

EVALUACIÓN DE ENSAYOS DE INTRODUCCIÓN DE ALAMOS EN DOS ZONAS AGROCLIMATICAS DE LA REGION DE AYSÉN

Riquelme, Francisca¹; Salinas, Jaime²;
Gutiérrez, Braulio³ y Pinilla, Juan Carlos⁴

RESUMEN

La incorporación de especies del género *Populus* resistentes a frío se presenta como una oportunidad para la diversificación forestal regional, a través de plantaciones dendroenergéticas que aporten a disminuir la polución ambiental con la adecuada utilización de biomasa forestal. En el marco de un proyecto de innovación para la competitividad que ejecutó el Instituto Forestal (INFOR) en el año 2011 fueron probados clones de álamos con este fin en la región.

El material genético para estos efectos fue obtenido de fuentes regionales y nacionales, y fueron establecidos dos ensayos en situaciones agroclimáticas contrastantes. El sitio Viviana Norte (VN) fue plantado en el año 2013 y el sitio Valle Simpson (VS), en el año 2012. En estos ensayos se evaluó el desempeño de 20 y 19 clones de álamo, respectivamente.

Después de cinco años de crecimiento en el sitio VN, los clones *Cima 2* y *NM6* presentaron los mejores desempeños, con promedios en diámetro a la altura del pecho (DAP) de 3,5 y 3,2 cm, en altura de 4,18 y 4,10 m, en supervivencia 96% y en productividad de 5.120 y 4.277 cm³, respectivamente. En el sitio VS después de siete años de crecimiento los clones *Unal* y *Árbol 9* presentaron la mejor respuesta en diámetro altura al cuello (DAC) con 5,22 y 5,04 cm, en altura de 3,05 y 3,38 m, en supervivencia 36,6% y 93,3% y en productividad 8.310 – 8.585 cm³, respectivamente.

En términos generales se observó una diferencia considerable en la supervivencia entre los sitios, encontrándose valores medios de 74,8 y 34,8%, respectivamente, para los sitios VN y VS. De acuerdo a los resultados obtenidos, se sugiere la utilización de los clones *Cima 2* y *NM6* para Zonas Húmedas cercanas al sector Viviana Norte y de los clones *Unal* y *Árbol 9* para sitios de la Zona Intermedia con condiciones similares al sector de Valle Simpson.

Palabras clave: *Populus*, Álamos, Clones, Diversificación, Biomasa forestal.

¹ Ingeniero Forestal, Investigador, Instituto Forestal, Sede Patagonia, Coyhaique. friquelme@infor.cl

² Ingeniero Forestal, Investigador, Instituto Forestal, Sede Patagonia, Coyhaique.

³ Ingeniero Forestal, Investigador, Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Concepción.

⁴ Ingeniero Forestal, Investigador, Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Concepción.

SUMMARY

The incorporation of frost tolerant *Populus* species appears as an opportunity to diversify regional forests through plantations oriented to reduce the air pollution by appropriate biomass use for energy. Under the framework of a research project carried out by the Forestry Institute (INFOR) in 2011 it was possible to try different Poplar clones with the mentioned objective.

The used genetic material was obtained from regional and national sources and trials were established in two contrasting sites; Viviana Norte (VN) planted in 2013 and Valle Simpson planted in 2012. The performance of 20 and 19 Poplar clones, respectively, was evaluated.

After five years the clones *Cima 2* and *NM6* present the better results in the VN site, with 3.5 and 3.2 cm in DBH, 4.18 and 4.10 m in height, 96% in survival and 5,120 and 4,277 cm³ in productivity, respectively. In the VS site after seven years the clones *Unal* and *Árbol 9* present the better results with 5.22 and 5.04 cm in DAC⁵, 3.05 and 3.38 m in height, 36.6 and 93.3% in survival and 8,310 and 8,585 cm³ in productivity, respectively.

In general terms, an important difference in survival within the sites was appreciated, with medium values of 74.8 and 34,8% in the sites VN and VS, respectively.

According to the results, the utilization of the clones *Cima 2* y *NM6* for humid zones close to the VN trial and the clones *Unal* y *Árbol 9* for intermediate sites similar to the VS site, could be suggested.

Key words: *Populus*, Poplars, Clones, Diversification, Forest biomass.

⁵ Neck diameter

INTRODUCCIÓN

En Chile los álamos crecen a lo largo del territorio nacional hasta Tierra del Fuego y desde el nivel del mar hasta los 1.600 msnm. Las plantaciones se concentran entre Aconcagua y Bio Bio, pero últimamente han tenido un renovado impulso en la décima región.

Según Flores *et al.* (2011) la Región de Aysén posee 4,497 millones de hectáreas definidas como una superficie de considerable riesgo de erosión. Los álamos juegan un rol importante en la mejora y conservación del ambiente, especialmente en la protección de cuencas y cultivos, en la remediación de aguas y suelos contaminados, y en el balance de dióxido de carbono (Isebrands and Karnosky, 2001; Pilipovic *et al.*, 2006; Schultz *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 1999).

Los álamos pueden ser encontrados en bosques nativos en el hemisferio norte y en plantaciones en latitudes templadas de ambos hemisferios, en cortinas o pequeños grupos de árboles o en sistemas silvopastorales (Dickmann, 2006; Pincemin *et al.*, 2007).

Además, su madera es utilizada en la industria del aserrío, debobinado, celulosa, fibras y/o partículas para la producción de tableros y biomasa con fines energéticos (Dickmann, 2001; Dillen *et al.*, 2010; Zsuffa *et al.*, 1996).

Según Cornejo (2016) los álamos presentan en suelos adecuados un gran potencial en el mercado energético. La superficie de plantaciones comerciales de álamo en Chile ha disminuido, pero a la vez existe un mayor conocimiento técnico de las variedades y cultivares de estas especies, como también de modelos silvícolas para diferentes objetivos de producción industrial (pellets, cajas, envases y embalajes de madera dimensionada, tableros contrachapados y aglomerados, y para calefacción como energía limpia (Serra *et al.*, 2002; Zamudio *et al.*, 2008).

Según diversos estudios realizados en Chile (Sanhueza, 1998), el cultivo del álamo es una opción productiva de gran potencialidad para agricultores y silvicultores, por el rápido crecimiento que logra el mercado internacional de sus productos y los precios que pueden alcanzar.

Además, se ha destacado el beneficio económico del cultivo agrícola entre hileras de álamos, determinando tipos y secuencias de estos que incrementan la rentabilidad de la especie mediante la utilización plena del sitio durante los primeros años de plantación.

Los álamos tienen gran facilidad para formar híbridos entre especies del mismo género y a través de su reproducción vegetativa es posible obtener clones de tales híbridos, algunos de los cuales han sido seleccionados y mejorados. Entre las mejoras obtenidas se destacan la adaptación al medio, la resistencia a las enfermedades, la resistencia a los insectos y los mayores rendimientos en volumen (FAO, 1980).

La introducción de híbridos y cultivares de la especie involucra ventajas económicas que mejoran la rentabilidad del negocio forestal como consecuencia del rápido crecimiento y la corta rotación, y se incorporan ventajas sociales al brindar nuevas alternativas a los pequeños y medianos propietarios.

Lo anterior supone también ventajas ambientales debido a la función de protección de los árboles a suelos fluviales, inundados y erosionados, y a su aporte a la mitigación de problemas de contaminación.

Atendiendo al interés y potencialidad que representan los álamos para la región, en el presente estudio se analiza el crecimiento híbridos de álamo establecidos en dos zonas agroclimáticas diferentes de la Región de Aysén.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la respuesta de los clones probados en dos sitios contrastantes en la región a través de variables como el DAP o el DAC, la supervivencia, la altura y un indicador de productividad en volumen.

MATERIAL Y METODO

Área de Estudio

Se evaluaron las dos experiencias de plantación de álamo en la Región de Aysén, la primera corresponde a una cortina cortaviento establecida en el año 2013 con fines dendroenergéticos, en el sector de Viviana Norte (VN), comuna de Puerto Aysén y la segunda corresponde a un ensayo tipo módulo establecido en el año 2012, en el sector Valle Simpson (VS), comuna de Coyhaique (Figura N° 1).

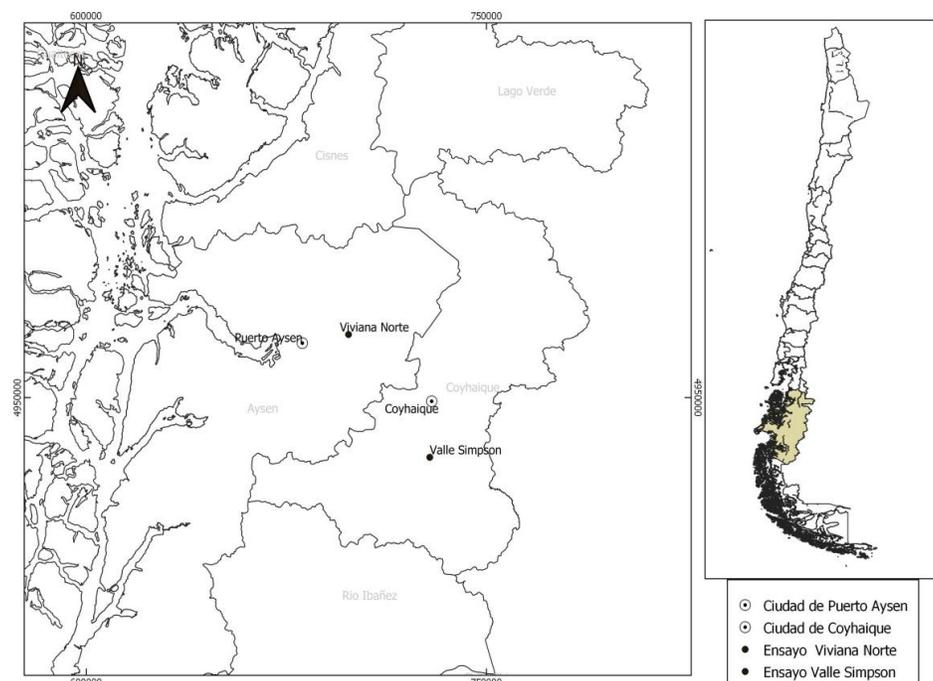


Figura N° 1
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ENSAYOS DE ÁLAMO EN SECTOR VIVIANA NORTE
Y SECTOR VALLE SIMPSON COYHAIQUE

Ensayo Viviana Norte (VN)

El ensayo se encuentra 45 km al noreste de la ciudad de Coyhaique (45°23'1,7" S; 72°28'0,8" O). El sector presenta una vegetación predominante de bosque Siempreverde y está dentro de la denominada Zona Húmeda de Aysén.

El clima destaca por elevadas precipitaciones, un ejemplo es Puerto Aysén, con un promedio anual de precipitaciones de 2.640 mm (1960 - 2013). La temperatura media anual de la misma localidad es de 9°C, mientras que la máxima media llega a 12,8°C y la mínima media a 6°C. El mes más cálido (enero) presenta una temperatura media de 13,6°C, con una máxima media de 17,9°C, y una mínima media de 6°C. El mes más frío (julio) tiene una temperatura media de 3,8°C, con una máxima media de 6,8°C y una mínima media de 1,6°C.

La amplitud térmica media entre el mes más cálido y el más frío es de 9,8°C (Hepp y Stolpe, 2014). Las características del suelo del sector lo definen como de drenaje imperfecto, de textura franca y con profundidades de hasta 88 cm, presentando un material parental de cenizas volcánicas (Stolpe y Hepp, 2014).

El ensayo corresponde a una cortina cortavientos de cinco años (desde su establecimiento, hasta el momento de la evaluación), con un diseño de plantación en tres bolillos y un espaciamiento de 0,9 m entre hilera y 1,0 m sobre hilera (Figura N° 2). Considera 20 clones de álamo, detallados en el Cuadro N° 1, y cada una de las cuales se representa por 25 parcelas.

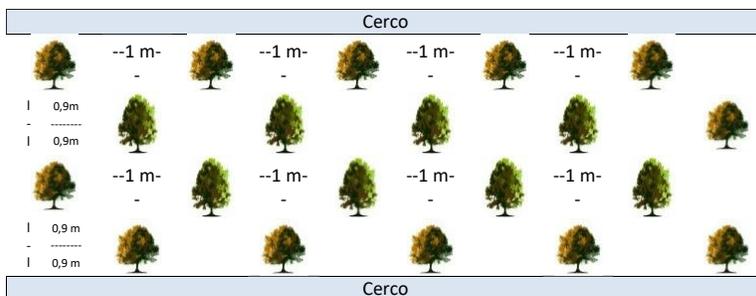


FIGURA 2
DISEÑO DE CORTINA CORTAVIENTOS ESTABLECIDA EN SECTOR VIVIANA NORTE

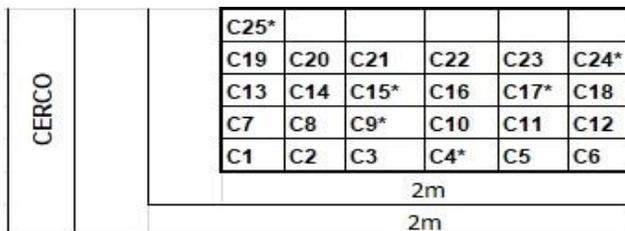
Ensayo Valle Simpson (VS)

El ensayo se encuentra en las dependencias de INIA Tamel Aike, 28 km al sureste de la ciudad de Coyhaique (45°45'3,9" S; 72°3'29,9" O), en el sector Valle Simpson, dentro de la Zona Intermedia de Aysén.

El sector presenta la vegetación natural predominante de la zona, correspondiente al bosque caducifolio de *Nothofagus*, especialmente lenga (*Nothofagus pumilio*), pero también ñirre (*Nothofagus antarctica*) en ciertas situaciones (sectores más húmedos y en transición hacia zonas esteparias) (Salinas *et al.*, 2017). También se encuentra abundante vegetación arbustiva, como calafate, michay y zarzaparrilla.

El clima corresponde al Húmedo Intermedio, con precipitación media anual de 1.149 mm (1961-2013). La temperatura media anual es de 8,1°C, la máxima media anual es de 13°C, mientras que la temperatura mínima media anual es de 4,4°C. El mes más cálido (enero) presenta una temperatura media de 13,7°C, una máxima media de 19,5°C, y una mínima media de 8,8°C. El mes más frío (julio) tiene una temperatura media de 2,0°C, una máxima media de 5,5°C, y una mínima media de -0,4°C. La amplitud térmica media entre el mes más cálido y el más frío es de 11,7°C (Hepp y Stolpe, 2014).

El suelo presenta drenaje moderado, textura arena francosa, con profundidades de hasta 178 cm, existe déficit hídrico estival, el material parental comprende cenizas volcánicas sobre fluvioglaciario (Stolpe y Hepp, 2014). El ensayo fue instalado en el año 2012 y tiene una edad de 7 años al momento de la evaluación. En este ensayo se distribuyen 19 clones de álamos, cada uno representado por 30 parcelas (Cuadro N° 1). Cuenta con un cerco perimetral, para efectos de protección contra lagomorfos, ganado e intervención humana (Figura N° 3).



(*) Clones no evaluados en el presente análisis.

FIGURA 3
DISEÑO DEL ENSAYO ESTABLECIDO EN SECTOR VALLE SIMPSON

Antecedentes del Material Genético

Las especies de álamo reconocidas se agrupan en cinco secciones y varias subsecciones. A continuación, se detalla el material genético incluido en los ensayos.

Sección	Especies
Tacamahaca Distribuida en el área boreal y montañosa septentrional y en Asia Central	<i>Populus trichocarpa</i> : “álamos balsámiferos”, los cuales son muy resistentes al frío y a las heladas y tienen muy buen desarrollo en sitio con estas características, donde otras especies no prosperan. También se los considera resistentes al ataque de liebres, ya que tienen un bálsamo muy perfumado que actuaría como repelente (Amico, 2002).
Aigeiros Distribuida en América septentrional y región circunmediterránea	<i>Populus nigra</i> : “álamos negro o criollo”, originaria de Europa, norte de África y oeste de Asia con una amplia diversidad genética, es en general una especie muy rústica, resistentes al frío y al viento, por lo que es muy adecuados para implantar en la zona. Árboles adultos pueden alcanzar 40 m de altura y más de 2 m de diámetro y vivir unos 300 años (Weisgerber, 1999). Tiene un alto porcentaje de prendimiento a partir de estacas, con porcentajes de enraizamiento superiores al 80%.
	<i>Populus deltoides</i> : Tiene un amplio rango de distribución, que va desde el sudeste hasta el centro-oeste de Estados Unidos y sur de Canadá. Se desarrolla en suelos con textura franco limosa o arenosa, se encuentra en áreas con frecuentes episodios de sequía y es común invasor de sitios perturbados. (Amico, 2002). Debido a su alta tasa de crecimiento, excelente forma, adaptabilidad a distintas condiciones de sitio, facilidad de propagación, y diversidad genética en el área de distribución natural, ha sido la especie del género más importantes en todos los programas de mejoramiento genético y plantaciones forestales de todo el mundo (Steenackers, 2000)

En el año 2011, en el marco de un programa de investigación de nuevas especies para desarrollar biomasa y energía, que tuvo el propósito de introducir y establecer clones de álamos con resistencia al frío para la generación de combustibles sólidos como base para un programa dendroenergéticos para la Región de Aysén, fue obtenido mediante propagación vegetativa material genético, de distintas fuentes, de clones de híbridos o especies de interés.

***Populus x euroamericana*:** Corresponde a híbridos entre *Populus nigra* y *Populus deltoides*, cruzados naturalmente cuando se llevaron ejemplares de *Populus deltoides* originarios de América del Norte a Europa, luego se crearon artificialmente numerosos cultivares dados los buenos crecimientos que presentaban y la adaptación a diferentes climas, aunque son susceptibles a las heladas (FAO, 1980). Son más exigentes en cuanto a sitios, necesitan suelos profundos y exigen una mayor provisión de agua que otros álamos; no obstante, resisten moderados periodos de sequía.

***Populus x interamericana*:** Son híbridos entre *Populus deltoides* y *Populus trichocarpa*. Presentan un rápido desarrollo radical, salvo en suelos demasiado arcillosos. Son sensibles al viento por tener hojas de gran tamaño. No aceptan un pH demasiado elevado y lo manifiestan en fenómenos de clorosis. Adaptados a medios variados, tanto aluviales como sin capa freática. Prefieren suelos de textura limosa a arenoso-arcillosa; no toleran los suelos arcillosos. Es poco exigente en agua, resistiendo la aridez, y sensible a la hidromorfía, pues no soporta la inundación en primavera. A veces es un poco sensible a las heladas tardías. Soporta bien la temperatura y la insolación. Es tolerante al viento, aunque presenta cierto riesgo de rotura de guías por la gran dimensión de sus hojas (Rueda *et al.*, 2016).

***Populus trichocarpa x Populus deltoides*:** Adecuado para una amplia gama de aplicaciones de alto valor agregado, como madera contrachapada o madera de construcción (De Boever *et al.*, 2007).

***Populus deltoides x P. maximowiczii*:** De propagación vegetativa proliferante. No es adecuado para zonas muy ventosas y apropiado para suelos profundos. No crece demasiado, pero tiende a desarrollar grandes ramas, por lo tanto, debe podarse con cuidado.

***Populus nigra x Populus maximowiczii*:** Tiene buen enraizamiento y crecimiento sobre el suelo en relación con otros clones en el centro-norte de los Estados Unidos, tiene un gran potencial para aplicaciones de fitorremediación en las que hay un alto consumo de agua (Zanlesny, *et al.*, 2006). Se recomienda utilizarlo en zonas con veranos secos y semiáridos, debido a que utiliza eficientemente el agua disponible en el suelo, pero se debe evitar suelos inundables (Gong *et al.*, 2011). Nelson *et al.* (2012) mencionan que presenta un alto porcentaje de supervivencia y de crecimiento en plantaciones puras o mixtas.

***Populus x euroamericana Italia*:** Bastante rústico. Se adapta bien a suelos pesados, aunque prefiere los terrenos permeables. Es resistente a la caliza activa. Tolerante a la hidromorfía y también tolerante a la aridez. Sensible a los suelos ácidos y a la salinidad. Resistente al viento. Tolerante al frío y al calor (Rueda *et al.*, 2016).

***Populus x canadensis*:** Híbrido resultante de repetidos cruzamientos naturales entre *Populus deltoides* y *Populus nigra* "italica". De copa estrecha, es poco exigente en clima y suelo. Su difusión por el mundo ha sido notable gracias a su plasticidad y a su crecimiento extremadamente rápido (FAO, 1980).

En el Cuadro N° 1 se detalla los clones incluidos en los ensayos e introducidos a la región para esta investigación, aun cuando algunos de ellos son de origen regional (antiguamente presentes). Se indica su identificación como clon y su origen.

Cuadro N° 1
CLONES DE ÁLAMO PROBADOS EN VIVIANA NORTE Y VALLE SIMPSON

Clon *	Híbrido *	Sección	Origen	Presencia	
				VN	VS
70038/31	<i>P. x interamericana</i>	Aigeiros x Tacamahaca	UCh / Mininco	+	+
Eridano	<i>P. deltooides x P. maximowiczii</i>	Aigeiros x Tacamahaca	UCh / Mininco	+	+
Unal	<i>P. trichocarpa x P. deltooides</i>	Aigeiros x Tacamahaca	UCh / Mininco	+	+
Cima	<i>P. x canadensis</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	+	-
269	<i>P. x interamericana</i>	Aigeiros x Tacamahaca	UCh / Mininco	+	+
Bl-Constanzo	<i>P. x canadensis Monch</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	+	+
Neva	<i>P. x canadensis Monch</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	+	+
Boccalari	<i>P. x euroamericana. Italia</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	+	+
Divina	<i>P. deltooides</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	+	-
NM6	<i>P. nigra x P. maximowiczii</i>	Aigeiros x Tacamahaca	UCh / Mininco	+	+
Triplo	<i>P. x canadensis. Italia</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	-	+
Cima 2	<i>P. x canadensis Monch</i>	Aigeiros	UCh / Mininco	+	+
NNDV	<i>P. x euroamericana</i>	Aigeiros	CAF El Álamo	+	+
Beaupré	<i>P. trichocarpa x P. deltooides</i>	Aigeiros x Tacamahaca	CAF El Álamo	-	+
Harvard (I-63/51)	<i>P. x euroamericana</i>	Aigeiros	CEFOR	+	+
Rolando (I-214)	<i>P. x canadensis Monch</i>	Aigeiros	CAF El Álamo	+	+
I-488	<i>P. x euroamericana</i>	Aigeiros	CEFOR	+	-
Árbol 7	<i>P. nigra</i>	Aigeiros	Campo Lindo	+	+
Árbol 4	<i>P. trichocarpa</i>	Tacamahaca	Balmaceda	+	+
Árbol 5	<i>P. trichocarpa</i>	Tacamahaca	Balmaceda	+	+
Árbol 9	<i>P. trichocarpa</i>	Tacamahaca	Viejitas	+	+
Árbol 3	<i>P. trichocarpa</i>	Tacamahaca	Recta el 57	+	+
Árbol 8	<i>P. trichocarpa</i>	Aigeiros	Campo Lindo	-	+
+: Presencia del clon en el ensayo. -: Ausencia del clon en el ensayo. *: Identificación original					

Procesamiento de la Información

Para la caracterización del crecimiento de los árboles, para el ensayo Viviana Norte se consideraron los 20 clones y las 25 repeticiones (N= 500 árboles).

Se determinaron los parámetros dasométricos, la supervivencia y el índice de productividad (Figura N° 4).



(Izq) Vista lateral de cortina cortaviento; (Centro) Medición de la altura total; (Der) Medición del DAP

Figura N° 4 CORTINA CORTAVIENTOS DE ÁLAMOS CON FINES DENDROENERGÉTICOS A LOS CINCO AÑOS DE EDAD

Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros con forcípula y la altura total (Ht) en metros con una vara graduada.

El análisis se realizó a través de estadística descriptiva, calculando las medias por clon y la desviación estándar.

La supervivencia se determinó como porcentaje de plantas vivas respecto del número inicial de plantas establecidas para cada clon, y el Índice de Productividad (IP) se estimó mediante $DAP^2 \cdot Ht$ (cm³).

El análisis estadístico para identificar los clones que presentan diferencias estadísticamente significativas, en relación a su crecimiento en diámetro y altura total, se realizó mediante un análisis de varianza y posterior test de comparaciones múltiples Scott & Knott, con nivel de significancia 0,05, a través del programa estadístico Infostat.

Para la caracterización del crecimiento de los árboles, en Valle Simpson se consideran las 19 variedades y 30 repeticiones (N= 570 árboles) (Figura N° 5), y el procedimiento metodológico del análisis fue igual al usado para Viviana Norte, con la diferencia que en este caso se utiliza el DAC en los análisis.



Figura N° 5
VISTA GENERAL DEL ENSAYO Y MEDICIÓN DEL DAC Y LA ALTURA

RESULTADOS

Ensayo Viviana Norte (VN)

Los resultados de crecimiento en altura y diámetro, junto con los valores de supervivencia por clon, correspondiente a la unidad VN, se presentan en el Cuadro N° 2.

Los clones de mejor desempeño en DAP y Ht a los cinco años de edad corresponden a Cima 2 y NM6. En términos de DAP, estos son superiores en un 52 y 47%, respectivamente, en relación a la media de la totalidad de clones evaluados.

En términos de altura, la superioridad de estos clones corresponde a un 26% por sobre la media general del ensayo. Para ambas variables evaluadas los clones mencionados presentaron diferencias estadísticamente significativas. Constituyéndose en un material genético destacado entre los probados, tanto por supervivencia como por crecimiento en altura y DAP.

Respecto a la supervivencia, a los cinco años, esta alcanza un valor medio de 74,8%, siendo superior al 50% en todos los clones, excepto en el clon *Neva* (*P. canadensis* Monch) que solo llega a un 20%.

Entre los clones con menor mortalidad y que presentan valores de supervivencia de 96%, se encuentran: *Cima 2*, *NM6*, *269*, *Árbol 3*.

Respecto del índice de productividad ($DAP^2 * Ht$), el valor promedio por árbol fue de 1.311 cm^3 , en tanto en los clones de mejor desempeño, *Cima 2* y *NM6*, este valor fluctuó entre 5.120 y 4.277 cm^3 .

El menor desempeño lo exhibe el clon *Neva*, el cual presentó volúmenes inferiores dentro de la muestra, lo que, junto a su baja supervivencia, lo sugiere como un material inadecuado para plantación en zonas similares a la de Viviana Norte.

Cuadro N° 2
CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE CLONES CINCO AÑOS DE EDAD EN VIVIANA NORTE

CLON	DAP (cm)	Ht (m)	Supervivencia (%)	Productividad (cm³)
70038/31	2,65 ^b ± 3,12	3,56 ^b ± 1,64	80	2.500
Eridano	1,61 ^a ± 1,56	3,01 ^a ± 1,35	72	780
Unal	2,24 ^b ± 2,01	3,66 ^b ± 1,51	92	1.836
Cima	1,2 ^a ± 0,9	2,88 ^a ± 0,92	56	415
269	2,68 ^b ± 2,83	3,40 ^b ± 1,76	96	2.442
BI-Constanzo	0,90 ^a ± 0,85	2,44 ^a ± 0,94	68	198
Neva	0,66 ^a ± 0,36	2,17 ^a ± 0,88	20	95
Boccalari	0,74 ^a ± 0,55	2,33 ^a ± 0,91	60	128
Divina	2,85 ^b ± 2,26	3,71 ^b ± 1,61	72	3.013
NM6	3,23 ^b ± 1,7	4,10 ^b ± 0,97	96	4.277
Cima 2	3,50 ^b ± 3,14	4,18 ^b ± 1,77	96	5.120
NNDV	0,93 ^a ± 1,51	2,19 ^a ± 0,47	56	189
Harvard(I-63/51)	1,92 ^a ± 2,22	2,71 ^a ± 1,27	80	999
Rolando (I-214)	1,11 ^a ± 1,05	2,69 ^a ± 1,11	84	331
I-488	2,43 ^b ± 2,26	3,03 ^a ± 1,15	88	1.789
Árbol 7	1,47 ^a ± 1,22	3,30 ^b ± 1,31	76	713
Árbol 4	1,27 ^a ± 0,96	3,03 ^b ± 1,26	72	489
Árbol 5	1,15 ^a ± 0,75	2,73 ^a ± 0,90	64	361
Árbol 9	1,06 ^a ± 0,65	2,63 ^a ± 0,76	72	296
Árbol 3	0,99 ^a ± 0,73	2,55 ^a ± 0,92	96	250
Media	1,72	3,05	74,8	1.311

Ensayo Valle Simpson (VN)

Los crecimientos en altura y DAC, junto con los valores de supervivencia por clon del ensayo Valle Simpson, se presentan en el Cuadro N° 3.

Los clones de mejor desempeño en DAC y Ht a los siete años de edad corresponden a *Unal* y *Árbol 9*. En términos de DAC, estos son superiores en más de un 36%, respecto a la media de la totalidad de clones evaluados. En términos de altura, la superioridad de estos clones corresponde a un 27 y 34%, respectivamente, por sobre la media general del ensayo.

Respecto de la supervivencia, esta alcanza un valor medio de 36,6%, siendo inferior al 70% en todos los clones, excepto en los clones: *Árbol 9*, *Árbol 5*, *Árbol 3*, *Árbol 4* y *NM6*. Entre los clones que presentan valores de supervivencia por sobre el 80%, se encuentran nuevamente *Árbol 9* y *Árbol 5* constituyéndose en un material genético destacado por supervivencia. Mientras que los demás clones evaluados presentaron bajos desempeños, tanto en supervivencia como en el crecimiento en altura y diámetro.

Respecto del índice de productividad (DAC²* Ht), el valor promedio de los árboles fue de

3.211 cm³, en tanto los clones con mejores desempeños fueron *Árbol 9*, *Unal* y *Beaupré*, con: 63, 61 y 53%, respectivamente. Los demás clones, presentaron desempeños inferiores, lo que, junto a su baja supervivencia, los sugiere como materiales inadecuados para plantación en zonas en Aysén semejantes a las de Valle Simpson.

Cuadro N° 3
CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE CLONES DE SIETE AÑOS DE EDAD EN VALLE SIMPSON

CLON	DAC (cm)	Ht (m)	Supervivencia (%)	Productividad (cm ³)
70038/31	4,06 ^c ± 1,26	2,49 ^b ± 0,52	30	4.104
Eridano	0,19 ^a ± 1,09	1,49 ^a ± 0,64	16,6	538
Unal	5,22 ^d ± 1,5	3,05 ^c ± 0,65	36,6	8.311
269	3,88 ^c ± 2,13	2,87 ^c ± 0,9	33,3	4.321
Bl-Constanzo	1,45 ^a ± 1,62	1,32 ^a ± 1,3	6,6	279
Neva	1,68 ^a ± 0,89	1,37 ^a ± 0,75	30	387
Boccalari	0,76 ^a ± 0,72	0,63 ^a ± 0,32	10	36
NM6	4,16 ^c ± 1,49	2,87 ^c ± 0,83	70	4.967
Triplo	2,85 ^b ± 0,91	2,37 ^b ± 0,31	6,6	1.929
Cima 2	4,14 ^c ± 1,21	2,5 ^b ± 0,69	23,3	4.285
NNDV	1,85 ^a ± 2,19	1,27 ^a ± 1,3	6,6	435
Beaupré	4,82 ^d ± 1,46	2,95 ^c ± 0,67	36,6	6.854
Rolando (I-214)	4,0 ^c ± 0,91	2,32 ^b ± 0,39	16,6	3.712
Árbol 7	2,25 ^a ± 1,2	1,79 ^a ± 0,68	20	906
Árbol 4	3,20 ^b ± 1,08	2,59 ^b ± 0,75	70	2.652
Árbol 5	3,50 ^c ± 1,47	2,62 ^b ± 0,82	86,6	3.209
Árbol 9	5,04 ^d ± 1,03	3,38 ^c ± 0,51	93,3	8.586
Árbol 3	3,74 ^c ± 1,39	2,62 ^b ± 0,76	76,6	3.665
Árbol 8	2,93 ^b ± 1,47	2,15 ^b ± 0,84	26,6	1.846
Media	3,23	2,24	36,6	3.211

DISCUSIÓN

En la zona húmeda de la Región de Aysén (VN), los clones de álamo presentaron a los cinco años diámetros de 1,72 cm, alturas totales de 3,05 m, supervivencias de un 75% e índices de productividad de 1.311 cm³. Es posible inferir en términos generales que los clones de álamo vieron favorecido su crecimiento por la disponibilidad hídrica que es atribuida al registro de precipitaciones para el sector (2.640 mm), junto con la capacidad de adaptación a la zona húmeda de los clones evaluados en el presente estudio.

La supervivencia de los clones *Cima 2* y *NM6* a los cinco años de edad, fue superior a 96%, e indicaría que la zona húmeda de Aysén es apta para su crecimiento y desarrollo. Coincidente con Weisgerber (1999), quien menciona que álamos de la sección *Aigeros* se caracterizan por resistir el frío y el viento y que árboles adultos pueden alcanzar hasta 40 m de

altura y más de 2 m de diámetro.

La buena capacidad de enraizamiento del clon *NM6* (Zanlesny *et al.*, 2006) y su destacado porcentaje de supervivencia, según Nelson *et al.* (2012), habrían proporcionado buenos desempeños obtenidos para su crecimiento en VN.

Las pocas exigencias en el tipo de clima y características de suelo, en conjunto con su plasticidad, son atributos de *Cima 2* que contribuyeron en un crecimiento rápido, presentando a los cinco años diámetros de 3,5 cm, alturas de 4,18 m e índices de productividad de 5.120 cm³.

Se menciona que el clon *Neva* por lo general presenta un buen nivel productivo y se le considera de fácil manejo silvicultural (gran dominancia apical, ramas laterales pequeñas y fáciles de podar), siendo muy susceptible a la *Melapsora* (U. Chile, 1998). Sin embargo, en el presente estudio, para la zona húmeda a los cinco años se obtienen supervivencias de tan solo un 20%, similar a lo informado en un estudio de Comportamiento de clones de Álamo en San Carlos (Mendoza), en una plantación a los 10 años de edad con una supervivencia cercana a un 11% (Riu *et al.*, 2008).

Neva presentó crecimientos en diámetro muy inferiores respecto de la media en la zona húmeda de Aysén con solo 0,66 cm; muy por el contrario, resultados favorables se obtuvieron a la misma edad en un estudio realizado en España (Barcelona), en donde se comparó el crecimiento en diámetro de diferentes clones de álamo, registrando diámetros de 17,5 cm (U. Chile, 1998). Por lo tanto, es posible inferir que el clon *Neva* es un material inadecuado para sectores con condiciones similares a Viviana Norte (Zona Húmeda de Aysén).

En la zona intermedia de Aysén (sector Valle Simpson), los álamos evaluados a los siete años de edad presentaron en términos generales una muy baja supervivencia representada en un 36%. De los álamos, que presentaron un mejor desempeño en diámetro, altura y rendimientos productivos fueron: *Unal* y *Árbol 9*.

El clon *Árbol 9* se caracteriza por ser muy resistente al frío y a las heladas, teniendo un muy buen desarrollo en sitios con dichas características, donde otras especies no prosperan. También se lo considera resistente al ataque de liebres, ya que tiene un bálsamo muy perfumado que actuaría como repelente (Amico, 2002). Lo anterior, coincide con lo reportado en el presente estudio con favorables desempeños en diámetro (5,04 cm), en relación a la totalidad de los álamos evaluados. Lugano y Amico (2001) en estudios realizados en Argentina (Trevelin) observaron al primer año de edad diámetros cercanos a 1,6 cm, en tanto que Menoyo *et al.* (1993) también en Argentina, describe a los dos años de edad diámetros de 3 cm. Estas se consideran respuestas muy favorables, pero no comparables al sitio de estudio VS por las diferentes condiciones agroclimáticas, creciendo con temperaturas mínimas de -0,4°C° y con presencia de déficit hídrico estival (Hepp y Stolpe, 2014).

En relación a la supervivencia los clones *Árbol 9* y *Árbol 5*, se obtuvo un 80% de supervivencia a los siete años de edad, demostrando su buena adaptación a las condiciones de la zona intermedia de Aysén (VS). Cabe mencionar que las especies seleccionadas provienen de clima boreal frío y seco (U. Chile, 1998) y junto con ello, su material genético fue colectado por medio de estacas de álamos creciendo en sectores cercanos al sitio de estudio (Balmaceda y Viejitas), lo que podría considerarse como el factor que contribuyó en la supervivencia de los ejemplares, al estar adaptados a las condiciones climáticas de la Región de Aysén.

El clon *Unal*, presenta una alta productividad y un fuste recto (U. Chile, 1998), características que fueron corroboradas en terreno en el presente estudio. Se menciona que tiene amplitud edáfica, siendo favorecido por suelos de Ph neutro a ligeramente alcalinos y creciendo bajo precipitaciones superiores a 300 mm/año (U. Chile, 1998).

A los siete años de edad, el clon *Unal*, mostró diámetros de 5,02 cm, alturas de 3,05

metros e índices de productividad de 8.311 cm³. Algunos antecedentes de *Unal* en Hungría informan crecimientos a los 14 años de edad con diámetros de 33,1 cm y alturas de 29 m (U. Chile, 1998). Por lo tanto, si se proyectara el crecimiento en diámetro y altura de los álamos (clon *Unal*) a 14 años y se comparara con lo reportado en Hungría, este sería inferior, obteniendo tan sólo un 33 y 21%, respectivamente. Sin duda, este análisis permite considerar este material genético como un primer antecedente de su desarrollo en la zona intermedia de Aysén. Sin embargo, el clon *Unal*, a pesar de presentar desempeños destacables para el sector, alcanzó supervivencias de tan sólo un (36,6%). Lo anterior puede atribuirse a que el clon *Unal*, ve afectado particularmente su desarrollo en suelos ácidos (U. Chile, 1998), siendo el suelo en estudio clasificado como fuertemente ácido para la zona intermedia de Aysén (Stolpe y Hepp, 2014).

Rueda *et al.* (2016) describen al clon *Boccalari* con características de resistencia al viento y al frío. A su vez, en ensayos de comparación de clones en España (Barcelona) se ha reportado para *Boccalari* a los nueve años crecimientos en diámetros cercanos a los 21,6 cm (U. Chile, 1998). Sin embargo, en el presente estudio *Boccalari*, obtuvo desempeños inferiores, de acuerdo a los parámetros evaluados, una explicación es la posibilidad de que su crecimiento se deba a la sensibilidad a suelos ácidos, como es el caso de la zona intermedia de Aysén, haciendo a *Boccalari* un material genético no recomendado.

Las salicáceas, y en especial los álamos, provienen de zonas con inviernos fríos, algo rigurosos, por lo cual las bajas temperaturas, dentro de cierto rango, no constituyen un factor climático limitante de primer orden (Leonardis, 1960).

CONCLUSIONES

La introducción y establecimiento de álamos con resistencia al frío en la Región de Aysén permitió caracterizar la respuesta de variables dasométricas y de supervivencia en clones de álamo establecidos en dos sitios de la región.

Antecedentes preliminares indican que, para la zona húmeda, a los cinco años de edad, los clones *Cima 2* y *NM6* obtuvieron un mejor desempeño y porcentajes de supervivencia destacados; mientras que para la zona Intermedia a los siete años de edad los clones: *Unal* y *Árbol 9*, presentaron buenos crecimientos.

La adaptación de estos clones a las condiciones de suelo y clima de cada sector entrega un primer antecedente para la región, destacándolos como un material adecuado y promisorio en relación a totalidad de los clones evaluados.

El material adecuado para cada zona agroclimática ofrecería ventajas económicas que aporten a la rentabilidad del negocio forestal, como consecuencia del rápido crecimiento y corta rotación. Esto además de ventajas sociales y ambientales al brindar nuevas alternativas a los pequeños y medianos propietarios, como conformación de sistemas agroforestales, plantaciones dendroenergéticas (aprovechamiento de la biomasa), cortinas cortavientos, protección de cuencas y otros fines.

REFERENCIAS

Amico, I., 2002. Crecimiento de distintos clones de álamos en vivero. Cartilla. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. E.E.A. Esquel. Argentina.

Cornejo, E., 2016. Álamo: Alternativa para la diversificación maderera. Sustainability, Agri, Food and Environmental Research 4(2), 2016:28-29 ISSN:0719-3726.

De Boever, Lieven; Vansteenkiste, Dries; Van Acker, Joris and Steven, Marc., 2007. End-use related physical and mechanical properties of selected fast-growing poplar hybrids (*Populus trichocarpa* x *P. deltoides*). Annals of

Forest Science, 2007, Volume 64, Number 6, Page 621.

Dickmann, D. I., 2001. An overview of genus *Populus*. Ed: Dickmann, D.I., Isebrands, J.G., Eckenwalde, J.E. and Richardson, J. Poplar culture in North America. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canadá: 1-42.

Dickmann, D. I., 2006. Silviculture and biology of short rotation woody crops in temperate regions: Then and now. *Biomass & Bioenergy* 30: 696-705

Dillen, S. Y.; Rood, S. B. and Ceulemans, R., 2010. Growth and Physiology. Ed: S. Jansson *et al.* Genetics and Genomics of *Populus*: Plant Genetics and Genomics: Crops and models 8. Springer Science: 39-63.

FAO, 1980. Los álamos y los sauces. Colección FAO: Montes N°10. Roma. 349p.

Flores, J. P.; Espinosa, M.; Martínez, E.; Henríquez, G.; Avendaño, P.; Torres, P.; Ahumada, I.; Retamal, M.; Toledo B. y Marín, L. M., 2011. Determinación de la erosión actual y potencial del territorio de Chile. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Santiago, Chile. 292 pp.

Gong, J. R.; Zhang, X. S. and Huang, Y. M., 2011. Comparison of the performance of several hybrid Poplar clones and their potential suitability for use in northern China. *Biomass and Bioenergy*. 35(7): 755-764.

Hepp, C. y Stolpe, N. B., 2014. Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia Occidental (Aysén). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamei Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 160 pp.

Isebrands, J. G. and Karnoky, D. F., 2001. Environmental benefits of Poplar culture. In *Poplar Culture in North America*. Eds. D.I. Dickmann, J.G. Isebrands, J.E. Eckenwalder and J. Richardson. NRC Research Press, Ottawa, Canada, pp 207-2018.

Leonardis, R., 1960. Silvicultura de las Salicáceas. Implantaciones de bosques comerciales. INTA. P 193-206.

Lugano, L. y Amico, I., 2001. Producción experimental de salicáceas en vivero. VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia. 15 y 16 de noviembre de 2001, Esquel, Chubut. SAGPyA, AIFCh.

Menoyo, H.; Mombelli, O. y Jones, N., 1993. Estudios de las masas naturales del género *Salix* en dos zonas de la provincia de Chubut. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión VI. Paraná, Entre Ríos, 1993. AFOA.

Nelson, A. S.; Saunders, M. R.; Wagner, R. G.; Weiskittel, A. R., 2012. Early stand production of hybrid Poplar and White Spruce in mixed and monospecific plantations in eastern Maine. *New Forests*. 43:519-534.

Pilipovic, A.; Orlovic, S.; Nikolic, N.; and Galic, Z., 2006. Investigating potencial of some Poplar (*Populus sp.*) clones for phytoremediation of nitrates through biomass production. Environmental Applications of Poplar and Willow Working Party. 18-20 May 2006, Northern Ireland.

Pincemin, J. M.; Monlezun, S. J.; Zunino, H.; Cornaglia, P.S. y Borodowski, E., 2007. Sistemas Silvopastoriles en el Delta del Río Paraná: Producción de materia seca y estructura de gramíneas templadas bajo álamos. APPA ALPA-Cusco, Perú.

Riu, N; Bustamante, J; Calderón, A.; Pérez, S; Settepani, V. y Zanetti, R., 2008. Comportamiento de clones de álamos en San Carlos. Mendoza, Argentina. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XL. N°1. Año 2008. Pag 79-89.

Rueda, Jesús; Padró, Antonio; Grau, José Manuel; Sixto; Hortensia; Villar, Carlos; García Caballero, José Luis; Martínez Sierra, Fernando; Prada, M^a Aránzazu, Garavilla, Víctor; de Lucas, Ana; Hidalgo, Elena; Aguilar, Silvia; Villamediana, José Antonio y Bellera, Creu., 2016. Clones de chopos del Catálogo Nacional de Materiales de Base. Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León. Valladolid. Versión febrero de 2016. 72 pp.

Salinas J.; Peri, P.; Hepp C. y Acuña, B., 2017. Sistemas silvopastorales en bosques de Ñirre en la región de Aysén. Documento de Divulgación N° 43. Instituto Forestal, Chile.

Sanhueza, A., 1998. Cultivo del álamo (*Populus spp.*) (Parte 1). Santiago, Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF). 132p.

Schultz, R. C.; Colletti, J. P.; Isenhardt, T. M.; Marquez, C. O.; Simpkins, W. W. and Ball, C. J., 2000. Riparian

forest buffer practices. In north American Agroforestry: An Integrate Science and Practice. Eds. H. E. Garrett, W. J. Rietveld and R. F. Fisher. Am. Soc. Agron., Madison, WI, pp189-281.

Serra, M. T.; Torres, J. y Grez, I., 2002. Breve historia de la introducción en Chile del álamo (*Populus nigra* L. var itálica (Moench) Koehne) y el desarrollo de ejemplares siempreverdes. Chloris Chilensis, año 5, N°2. URL:<http://www.chlorischile.cl/alamos/alamos.htm>.

Steenackers, V., 2000. Poplars and Willows in the 21 st century. What can research do meet the needs of society? Proceeding of the 21 st Session of the International Poplar Commission. Poplar and Willow Culture: Meeting the Needs of Society and Environment.

Stolpe, N. B. y Hepp, C., 2014. Caracterización taxonómica de los suelos de los valles de interés agropecuario de la región de Aysén (Patagonia Occidental-Chile). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 168 pp.

U. Chile, 1998. Proyecto FIA: Introducción de clones de álamo (*Populus spp*) de alto rendimiento para diferentes zonas del país. Universidad de Chile.

Wang, X.; Newman, L. A.; Gordon, M. P. and Strand, S. E., 1999. Biodegradation of carbon tetrachloride by Poplar trees: Results from cell culture and field experiments. In Phytoremediation and Innovative Strategies for Specialized Remedial Applications. Eds. A. Leeson and B.C. Allenman. Battelle Press, Columbus, Oh, pp 133-138.

Weisgerber, H.,1999. *Populus nigra* Linné, 1753. Enczyklopade der Holzgewachse 16, 24p

Zalesny, Ronald S. Jr.; Wiese, Adam H.; Bauer, Edmund O. and Riemenschneider, Don E., 2006. Sapflow of hybrid Poplar (*Populus nigra* L. x *P. maximowiczii* A. Henry "NM6") during phytoremediation of landfill leachate. Biomass and Bioenergy. 30: 784-793.

Zamudio, F.; Baettig, R. y Guerra, F., 2008. Origen y futuro del cultivo del álamo en Chile. Monografía Proyecto FONDEF D0411027. Talca, Chile. Universidad de Talca. 34 p.

Zsuffa, L.; Giordano, E.; Pryor, L. D. and Stettler, R. F., 1996. Trends in Poplar culture: Some global and regional perspectives. Ed: Stettler, R.F. Bradshaw, H.D. Jr., Heilman, P.E., and Hinckey, T.M. Biology of Populus and its implications for management and conservation. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canadá: 515-539.