

RELACIONES ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS ESTACIONALES Y LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTACIÓN DE *Salix nigra* 4 EN EL DELTA BONAERENSE DEL RÍO PARANÁ (ARGENTINA)

E. A. CASAUBÓN¹, L. B. GURINI¹, G. R. CUETO²

¹ E.E.A. DELTA DEL PARANÁ-INTA. C.C. 14, CP 2804. Campana. Buenos Aires. Argentina

² Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Pabellón II, 4.º piso. Laboratorio 104 (1428). Buenos Aires. Argentina.

gcueto@bg.fcen.uba.ar

RESUMEN

Se estudió la calidad de estación de una plantación de *Salix nigra*, de seis años de edad, ubicada en el Delta del Paraná (Argentina), la cual registra una productividad menor a la promedio de la región. El objetivo del trabajo fue identificar los componentes de la estación determinantes de la baja productividad, a través del estudio de factores del ambiente tales como el suelo, la vegetación natural, el relieve del terreno y su relación con la altura de las plantas dominantes y la productividad. Los peores crecimientos se registraron en terrenos altos o en parcelas que presentaron la primera capa del suelo (de textura arcillo limosa) de mayor espesor, mientras que los mejores se registraron en los bajos con una primera capa de suelo de poco espesor.

PALABRAS CLAVE: Producción
Sauce
Salix nigra
Salicaceae
Argentina

INTRODUCCIÓN

El Delta del Paraná es una llanura de 1.750.000 ha, compuesta por un gran número de islas formadas por sedimentos que arrastra el río desde regiones subtropicales y tropicales

Recibido: 7-4-99

Aceptado para su publicación: 27-3-00

del norte argentino, Paraguay, Bolivia y Brasil. El 83,7 % abarca el extremo austral de la Provincia de Entre Ríos y el 16,3 % restante el NE de la Provincia de Buenos Aires, entre los 32°5' y 34°29' de latitud S y 58° 22' y 60°45' de longitud W. Bonfils, en el año 1962, zonificó los suelos del Delta y los subdividió en cuatro regiones geomorfológicas: Delta Antiguo, Predelta, Bajíos Ribereños y Bajo Delta.

El Bajo Delta ocupa una superficie de aproximadamente 350.000 ha, es la zona que presenta más ríos y arroyos; es un área muy joven, en continuo crecimiento hacia el Río de la Plata y permanentemente expuesta a inundaciones por aguas de repuntes y crecientes. El nivel hidrométrico desciende con los vientos del W y N y asciende cuando soplan del sector E, SE o S y por las crecientes normales y extraordinarias de los ríos Paraná y Uruguay. El relieve es plano-cóncavo; las islas presentan un borde elevado denominado localmente «albardón», y una parte central más baja y subanegada llamada «bañado», «estero» o «pajonal». Al nivel intermedio se lo denomina «semialbardón» o «caída de albardón». Entre los bordes de las islas, por lo común convexos y la cavidad central existe aproximadamente 1 m de desnivel. Los suelos son hidromórficos, es decir con un drenaje impedido, la capa freática se mantiene alta y a nivel variable. Bonfils (1962) señala que los materiales litológicos que dan origen a estos suelos, son limos fluviales y fluvio-lacustres de color pardo amarillentos. Estos suelos por su juventud no presentan ningún desarrollo de horizontes genéticos ni diagnósticos, sino «capas» de decantación de materiales (Gómez, 1999).

El Delta en sus condiciones naturales posibilita muy pocas actividades productivas con un nivel aceptable de riesgo, el manejo del área está supeditado al comportamiento de los ríos Paraná o Uruguay, a los repuntes o mareas del Río de la Plata, o a la combinación de algunos de ellos (Zappi, 1974). Por lo tanto, antes de plantar es necesario realizar obras de sistematización. Esta tarea puede ser simple, con la construcción de canales, y zanjas de desagüe, de diferentes tamaños, o más importantes, con sobrelevación de terraplenes (diques o atajarrepuntes) a lo largo de las costas, para impedir el ingreso del agua en época de inundaciones.

Sesenta y cinco mil doscientas ochenta y cinco hectáreas del Delta del Paraná están destinadas al cultivo de sauces y álamos, lo que constituye la unidad ecológica más importante ocupada con estas especies. Se calculan en 51.381 las hectáreas con *Salix spp.* (Arreghini *et al.*, 1996); en general los sauces se plantan en los terrenos bajos o pajonales sistematizados.

El uso de la madera de sauce es mayoritariamente para la industria celulósico-papeleira, pero puede utilizarse para aserrado, envases, etc. Los incrementos volumétricos considerados promedios para la zona son de 20 a 25 m³/ha/año (INTA, 1991; Casaubón, 1998).

En el año 1961 se introdujo en el Delta, procedente de Stoneville, Estados Unidos de América, un clon femenino de *Salix nigra*, la especie arbórea de sauce más importante de las 70 que existen en Norte América. Su región de origen es el SE de Canadá, Este de EE.UU. de América y México, con una amplitud latitudinal que va desde los 26° a los 45° de latitud Norte, pero adquiere importancia comercial por su madera en el Valle del Río Mississipi, entre los 37° y los 30° de latitud Norte (Alonzo, 1979).

El mejor desarrollo se obtiene en terrenos bajos y húmedos, poco arenosos, con un promedio anual de precipitaciones de 1.300 mm (USDA FOREST SERVICE, 1965); en estos ambientes pueden obtenerse rendimientos del orden de los 315 m³/ha, entre los 25 y 35 años de edad en bosques naturales manejados, citándose casos de rodales de 35 años con rendimientos de hasta 415 m³/ha (Alonzo, 1979).

En 1969 se introdujo nuevamente semilla de este sauce, desde Stoneville. De todo el material, sólo el clon original y el *Salix nigra 4* se difundieron en el Delta del Paraná (Piusssan, 1990). El *Salix nigra 4*, es un clon masculino de excelente vigor y desarrollo en

especial en terrenos bajos y húmedos. Es poco plástico y muy susceptible a la falta de agua durante el período vegetativo, en especial en los meses de verano. Tiene un fuste recto y cilíndrico, corteza lisa y muy buen desrame natural. Es resistente a la podredumbre seca del tallo (*Schyzopora carneolutea*) cuando las plantaciones sufren estrés por falta de agua (Barkarcic, 1983), y frecuentemente atacado por la mosca sierra (*Nematodesantisii*) y por roedores como la rata colorada (*Holochilus brasiliensis vulpinus*) y el cuis pampeano (*Cavia aperea pamparum*), preferentemente en los meses de otoño (Toscani, 1994).

Con 252,75 ha (6,15 %), el *Salix nigra 4* fue uno de los cuatro clones de sauces más plantados en la Provincia de Buenos Aires durante el período 1992-97, mediante el Régimen de Promoción de Plantaciones Forestales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Petray, 1997).

En 1993 Cortizo *et al.* observaron en una plantación de *Salix nigra 4* de siete años de edad y distancia 3x2 m, ubicada en el Arroyo Las Palmitas (1era sección de islas del Delta Bonaerense), en el Bajo Delta, diferentes rendimientos en los sectores altos de caídas de albardón (265 m³/ha), y en los medios de caída de albardón y bajos (361 m³/ha), en un suelo de textura franco limosa y franco arcillo-limosa en la capa superficial y arcillo limosa en la segunda, aparentemente asociados a la distinta disponibilidad de agua durante el período de crecimiento. En 1996 Casaubón citó para el mismo clon incrementos volumétricos anuales promedios superiores a los 40 m³/ha/año, en terrenos bajos protegidos por terraplenes en el Bajo Delta, en suelos de textura franco-limosa, franco arcillo-limosa y/o arcillo-limosa, pH 4,5 a 5,5, y buena disponibilidad de agua.

El objetivo de este trabajo consistió en identificar componentes del ambiente determinantes de la baja producción en una plantación del clon *Salix nigra 4*, utilizando para ello una forma indirecta de evaluación de la calidad de estación, analizando factores tales como el suelo, la vegetación natural, el relieve del terreno, en relación con la altura de las plantas dominantes y la productividad (Hodgkins, 1960; Barnes *et al.*, 1982; Thrower y Goudie, 1992; Clutter, 1983; Carmean, 1995, 1996). Para producir calidad y cantidad de madera, resulta indispensable el conocimiento de estos factores.

Daniels *et al.* (1982) definen la calidad de estación como la suma de factores ambientales tales como microclima, suelo (profundidad, textura, características de los perfiles, composición mineral), pendientes, exposición (luz, vientos), especies que viven sobre él, etcétera.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio: La región es frecuentemente afectada por inundaciones de variada magnitud y recurrencia. Según la clasificación de Koeppen (De Fina y Ravelo, 1979), el clima es del tipo templado húmedo, sin estación seca, pero con alguna disminución de las precipitaciones en los meses invernales (junio, julio agosto), marzo es el mes de las mayores. La media anual es de 1.016,5 mm. La temperatura media anual oscila entre 16° y 17° La media de verano entre 22° y 23° y la de invierno entre 11° y 12° La temperatura mínima puede llegar a -5° y la máxima a 38° -40° (Berrondo, 1999).

Este estudio se realizó en una plantación de aproximadamente 2.800 m² de superficie, en su sexto año de crecimiento. Se encuentra ubicada en la Estación Experimental Delta del Paraná (34° 09' S, 58° 59' O) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

(INTA), a orillas del río Paraná de las Palmas (Fig. 1), cuarta sección de Islas del Delta Bonaerense, y unidad de paisaje «Pajonales y bosques del Bajo Delta» (Malvárez, 1997).

Kandus (1997) describió para el Bajo Delta Bonaerense tres unidades de paisaje y tres subunidades, en relación a patrones de paisaje y régimen hidrológico. Este estudio se ubica en la unidad de paisaje A, subunidad A2, denominada «Islas del Río Carabelas», que ocupa una superficie de 42.264,13 ha. Presenta como característica un alto grado de intervención antrópica y extensas áreas sistematizadas para el cultivo de Salicáceas.

El área estudiada corresponde a un semialbardón y a un bañado con un ataja repunte orientado en la dirección Este-Oeste. El resto del predio no tiene protección, por lo que la plantación se mantiene casi permanentemente anegada por el agua de lluvia, por una capa freática alta y por el agua proveniente de repuntes y crecientes del río Paraná.

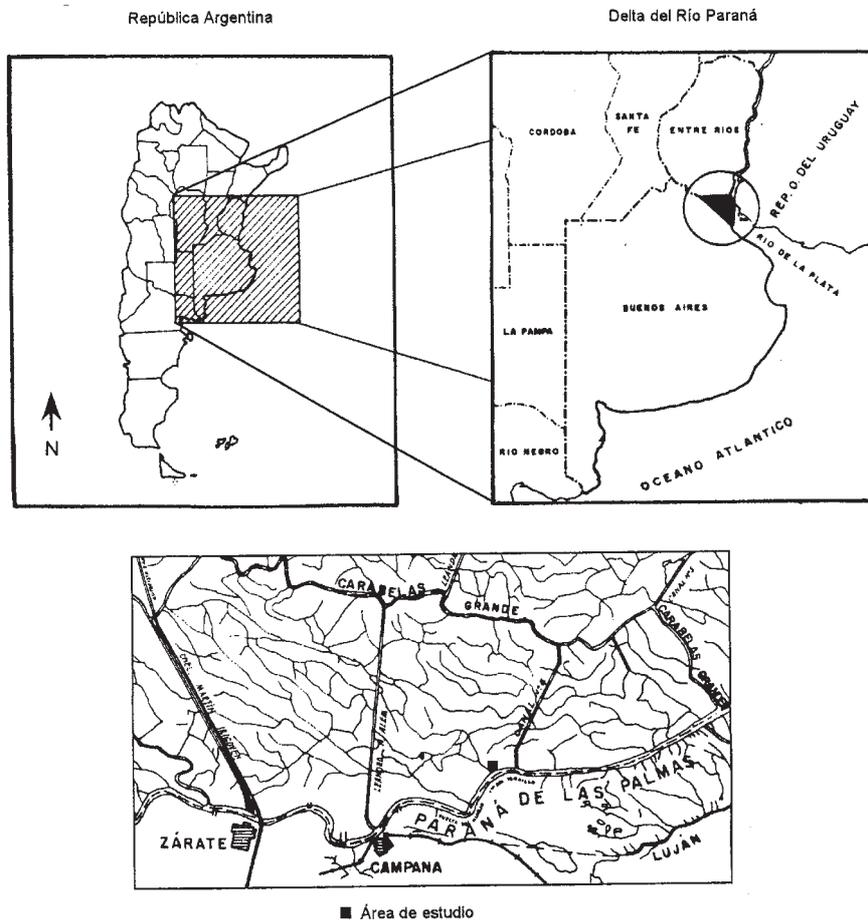


Fig. 1.—Ubicación geográfica del área de estudio
Geographical location of study area

Silvicultura y manejo: la plantación se hizo en agosto de 1991 en un terreno que había sido ocupado previamente por otros sauces. Se utilizaron estacas de un año de edad y 1 m de longitud provenientes de un vivero de propiedad de la Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná (INTA). La distancia utilizada fue de 3 m entre filas y 2 m entre plantas. Al principio del segundo ciclo de crecimiento, el cultivo se «recepó». Esta tarea consiste normalmente en un corte a machete de los fustes hasta una altura de aproximadamente 0,30 m del suelo con el fin de favorecer un mayor desarrollo radicular, mejorar la estabilidad de las plantas y lograr además una mayor homogeneidad en la plantación. La variedad se constató mediante la observación de la fase de caída de hojas en otoño, brotación de primavera y por la presencia de amentos masculinos. Se observó además la homogeneidad de las cortezas.

Crecimiento y producción forestal: se realizó un inventario de la plantación, se midieron las circunferencias de todos los ejemplares a la altura del pecho (1,30 m) y se subdividió luego la superficie en 21 parcelas de 100 m² cada una. Dentro de cada parcela se identificaron el árbol de mayor área basal como dominante y el árbol promedio y se midió su altura total con una vara telescópica de fibra de vidrio.

Suelos: en primer término se hicieron tres calicatas en sectores de la plantación con diferente productividad y altura del terreno. Se tomaron muestras de suelos en el área de desarrollo de las raíces. Los análisis físico-químicos fueron realizados en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar, en la Provincia de Buenos Aires (Tabla 3). En una segunda etapa se muestrearon las dos primeras capas de suelo en cercanías a la planta dominante de cada una de las 21 parcelas; se midió la profundidad de cada una de ellas y se determinó la granulometría de la segunda, ya que la textura de la primera se mantuvo siempre constante en las tres calicatas originales. Se registró también el desarrollo radicular en árboles de diferentes parcelas.

Relieve del terreno: se tomaron con un nivel de burbuja cotas de altura del terreno junto a las plantas dominantes. Posteriormente se realizaron correlaciones de a pares entre todas las variables registradas: árboles dominantes, suelos, vegetación asociada y topografía.

Vegetación natural: en cada una de las 21 parcelas de muestreo forestal de 100 m² se realizó un relevamiento de la vegetación utilizando parcelas de muestreo de 25 m² con cuatro subunidades, tamaño adoptado en base a trabajos realizados en la zona por otros autores (Kandus y Malvárez, 1992; Kandus y Adámoli, 1993; Kalesnik y Malvárez, 1995), tomando como centro al árbol previamente definido como de mayor área basal. Los censos se ordenaron en función de la presencia y porcentaje de cobertura de las distintas especies mediante el método multivariado de DCA (Detrended Correspondence Analysis, CANOCO 2.0, Ter Braak, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento y producción forestal: las alturas de las plantas dominantes varían entre 16,09 m y 8,70 m (Tabla 1). El mayor volumen por parcela fue de 1,473 m³, equivalente a 147,3 m³/ha, y a un incremento medio anual en volumen de 24,55 m³/ha/año, mientras que el menor fue de 0,137 m³, equivalente a 13,7 m³/ha y a un incremento medio anual de 2,28 m³/ha/año.

Solamente tres parcelas presentaron incrementos medios anuales dentro de los valores considerados promedios para el Delta del Paraná (20 y 25 m³/ha/año). Las 18 restantes tuvieron rendimientos inferiores (Tabla 1); estos valores indican que se trata de una plantación de muy baja productividad. Las estaciones de peor calidad presentaron árboles dominantes con alturas ente 12,4 y 8,7 m., y volúmenes por parcela hasta un 80 % inferiores al promedio de la zona.

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS PARCELAS ESTUDIADAS
Principal characteristics of studied plots

Parcela N.º	Volumen (m ³)	Altura árbol dominante (m)	Altura del terreno (m)	Textura 2. ^a capa de suelo	Comunidades Vegetales
1	1,13	14,40	0,07	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Panicum grumosum</i> , <i>Eryngium sp.2</i> , <i>Lonicera japonica</i> , <i>Poligonum stelligerum</i> .
2	1,473	14,26	0,08	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Panicum grumosum</i> , <i>Ligustrum sinense</i> .
3	1,46	16,09	0,11	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Panicum grumosum</i> , <i>Lonicera japonica</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Eryngium sp.2</i> , <i>Ludwigia sp.</i> , <i>Poligonum hidropiperoides</i> , <i>Poligonum stelligerum</i> .
4	0,724	13,60	0,045	Arcillosa	<i>Aeschinomene</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Ludwigia</i> , <i>Panicum grumosum</i> , <i>Polygonum hidropiperoides</i> .
5	0,531	12,27	0,00	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Canna glauca</i> , <i>Panicum grumosum</i> .
6	0,635	12,90	0,02	Arcillosa	<i>Polygonum stelligerum</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Panicum grumosum</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Polygonum hidropiperoides</i> .
7	1,328	14,90	0,06	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Lonicera japonica</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Panicum grumosum</i> , <i>Polygonum hidropiperoides</i> .
8	0,867	13,30	0,11	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Lonicera japonica</i> .
9	0,803	12,65	0,10	Arc-Lim	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Oxalis sp.</i>

TABLA 1 (continuación)
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS PARCELAS ESTUDIADAS
Principal characteristics of studied plots

Parcela N.º	Volumen (m ³)	Altura árbol dominante (m)	Altura del terreno (m)	Textura 2. ^a capa de suelo	Comunidades Vegetales
10	0,621	12,80	0,16	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Lonicera japonica</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Rubus caesius</i> , <i>Oxalis sp.</i> , <i>Stigmatophyllum littorale</i> .
11	0,659	12,80	0,095	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Ludwigia</i> , <i>Polygonum sp.</i> , <i>Lonicera japonica</i> .
12	0,441	10,40	0,05	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Polygonum sp.</i>
13	0,523	10,20	0,045	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Polygonum sp.</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Panicum grumosum</i> .
14	0,839	14,10	0,09	Arcillosa	<i>Lonicera japonica</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Eryngium sp.1</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Oxalis sp.</i> , <i>Stigmatophyllum littorale</i> .
15	0,205	10,10	0,07	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Monteiroa glomerata</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Oxalis sp.</i>
16	0,259	11,30	0,105	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Monteiroa glomerata</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Eryngium sp.1</i> , <i>Oxalis sp.</i>
17	0,140	8,70	0,16	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Ligustrum sinense</i> , <i>Oxalis sp.</i> , <i>Rubus caesius</i> , <i>Gomphrena elegans</i> , <i>Aspilia silphioides</i> , <i>Eupatorium sp.</i> , <i>Stigmatophyllum littorale</i> .
18	0,137	10,90	0,04	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Polygonum sp.</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Oxalis sp.</i>
19	0,223	9,10	0,06	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Polygonum sp.</i> , <i>Oxalis sp.</i>
20	0,294	12,30	0,09	Arcillosa	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Polygonum sp.</i> , <i>Rumex sp.</i> , <i>Eupatorium sp.</i>
21	0,296	9,55	0,035	Arc-Lim	<i>Eryngium sp. 1.</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Aeschinomene</i> , <i>Rumex sp.</i> , <i>Aspilia silphioides</i> .

Se registró una alta correlación positiva entre las alturas y circunferencias de plantas dominantes con el volumen de las parcelas (Tabla 2), permitiendo extrapolar los resultados obtenidos de los árboles dominantes a la productividad de las parcelas. Es decir que aquellas parcelas que presentaron árboles dominantes de mayor altura fueron las más productivas.

TABLA 2
CORRELACIONES DE A PARES ENTRE LA ALTURA Y CIRCUNFERENCIA DE LOS ÁRBOLES DOMINANTES Y EL VOLUMEN PROMEDIO DE LA PARCELA

Pairwise correlations between height and circumference of dominant trees and mean volume of plot

	Circunferencia del árbol dominante	Altura del árbol dominante
Altura del árbol dominante	0,8970 P=0,000	
Volumen promedio de la parcela	0,8785 P=0,000	0,8832 p=0,000

Las correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) están resaltadas.

The statistically significant correlations ($p < 0,05$) are in bold.

Suelos: en todas las muestras analizadas, la disponibilidad de nutrientes fue adecuada para un cultivo agropecuario aunque con bajos contenidos de fósforo asimilable y potasio intercambiable (Tabla 3); para comparar los valores se utilizaron las «Tablas orientativas para evaluar las propiedades físico-químicas de los suelos. INTA. 1996». En las tres calicatas iniciales la primera capa fue siempre de textura arcillo-limosa. En las 21 muestras tomadas al pie de cada planta dominante, el espesor de la primera capa fue en promedio de 30 cm, variando entre 17 y 45 cm. Se registró una correlación negativa de la altura de los árboles dominantes con el grosor de la primera capa del suelo y con el porcentaje de limo de la segunda capa (Tabla 5). Se observó un mayor desarrollo de la primera capa de suelo en casi todas las zonas bajas del terreno, mientras que esta capa fue siempre menor en los sectores más altos (Tabla 5).

La mayor productividad en lugares bajos del terreno con una primera capa de suelos de poco espesor, puede atribuirse a un mayor escurrimiento de las aguas en esos sectores, que ocasionan por un lado mayores tasas de erosión hídrica en épocas de bajantes del río, y por otro, un menor tiempo de actuación de los factores que determinan los procesos formadores de suelos. Existe además una mayor disponibilidad de agua en movimiento en contacto con las raíces de los árboles, esto incidiría en el mayor rendimiento volumétrico observado.

El mayor desarrollo radicular de los árboles (90-95 %) se produjo dentro los 15 cm superficiales de la primera capa del suelo. El porcentaje restante alcanzó la segunda capa, pero no a la tercera. La segunda capa presentó una textura arcillosa (excepto en dos parcelas que fue arcillo-limosa). El escaso desarrollo radicular en esta capa arcillosa puede ser el causante de la baja productividad de la plantación. Al respecto Cortizo *et al.* (1993) y Casaubón (1996) mencionaron rendimientos superiores hasta en un 100 % al promedio para la zona, en suelos con segundas capas de texturas arcillo-limosas y franco-arcillo-limosas, con buena disponibilidad de agua.

Se registró la presencia de raíces adventicias en el fuste (hasta 40 cm del suelo) evidenciando el encharcamiento periódico del área. Se coincide en este sentido con Ubeda Molina (1984) y Alonzo (1984 y 1991), en que el *Salix nigra* es una especie muy tolerante a las inundaciones prolongadas, y con Alonzo (1989), en que las raíces de los sauces pueden desarrollar en suelos arcillosos con buena disponibilidad de humedad.

TABLA 3
RESULTADOS OBTENIDOS
EN LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELO
Results obtained in the analyses of soil samples

Calicata y relieve del terreno	A (Alto)		B (Medio)		C (Bajo)	
	1 0,290 m	2 0,327 m	1 0,270 m	2 0,192 m	1 0,265 m	2 0,161 m
N.º de capa y profundidad						
Carbono orgánico en %	2,12 Bien provisto	3,86 Rico	1,64 Provisto	3,76 Rico	1,59 Provisto	5,58 Muy rico
Materia orgánica en %	3,65 Medio	6,65 Muy alto	2,83 Medio	6,48 Alto	2,74 Medio	9,62 Muy alto
Nitrógeno total en %	0,22 Medio	0,32 Muy alto	0,19 Medio	0,29 Alto	0,18 Medio	0,40 Muy alto
Relación C/N	9,6 Baja	12,1 Media	8,6 Baja	12,9 Media	8,8 Baja	14,0 Media
Fósforo asimilable en ppm	8,3 Bajo	7,2 Bajo	9,0 Bajo	6,0 Bajo	8,5 Bajo	6,6 Bajo
Equivalente de humedad	42,4 Muy alta	51,2 Muy alta	39,1 Alta	46,8 Muy alta	39,2 Alta	50,3 Muy alta
CE pasta Sat mS/cm	0,60 No salino	0,66 No salino	0,58 No salino	0,61 No salino	0,57 No salino	0,51 No salino
Clase textural	Arc-limosa	Arc-limosa	Arc-limosa	Arcillosa	Arc-limosa	Arcillosa
PH en agua 1:2,5	6,0 Mod. ácido	5,8 Mod. ácido	6,1 Débil ácido	5,6 Mod. ácido	5,9 Mod. ácido	5,4 Fuert ácido
PH en KCL 1:2,5	4,5 Extr. Ácido	4,5 Extr. Ácido	4,8 M. f. Ácido	4,4 Extr. ácido	4,5 Extr. Ácido	4,2 Extr. Ácido
Ca interc meq/100 g	13,5 Alto	16,5 Alto	14,8 Alto	16,5 Alto	14,3 Alto	15,7 Alto
Mg interc meq/100g	4,0 Alto	4,3 Alto	4,1 Alto	4,3 Alto	4,1 Alto	4,2 Alto
Na interc meq/100g	1,3 Alto	1,6 Alto	1,1 Alto	1,5 Alto	0,9 Alto	1,0 Alto
K interc meq/100g	0,3 Bajo	0,3 Bajo	0,3 Bajo	0,2 Bajo	0,3 Bajo	0,3 Bajo
Suma 7 de bases de cambio (S) meq/100g	19,1 Alto	22,7 Alto	20,3 Alto	22,5 Alto	19,6 Alto	21,2 Alto
Capacidad de intercambio catiónico (T) meq/100g	28,6 Alto	44,1 Muy alto	26,7 Alto	40,8 Muy alto	32,5 Muy alto	44,9 Muy alto
Saturación con bases S/T%	66,7 Alto	51,4 Media	76,0 Alto	55,1 Media	60,3 Alto	47,2 Media
Por ciento de Na de interc. (PSI) % de T	4,5 Medio	3,6 Medio	4,1 Medio	3,7 Medio	2,7 Medio	2,2 Medio

Relieve del terreno: la diferencia de alturas del terreno medidas junto a las plantas dominantes fue de 0,16 m. Se registró una correlación negativa entre la altura del terreno y la profundidad de la primer capa del suelo (Tabla 5).

Análisis de la vegetación natural: partir del análisis multivariado podemos establecer que en el extremo positivo del Eje I del DCA se agruparon los censos que presentan *Gomphrena elegans*, *Ligustrum sinense*, *Rubus caesius*, *Oxalis sp.*, *Aspilia silphioides*, *Eupatorium sp.* y *Stigmatophyllum littorale* (Tabla 4), especies comunes en suelos altos; mientras que hacia el extremo negativo se ubican los censos que contienen *Polygonum hydropiperoides* y *Polygonum stelligerum* (Tabla 4), especies características de zonas ba-

TABLA 4

VALORES OBTENIDOS EN LOS DOS PRIMEROS EJES GENERADOS POR EL DCA, POR CADA UNA DE LAS ESPECIES QUE COMPONEN LA COMUNIDAD FLORÍSTICA ASOCIADA A LOS ÁRBOLES DOMINANTES

Values obtained in the first two axes generated by DCA, for each species of floristic community associated to the dominant trees

	Eje I $\lambda = 0,3786$	Eje II $\lambda = 0,1859$
<i>Aeschynomene montevidensis</i>	0,3899	0,7140
<i>Aspilia silphioides</i>	3,5142	3,2635
<i>Canna glauca</i>	1,7452	2,2123
<i>Carex riparia</i>	0,7421	1,7353
<i>Commelina virginica</i>	0,9527	1,1656
<i>Cortaderia selloana</i>	-0,6744	1,0325
<i>Eryngium sp.</i>	2,8078	2,1420
<i>Erythrina crista-galli</i>	2,6093	1,0526
<i>Eupatorium sp.</i>	3,5085	2,5397
<i>Gomphrena elegans</i>	4,1732	0,7951
<i>Iris pseudacorus</i>	2,1603	0,2972
<i>Ipomea sp.</i>	2,2826	2,7159
<i>Ligustrum sinense</i>	3,9897	0,4759
<i>Lonicera japonica</i>	1,7535	-0,8596
<i>Ludwigia peruviana</i>	1,2394	-1,3823
<i>Ludwigia sp.</i>	0,9968	1,8040
<i>Monteiroa glomerata</i>	1,8826	-0,3957
<i>Oxalis sp.</i>	3,3984	1,1882
<i>Panicum grumosum</i>	0,1112	0,1053
<i>Plantago lanceolata</i>	2,9802	-0,8995
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	-1,1545	1,3469
<i>Polygonum sp.</i>	1,6847	3,0240
<i>Polygonum stelligerum</i>	-1,2794	-1,4592
<i>Pontederia sp.</i>	0,6453	1,8316
<i>Rubus caesius</i>	3,8285	-0,2825
<i>Rumex sp.</i>	1,2391	1,5876
<i>Stigmatophyllum littorale</i>	3,1952	-1,7136

Las especies cuyos valores aparecen resaltados son las que generan el agrupamiento de los censos. Los censos que tomen valores positivos estarán caracterizados por las especies marcadas con signo positivo, mientras que los que tomen valores negativos tendrán mayor proporción de las especies que presentan signo negativo.

jas y anegadas (Burkart, 1957). Al analizar con mayor detalle las características de estos últimos censos, observamos que se encuentran ubicados en terrenos bajos pero que presentan la primera capa de suelo de un espesor significativamente menor que el resto de la zona baja ($F(1; 18): 4,53; P < 0,05$). Se detectó una correlación significativa positiva entre el Eje I del DCA con la altura del terreno y una negativa con la altura de los árboles dominantes (Tabla 5). Es decir que aquellas especies ubicada en el extremo negativo de este eje estarían asociadas a árboles con gran desarrollo en altura ubicados en terrenos bajos pero donde la primera capa del suelo es de menor espesor (Sector 1, Fig. 2). Por su parte las especies que presentaron valores positivos en este eje se presentarían en estaciones ubicadas en terrenos altos, con árboles dominantes de menor desarrollo (Sector 3, Fig. 2).

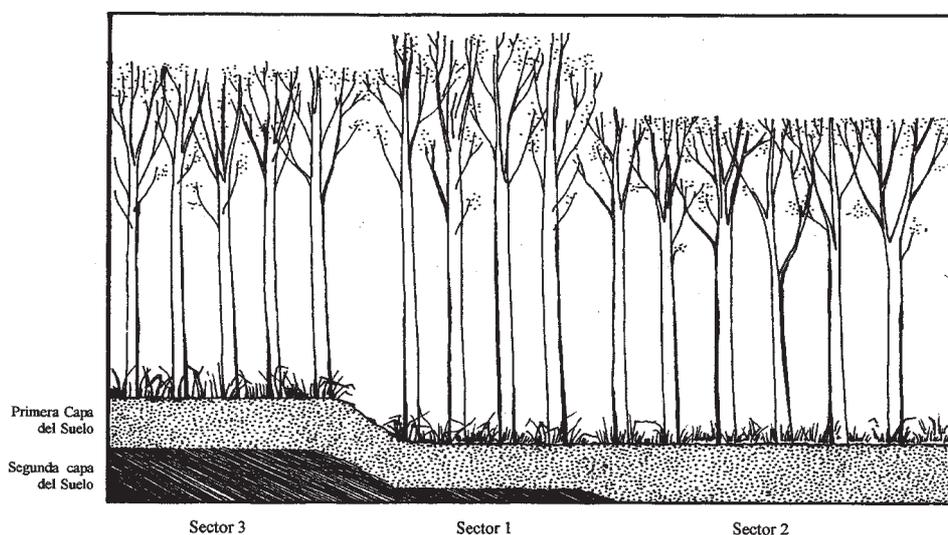


Fig. 2.—Relación entre la altura de los árboles dominantes con la altura del terreno y la profundidad de la primera capa del suelo en una plantación comercial de *Salix nigra* 4, en el Delta del Paraná

Relationship between the height of dominant trees with the relief and the depth of first soil stratum in a commercial plantation of Salix nigra 4, located in the Paraná delta area

El Eje II generado por el DCA agrupó hacia el extremo positivo a los censos que presentaron *Aspilla silphoides*, *Canna glauca*, *Eryngium sp 1*, *Eupatorium sp.*, *Ipomea sp.* y *Polygonum sp.*, mientras que hacia el extremo negativo se agruparon censos con *Ludvigia peruviana*, *Polygonum stelligerum* y *Stigmatophylum littorale*. Se registró una correlación negativa entre el Eje II del DCA con la altura de los árboles dominantes y una correlación positiva con la profundidad de la primera capa del suelo (Tabla 5). Es decir que aquellas especies que presentaron valores positivos en este eje, se registraron en estaciones con la primera capa del suelos de gran espesor y con poco desarrollo de los árboles dominantes (Sector 2, Fig. 2).

TABLA 5

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE A PARES Y SUS PROBABILIDADES ASOCIADAS ENTRE LAS VARIABLES EDÁFICAS, LAS REGISTRADAS SOBRE LOS ÁRBOLES DOMINANTES Y LA COMUNIDAD FLORÍSTICA.

Pairwise correlation coefficients and their associated probabilities between edafic variables, those recorded over dominant trees and floristic community

Circunferencia del árbol dominante	Árbol dominante		Vegetación			Factores edáficos			
	Altura del árbol dominante	Eje I del DCA	Eje II del DCA	Altura del Terreno	Espesor de la 1. ^a capa de suelo	Espesor de la 2. ^a capa de suelo	% de arcilla de la 2. ^a capa de suelo	% de limo de la 2. ^a capa de suelo	
Altura del árbol Dominante	0,8970 p=0,000								
Eje I Del DCA	-0,3172 p=0,161	-0,4574 P=0,037							
Eje II Del DCA	-0,3284 p=0,146	-0,5075 P=0,019	0,0885 p=0,703						
Altura del Terreno	0,0759 p=0,744	0,0842 P=0,717	0,6587 p=0,001	-0,3780 p=0,091					
Espesor de la 1. ^a capa de suelo	-0,4247 p=0,055	-0,4824 P=0,027	-0,1672 p=0,469	0,7011 p=0,000	-0,5741 p=0,006				
Espesor de la 2. ^a capa de suelo	0,1618 p=0,483	0,1447 P=0,531	-0,3200 p=0,157	-0,0827 p=0,721	-0,3245 p=0,151	-0,1207 p=0,602			
% de arcilla de la 2. ^a capa de Suelo	0,3123 p=0,168	0,3641 P=0,105	-0,3556 p=0,114	-0,1538 p=0,506	-0,0376 p=0,871	-0,0138 p=0,953	0,4029 p=0,070		
% de limo de la 2. ^a capa de suelo	-0,3384 p=0,133	-0,4484 P=0,041	0,4537 p=0,039	0,2568 p=0,261	0,0882 p=0,704	0,0445 p=0,848	-0,3892 p=0,081	-0,8852 p=0,000	
% de arena de la 2. ^a capa de suelo	-0,0395 p=0,865	0,0585 P=0,801	-0,0950 p=0,682	-0,1567 p=0,497	-0,0901 p=0,698	-0,0525 p=0,821	-0,1381 p=0,551	-0,4899 p=0,024	0,0283 p=0,903

Las correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) están resaltadas.

The statistically significant correlations ($p < 0,05$) are in bold.

Los resultados obtenidos en este estudio para *Salix nigra* 4, concuerdan con los mencionados para el *Salix nigra original*, por Ubeda Molina (1980), en el sentido que presenta muy buen desarrollo en suelos bajos y húmedos, pero no así en los altos y secos, y por Sanchez Ferré (1981), en que es un clon poco plástico y exigente en calidad de estación.

CONCLUSIONES

Es una plantación de muy baja productividad para el Delta del Paraná. Solo tres parcelas presentan volúmenes similares a los considerados promedio para la zona.

Las alturas de los árboles dominantes están afectadas principalmente por la combinación de dos factores, la profundidad de la primera capa del suelo y la altura del terreno.

Los menores desarrollos tanto en altura de las plantas dominantes como en volumen por parcela, se registraron en dos tipos de ambientes. Por un lado en terrenos bajos, con la primera capa del suelo muy desarrollada. Por otro lado en terrenos altos.

La mejores estaciones en esta plantación se registraron en zonas bajas con una primera capa de suelo de textura arcillo-limosa de menor espesor, y la segunda con mayores porcentajes de arcilla y menores porcentajes de limo.

Algunas especies vegetales asociadas a los árboles dominantes serían buenas indicadores indirectas en la determinación de la calidad de estación para la producción forestal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los alumnos de 6.º año de la Escuela Carlos von Bernard de la Ciudad de Zárate, Provincia de Buenos Aires, por la colaboración brindada durante la recolección de los datos a campo. A la Dra. Karina Hodara por la traducción al inglés del resumen y a la señora Ana Laura Grassi por la elaboración de la Fig. 2.

SUMMARY

Relationships between site characteristics and the productivity in a plantation of *Salix nigra* located in the Paraná delta (Argentina)

We studied the quality of forest site in a 6 years old commercial plantation of *Salix nigra*, located in the Paraná delta (Argentina), which shows a lower productivity than the average in the region. The objective of this study is to identify site components that determine this lower productivity. The environmental factors evaluated were the floristic community, the relief and the edafic factors and their relationship with the height of dominant trees and the site productivity. The lowest height growths were detected in high altitude sites or in plots with the former stratum of soil very wide (with clay-slimy texture), while the best height growths of trees were registered in low altitude sites with a very thin first soil horizon.

KEY WORDS: Yield
Willow
Salix nigra
Salicaceae
Argentina

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONZO A., 1979. *Salix nigra*. Un interesante productor de madera y de pasta celulósica. XV Congreso Técnico sobre Celulosa y Papel. Buenos Aires, Argentina. 16 pp.
- ALONZO A., 1984. Libro de soluciones. Comisión del álamo. Reunión Nacional de Salicáceas. 207 pp.
- ALONZO A., 1989. Las Salicáceas en la República Argentina. Informe para la Comisión Nacional del Álamo. S.n.t. 69 pp.
- ALONZO A., 1989. El cultivo forestal déltico, sus mejoras fitogenéticas. II Ciclo de Conferencias Referidas a la Geografía de la República Argentina. 29 pp.
- ALONZO A., 1991. Incidencia de los factores ecológicos sobre la productividad forestal en el Delta del Paraná. Revista Delta del Paraná. Año 14. N.º 14.
- ARREGHINI R., CERRILLO T., SOMOZA A., 1996. Las Salicáceas en la Argentina. Actividades 1992-1996. Informe preparado por la Comisión Nacional del Álamo de Argentina. 20.º Sesión de la Comisión Internacional del Álamo. Budapest. Hungría.
- BAKARCIC M., 1972. Cercosporiosis en las hojas de sauces del Delta del Paraná. Revista Delta del Paraná. Año 12. N.º 13.
- BAKARCIC M., 1978. Panorama sobre las enfermedades de las Salicáceas y de otros forestales cultivados en el Delta del Paraná. Actas del III Congreso Forestal Argentino. pp. 528.
- BAKARCIC M., 1983. Podredumbre del tallo de *Salix nigra*: Avances en el estudio epifitológico y comportamiento clonal. Informe anual de la EEA Delta del Paraná.
- BAKARCIC M., 1986. Selección de clones resistentes a la podredumbre del tallo de *Salix nigra*. VI Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Alto Valle de Río Negro y Neuquén.
- BARNES B., PREGITZER K., SPIES T., SPOONER, 1982. Ecological Forest Site Classification. Journal of Forestry. Vol. 80. N.º 8.
- BERRONDO G., 1999. Servicio de Agrometeorología de la E.E.A. Delta del Paraná. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Comunicación personal.
- BONFILS C., 1962. Los suelos del delta del Río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. INTA. Publicación n.º 82, 370 pp.
- BURKART A., 1957. Ojeada Sinóptica sobre la Vegetación del Delta del río Paraná. Darwiniana. 11(3):545.
- CARMEAN W. H., 1995. Site-quality evaluation, site-quality maintenance, and site-specific management for forest land in northwest Ontario, Ont. Min. Nat. Resour., Northwest. Reg., Sci. And Tech. – Terr. Unit, Thunder Bay, Ontario. Canadá.
- CARMEAN W. H., 1996. Forest site quality estimation using forest ecosystem classification in North Western Ontario. Faculty of Forestry, Lakehead University, Ontario. Canadá. 39:493-508.
- CASAUBÓN E., 1996. Informe final Plan de Trabajo n.º 554004. Relación Cultivar Calidad de Sitio en la Producción Forestal del Delta del Paraná. E.E.A. Delta del Paraná. INTA.
- CASAUBÓN E., 1998. Informe Plan de Trabajo n.º 554.014 «Productividad Forestal de las Salicáceas en el Delta del Paraná». E.E.A. Delta del Paraná. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- CLUTTER J., FORTSON J., PIENAAR L., BRISTEN G., BAILEY R., 1983. Timber management: a quantitative approach. Ed. J. Willey & Sons. pp. 331.
- CORTIZO S.C., CASAUBÓN E.A., GURINI L.B., 1993. Análisis del Comportamiento de *Salix nigra* 4 en una Plantación Comercial en el Delta del Paraná. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión IV. Paraná. Entre Ríos.
- DANIELS P.W., HELMS V.E., BAKER F.S., 1982. Principios de Silvicultura. McGraw-Hill. México. 2.ª edición. 492 pp.
- DE FINA A., RAVELO A., 1979. Climatología y Fenología Agrícolas. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 3.ª edición. 351 pp.
- GOMEZ L. 1999. Informe Plan de Trabajo n.º 554.014 «Productividad Forestal de las Salicáceas en el Delta del Paraná». E.E.A. Delta del Paraná. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- HERZBERG A.C., 1982. Evaluación de la adaptación y crecimiento forestal del *Salix nigra* en el Delta del Paraná. Trabajo de Intensificación. Facultad de Agronomía – UBA. 34 pp.
- HODGKINS E.J., 1960. Estimating site index for longleaf pine through quantitative evaluation of associated vegetation. Proc. Soc. Am. For., 1960:28-32 (1960).
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, 1991. Cartilla de divulgación forestal. Sauces y Álamos. Boletín de divulgación n.º 1. E.E.A. Delta del Paraná.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, 1996. Tablas orientativas para evaluar las propiedades físico-químicas de los suelos. Instituto de Suelos. AICET.

- KALESNIK F., MALVÁREZ A.I., 1995. Relación entre las especies exóticas y la heterogeneidad ambiental a nivel regional en el Bajo Delta del Río Paraná. XVII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, 24 al 28 de abril.
- KANDUS P., 1997. Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 241 pp.
- KANDUS P., ADAMOLI J.M., 1993. Freshwater marsh vegetation response to flooding patterns in the lower delta of the Paraná River. *Wetlands Ecology and Management*. Vol. 2 n.º 4, pp. 213-22.
- KANDUS P., MALVÁREZ A.I., 1992. Un modelo de sucesión en las islas del Bajo Delta del Río Paraná (Argentina).
- MALVÁREZ I., 1997. Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones de paisaje. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 167 pp.
- PETRAY E., 1997. Evolución de las forestaciones realizadas con Salicáceas en la Provincia de Buenos Aires en el contexto del régimen de promoción de plantaciones forestales (RRPF). Actualización a 1997. SAGPyA.
- PIUSSAN C., 1990. Calidad papelera del *Salix nigra* 4. Primeras Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético del Género *Salix*. C.I.E.F. Buenos Aires.
- SÁNCHEZ FERRE A.F., 1981. Influencia del suelo en el crecimiento de *Salix nigra* en el Delta del Paraná. Trabajo de Intensificación. Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos. Facultad de Agronomía – UBA. 38 pp.
- TER BRAAK C.J.F., 1988. Groep Landbouwwisunde. Wageningen. Nederland.
- THROWER J.S., GOUDIE J.W., 1992. Development of height-age and Site-index Functions for Even-aged Interior Douglas-fir in British Columbia. Research Note N.º 109.
- TOSCANI H., 1994. Manual para la protección de cultivos de Salicáceas del Delta del Paraná. 61 pp. Inédito.
- ÚBEDA MOLINA J., 1980. Algo más sobre el comportamiento de *Salix nigra*. IV Congreso Forestal Argentino. Goya, Corrientes. 27 al 31 de octubre.
- ÚBEDA MOLINA J., 1984. Libro de soluciones. Comisión del álamo. Reunión Nacional de Salicáceas. 207 pp.
- USDA FOREST SERVICE, 1965. Black Willow (*Salix nigra* Marsh.). From: *Silvies of Forest Trees of the United States*. Agricultural Handbook N.º 271. pp. 650-652.
- ZAPPI C., 1974. Problemas del desagüe y drenaje en las explotaciones forestales del Delta del Paraná. Boletín de la Asociación Forestal Argentina n.º 1.