

Respuesta a temprana edad de nuevos genotipos de *Salix spp* ante estrés abiótico en un “bajo dulce” de Chascomus, provincia de Buenos Aires.

CERRILLO, T.¹, VILLAVERDE, R.², AVOGADRO², E., SALLESSES³, L., PATHAUER³, P., ÁLVAREZ, J.A.¹ y J. DIEZ³

¹ EEA Delta del Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Paraná de las Palmas y Canal Laurentino Comas, (2804) Campana, Buenos Aires tcerrillo@correo.inta.gov.ar

² MinAgri, Dirección de Producción Forestal, Técnico Regional Cuenca del Salado.

³ Instituto de Recursos Biológicos (CIRN)- INTA

Resumen

En sitios de la Pampa Deprimida de la provincia de Buenos Aires la salinidad y/o alcalinidad de los suelos y los períodos de alternancia de exceso hídrico, seguidos de déficit pronunciado de agua, generan situaciones de estrés abiótico para diversos cultivos, entre ellos los forestales, limitando la productividad e incluso la capacidad de instalación de las plantas. El objetivo del presente trabajo fue explorar la adaptabilidad a tales condiciones de una serie de genotipos mejorados de sauces (*Salix spp*), con vistas a detectar su potencial como alternativa productiva forestal y principalmente como complemento en los sistemas silvopastoriles, dado el predominio de la actividad ganadera en la región. Para ello, se instaló en septiembre de 2012 un ensayo en el Establecimiento “Los Nogales”, en el partido de Chascomús. La plantación se realizó siguiendo un diseño en bloques completos al azar, con cuatro plantas por parcela y cuatro repeticiones, en una configuración de 4m x 4m. En los genotipos ensayados intervienen las especies: *Salix alba* L., *Salix matsudana* Koidtz, *Salix nigra* Marsh y *Salix amygdaloides* Anderss. Como testigo se utilizó el clon comercial *Salix nigra* ‘Alonzo nigra 4 INTA’. Fueron evaluadas la supervivencia y la altura total de las plantas en el segundo período vegetativo. El ANOVA mostró diferencias entre las alturas de los genotipos estudiados y la comparación de medias permitió diferenciar tres grupos homogéneos para dicha variable de crecimiento. Se destacó como mejor tratamiento el clon *Salix matsudana* x *Salix nigra* ‘Lezama INTA-CIEF’ (altura= 1,94m± 0,28m y supervivencia= 100%), que no se distinguió significativamente del testigo *Salix nigra* ‘Alonzo nigra 4’ (altura= 1,72m± 0,32m y supervivencia= 100%), ni de los clones mejorados recientemente inscriptos *Salix matsudana* x *Salix alba* ‘Los Arroyos INTA-CIEF’ (altura= 1,88m± 0,20m y supervivencia= 100%), *Salix alba* x ? ‘Yaguareté INTA-CIEF’ (altura= 1,66m± 0,34m supervivencia= 68,75%) y *Salix nigra* x ? ‘Ibicuy INTA-CIEF’ (altura= 1,57m± 0,27m y supervivencia= 100%). Además de estos genotipos más destacados, se visualizaron otros, dentro de un grupo de materiales en fase de selección avanzada, también con respuestas favorables para el sitio.

Palabras clave: *Salix*, sodicidad, selección, tolerancia, clones

Introducción

En la provincia de Buenos Aires, el 24% de la superficie de su territorio (7,08 millones de ha) está ocupada por suelos hidrohalomórficos, que presentan típicamente un horizonte arcilloso, baja permeabilidad y alto contenido de sales sódicas (Vázquez y Rojas, 2006).

Particularmente la Cuenca del Río Salado, con aproximadamente 9 millones de hectáreas -un 30% de la superficie provincial- (Villaverde y Avogadro, 2013), está conformada por relieves planos, con drenaje impedido y sujetos a inundaciones periódicas (Burkart *et al*, 1999). La salinidad y/o alcalinidad de los suelos de la región, acompañados con frecuentes alternancias de períodos de exceso y déficit hídricos, son factores determinantes de estrés abiótico a los que pueden estar sometidos los cultivos, constituyendo importantes limitantes ambientales para la productividad. Según Bruckman y Brady (1977), los efectos desfavorables sobre las plantas en suelos alcalinos, pueden deberse a tres factores principales: 1) la influencia cáustica de la alta alcalinidad inducida por el carbonato y bicarbonato sódico. 2) la toxicidad del bicarbonato y otros aniones y 3) los efectos adversos de los iones de sodio activos sobre el metabolismo y nutrición vegetal. Estos ambientes de aptitud puramente ganadera -o no aptos para la agricultura- están actualmente subutilizados, presentando importantes posibilidades para la actividad forestal. Jobbágy *et al* (2006) observan que bajo determinadas condiciones las forestaciones con especies deciduas, pueden ser útiles si se los asocia a sistemas ganaderos, con buena producción de forraje en el sotobosque, que pueda complementar a los pastizales naturales no forestados en calidad y estacionalidad, minimizando los impactos ambientales asociados. Por lo tanto, seleccionando adecuadamente los materiales vegetales y atendiendo a las condiciones del sitio, la introducción del árbol puede representar ventajas importantes respecto a la sustentabilidad. En este sentido Suárez (2005) recomienda para la región Pampeana el uso de Salicáceas (*Populus* y *Salix*) ya que ambas especies son caducifolias, permitiendo así el ingreso de luz para el forraje, y la posibilidad de utilizar el follaje como suplemento dietario de los animales, entre otros beneficios.

El objetivo de este ensayo, de carácter exploratorio, fue detectar, entre un grupo de sauces (*Salix* spp) mejorados, cuáles presentan adaptabilidad al sitio y, de este modo, contar con una primera aproximación de su potencial para un futuro uso forestal sostenible, en este tipo de sitios con importantes limitantes para la producción como se ha señalado. El trabajo se ha focalizado en evaluar la respuesta en supervivencia y crecimiento de 13 nuevos genotipos de sauce obtenidos en Argentina por el INTA (Cerrillo *et al*, 2013), presentándose en este trabajo los resultados de la primera evaluación, a 14 meses. Cabe destacar que algunos de estos clones han sido recientemente inscriptos en el registro Nacional de Cultivares del Instituto Nacional de Semillas (INASE).

Materiales y métodos

El **material genético** explorado (**Tabla 1**) forma parte del Programa de Mejoramiento Genético de Sauces del INTA (PMS) y posee grado diferencial de mejora. Algunos de los clones fueron seleccionados recientemente por el PMS y se encuentran ya inscriptos en el INASE (Cerrillo *et al*, 2013). En la composición del material genético ensayado intervienen las especies *Salix alba* L., *S. amygdaloides* Anderss., *S. babylonica* L., *S. matsudana* Koidtz y *S. nigra* Marsh. La estrategia del PMS considera varios criterios para la selección: adaptación, crecimiento, sanidad, forma y aptitud de la madera y, si bien aborda fundamentalmente al Delta del Paraná, por ser el territorio con mayor aptitud para el sauce y poseedor de la mayoría de las plantaciones del género *Salix* en el país, también se desarrolla experimentación en otras regiones, buscando explorar la adaptabilidad de los materiales generados *in situ* en ambientes donde el sauce puede tener potencial, como el caso que se presenta en este trabajo.

Tabla 1: Características del material genético presente en el ensayo evaluado.

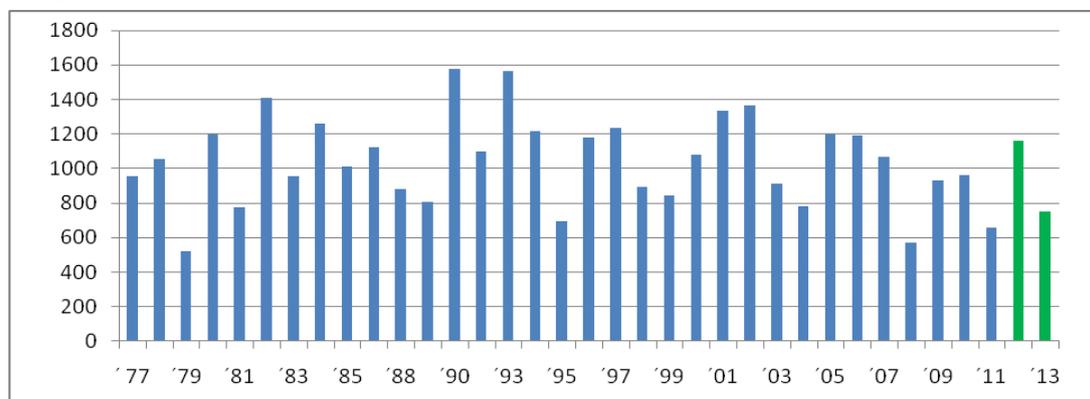
Tratamiento	Origen	Grado de mejora alcanzado
LOS ARROYOS INTA-CIEF	<i>S.matsudana</i> x <i>S. alba</i>	CSI
LEZAMA INTA-CIEF	<i>S. matsudana</i> x <i>S.nigra</i>	CSI
YAGUARETÉ INTA-CIEF	<i>S.alba</i> x ? x ?	CSI
IBICUY INTA-CIEF	<i>S.nigra</i> x ?	CSI
C-07-211	<i>S.nigra</i>	CE
C-07-250	<i>S.nigra</i>	CE
95.07.09	<i>S.matsudana</i> x ?	CE
95.07.11	<i>S.matsudana</i> x ?	CE
97.08.02	<i>S.matsudana</i> x <i>S. alba</i>	CE
97.24.07	<i>S.amygdaloides</i> x ?	CE
98.02.16	<i>S.amygdaloides</i> x <i>S.babylonica</i>	CE
98.07.18	<i>S.matsudana</i> x <i>S. alba</i>	CE
ALONZO NIGRA 4 INTA (testigo)	<i>Salix nigra</i>	Clon comercial, difundido

CSI= clon seleccionado (2012) por el Programa de Mejoramiento Genético de Sauces del INTA e inscripto en el INASE

CE= clon experimental

El **clima** de la región es templado sub-húmedo, con veranos cálidos y heladas en invierno y primavera. Las **precipitaciones** presentan valores promedio de 950mm, observándose variaciones cíclicas según los años. Aunque se distribuyen a lo largo de todo el año, es característica la ocurrencia de períodos de excesos de lluvias lo cual, sumado al lento drenaje, determina que sea frecuente la acumulación hídrica, con marcada alternancia entre anegamiento y sequía (Damario y Pascale, 1988).

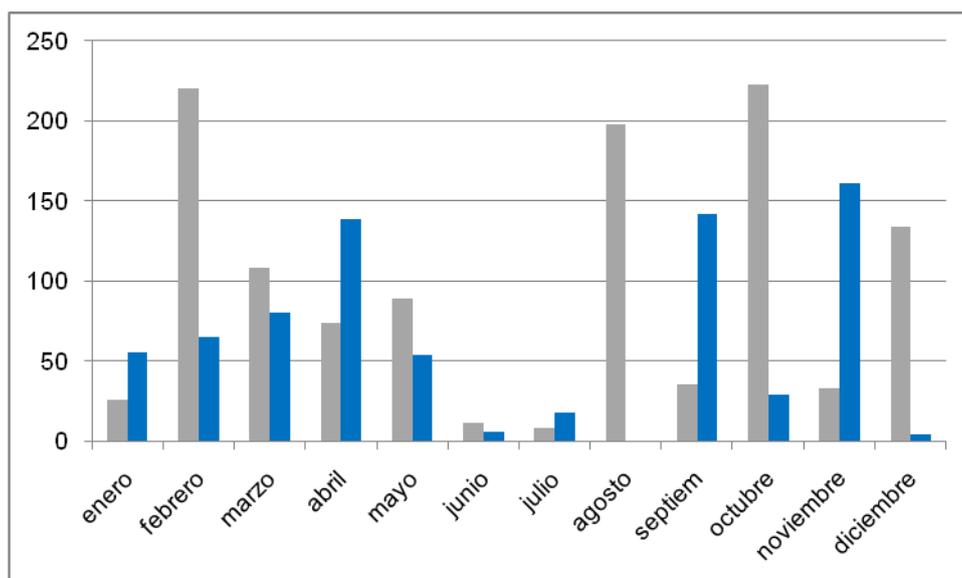
Fig. 1: Serie de precipitaciones registradas en Chascomús entre 1977 y 2013



Referencia: en verde: años 2012 (año de instalación del ensayo) y 2013

Fuente: INTA EEA Cuenca del Salado

Fig. 2: Distribución de las precipitaciones (mm) en Chascomús, 2012 y 2013)



Referencia: en gris: año 2012; en azul: año 2013

Fuente: INTA EEA Cuenca del Salado INTA

La **instalación del ensayo** se efectuó en el Establecimiento “Los Nogales”, en Libres del Sur, Partido de Chascomús, Provincia de Buenos Aires (35° 40´ 46,6´´ Sur; 57° 48´ 22,6´´ Oeste), que tiene como actividad principal la ganadería. Buscando alternativas para mejorar el aprovechamiento de la unidad, su propietaria lleva a cabo desde 1993 la exploración de algunas especies forestales, logrando como resultado la integración productiva de algunas áreas de “espadañales” (lagunas semi colmadas con agua permanente y presencia de “espadaña” -*Zizaniopsis bonariensis*-), en las que resultó particularmente satisfactoria la respuesta del clon *Salix nigra* ‘Alonzo nigra 4 INTA’ (Sánchez, 2014. *Comunicación personal*). Estos antecedentes ubican al establecimiento como un referente para el desarrollo de la actividad silvopastoril y forestal en la zona.

En la propiedad, el ensayo sobre el que trata este trabajo se ubicó en un “**bajo dulce**”, propio de posiciones deprimidas del relieve. Los suelos están clasificados dentro del grupo de los Natracualf Típicos, pobres en materia orgánica, con estructura masiva y lenta permeabilidad (Taboada y Micucci, 2009). Los análisis edafológicos puntuales del lote donde se ubica la plantación experimental (**Tabla 2**) muestran valores elevados de PSI (Porcentaje de sodio intercambiable), lo que reafirma la necesidad de contar con materiales con alta tolerancia a este tipo de suelos sódicos o alcalinos.

Tabla 2: Estudio de suelo “bajo dulce”

Profundidad	pH	C.E. ds/m	MO (%)	PSI
0-20	7,1	0,85	6,76	20,3
20-40	8,2	1,41	1,07	24,9
40-60	8,5	1,56	0,58	25,7

Fuente: Datos facilitados por Dra. Susana Sánchez, Establecimiento “Los Nogales”

La **vegetación** del sitio es pastizal natural, con presencia de *Leersia hexandra* (“arrocillo”), *Paspalidium paludivagum* (canutillo), *Eliocharis spp*, *Lotus tenuis* y *Solanum glaucophyllum* (“duraznillo blanco”) y otras particularmente indicadoras de

ambientes bajos inundables, como *Alternanthera* spp y espadaña *Zizaniopsis bonariensis*.

Previo a la instalación del ensayo, el sitio no había sido utilizado para ninguna actividad productiva. Al momento de la plantación, al encontrarse el lote con una altura media de 60 cm de agua sobre la superficie, no se realizaron labores de preparación, excepto la señalización del terreno para plantación, a través de un cable marcado con las distancias de plantación.

El **diseño experimental** utilizado fue en bloques al azar, con parcelas de 4 plantas, con 4 repeticiones.

Espaciamiento: 4m x 4m.

Longitud de las estacas: 1,20 m.

Fecha de plantación: 12 de septiembre de 2012.

El diseño del ensayo responde al **modelo**:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico de la variable Ht que afecta al clon i en el bloque j

μ = media general

C_i = efecto del clon i

B_j = efecto del bloque j

ε_{ij} = efecto del error debido a la parcela $i j$

En enero de 2014, a los 14 meses de edad, se realizaron **mediciones y observaciones**: recuentos de las plantas del ensayo, para conocer la supervivencia de cada tratamiento, y medición de alturas. También se efectuaron observaciones de sanidad, considerando roya (*Melampsora* spp) y antracnosis (*Marssonina salicicola*); para la valoración, se aplicó una escala arbitraria de seis grados: 0= sin síntomas ni signos a Grado 5= completamente afectadas; asimismo, se controló la posible aparición de daños en corteza (cancros). Todas son prácticas usuales de observación en la metodología del PMS (Cerrillo, 2012).

Sobre la base de los datos relevados, de las **variables altura, supervivencia y afección por enfermedades**, se realizaron los análisis correspondientes. Para determinar la existencia de diferencias significativas entre las alturas de los tratamientos evaluados se realizó un **análisis de varianza**. Al resultar significativos los valores de F en el análisis de la varianza, se efectuó la comparación de medias mediante el Test de Tukey ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de la varianza de la supervivencia y luego las medias se separaron por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), previa transformación de los datos (expresados en porcentaje) aplicando = arcoseno de la raíz cuadrada dividido 100 (ya que la transformación mejora la homogeneidad de varianzas); los valores luego fueron retransformados para su presentación (**Tabla 3**). Finalmente, se analizó la incidencia de enfermedades, considerando el grado más frecuente para cada clon sobre la base de los datos observados.

El procesamiento de los datos se realizó aplicando el programa de análisis estadístico InfoStat Versión 2013 (Di Rienzo *et al*, 2013).

Resultados y discusión

En esta primera evaluación fenotípica a los 14 meses, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos para la variable **altura total** (Ht), $F= 3,33$; $P < 0.0001$), con una media general del ensayo de 1,627 m. La comparación de medias (Test de Tukey ($p \leq 0,05$)) -**Tabla 3**-, mostró un primer grupo estadísticamente homogéneo de diez tratamientos, incluyendo al testigo `Alonzo nigra 4 INTA` de muy buena performance (altura= $1,72\text{m} \pm 0,32\text{m}$). Los nuevos clones recientemente inscriptos `Lezama INTA-CIEF` (altura= $1,94\text{m} \pm 0,28\text{m}$) y `Los Arroyos INTA-CIEF` (altura= $1,88\text{m} \pm 0,20\text{m}$) y el experimental "C-7-211" superaron en altura al testigo, aunque sin mostrar diferencias significativas. Estos resultados favorables para estos clones coinciden con lo observado para los mismos en ensayos en otras regiones (en Delta y Patagonia). En el mismo grupo homogéneo, con menor altura que el testigo, pero sin diferencias significativas con el mismo, resultaron los clones: `Yaguareté INTA-CIEF` (altura= $1,66\text{m} \pm 0,34\text{m}$) e `Ibicuy INTA-CIEF` (altura= $1,57\text{m} \pm 0,27\text{m}$), ambos también recientemente seleccionados por el PMS del INTA.

En cuanto a la **sobrevivencia** de los clones, hubo buena respuesta general: 7 de los 14 tratamientos mostraron el 100% de supervivencia (incluido el testigo `Alonzo nigra 4 INTA`). Entre estos 7, los que además tuvieron mayor altura fueron: `Lezama INTA-CIEF` y `Los Arroyos INTA-CIEF` y dos clones experimentales: "C7-211", "C7-250" y "C-14-12".

La **evaluación de enfermedades** demostró la inexistencia de síntomas y signos de roya ni afecciones de corteza. Sí se detectó la presencia de la enfermedad fúngica antracnosis, pero en niveles bajos: los clones más afectados (que presentaron grado = 3, sobre la base de una escala con máximo de 5) en general fueron los pertenecientes a la especie *Salix nigra* (incluido el testigo Alonzo nigra 4 INTA). Los resultados reafirman la buena performance ya comentada para las otras dos variables, destacándose, en el conjunto de variables, los clones `Lezama INTA-CIEF`; `Los Arroyos INTA-CIEF` y "C7-211".

El resultado general puede considerarse satisfactorio a esta edad temprana, al haber detectado clones con buena capacidad de instalación (clones de prendimiento perfecto, 100% de supervivencia a los 14 meses y buena sanidad). Esto toma mayor relevancia teniendo en cuenta las ya citadas dificultades propias del sitio y al estrés abiótico al que el material estuvo expuesto a lo largo de los 14 meses de crecimiento del ensayo, con una ocurrencia de lluvias en 2013 del 18,2% menos que el promedio para la zona y 35,1% menos que en el año anterior y meses de marcado déficit (**Figs. 1 y 2**). Con el fin de poner en un contexto más amplio la respuesta de los materiales en este sitio en particular, frente al potencial demostrado en terrenos adecuados y condiciones favorables, debe tenerse presente que en el Delta crecen en altura en 3,50m en promedio de edad (según Cerrillo, 2006, sobre la base de datos de 3 ensayos de la red). Pero, si bien el crecimiento es notablemente menor en este ensayo en el "bajo dulce", debe apreciarse la respuesta en general (prendimiento, supervivencia, sanidad), que sugiere una satisfactoria adaptación para varios de los clones estudiados, que de mantenerse la buena performance podrían ser de utilidad en el futuro para los sistemas productivos asociados a estos ambientes, entre ellos el silvopastoril. Cabe también señalar que la madera de varios de estos clones destacados (entre ellos `Los Arroyos INTA-CIEF` y `Lezama INTA CIEF`) ya cuenta con experiencias que demuestran aptitud tecnológica para diversos usos (aserrado, debobinado y elaboración de papel para diarios).

Tabla 3: Comparación de las variables a los 14 meses

Tratamiento	Altura (m)	Supervivencia (%)	Antracnosis (grado más frecuente por tratamiento)
Lezama	1,94	100	1
Los Arroyos	1,88	100	1
C-07-211	1,81	100	2
Alonzo nigra 4	1,72	100	3
C-14-12	1,66	100	2
Yaguareté	1,66	68,8	1
98.02.16	1,64	93,8	1
C-07-250	1,60	100	3
97.24.07	1,59	81,3	1
Ibicuy	1,57	93,8	3
97.08.02	1,46	68,8	1
98.07.18	1,46	87,5	1
95.07.09	1,42	68,8	1
95.07.11	1,37	100	1
media	1,63	90,2	
Desvio estandar	0,36		

Test de Tukey - Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Conclusiones

Los primeros resultados obtenidos de un experimento instalado en un “bajo dulce” de la Cuenca del Salado muestran buena capacidad de instalación de parte de los sauces ensayados a las complejas situaciones del sitio, que marcan importantes limitantes para la producción. En esta evaluación a edad temprana, a los 14 meses, un grupo de sauces mejorados dio muestras de adaptación a través de un 100% de supervivencia con alturas promedio cercanas a los 2 m. El resultado es alentador, considerando las limitantes planteadas en el ambiente, con alternancia de lapsos de excesos y fuertes déficits de agua que, además, resultaron muy acentuados en el primer período vegetativo del ensayo y gran parte del segundo. Si bien los tratamientos más destacados en el ensayo no crecieron en altura significativamente más que el testigo ‘Alonzo nigra 4 INTA’ (de excelente vigor y comprobada rusticidad en el sitio, según experiencias previas), algunos de los nuevos clones, como ‘Lezama INTA-CIEF’ y ‘Los Arroyos INTA-CIEF’, poseen una performance general superadora del testigo (inclusive en cuanto a la calidad de la madera para usos sólidos y para papel).

Al mismo tiempo, vale subrayar que la detección *in situ* de un grupo de varios clones de buena performance, contribuirá a disponer de una mayor variabilidad para un ambiente con potencial para este género forestal.

Aunque, por ser una evaluación preliminar, es aún apresurado concluir en recomendaciones sobre los materiales, los resultados tienen el valor de aportar una orientación sobre la capacidad de instalación y, por lo tanto, una muestra de su adaptabilidad. De mantener su performance, los clones destacados podrían ser un aporte útil hacia nuevas alternativas productivas para la región, ya sea incorporados a sistemas silvopastoriles, o bien como actividad forestal pura. La aptitud tecnológica para usos diversos, abriría la posibilidad de aplicarlos como materia prima para futuras actividades vinculadas al desarrollo local.

Literatura consultada

- Buckman, H y N Brady** 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon. ISBN 84.274-0395-X.
- Burkart, R.; Bárbaro, N.; Sánchez, R. y D. Gómez.** 1999. Eco-Regiones de la República Argentina. Programa Desarrollo Institucional Ambiental. Elaborado por la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y Parques Nacionales.
- Cerrillo, T.** 2006. Crecimiento inicial de nuevos genotipos experimentales de sauce en el Delta del Paraná-Resultados preliminares. Jornadas de Salicáceas. pág 6. Buenos Aires, Argentina. Septiembre de 2006.
- Cerrillo, T.** 2012. "Advances on the willow breeding program in Argentina". 24.^a Reunión de la Comisión Internacional del Álamo, FAO Dehradun, India
- Cerrillo, T.; Monteverde, M.S. y S. Ortiz.** 2013. Nuevos clones mejorados de sauce (*Salix* spp). IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano.- AFoA-INTA-FAO. Iguazú, Argentina, septiembre 2013.
- Damarío E.A. y A.J. Pascale.,** 1988. Caracterización agroclimática de la Region Pampeana. Rev. Fac. Agr. U.B.A. 9: 41-54.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W.** InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Jobbágy, E.; Vasallo, M.; Farley, K. A ; Piñeiro, G; Garbulsky, M. F. , Nosoetto, M.; Jackson, R.B. y J.M. Paruelo.** 2006. Forestaciones en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. Agrociencia (2006) Vol. X N° 2 pág 109-124.
- Suarez, R.** 2005. Sistemas Silvopastoriles en la pradera pampeana. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Corrientes 2005. Pp. 2-7.
- Taboada, M. y Micucci.** 2009. Respuesta de las propiedades físicas de tres suelos de la Pampa Deprimida al pastoreo rotativo. CI. SUELO (ARGENTINA) 27(2): 147-157, 2009. Pp. 148 INDICAR
- Vázquez, P. y Rojas, M.** 2006. Zonificación Agro-ecológica del área de Influencia de la EEA Cuenca del Salado. Publicación Técnica N° 2. ISSN 1850-6496. 17 pp.
- Villaverde, R. y E. Avogadro.** 2013. Guía básica para la plantación de Salicáceas en la Cuenca del Salado . Dirección de Producción Forestal (MAGyP). <http://buenosairesforestal.blogspot.com.ar/2013/08/guia-basica-para-la-plantacion-de.html>

Agradecimientos

A la Dra. Susana Sánchez, propietaria del Establecimiento "Los Nogales", por su permanente interés en el desarrollo de la investigación y por su colaboración en la instalación y mantenimiento del ensayo.

Buenos Aires, febrero de 2014