



# Estación Experimental Agropecuaria Pergamino

"Ing. Agr. Walter Kugler"

## Desarrollo Rural

AER 9 de Julio

### Experiencias de forestación en suelos bajos

Paula Ferrere\*  
Vicente Dell' Arciprete

#### Introducción

Los periodos de excesos hídricos que provocaron anegamientos de campos en la Región Pampeana trajeron como consecuencia la recarga de los acuíferos y el ascenso de la napa freática. Al retornar la pluviometría habitual en la zona, se produjo la eliminación de estos excesos hídricos mediante la infiltración y la evaporación, lo que produjo la acumulación de sales en el perfil superior del suelo (Zamolinski, 2000).

Ferrari y Wall (2004) indican la utilización de especies forestales en suelos marginales ha sido ampliamente estudiada. Existen numerosas especies que pueden resultar tolerantes a distintos tipos de estrés propios de los suelos degradados, como salinidad, deficiencias de nutrientes, inundación, compactación y encostramiento. Pinilla Suarez *et al* (2002) citan que la *Acacia melanoxylon* puede crecer en suelos pantanosos con agua durante gran parte del año. Guarnaschelli *et al* (2006) encontraron que un clon de sauce bajo condiciones de sombreado tolera ciertos niveles de stress hídrico, y ello no repercute en su productividad.

Peri trabajando con barbados de alamos (*Populus nigra* cv itálica y *Populus nigra* cv Garonne) y sauces (*Salix* 131/27) en mallines de Santa Cruz en condiciones de anegamiento parcial encontró los mejores crecimientos en niveles de napa freática inferiores a 0,60 m y superiores a 1,30 m, con pH cercanos a la neutralidad. En situaciones de napa freática cercana al nivel del suelo, el porcentaje de sobrevivencia se redujo significativamente.

Clavijo *et al* (2005) trabajando en la Pampa deprimida con plantaciones de álamo encontraron que la riqueza de especies del pastizal natural no se vio afectada por el sombreado. Los autores sugieren que el uso complementario de los recursos entre el estrato leñoso y el herbáceo es un aspecto clave del éxito de la implantación de un sistema combinado y puede estar asociado a la selección de árboles y herbáceas con fenologías también complementarias.

En los dos últimos años se produjo en el partido de 9 de Julio, una reducción ostensible del régimen pluviométrico, combinado con días de altas temperaturas, trayendo como consecuencia una disminución significativa de los rendimientos de los principales cultivos. En suelos salinos, las consecuencias del stress hídrico se ven agravadas porque la retención del agua útil es mayor que en suelos sin estas restricciones.

La salinidad es uno de los factores más limitantes de la productividad de los suelos. Algunas plantas desarrollan mecanismos de acumulación controlada de iones para regular el ajuste

---

\* Técnicos de la Estación Forestal 25 de Mayo del INTA

osmótico. Otro mecanismo de ajuste osmótico es la síntesis de solutos en el citoplasma (Khan, 2000; Gonzalez y Cantú, 2001). Neumann (1997) señala que la respuesta de la planta varía de acuerdo al nivel de stress, el órgano de la planta analizado y el estado de desarrollo de la planta y la duración del stress.

En 2007 con el objetivo de determinar el efecto de la preparación del terreno en suelos anegados con problemas de salinidad se instalaron dos ensayos con diferentes especies. El cambio en las condiciones pluviométricas derivó en una modificación de las hipótesis de trabajo, donde lo que actualmente se busca es determinar la resistencia de diferentes especies a condiciones de escasez de agua.

## Materiales y métodos

El ensayo se instaló en las inmediaciones del paraje La Amalia, en las cercanías de la localidad de French, cuyas coordenadas geográficas son 35° 28'34"S y 61° 03'56"O. En el mes de mayo de 2007 se construyeron los camellones con motoniveladora. La preparación de este tipo de suelos en camellones o taipas, es decir la construcción de una cama de plantación por encima del nivel del suelo que en épocas de drenaje deficiente, permite mejorar la condición edáfica, al aumentar el volumen del suelo explorado por las raíces (Lupi *et al*, 2004). También con la ocurrencia de sucesivas lluvias es factible el lavado de exceso de sales permitiendo la mejora de la calidad del suelo. Con estas preparaciones de terreno, Aparicio *et al* (2006) señalan un aumento en la productividad en especies de *Pinus* spp., mejorando significativamente el crecimiento y la sobrevivencia.

En el mes de septiembre se implantaron dos ensayos (ver esquema en Tabla 1).

Ensayo 1: Las especies testadas fueron *Acacia melanoxylon*, *Salix* spp cv 524/50, *Salix* spp cv 13/44 y *Salix* spp cv 588/88, utilizándose como bordura: *Salix nigra* 4.

El material para el ensayo consistió en plantas en maceta para el caso de *Acacia melanoxylon* y estacas para el caso de los sauces y fue provisto por la Estación Forestal de 25 de mayo. En septiembre de 2008 fueron repuestos al 100% con guías del año. Las borduras fueron con estacas de *Salix nigra* 4. Dado que tuvieron un muy escaso prendimiento en el primer año, las reposiciones se realizaron con estacas de los clones probados en el ensayo.

Ensayo 2: las especies testeadas fueron: *Quercus robur* (roble europeo), *Juglans regia* (nogal europeo) y *Fraxinus americana* (fresno americano). Los robles y los nogales se plantaron a raíz desnuda y los fresnos en maceta con plantines del año. En septiembre de 2008, dado el fracaso en la implantación de los nogales se repuso una parcela con roble de los pantanos (*Quercus palustris*), una con fresno y dos con *Pinus radiata*. Las borduras se realizaron *Salix* spp cv 13/44.

Tabla 1. Diseño de los ensayos en el Canal Mercante

Bloque 1	524/50	AM	588/88	13/44	<i>Pinus radiata</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Fraxinus americana</i>
Bloque 2	588/88	524/50	13/44	AM	<i>Quercus</i>	<i>Fraxinus</i>	<i>Fraxinus</i>

Camino del



				<i>robur</i>	<i>americana</i>	<i>americana</i>	
Bloque 3	AM	13/44	524/50	588/88	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus palustris</i>	<i>Fraxinus americana</i>
Bloque 4	588/88	AM	13/44	524/50	<i>Fraxinus americana</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Pinus radiata</i>

Se utilizó un distanciamiento de 2 m entre plantas. La distancia entre camellones es de aproximadamente 4,5 m y la distancia entre filas fue de aproximadamente 5,5 m. La densidad de plantación de 909 pl/ha.

Cada parcela tiene 21 plantas, distribuidas en tres camellones.

Las variables analizadas fueron sobrevivencia y altura total. Se presentan resultados de dos temporadas de crecimiento. Anualmente se realizaron análisis de suelo.

## Resultados

### *Características edáficas*

A pesar de la homogeneidad inicial aparente del sitio elegido, caracterizado por matas de *Distichlis* spp y algunas áreas de suelo desnudo, al realizar la preparación de los camellones surgieron dos zonas claramente diferentes (Tabla 2), con especies vegetales indicadoras de distintas propiedades del suelo. Ello se vio reflejado en los análisis realizados. En el caso del mejor sitio (denominado A), la vegetación cubrió totalmente el suelo, y las especies características fueron el ray-grass y trébol. En tanto que en la parte B (el sitio de menor calidad), la vegetación estuvo dominada por pelo de chanco (*Distichlis* spp) y plantas características de suelos salinos, con escaso desarrollo y cobertura del terreno. Dado que el sitio se observaba homogéneo, los camellones se dispusieron en forma perpendicular a la pendiente del terreno.

Tabla 2. Características edáficas relevadas.

Lugar	Fecha muestreo	ph	CE (dS/m)	C (g/kg)	Pe (mg/kg)
Ensayo Situación inicial	27/03/07	8,7	3,16	23,7	8,0
Parte A	17/04/08	7,6	2,08	37,5	--
Parte B	17/04/08	8,9	2,73	27,4	--
Parte A	7/04/09	7,3	2,98	44,4	
Parte B	7/04/09	8,4	2,82	26,9	

En relación a los ensayos instalados, el ensayo 1 abarcó las dos calidades de suelos (A y B), en tanto que el Ensayo 1 se ubicó solamente calidad de suelo de tipo A.

### *Regimen pluviométrico*

A los efectos del análisis, se consideró las precipitaciones ocurridas durante el periodo de crecimiento (agosto-marzo). En la Tabla 3 se detalla la precipitación registrada en los dos periodos de crecimiento estudiados. Se observa que en relación a la media histórica la precipitación del primer ciclo de crecimiento disminuyó un 27%, en tanto que en segundo período de crecimiento las precipitaciones cayeron un 44%.

Desde que se construyeron los camellones hasta el momento de la instalación de los ensayos no se registraron lluvias. Teniendo en cuenta que durante el primer año los camellones no se habían consolidado, probablemente la pérdida de agua por este motivo y por la falta de cobertura del suelo haya sido considerable.

Tabla 3. Registros pluviométricos relevados en las inmediaciones del ensayo.

Mes	Precipitación 07-08 (mm)	Precipitación 08- 09 (mm)	Promedio histórico (mm)
Agosto	0	0	30
Septiembre	119	38	64
Octubre	42	144	97
Noviembre	32	67	96
Diciembre	0	43	91
Enero	88	52	127
Febrero	95	46	102
Marzo	182	36	154
<b>Total</b>	<b>558</b>	<b>426</b>	<b>763</b>

En el segundo año de ensayo -la temporada 2008-2009- la reducción de las precipitaciones fue drástica. Asimismo, se registraron días de altas temperaturas que acentuaron el proceso de evaporación.

La cobertura en el sitio B del ensayo siguió escasa aun en el segundo año, observándose el suelo desnudo en algunos sectores.

Los freatímetros que se habían colocado a un metro de profundidad por debajo del nivel de los camellones no pudieron medir las oscilaciones de la napa freática. En este último año en el lecho del canal Mercante que se encuentra próximo al ensayo dejó de fluir agua, por primera vez desde la construcción del mismo en el año 1989, lo que muestra la magnitud de la sequía.

### Ensayo A: *Sobrevivencia*

Si bien se estableció un ensayo en bloques al azar, debido a que el diseño no contempló las variaciones del sitio, se procedió a analizar el ensayo de acuerdo al comportamiento observado en cada parcela, de acuerdo a dos calidades de sitio (Ay B) puestas de manifiesto en la Tabla 2.

La *Acacia melanoxylon* (AM) fue la única especie que, independientemente de la calidad de suelo, prosperó exitosamente con sobrevivencias superiores al 60% en todas las parcelas en

ambos sitios. La parcela que menor sobrevivencia presentó fue del 67% en el sitio B, en tanto que la parcela de mayor prendimiento se ubicó en el sitio A con un valor de 90%. A diferencia de lo observado el año anterior, en todas las parcelas se observó que al final de la temporada de crecimiento, las plantas presentaban buen vigor y coloración verde intenso de las hojas, que tampoco mostraron la punta necrosada, signo característicos de toxicidad, tal como se había constatado el año anterior.

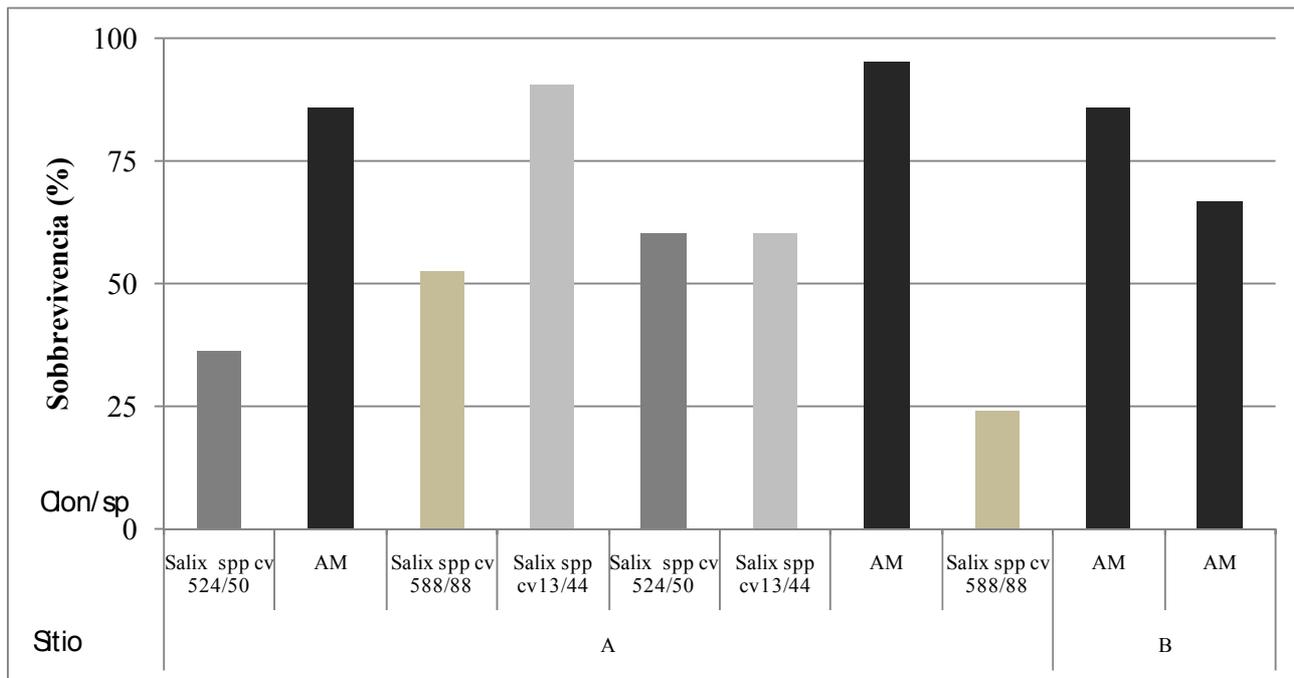


Figura 1. Sobrevivencia de plántulas al 2° año de plantación (%). AM es *Acacia melanoxylon*.

En cuanto a la sobrevivencia de los sauces en estudio, ninguna planta prosperó en el sitio B, en la 2° temporada de crecimiento, aun aquellas que habían sobrevivido en el primer año. La mortalidad fue del 100% en todas las reposiciones efectuadas, aun cuando en el momento de plantación el suelo se hallaba con un buen estado hídrico. La utilización de guías probablemente agravó el posterior déficit hídrico, pero no fue el motivo fundamental de la mortalidad, puesto que las reposiciones de bordura que se hicieron con estacas de los mismos clones tampoco sobrevivieron a las condiciones edafoclimáticas reinantes.

En el sitio A el clon con el porcentaje más alto de sobrevivencia fue de 90% y correspondió al *Salix spp. cv 13/44*. El porcentaje más bajo fue para el *Salix spp. cv 588/88*, con 52%. El *Salix spp cv 524/50* registró una sobrevivencia del 38%.

#### Ensayo A: *Crecimiento en altura*

El *Salix spp cv 13/44* fue el clon que mayor crecimiento presentó en concordancia con un mayor porcentaje de sobrevivencia. La altura promedio alcanzada en dos parcelas fue 2,65 m. En tanto que el clon 588/88 mostró un crecimiento similar, de 2,51 m. El *Salix spp cv 524/50* tuvo un crecimiento menor, de 1,64 m (Figura 2).

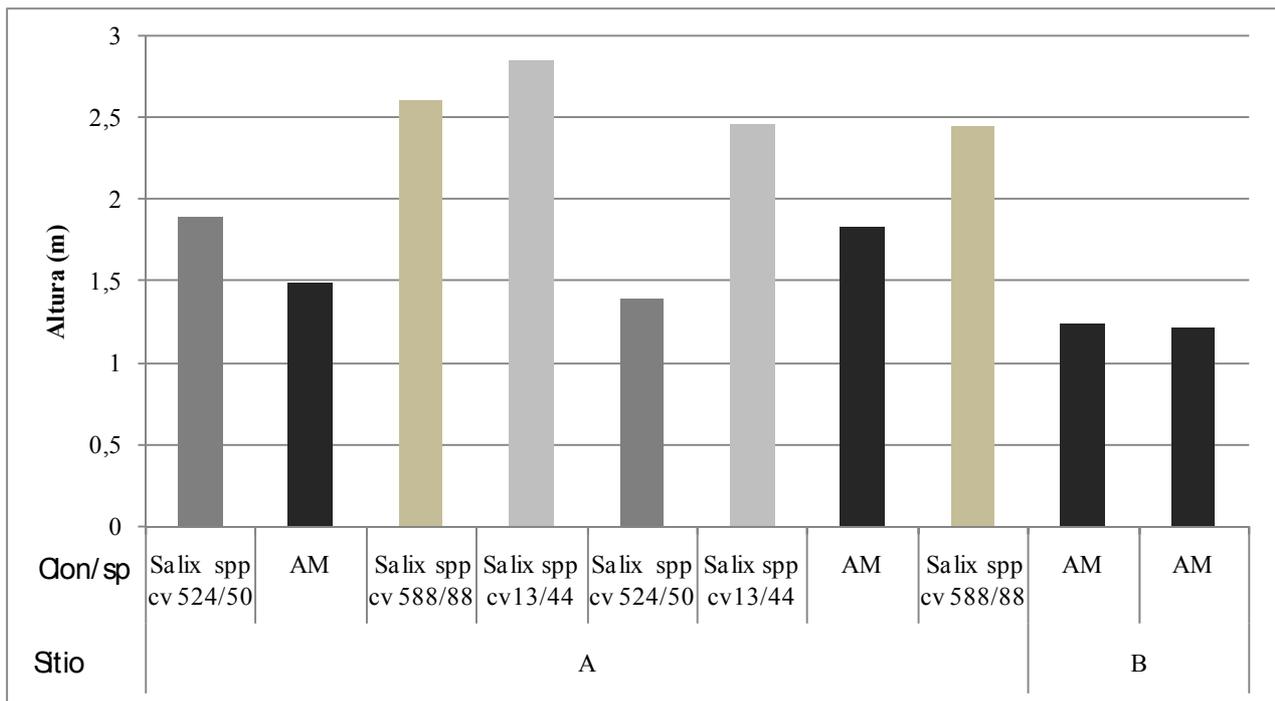


Figura 2. Altura (m) de *Salix* spp y *Acacia melanoxylon* (AM) al 2° año de plantado.

La *Acacia melanoxylon* (AM) si bien registró un crecimiento menor (1,44 m), presentó mayor estabilidad ya que creció en las dos situaciones. En la situación A creció en promedio 1,66 m en tanto que en el sitio B fue de 1,22 m.

#### Ensayo A: Comparación del crecimiento entre el año 1 y 2.

Si se observan las mediciones resultantes de las dos temporadas de crecimiento, se observa que algunos materiales, tales como el *Salix* spp 13/44 y *Salix* spp 588/88 crecieron casi un metro de altura aun con una disminución ostensible de las precipitaciones.

En cambio, el *Salix* spp cv 588/88 solo creció en promedio solo 10 cm mostrando una mayor susceptibilidad a la sequía.

Una consideración interesante surge cuando observamos el crecimiento de la *Acacia melanoxylon*. Las parcelas 1 y 2 se encuentran ubicadas en el mejor sitio y tuvieron un incremento de 40 cm, lo que significa un 31% de la altura del primer año. En tanto que para el sitio mas pobre, el incremento fue solamente de 6 cm.

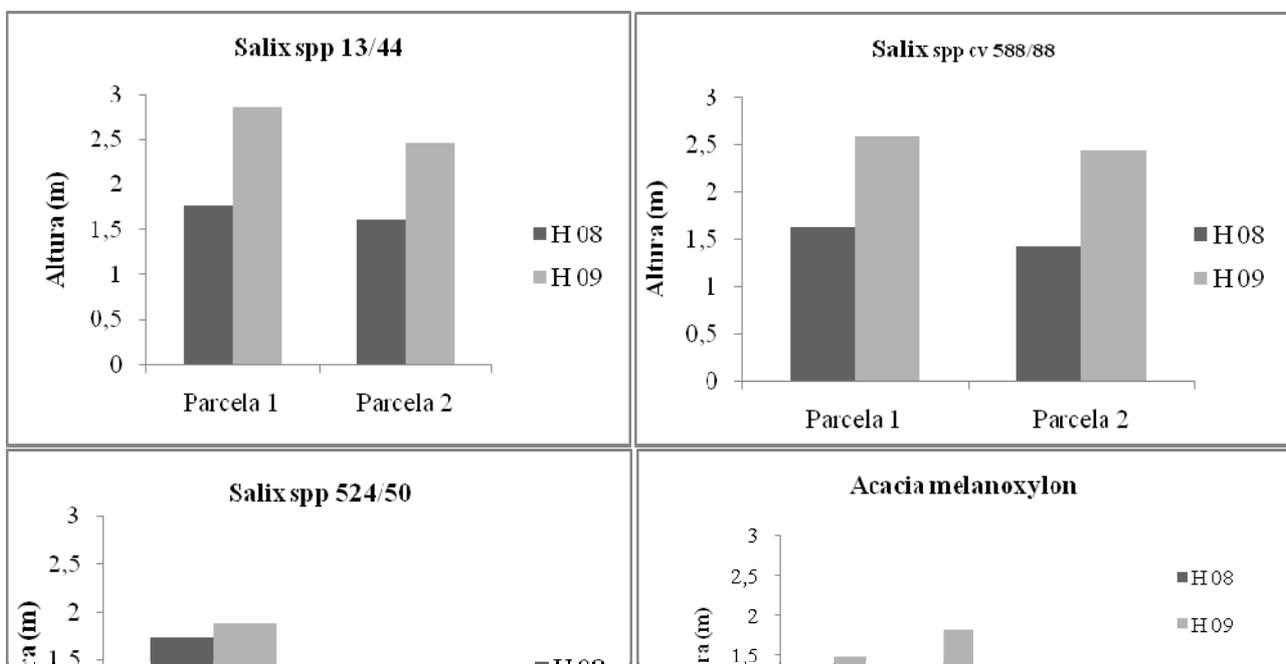
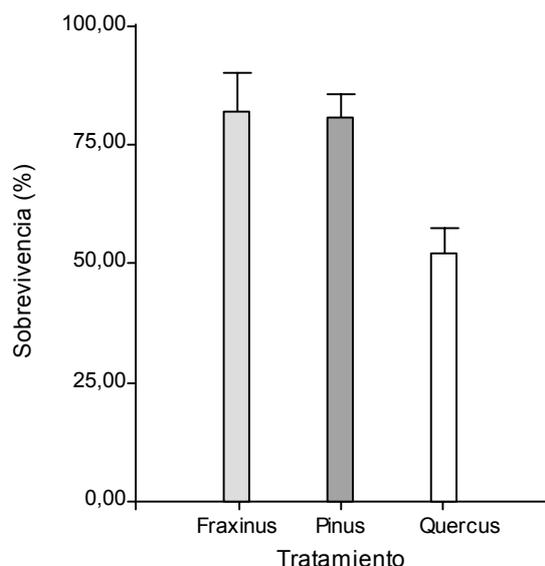


Figura 3. Comparación del crecimiento en altura entre los años 1 y 2 para las distintas especies estudiadas.

#### Ensayo B. Supervivencia.

A diferencia del ensayo 1, el ensayo 2 se encuentra instalado en un sitio más homogéneo, claramente definido por una mejor condición de sitio (A). La vegetación más abundante es el rye grass en la temporada otoño-invernal.



La supervivencia al 2º año de plantación fue del 82% para *Fraxinus americana*, en tanto que para *Pinus radiata* fue similar (81%). El porcentaje para el roble fue mucho menor que para las mencionadas especies, del orden del 51%. Es de destacar que en el caso del fresno no fue necesario realizar reposiciones, en tanto que los pinos fueron establecidos en esta temporada de crecimiento y aun así soportaron las condiciones de sequía.

Figura 4. Supervivencia de especies al 2º año.

Debido a las escasas precipitaciones registradas, las reposiciones efectuadas en el caso del *Quercus* no prosperaron, probablemente debido a que se realizaron a raíz desnuda.

En cuanto al establecimiento de la parcela de *Quercus palustris*, si bien se registró la brotación de las plantas, éstas se secaron en el mes de noviembre, donde además de una reducción de las precipitaciones históricas en un 36%, se registraron días de altas temperaturas. Las condiciones edáficas además no se condicen con los requerimientos de la especie, originaria de suelos pantanosos y húmedos.

## Ensayo B. Crecimiento en altura

El fresno (1,24 m) y el *Pinus radiata* (1,25) fueron las especies que mayor altura presentaron, si bien en el primer caso se trató de una especie de 2 años, en tanto que el *Pinus radiata* fue plantado un año despues.

En el caso del fresno, se observó que si bien las hojas presentaron un color verde intenso, la planta mostró síntomas de falta de agua. En el caso del *Pinus radiata*, se observó un color verde intenso, sin síntomas de afectación por stress hídrico.

En cuanto al *Quercus*, mostró un crecimiento considerablemente menor, que en promedio resultó de 0,58 m. En este caso, se observó que las hojas resultaron de menor tamaño y, en muchos casos cloróticas.

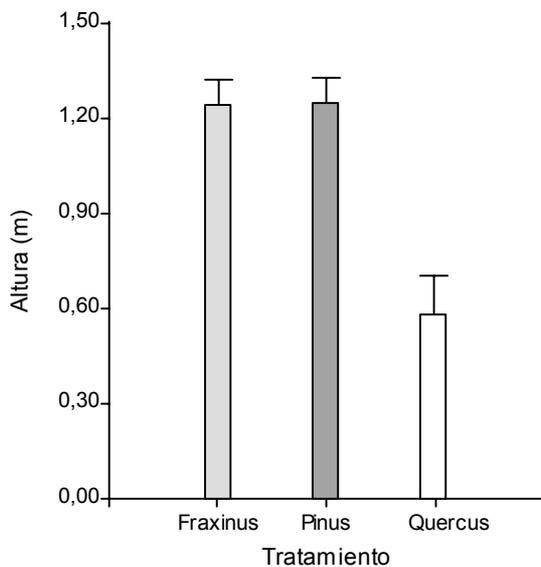


Figura 5. Crecimiento en altura de especies del ensayo B.

## Conclusiones y recomendaciones

La reducción del el régimen hídrico acaecida en los últimos años, determinó un cambio en las hipótesis de trabajo, que significó determinar el crecimiento de especies forestales bajo condiciones de stress hídrico por déficit de agua.

Se presentan resultados de dos ensayos. En el ensayo A, la *Acacia melanoxylon* fue la especie que mejor crecimiento y sobrevivencia presentó en las dos situaciones de suelos analizadas, en relacion a los clones de *Salix* testeados (524/50, 13/44 y 588/88). El mayor crecimiento en el mejor sitio fue para el *Salix* 13/44, que alcanzó una altura de 2,65 m.

En el ensayo B, el sitio fue mas homogéneo. El *Fraxinus americana* y el *Pinus radiata* fueron las especies que mejor crecieron con una mayor tasa de sobrevivencia, alcanzando una altura de 1,24 y 1,25 m respectivamente, mientras que el *Quercus robur* presentó un menor crecimiento en altura y menor tasa de sobrevivencia.

## Agradecimientos

A Elena Cappelletti y Eduardo Ferrere por la colaboración en la instalación y mantenimiento del ensayo.

## Bibliografía

Aparicio, J.; Lopez, J.; Caniza, F. 2006. Respuesta de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y pino híbrido a cuatro técnicas de preparación del terreno en el sudoeste de Corrientes. Publicación de la EEA INTA Bella Vista. Jornada Forestal en Las Taperitas S.A. 13 de octubre de 2006. 11 pp.

Clavijo, M.; M. Nordenstahl; P. Gundel, E. Jobágyy. 2005. Poplar afforestation effects on grassland structure and composition in the flooding pampas. *Rangeland Ecol Manage* 58, 474-479.

Ferrari A; Wall, L 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* N°105, vol 2.

González Rodríguez, H; I. Cantú Silva. 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas de matorral espinoso tamaulipeco. *CIENCIA UANL* , VOL. IV, No. 4, Oct-Dic 2001.

Guarnaschelli, A. ; A. Garau, F. Caccia . 2006. Respuestas al déficit hídrico y lumínico durante el establecimiento de *Salix matsudana* x *Salix alba* 'A 13/44'.

Khan, M. A. I.A Ungar, A.M Showalters, 2000. Effects of salinity on growth, water relation and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Annals of Botany* 85, 225-232. 85, 225-232.

Lupi, A; Fernández, R; Pezutti, R; Pahr, N; Hernández, A; Martiarena, R.2004. Evaluación de técnicas de preparación del terreno para el cultivo de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en suelos hidromorficos. XI Jornadas técnicas, forestales y ambientales FCF. UNAM-EEA Montecarlo. Eldorado.

Neuman, P.1997. Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant cell and environment*: 20, 1193-1198.

Peri, 1996. Establecimiento de salicáceas en distintos mallines de la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Actas 20° Sesión de la comisión internacional del álamo*. Vol II, Pags 867-875. Editor: I. Bach. Budapest, Hungría.

Zamolinski, 2000. Experiencias en recuperación de suelos salinizados. Publicación técnica n° 31. EEA INTA Villegas. 14 Pags.



