

## Tolerancia al anegamiento prolongado de una amplia gama de genotipos mejorados de sauce (*Salix* spp.).

Cerrillo, T.<sup>1</sup>, Doffo, G.<sup>2</sup>, Rodríguez, M.E.<sup>2</sup>, Olgún, F.<sup>2</sup>, Achinelli, F.<sup>2,3</sup> y V. Luquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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](mailto:cerrillo.teresa@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> INFIVE, CONICET-UNLP CC 327 (1900) La Plata, Argentina.

<sup>3</sup> CIC, Buenos Aires.

### Resumen

Se analiza la capacidad de supervivencia de una amplia gama de genotipos del Programa de Mejoramiento del Sauce del INTA, sometidos a estrés abiótico provocado por inundaciones prolongadas. En una primera parte de trabajo, se abordan las evaluaciones realizadas sobre cinco ensayos a campo, afectados por una inundación prolongada a muy corta edad. La misma, que tuvo lugar entre noviembre de 2009 y mayo de 2010 en el Delta del Paraná, impactó con mayor gravedad al Delta entrerriano y norte del bonaerense, donde estaban instalados los experimentos clonales. Tres de ellos, de 27 meses al momento de iniciarse el fenómeno natural, se ubicaban: dos en el Arroyo Martínez y uno en el A° Brazo Largo (Islas del Ibicuy, Entre Ríos); los otros, de 4 meses de edad, estaban situados en el río Paraná Miní (San Fernando, Buenos Aires). El germoplasma explorado correspondió a 56 clones originados por cruzamientos controlados y, una pequeña proporción, por polinización libre, siendo las especies involucradas: *Salix alba* L., *S. amygdaloides* Anderss., *S. babylonica* L., *S. bondplandiana* H.B.K., *S. matsudana* Koidtz y *S. nigra* Marsh. Realizado el relevamiento a campo y la evaluación en los ensayos de 27 meses, se destacaron como más tolerantes, con supervivencias de entre 75,5% y 100% de un grupo conformado por: los sauces recientemente mejorados 'Ibicuy INTA-CIEF', 'Yaguareté INTA-CIEF', 'Lezama INTA-CIEF' y 'Los Arroyos INTA-CIEF' y otros diez genotipos experimentales. La información surgida de los ensayos de 4 meses fue consistente con esas respuestas, aunque con un mayor nivel general de pérdidas. En forma integrada y complementaria, con la finalidad de detectar en forma precoz posibles respuestas diferenciales al anegamiento, el equipo del INFIVE (CONICET-UNLP) realizó un estudio en invernáculo durante 2013-2014. Se incluyeron en el mismo los 3 mejores individuos de 7 familias, incluyendo diversas combinaciones de las especies *S. matsudana*, *S. nigra*, *S. alba*, *S. amygdaloides* y *S. x argentinensis*. Las plantas se cultivaron en macetas, inundándose parcialmente (sólo el sistema radicular) por 2 meses y dejándose recuperar durante 1 mes. Se determinaron diversos parámetros morfológicos y fisiológicos con el objetivo de correlacionarlos con la tolerancia a la inundación, y eventualmente usarlos como criterios tempranos de selección.

**Palabras clave:** *Salix*, supervivencia, anegamiento, clones, selección

## Introducción

En el Delta del Paraná, definido como un extenso mosaico de humedales ubicado entre las latitudes 32° 5´ S (al Sur-oeste de la Provincia de Entre Ríos) y 34° 29´ S (noreste de la Provincia de Buenos Aires), se localiza el núcleo productivo del sauce (*Salix* spp) más amplio del país, estimándose en aproximadamente 65.000 hectáreas para aprovechamiento maderero (Comisión Nacional del Álamo, 2012). Por la excelente adaptación a las condiciones edáficas y ecológicas de la región, con un 80% de áreas naturalmente bajas inundables, el sauce aventaja a otros géneros forestales, siendo considerado un recurso clave para incrementar sustancialmente la superficie plantada (Álvarez, 2010). Este es un concepto importante para el desarrollo territorial, ya que en las últimas cuatro décadas el área forestada ha ido en disminución (Barros, 2006; EEA Delta del Paraná INTA, 1973), siendo necesario disponer de alternativas productivas y sustentables para revertir esa situación y alcanzar una masa crítica con madera de calidad. Uno de los motivos que explican tal disminución es la mayor frecuencia de inundaciones de la cuenca (Sepulcri *et al*, 2012), fenómeno que la FAO (2013) considera como uno de los impactos del cambio climático más importantes en los bosques nativos e implantados del mundo.

Desde el punto de vista fisiológico, el exceso hídrico por inundación provoca diversos efectos negativos debido a la reducción en el crecimiento y la inducción a la senescencia (Jiménez *et al*, 2012), sobre todo por la deficiencia de oxígeno. Como consecuencia, el metabolismo de la planta cambia y se torna poco eficiente para la producción de energía, por lo que, con variaciones según el material genético, se pueden generar limitaciones del crecimiento e incluso ocasionar la muerte del árbol, existiendo en esto último también diferencias entre genotipos.

Frente a los escenarios que se plantean, se acentúa la necesidad de disponer de material genético mejorado para producción con la mayor adaptabilidad posible a la región, siendo éste uno de los criterios de selección del Programa de Mejoramiento de Sauce del INTA. Mediante el trabajo de investigación, se busca conocer las capacidades diferenciales de adaptación y aprovecharlas a través de la mejora, para lograr clones más tolerantes a esas situaciones de estrés abiótico y que, a la vez, tengan buen rendimiento productivo. Dentro del género *Salix* hay notables diferencias entre especies, entre clones intra-específicos y entre híbridos inter-específicos derivados. A través de la respuesta observada en ensayos a campo sometidos a las graves inundaciones ocurridas en 2009-2010 se evaluó la supervivencia, como valoración de la tolerancia al anegamiento prolongado. Asimismo, buscando conocer los mecanismos fisiológicos responsables de tal tolerancia a períodos prolongados de anegamiento, poder interpretar esa capacidad y detectarla tempranamente, el equipo del INFIVE (CONICET-UNLP) viene realizando integradamente con el Programa de Mejoramiento del Sauce del INTA estudios de inundación diferencial en invernáculo. La meta de estas exploraciones es generar conocimientos que puedan ser aplicados en el futuro para la selección precoz de los materiales, permitiendo clasificar los genotipos según su tolerancia al anegamiento prolongado. Contar con la respuesta en supervivencia relevada *in situ* luego de transcurrido un episodio real, suministró elementos concretos para correlacionar con los resultados de ensayos en invernáculo, posibilitando el desarrollo de herramientas para la selección a temprana edad. Durante 2013-2014 se llevó adelante un ensayo en invernáculo en el que se incluyó material de siete familias, obtenidas por cruzamientos controlados entre individuos de las especies *S. matsudana*, *S. nigra*, *S. alba*, *S. amygdaloides* y *S. x argentinensis*. Se determinaron diversos parámetros morfológicos y fisiológicos con el objetivo de correlacionarlos con la tolerancia a la inundación, y eventualmente usarlos como criterios tempranos de selección.

## Materiales y métodos

### I- Evaluación a campo

✓ **El episodio de inundación en la región:** ocurrió entre noviembre de 2009 y mayo de 2010. La hidrología de la región presenta un patrón complejo debido a que existen varias fuentes de agua. Además de las precipitaciones locales, los grandes ríos, cuyos regímenes de inundación actúan aislada o conjuntamente según la zona de la región de la que se trate (*Sepulcri et al*). La mayor parte de la región está influenciada por el régimen hidrológico del río Paraná. Sin embargo, inciden también, y de manera importante, los regímenes de inundación de los ríos Gualeguay y Uruguay.

✓ **Material genético:** se evaluó a campo una amplia gama de germoplasma (56 genotipos en total), que son parte del pool de mejora del Programa de Mejoramiento del Sauce-INTA y que se encontraba ensayos de la red experimental cuando ocurrió la inundación crítica más reciente en la región (2009-2010). El germoplasma, en fases diferenciales de selección, está siendo explorado también en otras regiones del país, como Patagonia y Cuenca del Salado, si bien con mayor énfasis en el territorio Delta del Paraná, como núcleo productivo principal.

Las especies presentes involucradas en el material genético evaluado son: *Salix alba* L., *S. amygdaloides* Anderss., *S. babylonica* L., *S. matsudana* Koidtz y *S. nigra* Marsh. Los genotipos evaluados fueron lo que se indican en las Tablas 1<sup>a</sup>, 1<sup>b</sup> y 1<sup>c</sup>.

**Tablas 1<sup>a</sup>; 1<sup>b</sup> y 1<sup>c</sup>.** Material genético evaluado en los ensayos.

| [1 <sup>a</sup> ]<br>6 Nuevos clones mejorados<br>Inscripción INASE<br>Resolución 80/2013 | Origen                                | Año del cruzamiento |
|---|---------------------------------------|---------------------|
| AGRONALES INTA-CIEF   | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>  | 1995                |
| GÉMINIS INTA-CIEF   | <i>S. matsudana</i> x ?               | 1990                |
| LOS ARROYOS INTA-CIEF   | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>  | 1994                |
| IBICUY INTA-CIEF  | <i>S. nigra</i>                       | 1989                |
| LEZAMA INTA-CIEF  | <i>S. matsudana</i> x <i>S. nigra</i> | 1998                |
| YAGUARETÉ INTA-CIEF   | <i>S. alba</i> x ?                    | 1994                |

| [1 <sup>b</sup> ]<br>Familias y genotipos evaluados<br>(47 genotipos) | Origen                               | Año del cruzamiento |
|---|--------------------------------------|---------------------|
| familia 94.08.--  | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i> | 1994                |
| familia 95.04.--  | <i>S. alba</i>                       | 1995                |
| familia 95.07.--  | <i>S. matsudana</i> x ?              | 1995                |
| familia 95.12.--  | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i> | 1995                |

|                  |  |      |
|------------------|--|------|
| familia 96.01.-- | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>                                 | 1996 |
| familia 97.15.-- | <i>S. nigra</i> x ?  | 1997 |
| familia 97.24.-- | <i>S. amygdaloides</i> x ?   | 1997 |
| familia 98.02.-- | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>                                 | 1998 |
| familia 98.07.-- | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>                                 | 1998 |
| familia 98.10.-- | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>                                 | 1998 |
| familia 98.12.-- | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>                                 | 1998 |
| familia 98.13.-- | <i>S. matsudana</i> x <i>S. nigra</i>                                | 1998 |
| familia 98.15.-- | <i>S. nigra</i> x ?  | 1998 |
| familia 98.16.-- | <i>S. nigra</i> x ?  | 1998 |
| familia C-01-09  | <i>S. babylonica</i> var <i>sacramenta</i> x ?                       | 1987 |
| familia C-30-12  | <i>S. nigra</i> x ?  | 1990 |
| familia C-33-20  | <i>S. babylonica</i> var <i>sacramenta</i> x <i>S. bondplandiana</i> | 1992 |

| <u>[1°] Clones testigo</u> | Origen                                     | Año del cruzamiento o introducción/ selección |
|----------------------------|--|---|
| SOVENY AMERICANO           | <i>S. babylonica</i> var <i>sacramenta</i> | (Introducción al país: 1928)                  |
| RAGONESE INTA 131-25       | <i>S. babylonica</i> x <i>S. alba</i>      | <i>cruzamiento controlado</i><br>1957         |
| BARRETT 13-44 INTA         | <i>S. matsudana</i> x <i>S. alba</i>       | <i>cruzamiento controlado</i><br>1967         |

‘Soveny Americano’ es un sauce comercial introducido al país en la primera mitad del siglo XIX y se lo valora aún hoy como el de mayor rusticidad en plantación adulta frente a las inundaciones, aún las más extensas; además de poseer excelente aptitud para la elaboración de papel para diarios. Sin embargo, su rendimiento es significativamente más bajo que los híbridos (excepto en determinados sitios a zanja abierta), tiene fuste muy ramificado (que encarece el manejo y el aprovechamiento) y tiene turnos de corta más largos, comparados con otros sauces productivos.

✓ **Ensayos a campo:** se consideraron tres ensayos de 27 meses al momento de iniciarse el fenómeno natural; situados: dos en el Arroyo Martínez y uno en el A° Brazo Largo (Islas del Ibicuy, Entre Ríos). Complementariamente, se consideraron los datos de supervivencia de dos experimentos que contaban con 4 meses; ambos situados en una quinta sobre el río Paraná Miní, Islas de San Fernando, Buenos Aires.

Los experimentos habían sido instalados según diseños en bloques completos al azar, con 4 repeticiones y un número de plantas por parcela variable entre 16 (en ensayos comparativos de tipo exploratorio) y 100 (en los destinados a evaluar la productividad).

El nivel medio del agua en los ensayos de Islas del Ibicuy fue de 1,50m, extendiéndose durante lapso medio de 6 meses (noviembre de 2009 a mayo de 2010). En los de Paraná Miní la altura del agua en el predio dependió más directamente de las variaciones de la altura del río, manteniéndose mayormente sobre el nivel medio sobre el terreno entre 0,80- 1,00 m.

✓ **Variables evaluadas y análisis:** en agosto de 2011 se realizó un relevamiento de la supervivencia de todos los ensayos. Se realizó un análisis de varianza para detectar la existencia de diferencias significativas y se compararon las medias por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), previa transformación de los datos (expresados originalmente en porcentaje) aplicando = arcoseno de la raíz cuadrada/ 100 (ya que la transformación mejoraba la homogeneidad de varianzas); los valores luego fueron retransformados en % real para su presentación (Fig.1 y Fig. 3). El procesamiento de los datos se realizó aplicando el programa de análisis estadístico InfoStat Versión 2013 (Di Rienzo *et al*, 2013).

## II- Evaluación en invernáculo

En este ensayo, se incluyeron en el estudio los 3 mejores individuos de 7 familias obtenidas por el Programa de Mejoramiento de Sauces del INTA en la EEA Delta del Paraná. El germoplasma comprende diversas combinaciones de individuos pertenecientes a las especies *S. matsudana*, *S. nigra*, *S. alba*, *S. amygdaloides* y *S. x argentinensis*. Las plantas se cultivaron en macetas, y se inundaron en forma parcial (sólo el sistema radicular) por 2 meses, dejándose recuperar durante 1 mes. Se determinaron diversos parámetros morfológicos y fisiológicos con el objetivo de correlacionarlos con la tolerancia a la inundación, y eventualmente usarlos como criterios tempranos de selección.

**Tabla 2.** Familias incluidas en el ensayo en invernáculo.

| Familia | Madre   | Padre  | Año del cruzamiento |
|---------|---|--|---------------------|
| 94.08   | <i>S. matsudana</i> NZ 693                        | <i>S. alba</i> S7  | 1994                |
| 98.13   | <i>S. matsudana</i> NZ693                         | <i>S. nigra</i> C7-22  | 1998                |
| 98.02   | <i>S. matsudana</i> NZ692                         | <i>S. alba</i> SI58-004  | 1998                |
| 94.20   | <i>S. alba</i> SI64-004                           | ?  | 1994                |
| C-13    | <i>S. matsudana</i><br>(Jardín Botánico CIRN '87) | <i>S. x argentinensis</i> cv<br>"Galvete" x <i>S. alba</i> "114-1" | 1989                |
| 08.05   | <i>S. amygdaloides</i> CAN690                     | <i>S. alba</i> S1  | 2008                |

## Resultados

✓ **Ensayos a campo:** Se detectó una amplia variación de la supervivencia entre tratamientos, con diferencias significativas entre los genotipos bajo estudio ( $F= 45,31$ ;  $P < 0.0001$ ), pudiéndose identificar a través de la comparación de medias algunos grupos homogéneos de clones (Fig.1 = valores de supervivencia retransformados en % reales). El primer grupo homogéneo, con los clones de mayor supervivencia o más tolerantes, estuvo integrado por: Ibicuy INTA-CIEF (100% de supervivencia), `Los Arroyos INTA-CIEF` (93,80%) y tres clones experimentales: "98.10.01" (100%), "98.13.06" (100%) y "C-30-12" (93,80); en un segundo grupo homogéneo (sin diferencias significativas con `Los Arroyos INTA-CIEF`) se destacaron `Lezama INTA-CIEF` (81,25%) y un clon experimental: "98.07.18" (81,43%); la altura promedio del grupo fue= 5,8m. Los clones de ambos grupos homogéneos superaron estadísticamente del `Soveny Americano` (que presentó el 68,8% de supervivencia). Los clones `Yaguareté INTA-CIEF` (74,75%) y un grupo de ocho genotipos experimentales también mostraron mayor supervivencia que `Soveny Americano`, aunque sin diferencias significativas con el mismo. Cabe señalar que la supervivencia del Soveny Americano en los ensayos fue menor a la que mostró en plantaciones adultas vecinas, debido probablemente al escaso desarrollo (altura media= 1,70m), que habían alcanzado las plantas en los ensayos de corta edad al momento de la inundación.

Posteriores observaciones (2012 y 2013) mostraron que los niveles de supervivencia se mantuvieron constantes respecto a los detectado en 2011.

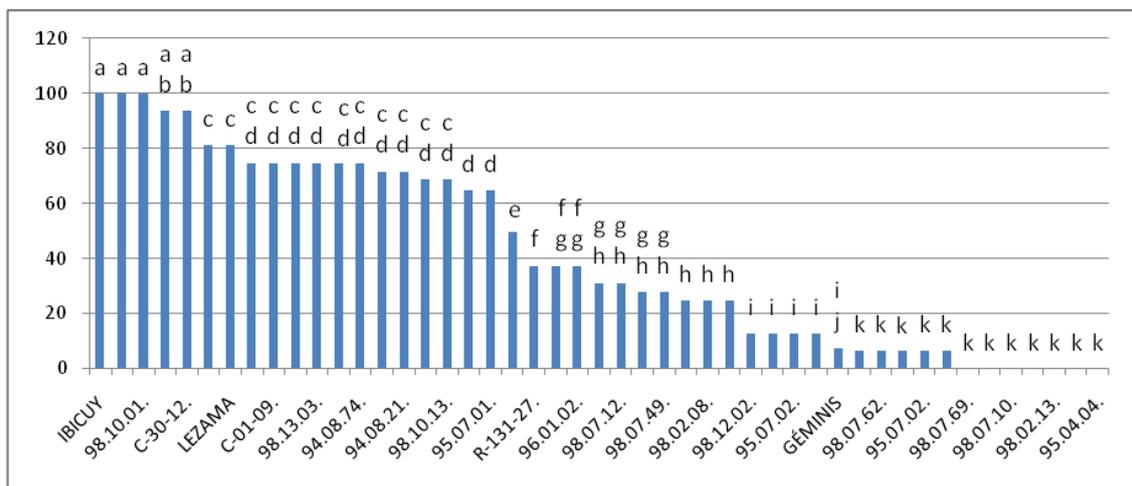
A un nivel más amplio de análisis, considerando la respuesta a la inundación según los orígenes de los tratamientos (Fig. 2), se detectó que las combinaciones de *S. nigra* (*S. nigra* x?; *S. matsudana* x *S. nigra*) y *S. babylonica* var *sacramenta* fueron las que mostraron mayores niveles de supervivencia, seguidos de *Salix matsudana* x *S. alba*.

Es de destacar que en el caso de algunos clones, particularmente con origen *S. nigra* y *S. matsudana* x *S. nigra*, fue notable la manifestación de cambios morfológicos como consecuencia de los efectos de la inundación prolongada. Se notó presencia de lenticelas hipertrofiadas, como así también la aparición de abundantes raíces adventicias por sobre el cuello de la planta, que engrosaron con el transcurrir de los meses (Foto 1), lo cual coincide por lo citado por Parolin, (2009) en árboles de *Salix nigra* y por Cao y Conner (1999) en plantas de *Populus deltoides* sometidos a inundación.

**Foto 1.** Engrosamiento de raíces adventicias en el clon *S. matsudana* x *S. alba* `Lezama INTA-CIEF`. Sitio: Establecimiento "Las Ánimas", Papel Prensa, Islas del Ibicuy, Entre Ríos. Agosto de 2012

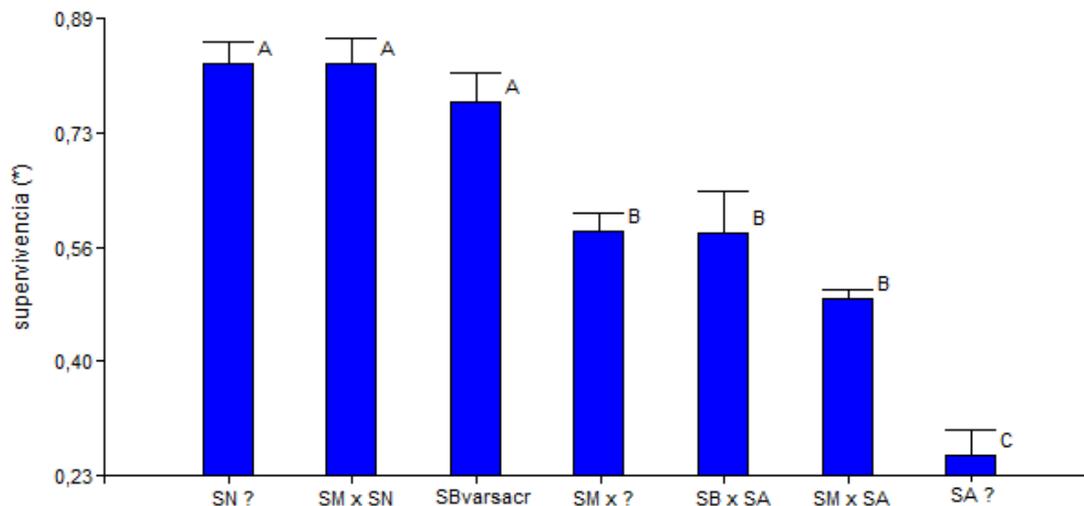


**Figura 1.** Comparación de la supervivencia de clones en tres ensayos de 28 meses de edad al momento de inundarse (en % real observado).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 2.** Comparación de la supervivencia (\*) según origen del germoplasma (especies o combinaciones) en los ensayos de 28 meses.



**Referencias:**

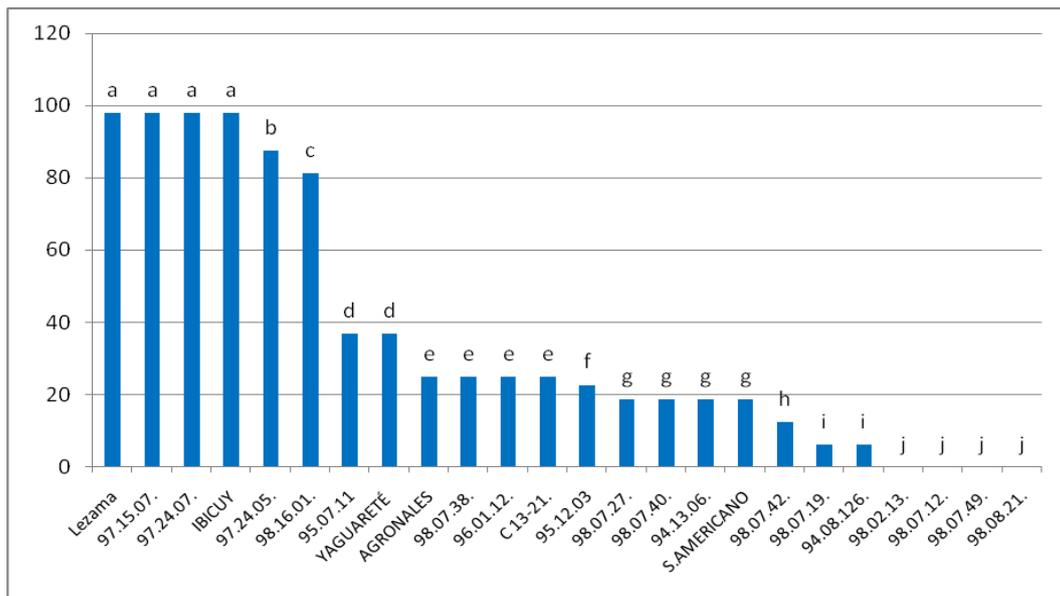
- SN x?: *S. nigra* x ?
- SM x SN: *S. matsudana* x *S. nigra*
- SBSacr: *S. babylonica* var *sacramenta*
- SB x SA: *S. babylonica* x *S. alba*
- SM X?: *S. matsudana* x ?
- SM x SA: *S. matsudana* x *S. alba*
- SA ?: *S. alba* x ?

(\*) previa transformación aplicando =  $\arcseno \text{ de la raíz cuadrada} / 100$

Respecto a los dos ensayos de 4 meses de edad, los análisis a nivel de la respuesta de los genotipos individuales (Fig. 3) y de las combinaciones de especies (Fig. 4) siguieron las mismas tendencias observadas en los otros ensayos, si bien las pérdidas de plantas fueron en general mayores, debido al escaso desarrollo de las plantas al

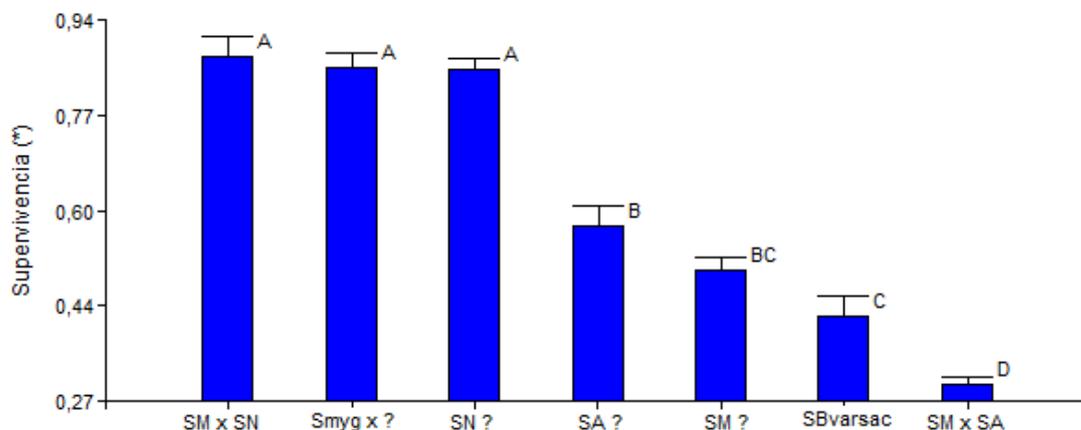
inundarse el terreno; excepto en los clones que tenían en su genotipo a la especie *S. nigra* y a *S. amygdaloides* que se mostraron también a esta edad tan temprana muy tolerantes. El Soveny Americano mostró una supervivencia muy baja (18,75%) comparada con la de los ensayos de 27 meses (68,8%). Uno de los motivos más probables fue la escasa altura de las plantas a los 4 meses (media aproximada 0,50m) que implicó inmersión total en la mayoría de las plantas del clon. Se desprende de esta observación, la importancia del vigor inicial como mecanismo para enfrentar más exitosamente a las adversidades, entre ellas las de tipo abiótico como en este caso.

**Figura 3.** Comparación de la supervivencia de clones en dos ensayos de 4 meses de edad al momento de inundarse (% real observado).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 4.** Comparación de la supervivencia (\*) según origen del gemoplasma (especies o combinaciones) en los ensayos de 4 meses.



**Referencias:**

- SN x?: *S. nigra* x ?
- Samygd: *S. amygdaloides* x ?
- SM x SN: *S. matsudana* x *S. nigra*
- SBsacr: *S. babylonica* var *sacramenta*
- SM ?: *S. matsudana* x ?
- SM x SA: *S. matsudana* x *S. alba*
- SA ?: *S. alba* x ?

(\*) previa transformación aplicando =  $\arcseno$  de la raíz cuadrada/ 100

### ✓ Evaluación en invernáculo

El ensayo en invernáculo se realizó en el INFIVE (La Plata) durante la temporada 2013-2014, por lo tanto los resultados están todavía en proceso de análisis. Las variables medidas fueron: crecimiento (diámetro basal y altura), área foliar específica, conductancia estomática, transporte fotosintético de electrones (ETR), biomasa total y partición de la materia seca (relación raíz / parte aérea), número de ramificaciones, número de hojas.

### Conclusiones

La respuesta en supervivencia de la amplia gama explorada en ensayos sometidos a inundación prolongada, proporcionan información útil para clasificarlos según su tolerancia a este tipo de estrés abiótico, aportando información para la planificación de plantaciones en tales sitios de mayor riesgo. No obstante, hay que considerar que las características particulares de cada inundación (más o menos crítica, por su naturaleza y extensión) podrían implicar ciertas variaciones a las respuestas halladas. Entre los clones que mostraron mejor performance, se destacaron cuatro de los seis nuevos sauces recientemente seleccionados e inscriptos en el INASE ('Los Arroyos INTA-CIEF', 'Lezama INTA-CIEF', 'Ibicuy INTA-CIEF' y 'Yaguareté INTA-CIEF'), que manifestaron notables niveles de supervivencia ante las condiciones críticas de anegamiento prolongado. Sobre esta base, será conveniente evitar en tales sitios aquellos clones que han demostrado los mayores niveles de mortandad, aptos para zonas con menor riesgo de de estos episodios naturales, donde puedan expresar su potencial productivo.

Aunque claramente el objetivo original de los ensayos a campo analizados había sido planificado originalmente con otro objetivo (comparar el crecimiento y rasgos productivos), la decisión de aprovechar técnicamente el episodio crítico, permitió capitalizar importantes resultados, al contar con una valoración real de este importante rasgo de adaptabilidad, constituyendo un aporte original para su caracterización y recomendación. Además de ser una información práctica de utilidad para las plantaciones operativas regionales, también servirá de orientación para la elección de especies parentales en futuros esquemas de cruzamientos controlados.

Los estudios en invernáculo son consistentes con lo observado a campo y suman valiosos conocimientos para la detección precoz del rasgo adaptativo (y su consiguiente aplicación en un programa de mejoramiento), a la vez de contribuir a la exploración de los mecanismos fisiológicos involucrados.

Esto podría aportar beneficios concretos para el desarrollo territorial en las áreas de mayor riesgo de inundación: clones adaptados, con alta productividad y aptos para las industrias (usos sólidos, papel y tableros). Además, la detección de un segmento de genotipos experimentales con destacada tolerancia aporta elementos para continuar más eficazmente la selección.

### Bibliografía consultada

- Álvarez, J. 2010. En: Actas de Jornada Técnica sobre el Sauce. EEA Delta del Paraná, INTA. ISSN 1514-3910. 22 de julio 2010
- Barros, J. 2006. Situación actual del sector forestal en la región del Delta del Paraná, República Argentina. Comunicación. Actas I Jornadas de Salicáceas República Argentina.
- Comisión Nacional del Álamo. 2012. Informe Nacional período 2008-2012. Buenos Aires.
- Cao, F.L. y W.H. Conner. 1999. Selection of flood-tolerant *Populus deltoides* clones for reforestation projects in China. For. Ecol. Manage. 117, 211-220.
- Cerrillo, T. 2012. Advances on the willow breeding program in Argentina". 24.<sup>a</sup> Reunión de la Comisión Internacional del Álamo, FAO Dehradun, India.
- Doffo, G., Rodríguez, M.E., Achinelli, F, Cerrillo, T. y V. Lúquez. 2013 Phenotypic plasticity in willows (*Salix* spp.) under different combinations of drought and flooding stress. EPSO Seventh Conference. P.043. pp 159. Porto Heli, Greece.
- EEA Delta del Paraná INTA. 1973. Estudio preliminar para el diagnóstico regional del Delta". Rev. Delta del Paraná., 13 (14).
- FAO. 2013. Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales. Estudio FAO Montes Nº 172. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Jiménez S.; Moreno, O and F. Magnitskiy. 2012. Plant responses to stress due to flooding. A review. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas - Vol. 6 - No. 1 - pp. 96-109.
- Parolin, P. 2009. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. Ann. Bot. 103, 359-376
- Sepulcri, M.G., Pizarro, M.J., Flamenco, E., Herrera, M. Borus, J. y L. Giordano. 2012. Cartografía de susceptibilidad hídrica en el delta del río Paraná. RIA

## **Agradecimientos**

A Papel Prensa SA y su personal, por el apoyo logístico y el mantenimiento de los ensayos en el Establecimiento "Las Ánimas"; a los productores del delta entrerriano y bonaerense, Sres. José Jacobsen y Miguel Losasso, por poner a disposición sus quintas para el desarrollo de parte de los experimentos. Al MAGYP, por financiar el PIA 12012 ("Evaluación de la tolerancia al estrés por inundación de nuevos clones de sauce (*Salix* spp.) con aptitud para diversos destinos productivos", responsable Técnico: V. Luquez) en el marco del cual se llevan a cabo los ensayos en invernáculo.

*Buenos Aires, febrero de 2014*