <i>S. babylonica</i> var <i>sacramenta</i> 'Soveny Americano'
Sm x Sa: <i>S. matsudana x S. alba</i>	
Sm x SXarg: <i>S. matsudana x Salix argentinensis</i>	

La comparación del crecimiento según el origen específico es sólo orientativa, ya que hay variaciones dentro de cada combinación o familia, permitiendo seleccionar dentro de ellas. En este caso, junto a la sanidad, forma del fuste y aptitud de la madera, la detección de las más destacadas resultó útil para la selección.

Comparando los valores medios de los clones selectos y los testigos (figura 7), 'Soveny Americano' ($5,83 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,48$) tuvo el crecimiento más bajo de todos los tratamientos, de los que se distinguió significativamente. El de mayor crecimiento fue Lezama ($40,14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,93$), seguido, sin diferencias estadísticas, por 'Géminis INTA-CIEF' ($36,45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,30$). El clon 'Ibicuy INTA-CIEF' ($29,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,32$) resultó equivalente a 'Géminis INTA-CIEF', a 'Agronales INTA-CIEF' ($26,81 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,81$) y al testigo 'Barrett 13-44 INTA' ($23,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1} \pm 1,28$), un testigo de rapido crecimiento dentro de los sauces comerciales. A su vez, el grupo formado por 'Agronales INTA-CIEF', 'Los Arroyos INTA-CIEF'

(23,19 m³.ha⁻¹.año⁻¹ ± 1,81) y 'Yaguareté INTA-CIEF' (22,41 m³.ha⁻¹.año⁻¹ ± 1,28) no presentaron diferencias significativas entre sí, ni tampoco del 'Barrett 13-44 INTA'.

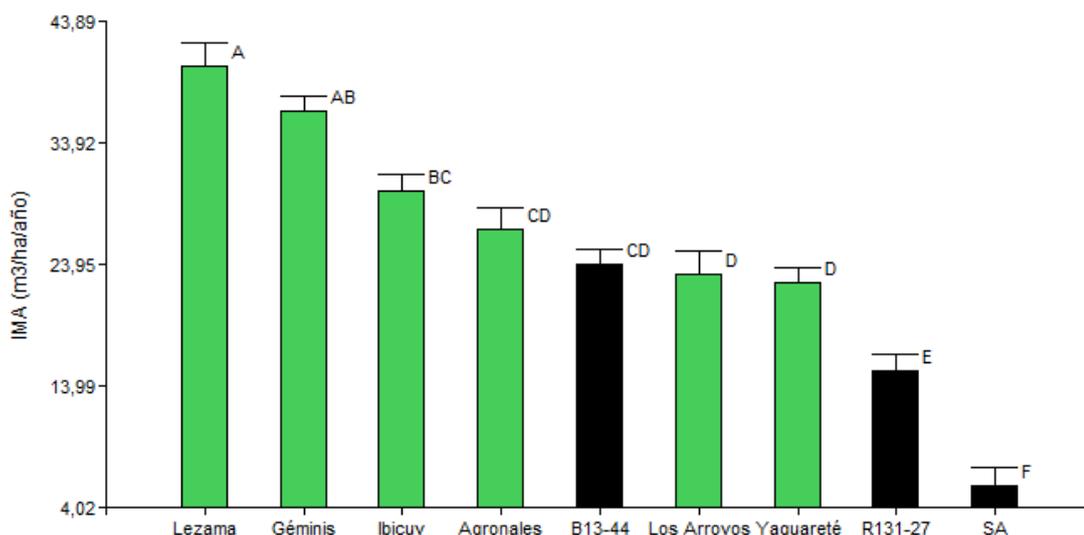


Figura 7: Comparación de medias del Incremento Medio Anual (IMA; m³.ha⁻¹.año⁻¹) de los seis clones mejorados y los testigos comerciales, sobre la base de datos de ensayos genéticos. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Tukey, p <= 0,05)

Clones seleccionados (verde)		Clones testigo (negro)
'Lezama INTA-CIEF'	'Agronales INTA-CIEF'	'Barrett 13-44 INTA'
'Géminis INTA-CIEF'	'Los Arroyos INTA-CIEF'	'Ragonese 131-27 INTA'
'Ibicuy INTA-CIEF'	'Yaguareté INTA-CIEF'	'Soveny Americano'

Los valores resultantes de las evaluaciones deben ser considerados a nivel comparativo entre tratamientos, siendo de valor orientativo pero no de caracterización productiva. Las parcelas demostrativas de la red, con una mayor cantidad de plantas por clon, suministrarán con mayor certeza en pocos años esa información.

Tolerancia al anegamiento prolongado

La evaluación mostró un clones altamente tolerantes: 'Ibicuy INTA-CIEF' ≥ 'Los Arroyos INTA-CIEF' ≥ 'Lezama INTA-CIEF' ≥ 'Yaguareté INTA-CIEF', con posibilidad de aplicación en zonas de mayor riesgo de inundación (Cerrillo *et al*, 2014) .

Sanidad

Las evaluaciones mostraron la inexistencia de afecciones de corteza y muy bajos niveles de afección por roya y antracnosis en los seis clones seleccionados; detectándose para antracnosis, máximos de grado 3 y en roya grado 1.

Breve caracterización

Sobre la base de los criterios de selección considerados integradamente, se presenta en la **tabla 2** una caracterización simplificada de los clones (Cerrillo, 2014).

Tabla 2.
Principales características de los seis nuevos clones mejorados

CLON	Origen	Crecim.	Forma del árbol (*)	Tolerancia al anegamiento (**)	Madera Bl: blancura DB: densidad básica (t/m ³)
Agronales INTA-CIEF	<i>Salix matsudana</i> x <i>S. alba</i>	Rápido, con alto vigor inicial.	5	Baja tolerancia a inundaciones críticas (eventos extremos y prolongados).	Bl: alta ; DB: 0.405 √ Apto para papel para la industria del papel para diarios (similar a los híbridos de uso actual). √ Aserrado: apta.
Los Arroyos INTA-CIEF	<i>Salix matsudana</i> x <i>S. alba</i>	Rápido, con alto vigor inicial.	3/4	Alta tolerancia al anegamiento prolongado	Bl: alta; DB: 0.364 √ Excelente aptitud para papel para diarios: semejante al S. Americano. √ Aserrado: apta.
Géminis INTA-CIEF	<i>Salix matsudana</i> x ?	Rápido, luego de los 4 años.	3/4	Baja tolerancia a inundaciones críticas (eventos extremos y prolongados).	Bl: media; DB: 0.408 √ Excelente aptitud para papel para diarios: semejante al S. Americano. √ Aserrado: apta.
Ibicuy INTA-CIEF	<i>Salix nigra</i> x ?	Rápido, con alto vigor inicial	4	Excelente tolerancia al anegamiento prolongado.	Bl: media; DB: 0.427 √ Aserrado: apta . √ No apto para papel para diarios, según pruebas de laboratorio.
Lezama INTA-CIEF	<i>Salix matsudana</i> x <i>S. nigra</i>	Rápido, con alto vigor inicial	5	Alta tolerancia al anegamiento prolongado.	Bl: alta ; DB: 0.353 √ Excelente aptitud para la industria del papel para diarios: <u>semejante al S. Americano.</u> √ Según experiencias de aserrado y debobinado: apta.
Yaguareté INTA-CIEF	<i>Salix alba</i> x?	Rápido, luego de los 4 años.	4 Ramas finas Desrame natural en árbol adulto.	Alta tolerancia al anegamiento prolongado	Bl: media; DB: 0.436 √ Excelente aptitud para la industria del papel para diarios: semejante al S. Americano. √ Aserrado: apta.

(*) **Calidad del fuste:** valorados sobre la base de una escala arbitraria de seis grados. de: Grado 0 = torcido, abundantes ramas, bifurcaciones a Grado 5 = recto, ramas escasas, sin bifurcaciones.

(**) **Tolerancia al anegamiento:** sobre la base de datos de supervivencia en ensayos a campo de 28 meses luego de inundaciones prolongadas (2009-2010).

Comentarios finales

Sobre la base de una amplia gama de germoplasma de sauce, se seleccionó una primera serie de seis clones, que superaron a los testigos comerciales sobre la base de un conjunto de criterios predeterminados según los resultados de la red de ensayos clonales. La valoración en términos de rendimiento productivo integral de estos materiales nuevos podrá ser realizada

cuando se disponga de datos provenientes de plantaciones en superficies más amplias que las correspondientes a los ensayos comparativos y de productividad.

La factibilidad de que un mismo clon pueda aplicarse a usos diversos (papel y usos sólidos) es un importante rasgo en: `Yaguareté INTA-CIEF`, `Lezama INTA-CEF`, `Los Arroyos INTA-CIEF` y `Géminis INTA-CIEF`, lo cual, junto a la calidad del fuste y el crecimiento rápido, constituyen una innovación tecnológica. Considerando la alta tolerancia al anegamiento prolongado, comprobada en `Ibicuy INTA-CIEF`, `Yaguareté INTA-CIEF`, `Lezama INTA-CEF` y `Los Arroyos INTA-CIEF`, es posible efectuar recomendaciones regionales de acuerdo al riesgo de inundaciones, con material adaptado y con buenas características de crecimiento, forma y aptitud de la madera. A su vez, es importante destacar que, si bien la obtención de clones mejorados es un aporte importante, su impacto productivo dependerá de que se realice un correcto manejo del agua y se apliquen prácticas silvícolas adecuadas.

A modo de prospección, y focalizando en un horizonte a corto-mediano plazo, el proceso de mejora aquí desarrollado avanzará con la evaluación del germplasma experimental producto del mismo Programa, posibilitando aportes futuros de clones al mercado. Por otra parte, como en todo trabajo fitotécnico, será necesario revisar y ampliar criterios de selección, atento a posibles nuevas necesidades, como las vinculadas a las plantaciones para biomasa con destino energético o al cambio climático y la adaptabilidad, que requerirá la exploración de más material genético para su incorporación al programas, entre el que podrá tener un rol importante la especie nativa *Salix humboldtiana*.

Bibliografía consultada

- Abrahamson, L.; Volk, T.; Smart, L. & E. White. 2012. Short rotation willow for bioenergy, bioproducts, agroforestry and phytoremediation in the Northeastern United States. Summary Report. IEA Bioenergy Task 43 Report 2012:PRO1.
- Arreghini R. & T. Cerrillo. 1996. Los Sauces en la República Argentina. Disertación. Proceedings of the 20^a Session of the International Poplar Commission. Budapest, Hungary.
- Atencia, M.E.. 2010. Usos sólidos de madera de sauce: tecnología de corte y secado. En: Jornada Técnica sobre el Sauce. EEA Delta del Paraná, INTA. ISSN 1514-3910. pp. 62-73. Julio 2010.
- Avanzo, E. 1987. Mejoramiento de Salicáceas. En: Actas del Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales, CIEF, Tomo III Bs Aires, abril de 1987. pp 172.
- Ball, J.; Carle, J and A. Del Lungo. 2005. Contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development. Unasylva 221, Vol. 56, 2005
- Balocchi, C. & C. De Veer. 1994. Manual de ensayos genéticos. Bioforest S.A.
- Barrett, W. y J. Wright. 1972. Valor de la selección temprana en progenies de sauces. En: IDIA, Suplemento Forestal, pp.3-8. Buenos Aires, Argentina.
- Bisoffi, S. 1990. The development of a breeding strategy for poplars. International Poplar Commission (FAO). 35th Executive Committee Meeting. Buenos Aires. 19-23 March 1990. FO:CIP:BR/90/0.21p.
- Cerrillo, T. 1989. Programa de mejoramiento de sauces y álamos para el Delta del Paraná. Primeras Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético del Género *Salix*-CIEF. Buenos Aires. 20 y 21 de noviembre de 1989.
- Cerrillo, T. 2000. A Willow Breeding Program. Proceedings of the 21th Session of the International Poplar Commission. Vancouver, WA, USA.
- Cerrillo, T. 2006 Mejoramiento genético de los sauces. Disertación. Jornadas de Salicáceas. ISSN 1850-3543. Buenos Aires, Argentina. Septiembre de 2006.
- Cerrillo, T. 2012. "Advances on the willow breeding program in Argentina". 24.^a Reunión de la Comisión Internacional del Álamo, FAO Dehradun, India
- Cerrillo, T. 2014. Mejoramiento Genético del Sauce. Nuevos clones seleccionados para la foresto-industria del Delta. Informe para extensión. EEA Delta del Paraná INTA. ISSN 1414-3902.
- Cerrillo, T., Doffo, G., Rodríguez, M.E., Olgúin, F., Achinelli, F. y V. Luquez. 2014. Tolerancia al anegamiento prolongado de una amplia gama de genotipos mejorados de sauce (*Salix* spp.). Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina, La Plata, Argentina
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balsarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL
- Facciotto, F.; Cerrillo, T.; Vietto, L.; Bergante, S y L Rosso. 2011. Producción de biomasa de diferentes combinaciones de especies de sauces. Primeras evaluaciones en Italia y en Argentina aplicables a Cultivos de Corta Rotación (CCR). Tercer Congreso Internacional de Salicáceas. Neuquén.
- Golfari, L. 1958. Condiciones ecológicas del cultivo de las Salicáceas en la Argentina. En: Revista de Investigaciones Agrícolas. T. XII, n° 2, Buenos Aires, Argentina.
- Grande, J. 2013. IIº Informe de nuevos clones experimentales de sauces. Laboratorio Central del Papel Prensa. San Pedro. Julio de 2013

- Leclercq, A. 1996. Wood quality of white willow. En: Proceedings 20th Session of the Poplar International Commission, Budapest, Hungary, 1-4 October 1996, pp. 39-50.
- Martinuzzi, F. 2010. Aspectos Tecnológicos de la madera del sauce. En: Actas de Jornada Técnica sobre el Sauce. EEA Delta del Paraná, INTA. ISSN 1514-3910, pp. 44-61. Julio 2010.
- Monteoliva, S. & T. Cerrillo. 2014. Densidad y anatomía de la madera en familias mejoradas de sauces en Argentina. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.000-000, 2013
- MC Ivor, I, Maestro, C, De Vries S. & Cerrillo, T. 2010. Working Party Genetics and Breeding. Report. 45^o Executive Committee Meeting. International Poplar Commission, FAO. Orvieto. September 2010.
- Paiero, P. 2007. Le utilizzazioni speciali dei salici. In: I salici in selvicoltura, in agricoltura e nella tutela del paesaggio. Estratto da *Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali*. Vol. LVI: 1:100, 2007, Firenze.
- Pimentel Gomes, 1978. Curso de Estadística experimental. Editorial Hemisferio Sur. BsAs.
- Ragonese, A. 1989. Fitotecnia en sauces. Disertación. En: Actas Primeras Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento del Género *Salix*, CIEF. Noviembre 1989, Buenos Aires, Argentina.
- Signorelli A., Borodowski E. y M. Gaute. 2010. Situación forestal en el Delta del Paraná. Actualidad y perspectivas. Simposio Científico Académico Delta del Paraná: Historia, Presente y Futuro. 4 y 5 de Octubre de 2010. San Fernando, Buenos Aires.
- Teissier du Cros, E. 1984. Breeding strategies with poplars in Europe. *Forest Ecology and Management*, 8 (1984):23-29.
- Vaschetto J. y J. Grande. 2005. Clones de sauce. Trabajo de investigación en Laboratorio. Informe interno Laboratorio Central de Papel Prensa S.A.; San Pedro. Buenos Aires.
- Zsuffa, L.; Mosseler, A. & Ruj, 1984. Prospects for interespecific hybridization in willow for biomass production systems. Report 15. pp 261-281. Swedish University of Agricultural Science. Uppsala.

Agradecimientos

A los productores isleños, a las empresas y a las instituciones oficiales y privadas involucradas en el programa, por acompañar el largo, y a veces complejo, proceso que culminó en la selección de esta primera gama de nuevos clones. Al Ing. Juan García Conde, que apoyó con interés la conservación en terreno de la fuente de gemoplasma generada; a los Sres. Ricardo y Sergio Schincariol, José Jacobsen y Sergio Sturla, que participaron a través de los ensayos a campo considerados para esta selección y en el procesamiento de muestras de madera, aportando su tiempo y valiosa experiencia.

Buenos Aires, febrero de 2014