



## **CRECIMIENTO DE CLONES DE ÁLAMO EN SUELOS SALINOS DEL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN**

**Thomas, E.<sup>1\*</sup>, Lupi, A.M.<sup>2</sup>, Del Brio, D.<sup>1</sup>, Asencio, V.<sup>1</sup>, Ponce, V.<sup>1</sup>, Ortiz, S.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INTA, EEA Alto Valle de Río Negro, Ctte Guerrico, Río Negro, Argentina; <sup>2</sup> Instituto de Suelos, CIRN - INTA Castelar Los Reseros y Las Cabañas s/n CC25, Villa Udaondo, Castelar, Buenos Aires, Argentina. \* [thomas.esteban@inta.gob.ar](mailto:thomas.esteban@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

En el Alto Valle de Río Negro y Neuquén la actividad foresto-industrial es una alternativa productiva que utiliza distintos genotipos de álamos y sauces para la implantación de cortinas rompevientos y de forestaciones en macizo. En esta región los suelos son de origen aluvial y presentan una heterogeneidad horizontal muy marcada, ya sea por la disponibilidad de nutrientes o alcalinidad, pudiendo afectar el crecimiento de los distintos genotipos de álamos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento inicial en diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (Ht) a los 3 y 5 años de edad, de tres clones de álamo (Conti 12, Guardi y Blanc de Garonne) en suelos salinos del Alto Valle. Además, se realizaron análisis de muestras de suelo para caracterizar el mismo. Se observaron diferencias significativas en el incremento del DAP y de la Ht entre los clones. A los 3 y 5 años de edad, el DAP medio del clon Guardi fue significativamente mayor al del clon Conti 12, y también fue mayor al de Blanc de Garonne a los 5 años de edad. La Ht media de Guardi y Blanc de Garonne fueron significativamente mayores que la de Conti 12 para ambas edades. Los crecimientos registrados son comparables a los obtenidos en otros sitios de la región con suelos no salinos o ligeramente salinos. El clon Guardi mostró el mayor crecimiento, alcanzando una altura total media de 10,7 m y un DAP medio de 19,9 cm a los 5 años de edad. El clon Conti 12 mostró la menor performance en comparación a los otros dos clones y fue afectado significativamente por el pH.

**PALABRAS CLAVE:** *Populus*, alcalinidad, Patagonia Norte

### **INTRODUCCION**

En la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén existe una disponibilidad de recursos (radiación y temperatura) que sumado al agua de riego de buena calidad definen un ambiente de alto potencial productivo (AAPRESID, 2020). La actividad foresto-industrial es una alternativa productiva regional, utilizándose álamos (*Populus* spp.) y sauces (*Salix* spp.) para el establecimiento de cortinas rompevientos con el fin de proteger diferentes cultivos (frutícolas, hortícolas, forrajeros) y para la implantación de forestaciones en macizo destinadas a la producción de madera de calidad. La madera de estas especies es utilizada por las industrias del aserrado y debobinado, y un porcentaje por la industria celulósica (García y Serventi, 2006; Thomas y Garcés, 2014). Los álamos tienen gran facilidad para formar híbridos entre especies del mismo género, y es posible obtener clones de esos híbridos, algunos de los cuales han sido seleccionados y mejorados para la región del Delta donde se concentra el cultivo de esta especie en Argentina. A partir del mejoramiento genético puede lograrse la adaptación a diferentes ambientes, mayor productividad y reducción del turno de corta, como así también, mejorar la calidad del producto entre otros aspectos. Además del componente genético, el suelo es un factor que incide en el comportamiento y crecimiento de los árboles, principalmente cuando se introducen en un nuevo hábitat. En el Alto Valle los suelos de origen aluvial presentan una heterogeneidad horizontal muy marcada lo cual

complejiza la implementación de estrategias de manejo uniforme a nivel de lote. La variabilidad, ya sea por disponibilidad de nutrientes o alcalinidad, puede afectar de manera diferencial el crecimiento de los distintos genotipos. En salicáceas, las diferencias entre clones de una misma especie se manifiestan por variaciones en sus requerimientos ambientales (FAO, 1980), lo cual influye sobre la cantidad y calidad de la madera producida. Existen escasos antecedentes locales en relación al comportamiento de clones de álamo y la potencialidad que puede representar cada genotipo según el ambiente donde se cultiva. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento inicial de tres clones de álamos en suelos salinos del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en septiembre de 2018 en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Ing. Agr. Carlos H. Casamiquela, ubicada en Contralmirante Guerrico, Allen, Provincia de Río Negro, Argentina. El clima es mesotermal, sin exceso de agua, xerofítico seco (Papadakis, 1980). Holzmann (2023) describe a la región con un clima continental muy seco, no excediendo en promedio los 200 mm anuales de precipitación, siendo otoño y primavera las estaciones más lluviosas. La temperatura media anual es de 14°C, la temperatura media del mes más caluroso (enero) es de 22°C y la del mes más frío (julio), de 5,5°C. En el área experimental el suelo es un Humacuepte cumulico, de naturaleza aluvial, salino-sódicos (Holzmann, 2023). En cuanto al riego se clasificó como Clase A2sd con limitaciones por presencia de un PSI del 6%, superando el 15% a partir de los 20 cm de profundidad, con abundantes carbonatos libres dispersos en la masa y en pocos casos 2 dS/m de salinidad. Las texturas varían entre franco limosa, franco arcillo limosa y arcillo limosa, lo que genera un mayor impedimento en el drenaje, aunque por lo general desde los 50 cm de profundidad se pueden encontrar capas de materiales finos mezclados con rodados fluviales que facilitan el drenaje natural. El cuadro (lote) donde se implantó el ensayo estuvo más de 15 años sin cultivarse, por lo cual no se realizaron riegos. Debido a ello y a la dinámica de la napa freática, la salinidad del suelo se fue incrementando a través de los años.

En este ensayo se evaluaron tres clones de álamo: 1) híbrido euroamericano Conti 12 (*Populus x canadensis* 'Conti 12'), 2) híbrido euroamericano Guardi (*Populus x canadensis* 'Guardi') y 3) álamo Blanc de Garonne -BG en adelante- (*Populus nigra* 'Jean Pourtet'). Se implantaron seis filas con un distanciamiento de 8x3 m en un sector con suelos salinos, tres de las cuales en forma intercalada con individuos de álamos Conti 12 y BG, y las restantes en forma intercalada con individuos de Guardi y BG. Se utilizaron guías (varillones) de aproximadamente 2,5-3,0 m de longitud, implantadas a 60-70 cm de profundidad realizando los hoyos con barreta hidráulica (Cancio y Thomas, 2011).

Inmediatamente posterior a la plantación se extrajeron 30 muestras de suelo de las profundidades 0-30 cm y 30-60 cm, ubicados de manera equidistante dentro de las filas de árboles. En el Laboratorio de Agua y Suelo para la Sustentabilidad Productiva y Ambiental (LASSPA INTA) se realizaron las siguientes determinaciones: Textura (Método de Bouyoucos), pH hidrolítico (suelo:agua 1:2,5), pH actual (suelo:solución de CaCl<sub>2</sub>), Conductividad Eléctrica (CE), Relación de Absorción de Sodio (RAS), sales disueltas, y contenido de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> (mEq l<sup>-1</sup>). Durante el invierno de los años 2021 y 2023 (a los 3 y 5 años de edad respectivamente) se realizaron las mediciones de DAP con cinta diamétrica y Ht con clinómetro de todos los individuos. Con estas variables se calculó el Índice de Productividad (IP) = Ht x DAP<sup>2</sup> como una medida para indicar el volumen.

Para el análisis estadístico, en primer lugar, se verificó si se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad de las variables DAP, Ht e IP. Luego se compararon las medias mediante pruebas ANOVA en caso de cumplirse los supuestos, o caso contrario mediante pruebas no paramétricas (Kuskal Wallis). Además, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables de crecimiento y de suelo, por un lado para todos los clones de álamos juntos, y por otro lado para cada uno de los clones por separado.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de suelos extraídas de las profundidades 0-30 cm y 30-60 cm. La composición textural superficial (0-30 cm), obtenida a partir de 5 muestras tomadas en una diagonal cruzando el área experimental, fue arenoso franco. Los umbrales actuales para definir salinidad y sodicidad en los suelos refieren a que cuando la CE es  $>4 \text{ dS m}^{-1}$  y el pH es  $<8,5$  el suelo es salino; si el RAS es  $>13$  el suelo es sódico (Soil Science Society of America, 2001). El valor promedio de CE fue de  $4,83 \text{ dS m}^{-1}$ , clasificándose dentro del rango de salinidad media ( $4 \text{ a } 8 \text{ dS m}^{-1}$ ), con sectores sin salinidad y con sectores de alta salinidad. El valor promedio de sales disueltas fue de  $3.088,6 \text{ ppm}$ . El valor promedio de RAS fue de  $10,4$  ( $82,6 \text{ mEq l}^{-1}$  de  $\text{Na}^+$ ), aunque se detectaron sectores con valores de RAS que indican la presencia de sodicidad. De aquí se desprende que la complejidad de estos ambientes, donde pueden presentarse sectores con diferentes niveles de limitantes, y el manejo del área tomando como referencia los valores promedio de los indicadores de suelo, podrían llevar a la elección de genotipos no adecuados.

Tabla 1: Valores promedio y de dispersión de diferentes indicadores de suelo para las profundidades 0-30 cm y 30-60 cm.

	Profundidad 0-30 cm							Profundidad 30-60 cm						
	pH actual	pH	CE	Na	K	Ca + Mg	RAS	pH actual	pH	CE	Na	K	Ca + Mg	RAS
			$\text{dS m}^{-1}$		$\text{mEq l}^{-1}$					$\text{dS m}^{-1}$		$\text{mEq l}^{-1}$		
Media	7,73	7,74	4,83	37,70	0,71	28,56	10,43	7,81	7,92	3,46	26,57	0,31	11,91	13,21
DE	0,09	0,26	1,64	19,71	0,27	8,35	5,58	0,09	0,20	1,85	19,71	0,15	9,05	6,39
CV (%)	1,23	3,3	34,05	52,27	37,69	29,24	52,51	1,15	2,52	53,27	74,20	48,43	76,05	48,34
Min	7,47	7,25	2,02	8,99	0,37	5,39	2,30	7,61	7,60	1,35	6,90	0,10	2,88	2,78
Max	7,95	8,29	8,54	76,83	1,51	41,48	21,72	7,95	8,46	7,07	64,30	0,56	33,85	29,20

CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de sodio

En cuanto al crecimiento de los clones, en ambos momentos de medición se observaron diferencias significativas en el DAP y la Ht entre los genotipos (Tabla 2). A los 3 y 5 años de edad, el promedio de DAP del clon Guardi fue significativamente mayor al del clon Conti 12. El promedio de DAP de Guardi también fue mayor al de BG a los 5 años de edad. En cuanto a la Ht, el promedio de Guardi y BG fueron significativamente mayores que el de Conti 12. Para ambas edades el IP fue mayor en Guardi, intermedio en BG y menor en Conti 12.

Tabla 2: Comparación de DAP, Ht e IP entre los clones de álamo a los 3 y 5 años de edad.

	Conti 12	BG	Guardi
DAP (cm)			
DAP 3 años	12,2 $\pm$ 3,03 a	13,5 $\pm$ 3,07 b	14,2 $\pm$ 2,69 b
DAP 5 años	18,1 $\pm$ 3,87 a	19,0 $\pm$ 3,89 a	20,3 $\pm$ 3,29 b
$\Delta$ DAP	5,9	5,5	6,1
Altura total (m)			
Ht 3 años	6,9 $\pm$ 0,86 a	7,8 $\pm$ 1,02 b	8,6 $\pm$ 0,97 c
Ht 5 años	9,5 $\pm$ 1,20 a	10,4 $\pm$ 1,30 b	11,0 $\pm$ 1,01 c
$\Delta$ Ht	2,6	2,6	2,4
IP			
IP 3 años	0,11 $\pm$ 0,05 a	0,14 $\pm$ 0,06 b	0,18 $\pm$ 0,06 c
IP 5 años	0,33 $\pm$ 0,13 a	0,38 $\pm$ 0,15 a	0,46 $\pm$ 0,14 b
$\Delta$ IP	0,22	0,24	0,28

$\Delta$ : variación de crecimiento de DAP, Ht e IP entre el año 3 y el año 5. El valor posterior a  $\pm$  es el SD: desvío estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas.

En la Tabla 3 se muestran los coeficientes de correlación para el IP versus las variables de suelo en el estrato de profundidad de 0-30 cm para las dos edades. Se observó que las correlaciones fueron bajas, lo cual indica que no existe una asociación lineal entre las variables de suelo y el IP. Para el conjunto de los clones se observó una correlación débil positiva ( $p < 0,05$ ) entre la CE y las concentraciones de Ca+Mg con el IP. Esto indica que a medida que aumentan los valores de estas variables edáficas aumenta el IP. Al analizar cada clon por separado, se observó que el IP de Guardi y BG se asoció significativamente con la CE, la concentración de sales y el Na<sup>+</sup> del suelo. El IP de Conti 12 no se relacionó con ninguna variable; es decir que no fue sensible a los indicadores edáficos relacionados con la alcalinidad. Sin embargo, a los 5 años este clon mostró una asociación moderada inversa ( $r = -0,5$ ;  $p < 0,05$ ) entre IP y la concentración de K, indicando que a medida que aumentó los niveles de K disminuyó el IP.

Tabla 3: Coeficientes de correlación entre el IP versus las variables edáficas en el estrato de profundidad de 0-30 cm.

	BG		Conti 12		Guardi		Todos	
	Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value
3 años								
pH actual	-0,16	ns	0,18	ns	-0,24	ns	-0,20	*
CE	0,30	**	0,34	ns	0,37	*	0,24	**
Sales	0,30	**	0,34	ns	0,37	*	0,24	**
pH	-0,02	ns	0,03	ns	0,17	ns	0,00	ns
Na	0,22	*	0,31	ns	0,38	*	0,17	ns
K	0,14	ns	-0,10	ns	0,36	*	0,12	ns
Ca y Mg	0,22	ns	0,24	ns	0,19	ns	0,24	**
RAS	0,16	ns	0,23	ns	0,30	ns	0,08	ns
5 años								
pH actual	-0,03	ns	0,32	ns	0,10	ns	-0,03	ns
CE	0,19	ns	0,27	ns	0,10	ns	0,12	ns
sales	0,19	ns	0,28	ns	0,09	ns	0,12	ns
pH	0,08	ns	0,14	ns	0,35	ns	0,12	ns
Na	0,02	ns	0,25	ns	0,17	ns	0,10	ns
K	0,05	ns	-0,52	**	0,11	ns	-0,01	ns
Ca y Mg	0,11	ns	0,17	ns	0,00	ns	0,14	ns
RAS	0,11	ns	0,27	ns	0,22	ns	-0,02	ns

En el estrato de profundidad 30-60 cm, a los 3 años de edad, se halló que el IP de los tres clones fue afectado de manera significativa por el pH ( $r = -0,21$ ) y el RAS ( $r = -0,25$ ). A los 5 años de edad el IP del clon Conti 12 disminuyó significativamente con los aumentos en el pH del suelo ( $r = -0,54$ ).

Tabla 4: Coeficientes de correlación entre el IP versus las variables edáficas en el estrato de profundidad de 30-60 cm.

Clon	BG		Conti 12		Guardi		Todos	
	Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value
3 años								
pH actual	-0,12	ns	-0,31	ns	-0,19	ns	-0,21	*
CE	0,16	ns	0,12	ns	0,04	ns	-0,06	ns
sales	0,16	ns	0,12	ns	0,04	ns	-0,06	ns
pH	-0,11	ns	-0,38	ns	0,16	ns	-0,06	ns

Na	0,16	ns	0,10	ns	0,08	ns	-0,05	ns
K	0,09	ns	0,07	ns	0,01	ns	-0,05	ns
Ca y Mg	0-23	ns	0,14	ns	0,16	ns	0,06	ns
RAS	-0,14	ns	-0,19	ns	-0,21	ns	-0,25	**
5 años								
pH actual	-0,05	ns	-0,54	*	-0,14	ns	-0,16	ns
CE	-0,13	ns	0,18	ns	-0,04	ns	-0,05	ns
sales	-0,13	ns	0,18	ns	-0,04	ns	-0,05	ns
pH	0,04	ns	-0,54	*	0,09	ns	-0,05	ns
Na	0,13	ns	0,20	ns	0,00	ns	-0,05	ns
K	0,02	ns	0,30	ns	-0,16	ns	-0,09	ns
Ca y Mg	-0,20	ns	0,07	ns	-0,04	ns	0,03	ns
RAS	0,17	ns	0,05	ns	-0,21	ns	-0,23	*

La presencia de sales solubles eleva el componente osmótico del potencial agua de los suelos, disminuyendo la disponibilidad del agua para las plantas y afectando su crecimiento. La tolerancia a las sales es la capacidad que tiene una planta de mantener los principales procesos fisiológicos, especialmente el crecimiento en un medio salino. En este caso, el clon Conti 12 es el más sensible y de menor tolerancia a la salinidad, posiblemente debido a la menor capacidad para regular la absorción selectiva y la acumulación de iones. La influencia del Na<sup>+</sup> sobre las plantas se debe a los cambios en las propiedades del suelo. La presencia de altos niveles de Na<sup>+</sup> genera procesos de hinchamiento y dispersión de las arcillas afectando el movimiento del agua en el suelo. El riego juega un papel importante en la relación entre la salinidad, la sodicidad y las propiedades físicas del suelo. El agua de riego puede desplazar las sales fuera de la zona de la raíz, pero no puede reducir el Na<sup>+</sup> unido a la matriz del suelo que genera la dispersión de las partículas del suelo. Salehi et al. (2022) compararon el crecimiento del álamo 62/154 (*Populus nigra* '62/154') en un suelo de textura franco arcillosa con dos niveles de salinidad. El incremento medio anual volumétrico (IMA Vol) disminuyó de 33,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a 13,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> cuando la CE del suelo aumentó de 1,33 dS m<sup>-1</sup> a 4,83 dS m<sup>-1</sup>. En nuestro ensayo, si bien el valor promedio de la CE de las muestras de suelo fue de 4,83 dS m<sup>-1</sup>, con variaciones de 1,35 a 8,54 dS m<sup>-1</sup> en 0-60 cm, la aplicación de agua de riego por manto con frecuencia quincenal (14 riegos por temporada de crecimiento) permitió un muy buen crecimiento de los tres clones, con incrementos medios anuales de DAP (IMA DAP) de 3,4 a 4,0 cm año<sup>-1</sup> (Conti 12 < BG < Guardi) a los 5 años de edad. El IMA DAP de Conti 12 a los 5 años (3,4 cm año<sup>-1</sup>) es similar al obtenido en un ensayo implantado en 2008 en Pomona (Río Negro), en un sitio con suelo franco arenoso no salino (3,3 cm año<sup>-1</sup>) a los 4 años de edad (Thomas y Garcés, 2014). El IMA DAP de Guardi hallado en nuestro ensayo (4,0 cm año<sup>-1</sup>) es algo superior al obtenido por Thomas et al. (2017) a los 6 años de edad (3,2 cm año<sup>-1</sup>) en una parcela agroforestal instalada en J.J.Gómez, Gral. Roca (Río Negro) en un suelo de textura franco limoso, ligeramente salino. Por lo tanto, a pesar de la salinidad de los suelos del presente ensayo, se observa un buen crecimiento promedio de estos tres clones de álamo.

## CONCLUSIONES

A los 3 y 5 años de edad el clon Guardi mostró un crecimiento significativamente mayor a Blanc de Garonne y Conti 12. A los 5 años de edad el clon Guardi logró una altura total de 10,7 m y un DAP de 19,9 cm. El clon Conti 12 fue el que mostró la menor performance en comparación a los otros dos clones. A los 5 años de edad el IP del clon Conti 12 fue afectado significativamente por el pH del suelo

## BIBLIOGRAFIA

- AAPRESID. (2020). Informe integrador Chacra VINPA. <https://www.aapresid.org.ar/blog/integrador-vinpa>
- FAO 1980. Los álamos y los sauces. Colección FAO: Montes N° 10. Roma. 349 pp.
- García J.; Serventi N. (2006). Situación actual y perspectivas del cultivo de Salicáceas bajo riego en Patagonia. Disertación. Jornadas de Salicáceas 2006. Buenos Aires, 28 a 30 de septiembre de 2006.
- Holzmann, R. (2023). Los suelos del Alto Valle Compendio de estudios previos y propuestas de manejo a partir de su análisis. Documentos Institucionales. Ediciones INTA- 54 pp.
- Papadakis, J. (1980). *El clima*. Ed. Albatros. Buenos Aires. 277 pp.
- Salehi, A.; Calagari, M.; Ahmadloo, F.; Sayadi, M.H.J.; Tafazoli, M. (2022). Productivity of *Populus nigra* L. in two different soils over five rotations. *Acta Ecol Sin.* 42(4):332–337. doi:10.1016/j.chnaes.
- Thomas, E.; Garcés A. (2014). Evaluación del crecimiento inicial de clones de álamo en el norte de la Patagonia. *Revista de la facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*. Vol. 46 (1): 241-246. ISSN (impreso) 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.
- Thomas E.; Cancio H.; Ortiz S.; Menni F. (2017). Influencia de los cultivos agrícolas consociados sobre el crecimiento de álamos en sistemas agroforestales bajo riego. V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, República de Chile, 13 al 17 de noviembre de 2017.