

Caracterización de un buen sitio forestal para *Salix nigra* `Alonzo nigra 4 - INTA´ en el bajo Delta bonaerense del Río Paraná

CASAUBON E.^{(1)*}, GURINI L.⁽¹⁾, CUETO G.⁽²⁾, GOMEZ L.⁽¹⁾ y Gonzalez A.⁽¹⁾

⁽¹⁾ E.E.A. Delta del Paraná-INTA. C.C. 14, CP 2804. Campana. Buenos Aires.

⁽²⁾ Departamento de Biología. F.C.E.N.-U.B.A. Lab.104, 4to. Piso, Pabellón II, Ciudad Universitaria. CP 1428 Buenos Aires.

ecasaubon@correo.inta.gov.ar

RESUMEN

La caracterización de los sitios más apropiados para cada clon en cultivo tiene una importancia superlativa en la silvicultura de precisión para la adopción de las mejores prácticas de manejo. El objetivo del trabajo fue caracterizar un sitio muy productivo del cultivar *Salix nigra* `Alonzo nigra 4 INTA´ (AN4) en el Delta Frontal del Río Paraná. La distancia de plantación fue de 3x2 m. La superficie en estudio se subdividió en 112 parcelas de 100 m² cada una. Dentro de cada parcela (n=16), se midió la altura total de árboles dominantes y promedio. Se tomaron las cotas de nivel del terreno en 112 plantas dominantes y en 108 identificadas como centro de parcelas para el muestreo sistemático de vegetación. Considerando las alturas de las plantas dominantes se identificaron cuatro sectores diferentes del terreno, en cada uno se tomaron muestras de suelo. Alrededor del árbol dominante de cada parcela se delimitaron y muestrearon 112 parcelas de 6 m². Se efectuó un censo sistemático de vegetación utilizando el mismo método para establecer especies o asociaciones vegetales que indiquen alguna característica particular del sitio (por ejemplo, salinidad) para ello se utilizaron 108 parcelas de 25 m². Para AN4 suelos bajos protegidos por un terraplén perimetral, de textura arcillo-limosa, franco-arcillo-limosa y/o franca-limosa, pH extremadamente ácidos a fuertemente ácidos y buena disponibilidad de agua en circulación, presentaron incrementos anuales que duplican los valores considerados promedios para la zona (20 m³/ha/año), mientras que terrenos de similares características con drenajes impedidos, presentaron rendimientos inferiores. *Rubus spp* se asocia a sitios favorables para el desarrollo del AN4 y *Carex riparia* a sitios de menor calidad.

Palabras clave: Calidad de sitio, *Salix nigra* `Alonzo nigra 4 INTA´, silvicultura de precisión, Delta del Paraná.

INTRODUCCION

El *Salix nigra* es el sauce más importante de las 70 especies que existen en Norte América. Este sauce fue introducido al país desde Stoneville MS, Estados Unidos en el año 1961 (Ubeda Molina, 1980). En 1969 se introdujo nuevamente semilla desde E.E.U.U.; de todo ese material sólo el *Salix nigra* original (femenino) y el *Salix nigra* `Alonzo nigra 4 INTA´ (masculino) tuvieron difusión comercial en el Delta del Paraná (Piussan, 1990).

Alonzo (1989) destaca su extraordinario crecimiento, excelente vigor, buena calidad de madera para aserrado y para pasta celulósica y una notable sanidad. El mismo año, Piussan y Repetti señalaron la aptitud de las pastas celulósicas para formar papeles opacos y Repetti *et al.* (1990), y Arreghini y Cerrillo (1996), que su madera no presenta buenos valores de blancura. Este clon posee un fuste recto y cilíndrico, corteza lisa,

muy buen desrame natural, es resistente a la podredumbre del tallo (Alonzo, 1979; Piussan y Repetti, 1989).

En el delta del Paraná la superficie forestada con sauces se estima en 64.000 hectáreas (MAGyP, 2010). El principal destino de la madera es la fabricación de pulpa para papel y la producción de astillas para una fábrica de tableros compensados (90%), y en una pequeña proporción para la industria del aserrado (10%) (Cerrillo, 2012).

La caracterización de los sitios más apropiados para cada clon en cultivo tiene una importancia superlativa en la silvicultura de precisión para la adopción de las mejores prácticas de manejo (Ortega, 2002) entre ellas el manejo según requerimiento sitio-específico (Vélez, 2013).

El objetivo del trabajo consistió en identificar componentes del ambiente determinantes de la buena productividad del clon `Alonzo nigra 4 INTA´ (AN4), analizando factores como el suelo, la vegetación natural, el relieve del terreno y su relación con la altura de las plantas dominantes y la productividad.

MATERIALES Y METODOS

Características del área de estudio: El Delta del Parana está ubicado en la porción final de la Cuenca del Plata, y ocupa una superficie aproximada de 1.750.000 ha (Bonfils, 1962). Las características ambientales del bajo Delta resultan propicias para el desarrollo de Salicáceas (Golfari, 1958). El presente estudio se llevó a cabo en una plantación comercial de 12 años de edad y 1,14 hectáreas de superficie ubicada en la quinta "Everglades", en la 1ª Sección de Islas del Delta Bonaerense, unidad de paisaje "Pajonales y Bosques del Bajo Delta" (Malvárez, 1997), sector "Delta Frontal" (Kandus, 1997). El clima del Delta es templado húmedo, sin estación seca (De Fina y Ravelo, 1979). La temperatura media anual oscila entre 16 y 17 °C y el promedio de precipitaciones de 1021 mm anuales (Malvarez, 1997; Kandus, 1997).

Manejo: En el año 1970, se construyó alrededor de la propiedad un atajarepunte de 1,40 m de alto y una red de drenajes interiores de canales, zanjas y sangrías. En 1971 se plantó la superficie actual con el *Salix nigra* original, y se aprovechó a los 14 años con excelentes rendimientos. En la primavera de 1985, se forestó con el clon AN4. La distancia de plantación fue de aproximadamente 3x2 m; el material de multiplicación utilizado fueron estacones de 0,90 m de largo. Para controlar roedores como la rata colorada (*Holochilus brasiliensis vulpinus*), se cubrió la base de las estacas con polietileno negro. Al año se `recepó´ toda la plantación; esta tarea consiste en el corte a machete del fuste aproximadamente a 0,45 m de altura, eliminando todas las ramas laterales para favorecer el mayor desarrollo radicular, mejorar la estabilidad de las plantas y lograr una mayor homogeneidad del cultivo. Al segundo año se aplastó la maleza entre las filas con tractor y rolo; se hizo posteriormente una poda de formación dejando en pie sólo a la rama dominante de cada planta. A fines de enero utilizó nuevamente el rolo entre filas y se repitió la operación en el invierno. Al tercer año se aplastaron por última vez las malezas en primavera e invierno. Todos los años se realiza una limpieza de las zanjas perimetrales para facilitar el escurrimiento de las aguas, evitando así mismo el anidamiento de roedores. Repuntes del río de mediana magnitud ingresan periódicamente a la propiedad inundando totalmente la superficie en estudio.

Crecimiento y producción forestal: se hizo un inventario de toda la plantación. La superficie se subdividió posteriormente en 112 parcelas de 100 m² cada una. Dentro de cada unidad muestral o parcela, compuesta por un máximo de 16 árboles, se midió la altura total del árbol dominante y del árbol promedio.

Relieve del terreno: se tomaron las cotas de nivel del terreno en las 112 plantas dominantes y en 108 identificadas como centro de parcelas para el muestreo sistemático de vegetación.

Comunidades vegetales: a) En cada parcela y tomando como centro el árbol dominante, se delimitó un área de 6 m² donde se censaron las especies existentes. b) Se efectuó un censo sistemático de vegetación utilizando el mismo método para establecer especies o asociaciones vegetales que indicarán alguna característica particular del sitio. Para ello se utilizaron 108 parcelas de 25 m² centradas en un árbol cada 6 y cada 2 filas.

Suelos: considerando las alturas de las plantas dominantes se identificaron cuatro sectores diferentes del terreno. En cada uno de ellos se hizo una calicata y se tomaron muestras del suelo que fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de INTA Castelar. Se determinaron textura, pH, materia orgánica, carbono orgánico, N total, P asimilable, Ca, Mg, Na y K, grado de saturación con Na y porcentaje de sodio de intercambio (PSI). El paquete estadístico utilizado fue Infostat, 2008.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se observan los valores promedio de altura y circunferencia de los árboles dominante (a) y promedio (b) de AN4 de las parcelas del rodal y sus rangos de variación.

Cuadro 1: Descripción de las variables registradas sobre los árboles de cada parcela.

a) árboles dominantes de `Alonzo nigra 4 INTA`:

	N	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	CV
Circunferencia	112	80,91 cm.	66,50 cm.	98,50 cm.	6,09	7,52 %
Altura	112	25,41 m.	23,14 m.	27,69 m.	1,14	4,48 %

b) árboles promedio de `Alonzo nigra 4 INTA`:

	N	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	C.V.
Circunferencia	112	62,25 cm.	51,50 cm.	69,00 cm.	3,33	5,35 %
Altura	112	23,39 m.	18,66 m.	25,92 m.	0,99	4,23 %

Relaciones entre los árboles dominantes y los árboles promedio: se detectó una correlación positiva significativa entre la altura de las plantas dominantes y la altura de las plantas promedio (cuadro 2); resultados similares se observaron para las circunferencias.

Cuadro 2: Coeficientes de correlación entre las variables medidas en las parcelas del rodal de `Alonzo nigra 4 INTA` (las correlaciones significativas están resaltadas).

	Circunferencia árbol dominante	Altura árbol dominante	Circunferencia árbol promedio
Altura árbol dominante	0,4934 p=0,000		
Circunferencia árbol promedio	0,5642 p=0,000		
Altura árbol promedio		0,3627 p=0,000	0,4293 p=0,000

Esto significa que las parcelas que presentaron los ejemplares de sauces dominantes de mayor altura estuvieron también representadas por los árboles promedio más altos. De esta forma se pueden extrapolar los resultados obtenidos en los estudios de sitio (realizados sobre las plantas dominantes) a los obtenidos en los estudios de productividad, realizados sobre las plantas promedio.

Crecimiento y productividad

Cuadro 3: Valores de crecimiento y productividad extremos y promedios del clon `Alonzo nigra 4 INTA`.

Parcela	Area basal por parcela (m ²)	Volumen por parcela (m ³)	Volumen por hectárea (m ³)	Incremento Medio Anual (m ³ /ha/año)	Promedio de plantas por parcela
> Productiva	0,0379	5,70	587,79	48,98	16
< Productiva	0,0211	2,36	260	21,67	15
Promedio	0,0309	4,59	478,71	39,89	15,81

Altura del terreno: La altura del terreno medida junto a los árboles dominantes de cada parcela mostró una variación de 49 cm entre la parte más baja y la más alta.

Cuadro 4: Coeficientes de correlación de a pares entre la altura del terreno con la circunferencia y la altura de las plantas dominantes de `Alonzo nigra 4 INTA`.

	Circunferencia Planta Dominante	Altura Planta Dominante
Altura del terreno	-0,060 p=0,532	-0,137 p=0,151

Las correlaciones entre la altura del terreno con la altura y con las circunferencias de las plantas dominantes usando las 112 parcelas, resultaron negativas, pero no significativas (cuadro 4).

Estudio de las comunidades vegetales asociadas a los árboles dominantes: en el cuadro 5 se observa el porcentaje de cobertura promedio y el número y porcentaje de parcelas ocupadas por cada una de las especies vegetales registradas junto a los árboles dominantes.

Cuadro 5: Listado de especies vegetales asociadas a los árboles dominantes de `Alonzo nigra 4 INTA`.

	% de cobertura Promedio	Número de parcelas	Porcentaje de parcelas
Suelo desnudo	66,444	112,00	100,00
<i>Carex riparia</i>	20,560	102,00	91,07
<i>Rubus</i> sp.	12,616	96,00	85,71
<i>Gomphrena</i>	0,092	12,00	10,71
<i>Rumex</i> sp.	0,045	7,00	6,25
<i>Solanum pseudocapsicum</i>	0,018	6,00	5,36
<i>Ligustrum sinense</i>	0,078	3,00	2,68
<i>Solanum deltaicum</i>	0,004	2,00	1,79
<i>Panicum grumosum</i>	0,114	2,00	1,79
<i>Ipomea indivisa</i>	0,004	2,00	1,79
<i>Vigna luteola</i>	0,002	1,00	0,89
<i>Polygonum</i> sp.	0,022	1,00	0,89

De las correlaciones de Spearman significativas (cuadro 6) parecería posible deducir que la presencia de *Carex riparia* está negativamente asociada con las dimensiones de los árboles dominantes de AN4, mientras que los árboles más altos están acompañados por *Rubus* sp. El análisis de los censos de vegetación realizados alrededor de los árboles dominantes del clon AN4 se resume en el cuadro 7. Se puede observar que la mayoría de las parcelas estaban representadas por suelo desnudo, *Rubus* sp. y *Carex riparia*. Se detectó una correlación negativa y estadísticamente significativa entre las especies *Carex riparia* y *Rubus* sp., es decir que estas especies se encuentran en porcentajes complementarios en la mayoría de las parcelas dentro del rodal. También se detectó una correlación negativa entre ambas especies

con el suelo desnudo, lo que estaría indicando que los sitios donde estas especies son más abundantes, es menor el porcentaje de suelo desnudo.

Cuadro 6: Correlación de Spearman entre la altura y circunferencia de los árboles dominantes de `Alonzo nigra 4 INTA` y los porcentajes de cobertura de las especies vegetales (las correlaciones significativas se encuentran resaltadas).

	Altura	P	Circunferencia	P
Suelo desnudo	0,056	0,555	0,075	0,432
<i>Carex riparia</i>	-0,404	0,000	-0,282	0,003
<i>Rubus sp.</i>	0,281	0,003	0,100	0,296
<i>Gomphrena sp.</i>	-0,132	0,165	-0,058	0,545
<i>Rumex sp.</i>	-0,179	0,060	-0,049	0,610
<i>Solanum pseudocapsicum</i>	0,019	0,842	-0,054	0,570
<i>Ligustrum sinense</i>	0,153	0,108	0,149	0,117
<i>Solanum deltaicum</i>	0,141	0,139	0,134	0,160
<i>Panicum grumosum</i>	-0,010	0,919	0,145	0,127
<i>Ipomea indivisa</i>	0,027	0,777	-0,001	0,991
<i>Vigna luteola</i>	0,109	0,254	-0,016	0,866
<i>Polygonum sp.</i>	0,031	0,747	0,057	0,549

Cuadro 7: Coeficientes de correlación entre las variables medidas sobre las plantas dominantes de AN4 y la vegetación (las correlaciones significativas están resaltadas).

	<i>Carex riparia</i>	<i>Rubus sp.</i>	Suelo desnudo
Circunferencia de plantas dominantes.	-0,2391 p=0,011	0,2042 p=0,031	0,0716 p=0,453
Alturas de plantas dominantes.	-0,3651 p=0,000	0,3470 p=0,000	0,0844 p=0,376
<i>Rubus sp.</i>	-0,4614 p=0,000	--	-0,3505 P=0,000
Suelo desnudo	-0,6667 p=0,000	-0,3505 p=0,000	--

De acuerdo al rango de valores observados de las variables involucradas en el Cuadro 7 y habiendo probado la normalidad de los datos, se utiliza en este caso el coeficiente de correlación de Pearson. Existe una correlación positiva entre la altura y la circunferencia de los árboles dominantes con la presencia de *Rubus sp.*, mientras que se detectó una correlación negativa con la presencia de *Carex riparia*. En este caso en particular la presencia de *Rubus sp.* estaría indicando la existencia de sitios favorables para el crecimiento de AN4, mientras que la presencia de *Carex riparia* indicaría sitios menos favorables para su desarrollo.

Muestreo sistemático: Mediante el muestreo de la vegetación realizado en forma sistemática se registraron 17 especies que no fueron detectadas al realizar el muestreo junto a los árboles dominantes de AN4 (cuadro 8), 14 de ellas serían indicadoras de sitios de menor crecimiento del AN4, debido a que se encontraron junto a árboles con circunferencias menores a 71 cm (límite inferior del tamaño de las dominantes) y las tres restantes *Aeschynomene sp.*, *Ludwigia elegans* y una *Caryophyllaceae* no están asociadas a sitios de productividad.

La Figura 1 es elocuente en mostrar las funciones que mejor ajustan las relaciones entre la altura de los árboles dominantes de AN4, *Carex riparia* y *Rubus sp.* con la cota del terreno, donde las alturas dominantes de AN4 y *Rubus sp.* exhiben similares tendencias.

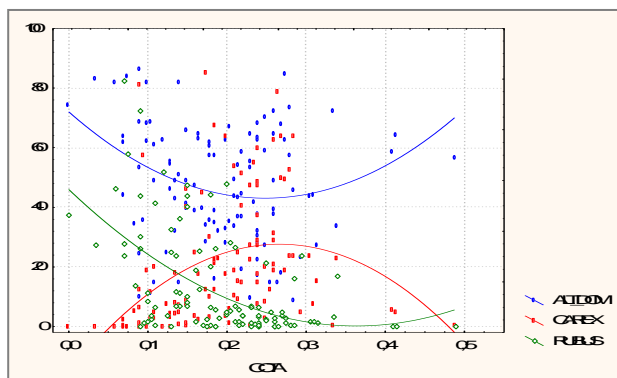


Figura 1: Relación entre los porcentajes de cobertura de *Carex riparia* y *Rubus* sp. y la altura de los árboles dominantes de 'Alonzo nigra 4 INTA' (eje y) con la altura del terreno (eje x).

Cuadro 8: Porcentajes de cobertura medios de las especies vegetales encontradas en los muestreos sistemático y el realizado en los árboles dominantes de 'Alonzo nigra 4 INTA'

	Muestreo Sistemático	Muestreo en árboles Dominante
<i>Aeschinomene</i> sp.	0,007	0,000
<i>Alternanthera</i> sp.	0,250	0,000
<i>Baccharis</i> sp.	0,005	0,000
Cardo roseta	0,011	0,000
<i>Carex riparia</i>	28,486	20,560
Caryophyllacea	0,011	0,000
<i>Cayaponia</i> sp.	0,005	0,000
<i>Comelina virginica</i>	0,027	0,000
<i>Eclipta</i> sp.	0,002	0,000
<i>Eryngium</i> sp	0,034	0,000
<i>Fragaria</i> sp.	0,002	0,000
<i>Gomphrena</i> sp.	0,205	0,092
Gramínea	0,180	0,000
<i>Hydrocotyle</i> sp.	0,023	0,000
<i>Ipomea indivisa</i>	0,023	0,004
<i>Iris pseudacorus</i>	0,009	0,000
<i>Ligustrum sinense</i>	0,023	0,078
<i>Lonicera</i> sp.	0,009	0,000
<i>Ludmigia elegans</i>	0,002	0,000
<i>Panicum grumosum</i>	0,014	0,114
<i>Polygonum hydro</i>	0,011	0,022
<i>Rubus</i> sp.	14,509	12,616
<i>Rumex</i> sp.	0,124	0,045
<i>Solanum deltaicum</i>	0,083	0,004
<i>Solanum pseudocapsicum</i>	0,047	0,018
Sp 29	0,011	0,000
Suelo anegado	2,342	0,000
Suelo desnudo	53,505	66,444
<i>Vigna luteola</i>	0,041	0,002

Suelos: La disponibilidad de nutrientes de cada capa de suelo analizada se consideró óptima teniendo en cuenta los rendimientos volumétricos obtenidos.

Cuadro 9: Disponibilidad de nutrientes en el suelo y su desvío estándar en una plantación de `Alonzo nigra 4 INTA´.

Capa Nº	Material geológico	Espesor (cm)	pH	MO	CO	N total	Relación C/N	P asim. (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Sat.	PSI
1	Hojarasca	3.0 (1.15)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	Sedimentos arcillo-limosos	15 (4.24)	4.7 (0.39)	28.6 (6.31)	16.6 (3.65)	1.5 (0.42)	11.1 (0.79)	3.4 (0.49)	9.3 (1.91)	2.6 (0.4)	0.5 (0.17)	0.5 (0.15)	28.3 (5,16)	1 (0.32)
3	Sedimentos franco-arcillo limosos	25.3 (10.28)	4.8 (0.39)	9.1 (4.16)	5.3 (2.38)	0.5 (0.16)	11.6 (0.8)	3.4 (0.41)	8.8 (1.19)	3.2 (0.29)	0.3 (0.08)	0.4 (0.05)	62.1 (12.69)	1.5 (0,44)
4	Sedimentos franco-limosos	> 42 (3.6)	4.7 (0.1)	2.0 (0.78)	1.2 (0.44)	0.11 (0.02)	11.2 (0.8)	3.3 (0.86)	4.1 (1.29)	1.4 (0.21)	0.2 (0)	0.2 (0.05)	70.6 (5,28)	2.6 (0.55)

DISCUSIÓN

El incremento promedio anual de esta plantación comercial de AN4, superó en un 200 % al valor promedio para las Salicáceas del Delta (estimado en 20 m³/ha por año). Existe coincidencia con el USDA Forestry Service (1965) en que sitios bajos, húmedos y poco arenosos son ideales para *Salix nigra*, y con Alonzo (1979 y 1989) y Cortizo *et al.* (1993), en los excelentes incrementos volumétricos que alcanza este clon en el bajo delta del Río Paraná cuando la plantación recibe un buen manejo del agua. En esta plantación, el buen mantenimiento de las redes de drenaje, posibilita que el agua que ingresa a la propiedad por los habituales repuntes del río, permanezca en continuo movimiento en la mayoría de las parcelas. La parcela de menor productividad, estaba ubicada en un sector bajo del terreno con presencia de aguas estancadas, perdió sólo una de las 16 plantas originales y sus árboles dominantes y promedio presentaron menores diámetros y alturas que en el resto del rodal evidenciando la tolerancia del clon a ambientes con aguas estancadas, y las dificultades para un óptimo desarrollo volumétrico. Estos resultados resultan coincidentes con FAO (1980), cuando refiere que los sauces en general prefieren los suelos bajos, a menudo inundables y con una napa freática permanentemente en superficie, con agua siempre aireada y en movimiento, mientras que la retención prolongada de este elemento, la escasa renovación y la pobreza en oxígeno limitan el desarrollo de las plantas. La tolerancia del AN4 a situaciones de anegabilidad fue también mencionada por Alonzo en los años 1980 y 1984. Los excelentes rendimientos volumétricos obtenidos en esta plantación coinciden con Golfari (1958) en la aptitud de los suelos y clima del delta para el cultivo de sauces; con FAO (1980), en las exigencias en sitio de los sauces en general, con el USDA Forestry Service (1965), Alonzo (1979), para el *Salix nigra* en particular, y por Alonzo (1989), Cortizo *et al.* (1993) y Casaubón *et al.* (2.000), en el comportamiento volumétrico del AN4 en los buenos sitios del bajo delta del río Paraná.

CONCLUSIONES

En *Salix nigra* `Alonzo nigra 4 INTA´ los suelos bajos protegidos por un terraplén perimetral, de textura arcillo-limosa, franco-arcillo-limosa y/o franca-limosa, pH extremadamente ácidos a fuertemente ácidos y buena disponibilidad de agua en circulación, pueden presentar incrementos anuales que duplican los valores considerados promedios para la zona (20 m³/ha./año), mientras que en terrenos de similares características con drenajes impedidos, los rendimientos resultarían inferiores.

Rubus spp se asocia a sitios favorables para el desarrollo del clon AN4 y *Carex riparia* a sitios de menor calidad.

Las asociaciones de altura del terreno con las dimensiones de los árboles, si bien es negativa no llega a ser significativa.

BIBLIOGRAFIA

- Alonzo, A. 1979. *Salix nigra*: un interesante productor de madera y de pasta celulósica. XV Congreso Técnico sobre Celulosa y Papel. Buenos Aires. 16 pp. (separata).
- Alonzo, A. 1980. Las Salicáceas en la República Argentina. Comisión Nacional del Álamo de la República Argentina. Snt. 69 pp.
- Alonzo, A. 1989. Las Salicáceas en la República Argentina. Informe para la Comisión Nacional del Álamo de la República Argentina. S.n.t. 69 pg.
- Arreghini, R. y Cerrillo T.. 1996. Los sauces en la República Argentina. 20° Sesión de la Comisión Internacional del Álamo. Proceedings. Vol. II. Budapest. Hungría.
- Bonfils, C., 1962. Los suelos del Delta del Río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. Revista de Investigación Agrícola. INTA. T. XVI, N°3. Buenos Aires. Argentina.
- Casaubon, E., Gurini, L. y Cueto G. 2.000. Relaciones entre las características estacionales y la productividad en una plantación de *Salix nigra* 4 en el Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Vol. 9 (2) Diciembre.
- Cerrillo, T. 2012. Avances en el mejoramiento genético del sauce (*Salix* spp) con fines de aprovechamiento maderero en Argentina. 3° Congreso Internacional de Salicáceas. Neuquén.
- Comisión Nacional del Álamo de Argentina. 2012. Informe Nacional. Período 2008-2011. Pp. 45.
- Cortizo, S., Casaubón, E. y Gurini, L. 1993. Análisis del Comportamiento del *Salix nigra* 4 en una plantación comercial en el Delta del Paraná.
- De Fina A.L. y Ravelo A.C. 1979. Climatología y Fenología Agrícolas. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 3° Edición. 351 pp.
- FAO. 1980. Los Álamos y los Sauces en la producción de madera y la utilización de tierras. Roma.
- Golfari, L. 1958. Condiciones ecológicas del cultivo de las Salicáceas en la Argentina. Revista de Investigaciones Agrícolas. T.XII N°2:174-224.
- Infostat, 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Kandus, P. 1997. Análisis de Vegetación a escala regional en el bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). Tesis para optar al título de Dr. En Ciencias Biológicas. Fac. de Cs. Exactas y Nat. UBA.
- MAGyP, 2010. Mapa de plantaciones forestales del delta. Área SIG e Inventario Forestal.
- Malvarez I. 1997. Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. La relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Tesis para optar al título de Dr. En Ciencias Biológicas. Fac. de Ciencias Exactas y Naturales. UBA.
- Ortega, J., Foster, W. y Ortega R. 2002. Definición de subrodas para una silvicultura de precisión: una aplicación del método fuzzy k-means. Cien. Inv. Agr. 29(1):35-44.2002. Disponible en la web www.rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/422/334
- Piusan, C. y Repetti, R. 1989. Calidad papelera del *Salix nigra* N° 4 (comunicado preliminar). Primeras Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético del género *Salix*. Actas CIEF. Buenos Aires. Pg. 98.
- Piussan, C. 1990. Calidad papelera del *Salix nigra* N° 4 (Comunicado Preliminar). Primeras Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético del Género *Salix*. Buenos Aires.
- Repetti, R., Fontana, E. y Piussan, C. 1990. Estudio comparativo de las propiedades papeleras del *Salix nigra* 4, del híbrido A-131/27 y del Sauce Americano. 26to. Congreso Técnico sobre Celulosa y Papel. ATIPCA. Buenos Aires.
- Ubeda Molina, J. 1980. Algo más sobre el comportamiento del *Salix nigra* 4. IV Congreso Forestal Argentino. Goya. Corrientes.
- USDA Forestry Service. 1965. Black willow (*Salix nigra* Marsh.). From Silvies of Forest Trees of the United States. Agricultural Handbook N° 271. Pg. 650-65.
- Vélez, J. 2013. Criterios básicos para delimitar zonas de manejo en la agricultura y su alcance en la silvicultura. XXVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia. Entre Ríos.