

TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE *POPULUS ALBA* L. ESTUDIO PRELIMINAR

S. CUEVAS*, N. ALBA** Y A. PADRÓ***

* S.I.A. DPTO. DE PRODUCCIÓN FORESTAL Y PASTOS. APDO 22. 06080-BADAJOS

** CI.FOR.INIA. ÁREA DE SELVICULTURA Y MEJORA FORESTAL. APDO. 8.111. 28080-MADRID

*** D.G.A.. SERV. PROT. MEDIO NATURAL. PASEO MARÍA AGUSTÍN, 36. 50.004-ZARAGOZA

RESUMEN

En el presente estudio se clasifican 12 clones de *Populus alba* L. según su tolerancia a la salinidad. Esta se ha estimado según los criterios de supervivencia, rebrote foliar y crecimiento de los clones sometidos a dos tratamientos salinos aplicados en forma de riego. El material fue sometido a 2 soluciones salinas compuestas por NaCl y CaCl₂ en relación 5:1 molar, de conductividades eléctricas (CE_s) 7,89 dS/m y 14,15 dS/m. Tras setenta días de tratamiento, los clones que superaron el 50% de supervivencia, alcanzaron crecimientos relativos entre el 47,4-163,8 % para 7,89 dS/m y entre el 21,8-143,2 % para 14,15 dS/m. Entre los clones estudiados destacó el clon 9-PO-2, que no acusó las dosis salinas a las que estuvo sometido, ni en porcentaje de supervivencia ni en crecimiento.

P.C.: *Populus alba* L., Salinidad, Tolerancia, Selección.

SUMMARY

This study intends to screen 12 *Populus alba* L. clones for salt tolerance, which is estimated by survival, leaf shedding and clones growth submitted to 2 saline treatments, applied by means of irrigation. Material was subjected to 2 saline solutions consisting of NaCl and CaCl₂ in a 5:1 molar ratio, with electrical conductivities (EC_s) 7,89 dS/m & 14,15 dS/m. After seventy days of treatment, clones whose survival was over 50% achieved relative growth ranged from 47.4-163,8 % for 7,89 dS/m and between 21,8-143,2 % for 14,15 dS/m. Among the clones that were studied, 9-PO-2 stood out. This one didn't suffer the saline dosages applied, neither in survival percentage nor in growth.

K.W.: *Populus alba* L., Salinity, Tolerance, Selection.

INTRODUCCIÓN

Amplias zonas de la cuenca del Ebro están afectadas por problemas de contaminación salina como consecuencia de la puesta en regadío de grandes superficies. Más de 100.000 ha presentan suelos cuya $2 < CE < 4$ dS/m y más de 150.000 ha con suelos cuya $CE > 4$ dS/m (HERRERO y ARAGÜÉS, 1988). Una posible solución a este problema puede basarse en la búsqueda de alternativas agroforestales. La reforestación con especies tolerantes produciría una mejora edáfica a través de la reducción del pH y de la salinidad del suelo (GILL y ABROL, 1991). El aprovechamiento de terrenos salinos, puede abordarse mediante la selección de árboles en ambientes con regímenes edáficos y climáticos similares a los del área a recuperar (Van der MOEZEL et al. 1987).

La plasticidad y rusticidad del álamo blanco (*Populus alba* L.) condiciona su amplia distribución geográfica y justifica su empleo en la repoblación de áreas afectadas por salinidad, aridez, viento y altas temperaturas. Sin embargo, la populicultura española se concentra en los terrenos óptimos para su desarrollo, existiendo una inadaptación de los clones a éstas condiciones (PADRÓ, 1992). CI.FOR.INIA viene desarrollando una línea de trabajo en torno a *P. alba* L. para obtener clones competitivos frente a los actualmente disponibles en tales ambientes (ALBA, 1992). Siguiendo esta pauta, la Unidad de Recursos Forestales (URF) del Servicio de Investigación Agroalimentaria del Gobierno de Aragón (SIA-DGA) emprendió el estudio y la evaluación de la resistencia a la salinidad de *P. alba* L. Hay que señalar que también en el CSIRO-Australia se está trabajando en esta línea y *P. alba* L. fue el chopo más tolerante a la salinidad según los criterios de supervivencia, expresión de síntomas y crecimiento (MARCAR et al., 1995).

El objetivo de este estudio preliminar es evaluar la respuesta de 12 clones de *P. alba* a un exceso de salinidad, estimada a partir de parámetros agronómicos (supervivencia y crecimiento), y proporcionada por la disolución, en el agua de riego, de ciertas cantidades de NaCl y CaCl₂.

MATERIAL Y MÉTODOS

El método más práctico para seleccionar plantas tolerantes a la sal consiste en escoger las que sobreviven al estrés salino (WEST, 1986). Se ha entendido como supervivencia de un clon, el porcentaje de plantas con hojas vivas (aunque dañadas), respecto al número inicial de plantas en cada tratamiento. Además, como los efectos directos del estrés en las hojas se dejan sentir indirectamente en el crecimiento de los tallos, al perturbar los procesos fisiológicos foliares (DICKSON y ISEBRANS, 1991), se consideró el crecimiento de los tallos como un parámetro más para estimar la resistencia del clon al estrés salino. Por otra parte la capacidad de rebrotar observada en otras especies como mecanismo para evitar la sal, nos hizo considerar la capacidad de rebrote de los clones, como un indicador más de la resistencia, entendiendo que los que no rebrotan y mantienen sus hojas verdes, son los verdaderamente tolerantes a la salinidad (ALLEN et al., 1994).

A continuación se describe el material vegetal utilizado, método de propagación, aplicación de los distintos tratamientos, toma de datos y parámetros utilizados para la caracterización del material respecto al carácter resistencia a la salinidad de los clones.

Material vegetal: Al objeto de dar mayor amplitud a este estudio preliminar sobre la tolerancia a la salinidad de *P. alba*, se emplearon un total de 12 clones procedentes de muy diversas localizaciones: dos clones proceden de las riberas del río Flumen (3BA y 6Ex), otros ocho clones que proceden de la colección existente en el CIFOR-INIA y se completó el grupo de clones estudiados con los clones de *P. alba* cv. *bolleana* "GAUJARD" y "RAKET" de amplia utilización comercial por su valor ornamental. Éste último se había instalado en la finca "La Alfranca" (Zaragoza) afectada por problemas de salinidad (RAKET-ALF), siendo el único que sobrevivió en tales condiciones, por ello se ha decidido considerarlo separadamente del material procedente del SIA. De la colección del CIFOR-INIA se seleccionaron individuos con buenos resultados de crecimiento y forma en vivero, así se recogió material de clones procedentes de diferentes ríos: Ebro (2-B-23) y Gállego (14-MÑ-13, 15-MÑ-5; 16-MÑ-5) en Zaragoza; Guadalquivir (1-GU-2, 9-PO-2, 9-PO-12) en Jaén y Almanzora (19-S-16) en Almería.

Propagación: Se utilizaron estaquillas lignificadas de 20 a 25 cm y 1,5-2 cm de diámetro, siempre de brotes de 1 año. Se sumergieron en agua durante 24 horas antes de la instalación, añadiendo ácido indolbutírico (AIB) en concentración 200 ppm, con el fin de favorecer el

enraizamiento de *P. alba* L. (SABATTI, 1993). La instalación de las estaquillas se realizó el 29/03/95 en envases de plástico formados por 4 alveolos de 6x8x30cm, y se mantuvieron durante tres meses (29/06/95) hasta la aplicación de los tratamientos. El substrato era arena lavada de río y se desarrollaron en umbráculo para evitar las oscilaciones climáticas y edáficas (ZABIELSKI, 1978).

Tratamientos : Los dos tratamientos y el control se describen en la Tabla nº2, en la que se indica las conductividades eléctricas (CE_s) alcanzadas por la disolución de NaCl y $CaCl_2$ (5:1 molar), y del control. Además se aportan los datos del contenido en diversos elementos nutritivos contenidos en el agua de riego y en la solución nutritiva. La concentración de los diversos elementos añadidos en la solución nutritiva, se estableció para evitar cualquier carencia que pudiera enmascarar el comportamiento de los clones respecto a salinidad, y así como los aportes de Ca y Mg en el agua de riego fueron suficientes, se añadió N en forma de NO_3^- y NH_4^+ , para evitar cualquier efecto sobre el crecimiento (BOTELLA et al. 1994).

La aplicación de los distintos tratamientos se realizó a través del agua de riego, sumergiendo los envases a su vez en unas cubetas (25x30x120 cm) tres veces por semana, durante 3 horas. El período de tiempo durante el que las plantas fueron sometidas a estrés salino, fue de 70 días. Se estableció, inicialmente, un período de aclimatación a la salinidad para evitar un posible choque osmótico. Su duración fue de tres semanas durante las cuales se iba incrementando, semanalmente, 1/3 el valor de las CE_s definitivas. Las CE_s empleadas se fijaron en función de la concentración de NaCl en el agua del suelo para observar quemadura o necrosis foliar, es decir, el valor umbral a partir del cual se aprecia el daño producido por la sal. Para *P. alba* L., el rango se sitúa alrededor de 7-10g /l de NaCl (Van den BURG, 1991), equivalentes a unos 14 dS/m.

La temperatura y humedad relativa medias del umbráculo durante el ensayo osciló entre 20-30°C y 60-90 % , respectivamente.

Toma de datos: El crecimiento de cada planta, durante el período de estrés, se obtuvo midiendo la longitud del tallo antes y después de los 70 días de tratamiento salino. En los casos en que la estaquilla tenía más de un brote, se sumaron las longitudes de cada uno (PADRÓ y FELIPE, 1984). También se realizaron sucesivos controles sobre la supervivencia y observaciones sobre la aptitud del rebrote foliar y otros aspectos sobre la respuesta de la planta a los niveles de CE a los que fueron sometidos.

La clasificación de los distintos clones se ha llevado a cabo a través de los criterios: supervivencia (s), considerando como clon resistente (R) o susceptible (S), para una dosis determinada, si el porcentaje de plantas vivas al finalizar el tratamiento es mayor o menor al 50% respectivamente; capacidad de rebrote foliar (r); y crecimiento relativo (Δh_r), es decir, el porcentaje del crecimiento de las plantas regadas con solución salina respecto al crecimiento de las plantas testigo, corregido mediante un factor para homogeneizar la longitud de los tallos antes de aplicar la sal .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 aparecen los resultados de supervivencia de los clones estudiados. Para el primer tratamiento (7,89 dS/m) según el criterio aplicado se establece una diferencia clara entre los clones autóctonos, que se definen en general como resistentes, a excepción del clon 15-MÑ-5, y los introducidos definidos como susceptibles. RAKET-ALF triplicó su supervivencia en relación al mismo clon RAKET procedente del SIA, indicando un posible efecto de endurecimiento como apuntó GOREV, 1954 (En STROGONOV, 1964), al pretratar púas de vid con una solución salina que incrementó la supervivencia de las vides injertadas en suelos salinos. Para el segundo tratamiento (14,15 dS/m) se incorporan a la relación de clones

susceptibles 14-MÑ-13, 16MÑ-5y 19-S-16 quedando seleccionados por el carácter supervivencia los clones 9-PO-2, 9-PO-12, 2-B-23, 1-GU-2, 6Ex y 3Ba. Los clones 2-B-23 de la Alfranca en el Ebro, y 6Ex y 3Ba de las riberas del Flumen, proceden de zonas con ciertos niveles de salinidad.

El Δh_r de los clones puede observarse en la Tabla nº 3. Los clones GAUJARD, RAKET no toleraron los niveles salinos empleados. Los crecimientos alcanzados por los clones definidos como susceptibles por su escasa supervivencia en el tratamiento 1, RAKET-ALF y 15-MÑ-5, han obtenido, comparativamente, más del 80 % del crecimiento obtenido en el testigo. En cambio, dentro del grupo identificado como resistente, se presenta un rango de crecimiento relativo respecto al testigo de 47.4% para el clon 19-S-16, al 163.8% para 9-PO-2. Excepcionalmente los clones 9-PO-2 y 1-GU-2 han alcanzado unos crecimientos mayores que los testigos. Para el tratamiento 2, los clones determinados como susceptibles presentan un crecimiento muy variable, y los determinados como resistentes presentan un rango del 21.8 % en el clon 3Ba, al 143,2 % en el clon 9-PO-2. Estos resultados de crecimiento parecen indicar una baja correlación entre la tolerancia definida por el porcentaje de supervivencia y los crecimientos alcanzados durante la aplicación del tratamiento.

Respecto a la capacidad de rebrote, observada durante el desarrollo del ensayo, aparece indistintamente entre el material denominado como resistente o susceptible y entre los que tienen crecimientos similares, sin definirse claramente.

Es destacable los resultados obtenidos por el clon 9-PO-2 en los aspectos estudiados en este ensayo preliminar, siendo un clon a considerar en futuros trabajos.

El daño originado por la sal en las plantas se presenta inicialmente en las típicas quemaduras foliares. Al final del período de estrés se presentaron tres tipos de respuesta foliar a la sal: 1) escasa quemadura foliar y abscisión parcial, sin rebrote (9-PO-2, 1-GU-2, 6 Ex, 3Ba, 19-S-16, 15-MÑ5); 2) quemadura foliar y abscisión parcial con rebrote (9-PO-12, 2-B-23, 14-MÑ,13, 16-MÑ-5, RAKET) y 3) abscisión total.(GAUJARD). La capacidad de despojarse de las hojas y producirlas de nuevo, observada en algunos clones (Tabla nº 1), parece un mecanismo de evitación de la sal (ALLEN et al., 1994). Los clones que no rebrotan, manteniendo sus hojas verdes, serían los verdaderamente tolerantes a la salinidad (ALLEN et al., 1994). La respuesta intermedia se caracteriza por la formación de un “penacho” terminal de hojas, similar a la mostrada por *Quercus robur* L., que presenta dos “rosetas” foliares unidas por un tallo desnudo (STROGONOV y SILKIN, 1960 en STROGONOV, 1964). Por último, el clon GAUJARD sería el más sensible, secándose todas sus hojas.

CONCLUSIONES

La variación observada respecto al carácter supervivencia entre los clones autóctonos y los introducidos, nos señalan la importancia, una vez más, de completar las prospecciones y de realizar ensayos sobre el material autóctono disponible en las colecciones cuando queremos seleccionar sobre caracteres adaptativos, como es en este caso la resistencia a la salinidad. Los clones procedentes de la colección del CIFOR-INIA, inicialmente elegidos para el ensayo por su crecimiento y forma, han proporcionado la suficiente variación en cuanto a la resistencia.

Parece existir cierta correlación entre procedencia y resistencia así los clones MÑ's, procedentes de la misma zona, son menos resistentes que los procedentes del Flumen (6 Ex y 3Ba) y los procedentes del Guadalquivir (PO's y GU's).

Para evaluar la importancia de la capacidad de rebrote sería de interés el aumentar a por lo menos dos periodos vegetativos el ensayo.

Aunque es conocida la resistencia a la salinidad de *P. alba* L., ensayos de este tipo para clasificación de clones no se habían realizado con anterioridad, quedando patente la variación existente en esta especie para el carácter de resistencia a la salinidad en el material autóctono.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha materializado gracias al Proyecto INIA 9564: "Mejora Genética del Género *Populus*", desarrollado en la URF del SIA-DGA. Agradecemos su colaboración a la unidad de Suelos y Riegos (SIA-DGA) y al Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC).

BIBLIOGRAFÍA

ALBA, N. 1992. Mejora genética de *Populus alba* L. En: El cultivo de álamos y sauces, complemento de la agricultura. Actas de la 19ª sesión de la Comisión Internacional del Álamo (IPC). Vol. II: 157-168. Zaragoza, 22-25 Septiembre.

ALLEN, J.A.; CHAMBERS, J.L. y STINE, M. 1994. Prospects for increasing the salt tolerance of forest trees: a review. *Tree Physiology*, 14: 843-853.

BOTELLA, M.A.; CERDÁ, A. y LIPS, S.H. 1994. Kinetics of NO_3^- and NH_4^+ uptake by wheat seedlings. Effect of salinity and nitrogen source. *Journal of Plant Physiology*, 144: 53-57.

DICKSON, R.E. y ISEBRANDS, J.G. 1991. Leaves as regulators of stress response. En: Response of plants to multiple stresses. Ed. Mooney, H.A.; Winner, W.E. y Pell, E.J. Academic Press.

GILL, H.S. y ABROL, I.P. 1991. Salt affected soils, their afforestation and its ameliorating influence. *The International Tree Crops Journal*, 6: 239-260.

GORHAM, J. y BRIDGES, J. 1995. Effects of calcium on growth and leaf ion concentrations of *Gossypium hirsutum* grown in saline hydroponic culture. *Plant and Soil*, 176: 219-227.

HERRERO, J. y ARAGÜÉS, R. 1988. Suelos afectados por salinidad en Aragón. *Surcos de Aragón*, 9: 5-10.

MARCAR, N.E.; BANKS, J.C.G.; CRAWFORD, D.F. y PRYOR, L.D. 1995. Salt tolerance of some poplar clones: a preliminary experiment. International Poplar Symposium. University of Washington. Seattle.WA.USA.August 20-25.

PADRÓ, A. y FELIPE, A., 1984. Enraizamiento de estaquillas de clones de chopo. Influencia de las épocas de plantación y de la aplicación de fitohormonas. *ITEA*, 57: 55-64.

PADRÓ, A. 1992. Clones de chopo para el Valle Medio del Ebro. Ed. Diputación General de Aragón. Dpto. Agricultura, Ganadería y Montes. Dir. Gen. Invest. y Tecnol. Agraria. España.

SABATTI, M. 1993. Ecologia genetica in popolazioni naturali di *Populus alba* L.: productivité, fenologia e efficienza di uso idrico. Dottorato di Ricerca in Ecologia Forestale. Università degli Studi di Padova. Italia.

STROGONOV, B.P. 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants. Ed. Poljakoff-Mayber, A. y Mayer, A.M. Israel Program for Scientific Translations Ltd. Jerusalem.

Van den BURG, J. 1991. Zouttolerantie van populieren en wilgen. En: *De-icing salt damage to trees and shrubs*. Dobson, M.C. Forestry Commission Bulletin no. 101, pp.:1-6. United Kingdom.

Van der MOEZEL, P.G. y BELL, D.T. 1987. Comparative seedling salt tolerance of several *Eucalyptus* and *Melaleuca* species from Western Australia. *Australian Journal of Forest Research*, 17: 151-158.

WEST, D.W. 1986. Stress physiology in trees-Salinity. *Acta Horticulturae*, 175: 321-332.

ZABIELSKI, S. 1978. Recherches sur la résistance de divers clones de peuplier à la salure. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*. Etudes sur le peuplier. Tome 18: 245-261.

Clones	Procedencia	r	Testigo		Tratamiento 1			Tratamiento 2		
			n	% s	n	% s	T	n	% s	T
9-PO-2	Guadalquivir (Jaén)	no	11	100	12	100	R	15	100	R
9-PO-12	"	sí	12	100	13	84,6	R	12	100	R
2-B-23	Ebro (Zaragoza)	sí	10	100	9	100	R	11	90,9	R
1-GU-2	Guadalquivir (Jaén)	no	10	100	9	100	R	10	90	R
6Ex	Flumen (Huesca)	no	7	100	7	100	R	7	85,7	R
3Ba	"	no	10	90	9	77,8	R	9	66,7	R
14-MÑ-13	Gállego (Zaragoza)	sí	9	100	13	76,9	R	10	20	S
16-MÑ-5	"	sí	11	100	11	54,5	R	10	10	S
19-S-16	Almanzora (Almería)	sí	11	100	10	50	R	10	0	S
RAK-ALF	"La Alfranca" (Zaragoza)	no	8	100	9	33,3	S	9	0	S
15-MÑ-5	Gállego (Zaragoza)	no	12	100	12	25	S	12	0	S
RAKET	Colección SIA(Aragón)	sí	8	100	10	10	S	9	0	S
GAUJARD	"	no	8	87,5	9	0	S	7	0	S

Tabla nº 1. Procedencia, capacidad de rebrote (r), número de estaquillas (n) y porcentaje de supervivencia (s) de 13 clones de *P. alba* L. al ser tratados con las soluciones 0x, 1x y 2x. Se clasifican respecto a la tolerancia (T) a la salinidad como resistentes (R) y susceptibles (S).

Soluciones de riego	Tratamientos		NaCl (mmol/l)		CaCl ₂ (mmol/l)		CE* (m+dt)	
	Testigo		-		-		1,24±0,09	
	Tratamiento 1		50		18		7,89±0,41	
	Tratamiento 2		100		36		14,15±0,67	

Agua riego	pH	CE*	R.S.	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
	7,91	0,607	368	152,5	130	3,9	25	86,6	10,7	15	5

Solución nutritiva	pH	N	P	K	Mn	B	Mo	Zn	Cu
	4,5	56	16	44	0,25	4,5	0,05	0,05	0,05

Tabla nº 2. Características del agua de riego, solución nutritiva y soluciones de riego. Las concentraciones iónicas y el residuo seco se expresan en mg/l.* Media y desviación típica de la CE en dS/m.

CLONES	Testigo		Tratamiento 1			Tratamiento 2		
	h	Δh	h	Δh	Δh _r	h	Δh	Δh _r
9-PO-2	89,5	32,0	84,3	40,2	163,8	67,4	29,9	143,2
9-PO-12	117,6	68,3	114,3	44,3	45,7	81,2	28,9	39,8
2-B-23	112,3	59,3	84,2	35,8	66,1	76,1	19,0	29,7
1-GU-2	107,1	47,8	88,3	41,8	111,4	75,1	14,7	30,2
6Ex	86,3	49,7	61,9	24,4	47,9	50,2	14,7	30,5
3Ba	108,9	66,1	71,4	30,4	48,0	76,0	19,2	21,8
14-MÑ-13	123,8	59,7	106,1	45,6	80,9	94,5	4,5	5,3
16-MÑ-5	143,3	73,1	83,5	29,3	51,9	69,0	25,0	54,5
19-S-16	129,2	78,4	112,2	47,4	47,4	*	*	*
RAK-ALF	117,5	76,5	66,3	41,0	86,8	*	*	*
15-MÑ-5	119,1	66,8	101,7	52,0	81,8	*	*	*
RAKET	105,6	57,6	27,0	**	**	*	*	*
GAUJARD	85,1	44,6	*	*	*	*	*	*

Tabla nº 3. Media de la altura final (h) y del crecimiento (Δh) de las plantas sometidas a los tratamientos. Se midió la longitud de los tallos (cm) antes y después de los 70 días de riego salino. Se estimó el crecimiento relativo (Δh_r) según la ecuación indicada anteriormente. *No toleraron tratamiento, **altura final inferior a inicial porque se secó y rebrotó.