

Caracterización estacional de una plantación de *Populus deltoides* cv *Catfish 2* en el bajo delta bonaerense del río Paraná (Argentina)

E. Casaubon^{1*}, L. Gurini¹, G. Cueto², L. Gómez³, M. Zanelli⁴,
G. Berrondo¹ y A. González¹

¹ EEA Delta del Paraná-INTA. CC 14. CP 2804. Campana (Buenos Aires). Argentina

² Departamento de Biología. FCEN-UBA Lab. 104, 4.º. Pabellón II. Ciudad Universitaria.

CP 1427. Buenos Aires. Argentina

³ Departamento de Suelos de INTA Castelar

⁴ Departamento de Estadística de INTA

Resumen

El objetivo del trabajo consiste en identificar componentes del ambiente y de manejo determinantes de la diferente productividad de una plantación de *Populus deltoides* cv *Catfish 2*, de 2 hectáreas de superficie y 12 años de edad, en un área endicada del Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). La producción de las Salicáceas en la región se estima en 20-25 m³/ha/año. Se hizo un inventario de la plantación y se subdividió en 199 parcelas de 96 m² c/u. En cada una de ellas se midieron las alturas del árbol dominante y las del promedio, las cotas de nivel del terreno, y se registraron todas las plantas quebradas por el viento a causa de *Platypus mutatus* Chapuis. En cada uno de los tres sectores definidos por la altura del terreno, se estudiaron 27 muestras de suelo. Los ambientes de albardón y semialbardón, protegidos por un dique perimetral, moderadamente bien drenados y profundos, de la familia textural franca-gruesa, presentaron incrementos maderables promedios superiores a los 30 m³/ha/año, y mayor pérdida de volumen comercial a causa del ataque de *Platypus mutatus* Chapuis, mientras que los de bañado endicado con capas sub-superficiales alcalino-sódicas y un pH ligeramente alcalino a 28 cm de profundidad, tuvieron incrementos de 28,5 m³/ha/año. En esta plantación *Carex riparia*, *Hydrocotyle bonariensis* y *Duchesnea indica* se asocian a una buena calidad de estación, en cambio *Rubus* sp., *Iris pseudacorus*, *Phalaris angusta* y *Bromus unioloides* a una de menor calidad.

Palabras clave: calidad de estación, evaluación ecológica, *Populus deltoides* Bart, álamos, Bajo Delta, Argentina.

Abstract

Characterization of forestal sites of *Populus deltoides* cv *Catfish 2* in the Low Delta of Parana River in the province of Buenos Aires (Argentina)

The objective of this work consists of the identification of the ambient and management components which determine different productivities in a 12 years old *Populus deltoides* cv *Catfish 2* plantation. The plantation occupies a surface of 2 hectares in an area protected by a perimetrical dike of the low Delta of the Paraná River in the Province of Buenos Aires (Argentina). The *Salicaceae* average yield increment for this region was estimated in 20-25 m³/ha/year. A plantation inventory was done and, later on, the whole set was subdivided into 199 plots of 96 m² each. In each plot, the heights of the dominant and the average trees were measured, and also the land contour elevation readings, as well as, the number of broken plants by the wind because of the action of *Platypus mutatus* were registered. In each of three areas defined by the land elevation, 27 soil samples were analysed and studied. Those ambients defined as high lands or ridge of fertile land («albardón») and intermediate high lands or ridge of median fertile land (semi-albardón), protected by a perimetrical dike, moderate well drained and deep, pertaining to the franco-coarse textural family, presented wood yield average increments greater than 30 m³/ha/year, and also greater loss of commercial volume because of the *Platypus mutatus* attack, while those located in the low lands (bañado), protected by dike, with alkaline-sodium layers under surface and a slightly alkaline pH at a depth of 28 cm, showed an average increment of 28.5 m³/ha/year. In this commercial plantation, *Carex riparia*, *Hydrocotyle bonariensis* and *Duchesnea indica* are associated to good sites, but *Rubus* spp., *Iris pseudacorus*, *Phalaris angusta* and *Bromus unioloides* are associated to those sites of low quality.

Key words: site, *Populus deltoides* Bart, poplars, Low Delta of Paraná River, Argentina.

* Autor para la correspondencia: ecasaubon@utenet.com.ar

Recibido: 18-03-04; Aceptado: 06-04-04.

Introducción

El Bajo Delta del Río Paraná, es la región más plantada con Salicáceas de Argentina, y su explotación constituye una de las principales actividades económicas de los habitantes del lugar (Petray, 2000). El Delta está ubicado en la porción final de la Cuenca del Plata, y ocupa una superficie aproximada de 1.750.000 ha, entre las latitudes de 32° 5' y 34° 29' S y 58° 22' y 60° 45' de longitud W (Bonfils, 1962). Es una llanura anegadiza formada por depósitos fluviales de niveles variables. Los ríos y arroyos que la atraviesan la dividen en islas con un perímetro sobre elevado denominado zonalmente «albardón», y una parte central más baja, el «bañado», «estero» o «pajonal»; ambos sectores representan el 20 y el 80% respectivamente. Entre el sector alto de albardón y los bajos de bañado existe un desnivel de aproximadamente 80 cm a 1 m. A la posición intermedia se la denomina «semialbardón».

La región fue zonificada por Burkart (1957) en base a las especies y comunidades vegetales presentes y subdividida en Delta Superior, Medio e Inferior. Posteriormente Bonfils (1962) estudió los suelos de la región, y definió cuatro zonas geomorfológicas: Delta Antiguo, Predelta, Bajíos Ribereños y Bajo Delta (equivalente al Delta Inferior de Burkart). El Bajo Delta es la zona con más ríos y arroyos, ocupa una superficie de alrededor de 350.000 hectáreas, es un área joven y en continuo movimiento hacia el Río de La Plata; un 83,7 % pertenece a la provincia de Entre Ríos, y el 16,3% restante a la provincia de Buenos Aires. El 71% de la forestación se localiza en el Delta Bonaerense y el 29% restante en el Delta Entrerriano (SAGPyA, 1999).

La parte Bonaerense del Bajo Delta conforma la porción terminal del Delta de Río Paraná, donde este río se divide en dos distributarios principales, el Paraná Guazú y el Paraná de las Palmas y ocupa una superficie de 207.106 hectáreas (Latinoconsult, 1972). Teniendo en cuenta los patrones de paisaje y el régimen hidrológico, Kandus (1997), diferenció en el Bajo Delta Bonaerense 3 unidades de paisaje: a) unidad de grandes islas, b) delta frontal y c) frente de avance.

Bonfils (1962) señaló que los materiales litológicos que dieron origen a estos suelos, son limos fluviales y fluvioacustres de color pardo amarillento. Estos suelos por ser tan jóvenes no presentan ningún desarrollo de horizontes genéticos ni diagnósticos, sino capas de decantación de materiales (Gómez, 1999).

El Delta del Paraná en su estado natural no resulta económicamente rentable para forestaciones destina-

das a producir madera de calidad con destino a aserrado y/o desarrollo debido a las condiciones de anegamiento del medio; su manejo, con un nivel aceptable de riesgo, está muy relacionado al manejo del agua. Previo a la plantación es necesario realizar obras de sistematización, mediante la construcción de canales y zanjas de desagüe de diferentes tipos y tamaños, y/o de terraplenes a lo largo de las costas (denominados localmente «diques» y «atajarrepuntes»), que impiden el ingreso del agua proveniente de inundaciones de cierta magnitud y recurrencia.

Aproximadamente sesenta y cinco mil trescientas hectáreas del Bajo Delta se destinan al cultivo de Salicáceas, 14.000 plantadas con álamos (*Populus sp.*) y las restantes con sauces (*Salix sp.*) (SAGPyA, 1999). En general, los álamos se plantan en los terrenos más altos (albardones) y representan un 20% de la superficie de la región, y en sectores bajos de bañado, estero o pajonal sistematizados. Alrededor de un 10% de la madera de álamo se destina al debobinado, un 70% al aserrado y el 20% restante al triturado.

El *Populus deltoides cv Catfish 2*, originario de Bolivar County, Stoneville, E.E.U.U., fue introducido en Argentina, en el año 1961, por la Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná de INTA (Alonzo, 1991), y el cultivar más plantado en la región durante los años 1992/95, y el segundo en la Provincia de Buenos Aires para el período 1992/97 bajo el Régimen de Promoción de Plantaciones Forestales de la Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación de la Nación (Petray, 1997, a y b). Los incrementos volumétricos considerados promedio para las Salicáceas en el Delta del Paraná son de 20 a 25 m³/ha/año (Casaubón *et al.*, 2002 b).

El cultivar *Catfish 2* se caracteriza por la buena capacidad de enraizamiento de sus estacas, buenos crecimientos volumétricos y tolerancia a las inundaciones (Alonzo, 1991). Presenta como desventajas la falta de aptitud papelera (Bonavía de Guth, 1985 y 1987), y el tener un fuste muy quebradizo a la altura de las galerías del «Taladro de los Forestales» (*Platypus mutatus* Chapuis), frente a vientos de moderada intensidad y duración (Casaubón, 1999; Casaubón y Fracassi, 1999; Casaubón *et al.*, 2002a; Spagarino *et al.*, 2002) especialmente en sitios muy productivos. Es además muy susceptible a roya (Petray, 2000).

En 2001, Casaubón *et al.* estudiaron dos nuevas plantaciones comerciales del cultivar *Catfish 2* en la 1ª Sección de Islas del Bajo Delta Bonaerense, unidad de paisaje denominada por Kandus (1997) como Del-

ta Frontal. Para evaluar la calidad de estación utilizaron métodos directos e indirectos de evaluación, seleccionaron una función de índice de sitio, y caracterizaron suelo, relieve y plantas indicadoras en tres estaciones diferentes, mencionaron crecimientos entre 43,26 y 6,6 m³/ha por año. Los mayores rendimientos fueron asociados a suelos altos típicos de albardón endicado, de textura arcillo-limosa y franco-arcillo-limosa, y a especies como *Cortaderia selloana*, *Rubus sp.*, *Panicum grumosum*, *Althernantera sp.*, y los menores en suelos de textura franco-arcillo-limosa y franco-limosa típicos de bañado endicado, con excesos de agua, y presencia de *Echinodorus grandiflorus*, *Cleome sp.*, *Hydrocotile sp.*, *Ranunculus apiifolius* y *Cardamine sp.*

El objetivo del presente trabajo consiste en identificar las condiciones ambientales y de manejo determinantes de la diferente productividad de una plantación comercial de *Populus deltoides* cv *Catfish 2*, utilizando una forma indirecta de evaluación de la calidad de estación, mediante el análisis de factores tales como el suelo, la vegetación natural y el relieve del terreno, en relación con la altura de los árboles dominantes y la productividad (Hodgkins, 1960; Barnes *et al.*, 1982; Throver y Goudie, 1992; Clutter, 1983; Carmean, 1995 y 1996; Casaubón *et al.*, 2001 y Casaubón *et al.*, 2002b).

Material y Métodos

Área de estudio

Este estudio observacional se realizó en el año 1997 en una plantación comercial de *Populus deltoides* cv *Catfish-2*, de 2 hectáreas de superficie y 12 años de edad, ubicada en la Quinta La Ponderosa, 34°09' S y 58°59O, cercana al Arroyo Las Piedras, IVª Sección de Islas del Delta Bonaerense, unidad de paisaje definida por Malvárez (1997) como «Pajonales y Bosques del Bajo Delta», y por Kandus (1997) como «Unidad de Grandes Islas».

Clima

El clima del Delta es templado húmedo, sin estación seca (De Fina y Ravelo, 1979). La temperatura media anual oscila entre 16° y 17°. La media de verano entre 22° y 23° y la de invierno entre 10° y 11°. La temperatura mínima puede llegar a -5° y las máxima a 38°. Los meses de octubre a mayo se presentan libres de heladas agrometeorológicas.

Si bien la distribución de las precipitaciones pluviales durante el año muestra una marcada uniformi-

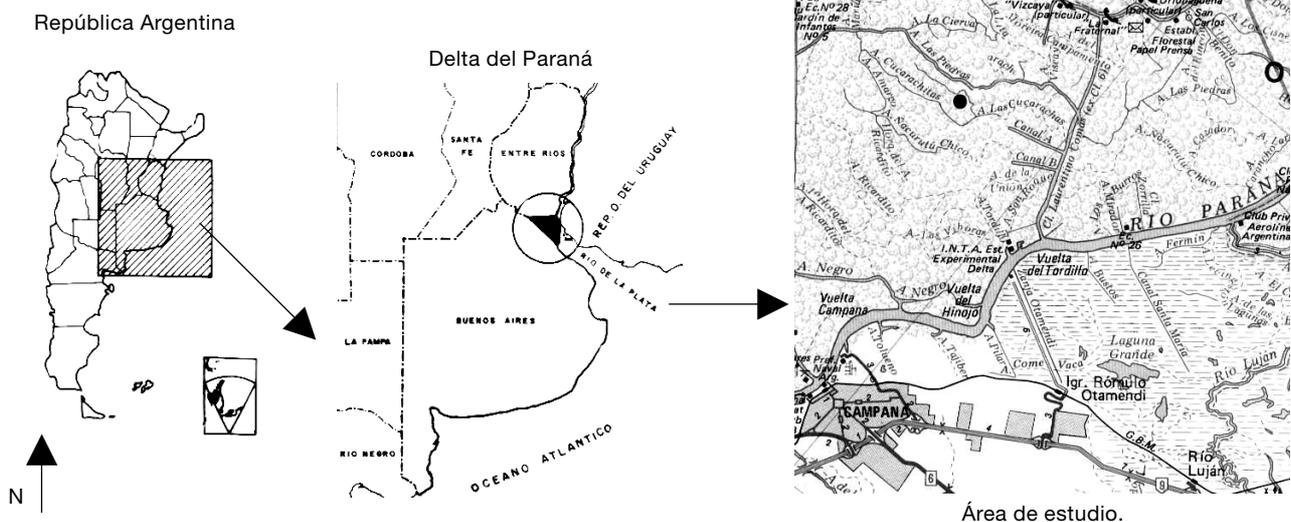


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

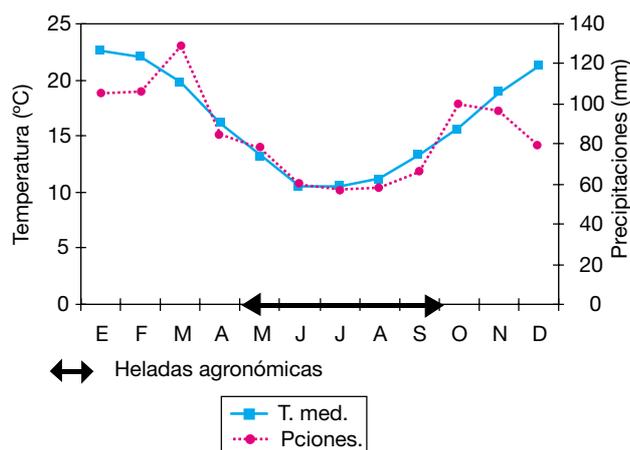


Figura 2. Diagrama representativo de la variación mensual de las precipitaciones y las temperaturas atmosféricas en la zona de estudio.

dad, se registran picos de mayor precipitación en el mes de marzo y una disminución de dichos valores en los meses de junio, julio y agosto (Figura 2). El promedio de precipitaciones es de 1.020,9 mm. En general, coinciden los meses más cálidos con los más lluviosos y los más fríos con los de menores precipitaciones.

La humedad relativa media anual es elevada todo el año (76%), debido a la cercanía al Río de la Plata y al gran número de ríos y arroyos que conforman el Delta.

Los balances hídricos indican que a pesar de ser los veranos más lluviosos, durante los mismos ocurren situaciones de déficit hídrico por la mayor duración del día, mayor heliofanía, dependiendo así mismo de las diferentes vías de ingreso y egreso del agua al lote, de variaciones de la temperatura a escala microclimática, etc.

Los vientos son generalmente suaves, con una velocidad media anual es de 4,0 km/hora. El mes más ventoso es septiembre, 5,4 km/hora, y el menos ventoso es abril, 2,7 km/hora. Predominan los vientos del sector NE en las cuatro estaciones, siguiéndoles los del cuadrante SE y SO con menor frecuencia. El régimen eólico influye en el comportamiento del sistema hídrico alterando el nivel hidrométrico de sus ríos. Los vientos del sector NO favorecen las bajantes y los de SE frenan la velocidad de salida del agua provocando crecientes de cierta magnitud (Malvárez, 1997; Kandus, 1997 y Berrondo, 2000).

Homogeneidad varietal e identificación clonal

Las fechas de floración y brotación coinciden con el período probable de floración (del 9 de septiembre

al 15 del mismo mes), y brotación (16 al 20 de septiembre) del clon *Populus deltoides cv Catfish-2* (Berrondo y Garau, 1993; Garau et al., 1997). Por esta razón, además de la rugosidad típica de la corteza puede asumirse que se trataría del clon de álamo *Catfish 2*. En 25 parcelas de medición se encontraron mezclas con un clon no identificado y se eliminaron del estudio.

Manejo

La quinta, de aproximadamente 200 has, está protegida por un dique o terraplén vecinal. Esta superficie fue anteriormente forestada con *Populus deltoides cv I-72* y posteriormente con el cultivar *I-74*, a un distanciamiento de 3 × 3 m entre filas y entre hileras. La primera de ellas se quemó en el año 1972; ese mismo año se volvió a plantar y se aprovechó en el año 1984. En 1985 se plantó nuevamente con el clon *Catfish 2*, utilizando en esta oportunidad un distanciamiento de 3 × 4 m. El terreno se preparó quemando las ramas y trozos de madera del último aprovechamiento y apisonando la maleza mediante tractor y rolo. Los tocones se rebajaron al ras del suelo, luego se plantaron estacas orientando las filas en la dirección N-S (0°-180°).

Las guías provenientes de estaqueros de propiedad de la Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná de INTA, se despuntaron en su tercio superior, posteriormente se prepararon estacas de 0,70 m de largo, y se plantaron enterrándolas 0,40 m aproximadamente. En el invierno de 1986 se repusieron las pérdidas con guías sin raíz de otro clon. La maleza se apisonó durante los seis primeros años mediante tractor y rolo, a fines de noviembre, en los meses de enero y a fines de abril principios de mayo. Todos los años se hicieron controles de hormigas (*Acromyrmex sp.*), aunque los mismos fueron más intensos durante los cinco primeros años. Esta plantación recibió una poda de formación del fuste y otra sistemática baja, hasta los tres primeros metros de altura, entre el 4° y el 6° año y a fines de enero principios de febrero, con el único fin de facilitar las labores culturales dentro de la plantación.

Durante los primeros años las zanjas de desagüe se limpiaron en su interior y en los bordes con guadaña para facilitar el escurrimiento del agua; posteriormente estas tareas se dejaron de realizar. Habitualmente en épocas de sequía no se permite el ingreso del agua de

río a las redes de drenaje interiores de la propiedad (Rodríguez Aldo y Juan Castellanos. Comunicación personal).

En el momento de la toma de datos se observó el ataque del «Taladro de los Forestales» (*Platypus mutatus* Chapuis) y del «Bicho Canasto» (*Oiketicus* sp) dentro de la plantación y en sus alrededores así como plantas con chancros y muertes de cortezas mayoritariamente en plantas oprimidas (Casaubón *et al.*, 2002a).

Crecimiento y producción forestal

Utilizando una cinta métrica común, se midieron a la altura del pecho (1,30 m) las circunferencias de todos los árboles integrantes de la plantación (1.712). La superficie inventariada se subdividió en 199 parcelas de 96 m². Este tamaño reemplazó al propuesto originalmente de 100 m² para permitir una más directa y fácil delimitación de la unidad de muestreo en función de la distancia de plantación (Bengoa, 1999). Esa decisión, permitió contar además con una mayor cantidad de unidades muestrales. Dentro de cada unidad muestral o parcela, compuesta por un máximo de 8 árboles cada una, se identificó el árbol dominante y el árbol promedio y se les midió su altura total con hipómetro Blumme-Leiss.

Sanidad

Se registraron todas las plantas quebradas por el viento a la altura de las galerías del Taladro de los Forestales (*Platypus mutatus* Chapuis), la plaga más importante de los álamos en el Delta del Paraná (Casaubón *et al.*, 2002a).

Suelos

En cada uno de los tres sectores definidos por la altura del terreno, se abrieron dos calicatas y se tomaron en cada una de ellas 4 ó 5 muestras de suelo (27 en total), que fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar, en la Provincia de Buenos Aires, para realizar las determinaciones físico-químicas y su posterior evaluación.

El número de calicatas se determinó en base a la variabilidad de cada zona dentro de la plantación. En la-

boratorio se realizaron los análisis físico-químicos de rutina. Determinaciones físicas: Textura, por el método de la pipeta de Robinson para las fracciones arcilla y limos, y tamizado en seco para las arenas. Determinaciones químicas: Carbono orgánico en %, por el método de Walkley y Black modificado por Peech y otros. Nitrógeno total en %, por el método de Kjeldahl. Fósforo asimilable (ppm), por el método de «Bray-Kurtz 1. Calcáreo en %, por el método del calcímetro de Scheibler. Humedad equivalente por centrifugado a 1000 g. Conductividad eléctrica específica (CEE), por conductimetría en (mS/cm). pH en agua destilada y pH en solución de Cloruro de potasio normal, por el método potenciométrico. Cationes de cambio Ca, Mg, por Fotometría de llama, expresado en m.e./100 g. Cationes de cambio Na y K, por Fotometría de llama, expresado en m.e./100 g. Capacidad de intercambio catiónico, por saturación con Acetato de Amonio y destilación o saturación con Acetato de Sodio y Fotometría de llama. El % de sodio de intercambio (PSI), calculado como grado de saturación con Sodio del Complejo de Intercambio.

Profundidad de las raíces

Alrededor de la calicata con mayor profundidad efectiva de suelo y de otra con menor profundidad, se evaluó el desarrollo radicular de las plantas circundantes a fin de establecer relaciones entre la profundidad de las raíces y las características físico-químicas de los suelos.

Comunidades vegetales

a) Alrededor del árbol dominante de cada parcela: El árbol dominante se tomó como centro de una parcela de muestreo de 12 m², con 4 subunidades. En el mes de diciembre de 1997, se censaron las especies en 199 parcelas registrándose los respectivos porcentajes de cobertura.

b) Censo sistemático en toda la plantación: En octubre de 1998 se realizó un censo sistemático de vegetación. Se dibujaron en un plano todas las parcelas de 25 m² que fueron posibles (120 en total). Posteriormente y a fin de reducir el esfuerzo de muestreo y por las irregularidades de los límites del lote, se eliminaron una de cada tres parcelas en forma aleatoria, obteniéndose un total de 97 parcelas de 25 m² con 4 subunidades.

Tabla 1. Descripción de las variables registradas sobre los árboles de *Populus deltoides cv Catfish 2* de cada parcela

	N	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. est.	CV%
a) Árboles dominantes						
DAP (cm)	199	31,02	21,64	41,06	11,14	11,44
Altura (m)	199	27,39	21,00	31,60	2,44	8,90
b) Árboles promedio						
DAP (cm)	174	25,29	15,91	32,79	9,58	12,05
Altura (m)	174	25,88	16,00	31,50	2,86	11,05

Topografía

Mediante la utilización de un equialtímetro ó nivel de burbuja se tomaron las cotas de nivel del terreno, en la base de los 199 árboles dominantes y en otros 100 árboles tomados como centro de parcela en el muestreo sistemático de vegetación.

Análisis estadísticos

Se utilizó una prueba t de Student (Zar, 1996) para comparar tanto la altura como el diámetro a la altura del pecho (DAP) medios de los árboles dominantes versus la de los árboles promedio. Se estudió la relación entre los árboles dominantes y los árboles promedio mediante un análisis de correlación simple (Zar, 1996) entre la altura de las plantas dominantes del clon y la altura de las plantas promedio. El mismo procedimiento se realizó para la variable DAP. Para estudiar la relación entre los árboles y la vegetación se realizaron correlaciones simples (Zar, 1996) entre las variables que caracterizan a los árboles dominantes (altura y DAP) y los porcentajes de cobertura de las especies vegetales mas abundantes obtenidos tanto en el censos de vegetación realizado alrededor de los árboles dominantes como en el muestreo sistemático de vegetación.

Resultados

Descripción del rodal

En la Tabla 1 se observan los valores promedio de altura y diámetros a 1,30 m de altura (DAP), en árboles dominantes y promedios de *Populus deltoides cv Catfish 2* de todas las parcelas y sus rangos de variación. Las alturas de los árboles dominantes oscilaron entre 21

y 31,6 metros, mientras que los DAP entre 21,64 y 41,06 cm. Tal como se esperaba, se registraron DAP y alturas significativamente menores en los árboles promedio que en los dominantes ($t = 25,31$; $gl = 173$; $P = 0,00$ y $t = 10,13$; $gl = 173$; $P = 0,000$, respectivamente).

Relación entre los árboles dominantes y los árboles promedio

Se detectó una correlación positiva significativa entre la altura de las plantas dominantes del clon y la altura de las plantas promedio (Tabla 2), los mismos resultados se observaron en los DAP. Esto significa que las parcelas que presentan los árboles dominantes de *Populus deltoides cv Catfish 2* de mayor altura también estarían representadas por los árboles promedio más altos. De esta forma, se asume la posibilidad de extrapolar los resultados obtenidos en las plantas dominantes a los estudios de productividad que se realizan sobre las plantas promedio.

Altura del terreno

El terreno sobre el que está ubicada la plantación presenta una variación de altura de 69 cm entre la parte más baja y la más alta.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre DAP y altura de los árboles dominantes y promedio del rodal

	DAP planta dominante	DAP planta dominante	DAP planta promedio
Altura planta dominante	0,5046 $p = 0,000$		
DAP planta promedio	0,5636 $p = 0,000$		
Altura planta promedio		0,5179 $p = 0,000$	0,5558 $p = 0,000$

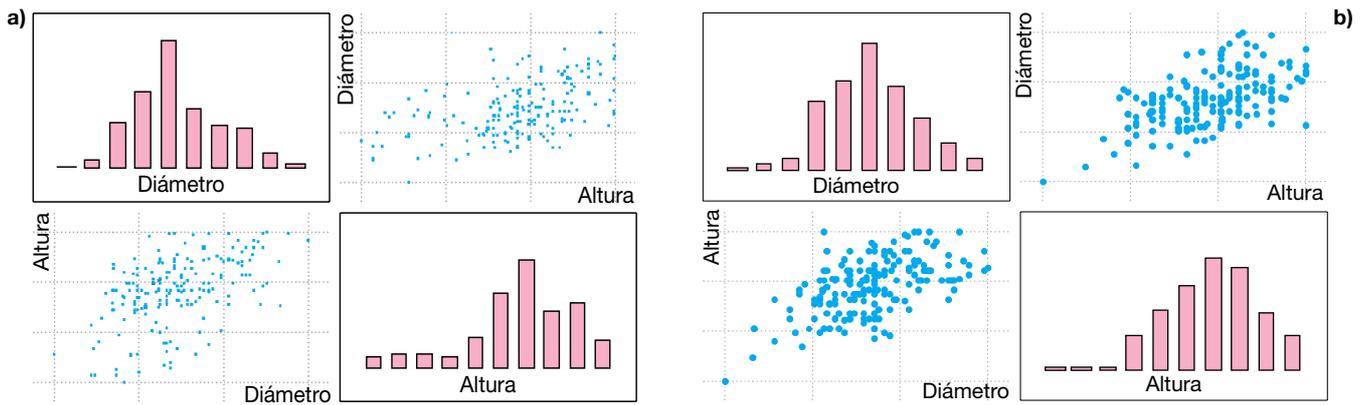


Figura 3. Histogramas y correlación entre la altura y diámetro de los árboles. a) Árboles dominantes de *Populus deltoides* cv *Catfish 2*. b) Árboles promedio de *Populus deltoides* cv *Catfish 2*.

La distribución de frecuencias de estas alturas fueron sometidas a pruebas de normalidad. La comparación con la distribución Normal tanto con la prueba de Lilliefors como con la de Kolmogorov-Smirnov permite concluir que la curva no es Normal. El gráfico de las frecuencias más bien insinúa una mezcla de distribuciones.

Estudio de las comunidades vegetales asociadas a los árboles dominantes

A partir de los censos de vegetación realizados alrededor de cada árbol dominante de este clon, se confeccionó una base de datos que contiene los porcentajes de cobertura de todas las especies vegetales y de suelo desnudo presentes en la plantación seleccionada.

En la Tabla 3 se presenta el listado de especies vegetales registradas con sus respectivos porcentajes pro-

medios de cobertura y de presencia en las parcelas muestreadas.

La comunidad vegetal circundante a los árboles dominantes se caracterizó principalmente por la presencia de *Carex riparia* en un 92% de las parcelas, con un porcentaje de cobertura promedio del 18%, y de *Rubus sp.* en un 89,9% de las parcelas con un 42,3% de cobertura promedio. Ninguna de las 49 especies restantes superó una cobertura media del 5% y en promedio, el 20% del suelo carecía de cobertura vegetal.

Relación entre los árboles dominantes y la vegetación circundante

A partir de las correlaciones realizadas entre la altura y DAP de los árboles dominantes de *Populus deltoides* cv *Catfish 2* y los porcentajes de cobertura de las especies vegetales más importantes (Tabla 4), se detectó que *Hydrocotyle bonariensis* y *Duchesnea indica* aparecieron en esta plantación asociadas a sitios de mayor potencialidad productiva, ya que ambas presentaron mayor cobertura en aquellas parcelas donde los árboles dominantes eran más altos. Por otro lado, la presencia de *Phalaris angusta*, *Cirsium vulgare* y *Bromus unioloides* o de suelo desnudo se asociaron con sitios de menor potencialidad productiva.

Aquellas parcelas donde se registraron los árboles de mayor DAP, se caracterizaron por la presencia de *Carex riparia*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Lactuca sp.*, *Physalis viscosa*, *Euphorbia sp.* y *Duchesnea indica* (Tabla 4). En cambio, en los sitios donde el DAP de los árboles dominantes fue menor, la comunidad vegetal circundante estaba representada por *Rubus sp.*,

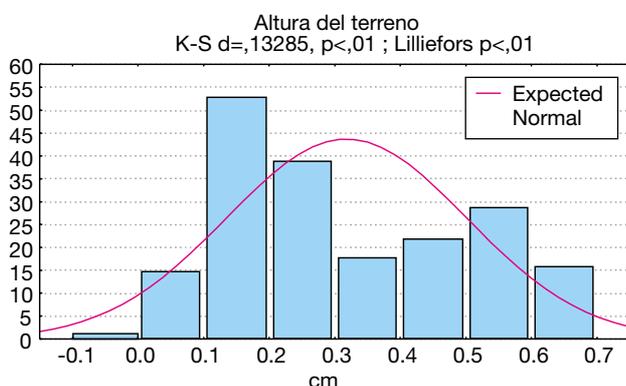


Figura 4. Distribución de frecuencias de la altura del terreno de las 199 parcelas registradas.

Tabla 3. Listado de especies vegetales asociadas a los árboles dominantes

	Porcentaje de cobertura promedio	Número de parcelas	Porcentaje de parcelas		Porcentaje de cobertura promedio	Número de parcelas	Porcentaje de parcelas
Suelo desnudo	19,62	198	99,50	<i>Ambrosia tenuifolia</i>	0,45	8	4,02
<i>Carex riparia</i>	18,05	184	92,46	<i>Amaranthus sp.</i>	0,02	7	3,52
<i>Rubus sp.</i>	42,32	179	89,95	<i>Eryngium sp.</i>	0,04	5	2,51
<i>Phalaris angusta</i>	3,99	122	61,31	<i>Alternanthera</i>			
<i>Geranium dissectum</i>	2,33	113	56,78	<i>phyloxeroides</i>	0,02	5	2,51
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	2,81	112	56,28	<i>Sida leprosa</i>	0,03	3	1,51
<i>Vicia sp.</i>	1,20	72	36,18	<i>Solanum pseudocapsicum</i>	0,05	4	2,01
<i>Apium leptophyllum</i>	0,25	51	25,63	<i>Carduus acanthoides</i>	0,04	4	2,01
<i>Stellaria media</i>	1,16	50	25,13	<i>Rorippa hilariana</i>	0,02	4	2,01
<i>Cirsium vulgare</i>	0,55	48	24,12	<i>Trifolium repens</i>	0,01	4	2,01
<i>Medicago sp.</i>	0,19	41	20,60	<i>Cayaponia sp.</i>	0,01	3	1,51
<i>Lactuca sp.</i>	0,59	29	14,57	<i>Ranunculus apiifolium</i>	0,01	3	1,51
<i>Conyza bonariensis</i>	0,07	27	13,57	<i>Salix sp.</i>	0,06	2	1,01
<i>Relbenium sp.</i>	0,20	24	12,06	<i>Morus sp.</i>	0,01	2	1,01
<i>Bromus unioloides</i>	0,75	21	10,55	<i>Coronopus didymus</i>	0,01	2	1,01
<i>Physalis viscosa</i>	0,21	21	10,55	<i>Blumembakia urens</i>	0,01	1	0,50
<i>Iris pseudacorus</i>	0,36	20	10,05	<i>Bowlesia incana</i>	0,01	1	0,50
<i>Sonchus oleraceus</i>	0,13	20	10,05	<i>Taraxacum officinale</i>	0,01	1	0,50
<i>Euphorbia sp.</i>	0,72	15	7,54	<i>Crepis setosa</i>	0,01	1	0,50
<i>Duchesnea indica</i>	2,64	14	7,04	<i>Scrophulariaceae</i>	0,003	1	0,50
<i>Cortaderia selloana</i>	0,50	11	5,53	<i>Canna glauca</i>	0,003	1	0,50
<i>Pavonia hastata</i>	0,14	11	5,53	<i>Araujia hortorum</i>	0,003	1	0,50
<i>Sonchus asper</i>	0,07	11	5,53	<i>Euphorbiaceae sp.</i>	0,001	1	0,50
<i>Muehlebeckia sagitifolia</i>	0,17	9	4,52	<i>Lonicera japonica</i>	0,001	1	0,50
<i>Rumex sp.</i>	0,09	9	4,52	<i>Solanum malacoxylon</i>	0,001	1	0,50
<i>Plantago sp.</i>	0,07	9	4,52	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,001	1	0,50
				<i>Cissus palmata</i>	0,001	1	0,50

Phalaris angusta, *Geranium dissectum*, *Stellaria media*, *Bromus unioloides* e *Iris pseudacorus*.

Estudio de la vegetación mediante un muestreo sistemático

La comunidad vegetal registrada a partir del muestreo sistemático se caracterizó por la presencia de *Rubus sp.*, en el 91,75% de las parcelas, con un 57,5% de cobertura promedio, por lo que no pudo ser utilizada para diferenciar sectores con distinta potencialidad. El caso de *Carex riparia* es similar, ya que se encuentra presente en la totalidad de las parcelas con un porcentaje promedio de cobertura del 22%, mientras que *Hydrocotyle bonariensis* presentó una cobertura del 8,2%. Ni el suelo desnudo, ni las 27 especies restantes registradas superaron una cobertura media del 3% (Tabla 5).

Analizando los porcentajes de cobertura promedio de las especies vegetales registradas bajo los dos sistemas de muestreo realizados, se observa que el censo efectuado junto a las plantas dominantes de cada parcela refleja con mayor exactitud la composición de las comunidades vegetales presentes ya que en él aparecen especies que no se detectan en el muestreo sistemático (Tabla 6).

Estratificación del terreno

Se determinó el efecto que tiene la altura del terreno, tanto sobre el crecimiento y la productividad de *Populus deltoides cv Catfish 2* como sobre la comunidad vegetal, el área de muestreo se dividió en tres estratos, cada uno de los cuales exhibía un rango de alturas del terreno de 23 cm (Tabla 8).

Tabla 4. Coeficientes de concordancia de Kendall entre la altura y el DAP de los árboles dominantes de *Populus deltoides* cv Catfish 2 y los porcentajes de cobertura de las especies vegetales (se descartaron aquellas especies que se encontraron en menos del 7 % de los censos. Las concordancias significativas se encuentran resaltadas)

	DAP	p	Altura	p
Suelo desnudo	-0,083	0,082	-0,302	0,000
<i>Carex riparia</i>	0,225	0,000	0,026	0,584
<i>Rubus sp.</i>	-0,177	0,000	0,091	0,057
<i>Phalaris angusta</i>	-0,220	0,000	-0,154	0,001
<i>Geranium dissectum</i>	-0,166	0,001	-0,037	0,443
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	0,102	0,033	0,238	0,000
<i>Vicia sp.</i>	0,004	0,933	0,011	0,815
<i>Apium leptophyllum</i>	-0,042	0,376	0,024	0,618
<i>Stellaria media</i>	-0,122	0,011	0,029	0,538
<i>Cirsium vulgare</i>	-0,067	0,158	-0,137	0,004
<i>Medicago sp.</i>	-0,024	0,609	0,049	0,308
<i>Lactuca sp.</i>	0,118	0,013	0,072	0,132
<i>Conyza bonariensis</i>	0,000	0,993	0,051	0,288
<i>Relbunium sp.</i>	-0,066	0,167	0,062	0,194
<i>Bromus unioloides</i>	-0,102	0,032	-0,148	0,002
<i>Physalis viscosa</i>	0,172	0,000	0,059	0,217
<i>Iris pseudacorus</i>	-0,123	0,010	-0,038	0,427
<i>Sonchus oleraceus</i>	0,035	0,466	0,040	0,398
<i>Euphorbia sp.</i>	0,100	0,036	0,050	0,290
<i>Duchesnea indica</i>	0,217	0,000	0,095	0,045

Caracterización de los suelos

En las tres estaciones del terreno caracterizados por su diferente productividad, los árboles lindantes a las calicatas desarrollaron sus raíces preferentemente dentro de los primeros 50 cm de profundidad. En los ambientes más productivos el 95% de raíces profundizó como mínimo hasta los 35 cm, en cambio en los menos productivos este porcentaje se observó dentro de los primeros 25 cm, con un porcentaje de Na de intercambio (PSI) mayor al 15% y pH ligeros a moderadamente alcalinos que aparecen a esa profundidad (Tabla 7).

Crecimiento y productividad

En las Tablas 8 a, b y c, se describen las características de los árboles dominantes del clon estudiado, la altura del terreno, las principales especies vegetales en cada uno de los sitios, y en las Tablas 9 a, b, c y d, la información de crecimiento y productividad promedio por parcela y por estación, porcentaje

Tabla 5. Listado de especies vegetales registradas a partir del muestreo realizado en forma sistemática a los árboles dominantes del clon *Populus deltoides* cv Catfish 2

	Porcentaje de cobertura promedio	Número de parcelas	Porcentaje de parcelas
<i>Carex riparia</i>	22,005	97	100,00
<i>Rubus sp.</i>	57,497	89	91,75
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	8,191	62	63,92
Suelo desnudo	2,495	44	45,36
<i>Cirsium vulgare</i>	0,616	26	26,80
<i>Stellaria media</i>	1,211	26	26,80
<i>Iris pseudacorus</i>	0,948	20	20,62
<i>Solanum malacoxylon</i>	0,443	19	19,59
<i>Apium leptophyllum</i>	0,064	17	17,53
<i>Phalaris angusta</i>	0,361	16	16,49
<i>Vicia sp.</i>	0,224	13	13,40
<i>Conyza bonariensis</i>	0,113	11	11,34
<i>Duchesnea indica</i>	2,144	11	11,34
<i>Ambrosia tenuifolia</i>	0,608	7	7,22
Sp A.	0,407	7	7,22
<i>Blumembackia urens</i>	0,933	6	6,19
<i>Cortaderia selloana</i>	0,320	6	6,19
<i>Rumex sp.</i>	0,080	6	6,19
<i>Plantago sp.</i>	0,062	5	5,15
<i>Polygonum sp.</i>	0,062	5	5,15
<i>Sonchus asper</i>	0,049	5	5,15
Gramínea	0,472	4	4,12
<i>Oxalis sp.</i>	0,067	4	4,12
<i>Senecio sp.</i>	0,224	4	4,12
<i>Verbena</i>	0,046	4	4,12
<i>Bowlesia incana</i>	0,028	2	2,06
<i>Bromus unioloides</i>	0,219	2	2,06
<i>Euphorbia sp.</i>	0,070	2	2,06
<i>Panicum sp.</i>	0,023	2	2,06
<i>Baccharis sp.</i>	0,008	1	1,03
<i>Carduus acanthoides</i>	0,008	1	1,03

de plantas muertas, porcentaje de plantas faltantes y porcentajes de plantas quebradas por el viento por estación.

Discusión

El mayor incremento volumétrico medio anual por parcela, la mayor altura promedio de planta dominante y de planta promedio y el mayor volumen promedio de planta por parcela corresponden a la estación de relieve más alto del terreno (Tablas 8c y 9 a), un ambiente típico de albardón endicado, con suelos profundos (\geq a 75 cm) (Tabla 7), de textura franco-limosa y arcillo-limosa, y un pH en agua de 6,4-6,5 (débilmente ácido),

Tabla 6. Porcentajes de coberturas promedio de las especies vegetales registradas bajo los dos sistemas de muestreo realizados

	Muestreo sistemático	Muestreo dominante		Muestreo sistemático	Muestreo dominante
<i>Carex riparia</i>	22,01	18,05	<i>Carduus acanthoides</i>	0,01	0,04
<i>Rubus sp.</i>	57,50	42,32	<i>Alternanthera phyloxeroides</i>	0,00	0,02
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	8,19	2,81	<i>Amaranthus sp.</i>	0,00	0,02
Suelo desnudo	2,49	19,62	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,00	0,00
<i>Cirsium vulgare</i>	0,62	0,55	<i>Araujia hortorum</i>	0,00	0,00
<i>Stellaria media</i>	1,21	1,16	<i>Canna glauca</i>	0,00	0,00
<i>Iris pseudacorus</i>	0,95	0,36	<i>Cayaponia sp.</i>	0,00	0,01
<i>Solanum malacoxylon</i>	0,44	0,00	<i>Cissus palmata</i>	0,00	0,00
<i>Apium leptophyllum</i>	0,06	0,25	<i>Coronopus didymus</i>	0,00	0,01
<i>Phalaris angusta</i>	0,36	3,99	<i>Crepis setosa</i>	0,00	0,01
<i>Vicia sp.</i>	0,22	1,20	<i>Eryngium sp.</i>	0,00	0,04
<i>Conyza bonariensis</i>	0,11	0,07	<i>Euphorbiacea sp.</i>	0,00	0,00
<i>Duchesnea indica</i>	2,14	2,64	<i>Geranium dissectum</i>	0,00	2,33
<i>Ambrosia tenuifolia</i>	0,61	0,45	<i>Lactuca sp.</i>	0,00	0,59
Sp A.	0,41	0,00	<i>Lonicera japonica</i>	0,00	0,00
<i>Blumembackia urens</i>	0,93	0,01	<i>Medicago sp.</i>	0,00	0,19
<i>Cortaderia selloana</i>	0,32	0,50	<i>Morus sp.</i>	0,00	0,01
<i>Rumex sp.</i>	0,08	0,09	<i>Muehlenbeckia sagitifolia</i>	0,00	0,17
<i>Plantago sp.</i>	0,06	0,07	<i>Pavonia hastata</i>	0,00	0,14
<i>Polygonum sp.</i>	0,06	0,00	<i>Physalis viscosa</i>	0,00	0,21
<i>Sonchus asper</i>	0,05	0,07	<i>Ranunculus apiifolium</i>	0,00	0,01
<i>Gramínea</i>	0,47	0,00	<i>Relbenium sp.</i>	0,00	0,20
<i>Oxalis sp.</i>	0,07	0,00	<i>Rorippa hilariana</i>	0,00	0,02
<i>Senecio sp.</i>	0,22	0,00	<i>Salix sp.</i>	0,00	0,06
<i>Verbena sp.</i>	0,05	0,00	<i>Scrophulariaceae</i>	0,00	0,00
<i>Bowlesia incana</i>	0,03	0,01	<i>Sida leprosa</i>	0,00	0,03
<i>Bromus uniolooides</i>	0,22	0,75	<i>Solanum pseudocapsicum</i>	0,00	0,05
<i>Euphorbia sp.</i>	0,07	0,72	<i>Sonchus oleraceus</i>	0,00	0,13
<i>Panicum sp.</i>	0,02	0,00	<i>Taraxacum officinale</i>	0,00	0,01
<i>Baccharis sp.</i>	0,01	0,00	<i>Trifolium repens</i>	0,00	0,01

y capas de suelo con alcalinidad sódica ($PSI > a 15$) a mayor profundidad. Estos resultados coinciden con Vita (1977), Jobling (1990), el Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta (1987 y 1994) y otros autores citados por Löewe *et al.* (1996), en que suelos de texturas similares son los más adecuados para el cultivo del álamo, y que los mayores volúmenes y alturas de plantas

dominantes y promedios se alcanzan en ambientes con una profundidad de suelo superior a los 70 cm, y pH moderadamente ácidos a neutros.

La productividad potencial de esta estación es aún mayor si se considera, que el intenso ataque del «Tallado de los Forestales» (*Platypus mutatus* Chapuis) producido en las plantas de mayor diámetro, ocasionó

Tabla 7. Profundidad efectiva de suelos (en cm)

Calidad de estación	N.º 1 < productiva		N.º 2 productiva		N.º 3 > productiva	
	IMA	28,54 m ³ /ha/año		31,47 m ³ /ha/año		33.88 m ³ /ha/año
Unidad taxonómica	5	6	3	4	1	2
Profundidad de capas con un $PSI > 15\%$	28 cm	63 cm	63 cm	63 cm	75 cm	87 cm
pH en agua $\geq a 7,4$ (liger. alcalino)	28 cm	28 cm	79 cm	56 cm	48 cm	40 cm

Tabla 8. Descripción de las plantas dominantes de *Populus deltoides* cv *Catfish 2*, altura del terreno, productividad y los porcentajes de cobertura de las principales especies que forman la comunidad vegetal circundante, para cada uno de los estratos establecidos

	N	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Std.	Intervalo de confianza	
							-95,0%	+95,0%
a) Calidad de estación 1 <productiva (IMA 28,54 m ³ /ha/año)								
DAP (cm)	85	29,76	22,28	37,88	30,32	3,218	29,628	31,016
Altura (m)	85	26,8	21,00	31,60	26,587	2,718	26,001	27,173
Altura del terreno (cm)	85	15,5	0	23,00	14,700	5,600	13,500	15,900
Suelo desnudo	85	25,50	2,25	60,25	25,885	12,688	23,148	28,622
<i>Carex riparia</i>	85	7,25	0	72,50	12,676	16,703	9,074	16,279
<i>Rubus sp.</i>	85	43,75	0	83,75	43,174	18,909	39,095	47,252
<i>Phalaris angusta</i>	85	4,25	0	32,50	6,829	7,237		
<i>Geranium dissectum</i>	85	1,50	0	30,00	2,953	4,311		
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	85	0	0	16,75	1,941	3,497		
<i>Vicia sp.</i>	85	0	0	11,75	1,018	2,523		
<i>Apium leptophyllum</i>	85	0	0	4,75	0,288	0,762		
<i>Stellaria media</i>	85	0	0	13,75	0,706	2,155		
<i>Cirsium vulgare</i>	85	0	0	3,50	0,265	0,569		
<i>Medicago sp.</i>	85	0	0	3,00	0,091	0,362		
<i>Lactuca sp.</i>	85	0	0	2,50	0,065	0,341		
<i>Conyza bonariensis</i>	85	0	0	1,00	0,097	0,232		
<i>Relbenium sp.</i>	85	0	0	6,25	0,221	0,845		
<i>Bromus unioloides</i>	85	0	0	45,00	1,009	5,551		
<i>Physalis viscosa</i>	85	0	0	2,50	0,056	0,287		
<i>Iris pseudacorus</i>	85	0	0	8,75	0,606	1,610		
<i>Sonchus oleraceus</i>	85	0	0	2,50	0,091	0,422		
<i>Euphorbia sp.</i>	85	0	0	0,00	0,000	0,000		
<i>Duchesnea indica</i>	85	0	0	38,75	0,691	4,550		
b) Calidad de estación 2 productiva (IMA 31,47 m ³ /ha/año)								
DAP (cm)	60	30,24	21,65	41,06	30,21	3,481	29,311	31,109
Altura (m)	60	27,50	21,90	31,50	27,500	2,268	26,914	28,086
Altura del terreno (cm)	60	33,00	24,00	46,00	33,400	7,400	31,500	35,300
Suelo desnudo	60	13,13	0,50	60,25	17,404	14,347	13,698	21,110
<i>Carex riparia</i>	60	6,50	0	56,25	9,279	10,844	6,478	12,080
<i>Rubus sp.</i>	60	61,25	1,50	86,25	53,867	19,922	48,720	59,013
<i>Phalaris angusta</i>	60	1,25	0	18,75	3,317	4,555		
<i>Geranium dissectum</i>	60	2,50	0	17,50	3,288	3,451		
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	60	0,50	0	23,75	2,863	4,626		
<i>Vicia sp.</i>	60	0,50	0	23,75	1,746	3,424		
<i>Apium leptophyllum</i>	60	0	0	5,00	0,371	0,763		
<i>Stellaria media</i>	60	0	0	16,25	1,600	3,596		
<i>Cirsium vulgare</i>	60	0	0	7,50	0,417	1,206		
<i>Medicago sp.</i>	60	0	0	3,75	0,325	0,787		
<i>Lactuca sp.</i>	60	0	0	3,75	0,113	0,532		
<i>Conyza bonariensis</i>	60	0	0	1,25	0,088	0,234		
<i>Relbenium sp.</i>	60	0	0	5,50	0,296	0,952		
<i>Bromus unioloides</i>	60	0	0	15,00	0,633	2,383		
<i>Physalis viscosa</i>	60	0	0	1,75	0,050	0,260		
<i>Iris pseudacorus</i>	60	0	0	5,00	0,221	0,956		
<i>Sonchus oleraceus</i>	60	0	0	2,00	0,063	0,279		
<i>Euphorbia sp.</i>	60	0	0	3,75	0,083	0,495		
<i>Duchesnea indica</i>	60	0	0	56,25	2,475	10,013		

Tabla 8 (continuación)

	N	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Std.	Intervalo de confianza	
							-95,0%	+95,0%
c) Calidad de estación 3 > productiva (IMA 33.88 m ³ /ha/año)								
DAP (cm)	54	33,10	26,26	39,47	32,97	3,417	32,037	33,903
Altura (m)	54	28,500	23,80	31,50	28,542	1,530	28,125	28,960
Altura del terreno (cm.)	54	55,700	47,00	69,00	56,400	5,800	54,800	58,000
Suelo desnudo	54	8,875	0	60,50	12,236	11,530	9,089	15,383
<i>Carex riparia</i>	54	27,125	1,25	86,25	36,259	24,882	29,468	43,051
<i>Rubus sp.</i>	54	20,625	0	83,75	28,144	29,759	20,021	36,266
<i>Phalaris angusta</i>	54	0	0	8,75	0,259	1,226		
<i>Geranium dissectum</i>	54	0	0	5,50	0,301	0,971		
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	54	1,75	0	20,00	4,111	5,344		
<i>Vicia sp.</i>	54	0	0	10,00	0,875	1,920		
<i>Apium leptophyllum</i>	54	0	0	2,00	0,042	0,274		
<i>Stellaria media</i>	54	0	0	18,75	1,398	3,672		
<i>Cirsium vulgare</i>	54	0	0	31,25	1,148	4,379		
<i>Medicago sp.</i>	54	0	0	5,50	0,208	0,774		
<i>Lactuca sp.</i>	54	0	0	16,25	1,940	3,870		
<i>Conyza bonariensis</i>	54	0	0	0,50	0,009	0,068		
<i>Relenium sp.</i>	54	0	0	1,75	0,056	0,290		
<i>Brmus uniolooides</i>	54	0	0	12,50	0,472	2,026		
<i>Pysalis viscosa</i>	54	0	0	8,00	0,639	1,816		
<i>Iris pseudacorus</i>	54	0	0	5,00	0,125	0,717		
<i>Sonchus oleraceus</i>	54	0	0	3,75	0,282	0,769		
<i>Euphorbia sp.</i>	54	0	0	52,25	2,574	8,188		
<i>Duchesnea indica</i>	54	0	0	75,00	5,889	18,784		

una merma considerable de la productividad total a causa de la mayor cantidad de plantas quebradas por el viento a la altura de las galerías construidas por dicho insecto (Casaubón *et al.*, 2.002a). Se observó además que las plantas quebradas pueden volver a rebrotar, pero van muriendo lentamente en pie al no poder competir con las vecinas. Fue así mismo la estación que presentó mayor porcentaje de plantas muertas (Tabla 9 b), posiblemente a causa de una alta competencia entre individuos por luz y agua. Si en esta estación el número de plantas promedio por parcela hubiere sido igual a la estación menos productiva, el rendimiento podría haber ascendido a 40 m³/ha/año.

La disponibilidad de nutrientes en la zona de desarrollo radicular se considera óptima teniendo en cuenta que los rendimientos de cada uno de los tres estratos superan a los promedios para la zona.

Los crecimientos obtenidos en las calidades de estación «productivas» y «más productivas» del terreno, concuerdan con Broadfoot (1965), en que suelos con texturas medias dentro de los primeros 60 cm de profundidad son los mejores para *Populus deltoides* Bartr., con Bakarcic (1979), Alonzo (1980), Suárez (1980),

Casaubón *et al.* (1993), Minetti (1994), Casaubón *et al.* (1997) y Casaubón (1999), en que suelos de albardón y/o semialbardón endicado, profundos y con idénticas texturas, pueden presentar incrementos maderables promedio superiores a los 30 m³/ha/año en el Bajo Delta del Río Paraná, y con Barnéoud *et al.* (1982), en que en suelos profundos, de textura equilibrada, de 60 a 80 cm de profundidad, bien estructurados y provistos de agua, las posibilidades de éxito de la plantación son elevadas, y que la riqueza química no es un factor determinante del crecimiento. Conceptos semejantes fueron enunciados por Suárez (1993), como una característica propia de las Salicáceas en general.

Si bien la estación que presentó el relieve del terreno más bajo, ambiente típico de bañado endicado, con mayor disponibilidad de agua aunque lindante a una zanja de drenaje, y con una capa alcalino-sódica cercana a la superficie (Tabla 7), resultó ser el menos productivo de los tres, y el que tuvo mayor cantidad de plantas repuestas al segundo año, presentó en cambio, un mayor promedio de plantas por parcela y un incremento medio anual superior en un 26,8% al valor de productividad considerado promedio para la zona. Po-

Tabla 9. Valores de crecimiento y productividada) *Valores de crecimiento y productividad promedio por estación*

Calidad de estación	Plantas por parcela	Volumen por parcela	Volumen por hectárea	IMA
1 < productiva	7,22	3,288 m ³	342,53 m ³	28,54 m ³
2 productiva	6,74	3,626 m ³	377,69 m ³	31,47 m ³
3 > productiva	6,09	3,9029 m ³	406,56 m ³	33,88 m ³

b) *Porcentaje de plantas muertas por estación*

Calidad de estación	Plantas vivas	Plantas muertas	Total	Porcentaje
1 < productiva	785	16	801	2
2 productiva	258	26	284	9,15
3 > productiva	556	71	627	11,32

P(chi) 2,77E-12.

c) *Porcentaje de plantas faltantes por estación*

Calidad de estación	Plantas presentes (vivas + muertas)	Plantas faltantes	Total	Porcentaje
1 < productiva	801	39	840	4,64
2 productiva	284	6	290	2,00
3 > productiva	627	20	647	3,09

P(chi) 7E-02.

d) *Porcentaje de plantas quebradas por el viento a causa del *Platypus mutatus Chapuis**

Calidad de estación	Plantas presentes (vivas + muertas)	Plantas quebradas	Porcentaje
1 < productiva	801	6	0,7
2 productiva	284	9	3,2
3 > productiva	627	58	9,3

siblemente, la presencia de capas de suelo alcalino-sódico cercanas a la superficie haya sido el factor determinante del menor desarrollo volumétrico de este rodal. Un comportamiento similar, de baja productividad en suelos con alcalinidad-sódica cercanas a la superficie, fue citado por Casaubón *et al.* en el año 1996, en una plantación comercial de *Populus deltoides* cv *Catfish 2* en la Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná de INTA y por Vita (1977), Jobling (1990) y Löewe *et al.* (1996) quienes mencionan que valores de ph mayores a 7 producen una disminución del vigor de crecimiento en álamos.

Mientras que el Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta (1987 y 1994) señala que los álamos requieren una profundidad efectiva de suelos no inferior a los 70 cm, la estación menos productiva de esta plantación presenta buenas características dentro de solamente los primeros 28 cm de profundidad (Ta-

bla 7), y rendimientos superiores al promedio para la región.

Bajos rendimientos en bañados endicados fueron citados en el año 1993 por Casaubón en una plantación comercial de *Populus deltoides* cv 125/68 de la IV Sección de Islas del Bajo Delta Bonaerense, y en el año 2001 por Casaubón *et al.*, en dos plantaciones de *Populus deltoides* cv *Catfish 2* de la IV Sección de islas del Bajo Delta Bonaerense, todas ellas con un deficiente manejo del agua. Si bien en todos los casos los bajos diámetros y alturas de plantas promedio se atribuyeron a los excesos de agua presentes en ciertos períodos de crecimiento del rodal, existe una marcada diferencia con este estudio, que presenta en el bañado endicado el mayor número de plantas por parcela; mientras que en los dos trabajos anteriormente mencionados se registró en un ambiente semejante de bañado endicado, además de un menor volumen individual por

planta, una menor cantidad de plantas por parcela debido, al vuelco por el viento y a la muerte de ejemplares por presencia de aguas estancadas dentro del lote en ciertos períodos de crecimiento de la plantación.

Lindante a este ambiente de bañado endicado existe una buena red de drenaje y no se evidenciaron dificultades en el escurrimiento y drenaje del agua de lluvia; tampoco ingresó al lugar agua proveniente de inundaciones del Río Paraná durante el período de crecimiento del rodal a causa de la existencia de un dique perimetral, situación que podría haber sido determinante del mayor número de plantas promedio por parcela de los tres sitios descriptos.

La mediana y la media de suelo desnudo son mayores en la calidad de estación 1, donde los árboles dominantes y promedio y el relieve terreno son más bajos, pero ostenta mayor densidad de árboles por parcela, y son menores en la calidad de estación 3, con árboles dominantes, promedio y relieve del terreno más altos pero con menor densidad de árboles por parcela. *Carex riparia* sigue acompañando con mayor abundancia a los árboles de mayor DAP de la estación 3.

Según FAO (1980) las plantaciones de álamo aprovechan la fertilidad del suelo como un cultivo agrícola. En las seis calicatas abiertas en esta plantación, la disponibilidad de nutrientes especialmente en los 25 cm superiores del suelo, zona de mayor desarrollo radicular, se consideró adecuada para cultivos de estas características (INTA, 1996) y los rendimientos volumétricos obtenidos superan al promedio estimado para la zona. La mayor disponibilidad de fósforo asimilable en el sitio menos productivo, el más bajo del terreno, difiere de lo mencionado por Casaubón *et al.* (1997) quienes citaron menor disponibilidad de este elemento en bañados endicados.

La heterogeneidad observada en las alturas de las plantas dominantes, y volumen de plantas por parcela en cada uno de las tres estaciones descriptas (Tablas 8 y 9 a) sugieren la presencia de «micrositios» de diferente productividad (Gilmore *et al.* 1968).

La mayor cantidad de plantas quebradas por el viento a la altura de las galerías construídas por el Taladro de los forestales, coincide con lo manifestado por Casaubón *et al.* (2002a), en que las estaciones más productivas resultan ser las más afectados por el *Platypus mutatus* Chapuis.

El mayor número de plantas muertas en la estación más productiva podría atribuirse a la rápida competencia por luz y agua que ejercen los árboles dominantes y codominantes sobre los oprimidos en am-

bientes de alta productividad. Contrariamente, en la estación menos productiva, al producirse esta rivalidad más tardíamente en el tiempo, presenta para una misma edad de plantación, un mayor porcentaje de plantas vivas por parcela (Tabla 8 b).

Si bien Burkart (1957), Bonfils (1962), De Fina y Ravelo (1979), Malvárez (1997) describen al Bajo Delta como un área de características homogéneas, el relieve del terreno, la presencia de sales en las capas subsuperficiales del terreno, capas de suelo con pH mayores a 7,4 y la disponibilidad de agua de la capa freática a diferente profundidad resultarían factores determinantes de los heterogéneos valores de productividad en una masa coetánea fenotípicamente idéntica de *Populus deltoides cv Catfish 2*. Esto resulta coincidente con otros trabajos realizados por Casaubón *et al.* (1993), Minetti (1994), Casaubón *et al.* (1996) y Casaubón *et al.* (2001) en diferentes plantaciones comerciales de *Populus deltoides* Delta del Paraná.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, podrían plantearse diferentes acciones de manejo para calidades de estación similares:

1. Si la plantación de álamos tiene como principal objetivo la producción de madera de calidad para serrado y/o desenrollo, y el ambiente es de suelos de albardón y/o de semialbardón, sin capas alcalino-sódicas cercanas a la superficie como ocurre con las estaciones «productivas» y «muy productivas» de esta propiedad:

a) Utilizar como material de multiplicación, guías (con o sin raíz) de uno o dos años de edad, plantarlas entre 0,60 u 0,80 m de profundidad, para favorecer su anclaje y enraizamiento, aprovechando la humedad de las capas subsuperficiales del suelo, minimizando a su vez la competencia por el agua con la maleza (Casaubón *et al.*, 2001).

b) Utilizar en las mejores estaciones mayores distancias de plantación (5 x 5 m ó 6 x 6 m), o en su defecto realizar clareos oportunos a fin de evitar la competencia temprana entre individuos, la aparición de enfermedades (Casaubón *et al.*, 2002 a), y la muerte de ejemplares en pie.

2. Si las capas de suelo presentan alcalinidad-sódica y/o con valores de pH iguales a 7,4 (ligeramente alcalinos) o mayores, y aparecen muy cercanas a la superficie utilizar estacas como material de multiplicación, evitando las aradas profundas que puedan entremezclar las capas de suelo productivas con otras de menor productividad o improductivas. Otra alternativa consiste en utilizar clones de álamo tolerantes a suelos con alcalinidad-sódica.

3. Las pérdidas de volumen maderable ocurrida mayormente en las estaciones muy productivas, a causa del Taladro de los Forestales (*Platypus mutatus* Chapuis), podrían verse disminuidos si se llevan a cabo simultáneamente las siguientes acciones:

a) Tratamientos preventivos del «Taladro de los Forestales» en plantas dominantes y codominantes (300 a 350 plantas por hectárea) que superen los 13 cm de DAP, utilizando Carbaryl como producto químico (Santoro, 1965; Bascialli *et al.*, 1996; Battaglino, 2001; Giménez *et al.*, 2002), y como mínimo hasta los seis primeros metros de altura del fuste contados a partir de la base (por ser la zona más afectada por la plaga), durante los meses de octubre, noviembre y febrero, los de mayor emergencia. (Battaglino, 2001).

b) Se aprovecha la madera inmediatamente de producido el daño.

Conclusiones

— Los incrementos volumétricos anuales de las tres calidades de estación descritas en esta plantación comercial de *Populus deltoides* cv *Catfish 2* superan los 20-25 m³/ha/año, valores considerados promedios para la zona.

— La estación más productiva corresponde a un ambiente típico de albardón endicado, con un crecimiento medio anual por hectárea que supera en un 50% a los valores promedios para la zona. Suelos de textura franca-limosa y arcillo-limosa, pH débilmente ácido y capas con alcalinidad-sódica que superan los 75 cm de profundidad. Presentan así mismo mayores porcentajes de plantas muertas por sitio y mayor cantidad de plantas quebradas por el viento a la altura de las galerías del Taladro de los Forestales «*Platypus mutatus* Chapuis».

— La estación de menor productividad corresponde a un ambiente típico de bañado endicado, con mayor disponibilidad de agua y un IMA en volumen que supera en un 26,84% a los rendimientos promedios para el Delta, capas de suelo con alcalinidad-sódica entre los 25 y 60 cm de profundidad, de textura franco-arcillo-limosa y franco-limosa en los primeros 25 cm de suelo superficial o zona de mayor desarrollo radicular. Es así mismo la estación que presentó el mayor número de reposiciones con otro clon al segundo año de plantación, y menor porcentaje de plantas muertas y de plantas quebradas por el viento a causa del ataque del «Taladro de los forestales».

— La mayor pérdida de volumen comercial por ataque de *Platypus mutatus* Chapuis (estimada en 70 m³/ha), se produjo en la estación más productiva, posiblemente a causa del mayor crecimiento en altura y en diámetro de los ejemplares, a la mayor exposición a los vientos, y al manejo silvicultural, ya que los árboles afectados no fueron aprovechados inmediatamente después de producido el daño.

— La presencia de capas de suelos alcalino-sódicas cercanas a la superficie en la estación con un relieve del terreno más bajo podría ser la causa de la menor productividad y del menor enraizamiento del cultivar *Catfish 2*.

— Cuando las capas de suelo con alcalinidad-sódica (PSI superior al 15%) se encuentran a una profundidad de 28 cm, no aparecen especies vegetales que indiquen su presencia.

— El censo efectuado junto a las plantas dominantes de cada parcela refleja con mayor exactitud la composición de las comunidades vegetales presentes, ya que en él aparecen especies que no se detectan en el muestreo sistemático llevado a cabo en esta plantación.

— Existe mayor diversidad específica en terrenos más altos o con menor disponibilidad de agua.

— En esta plantación mientras que *Carex riparia*, *Hydrocotyle bonariensis* y *Duchesnea indica* se asocian a buenas calidades de estación, *Rubus sp.*, *Iris pseudacorus*, *Phalaris angusta* y *Bromus unioloides* se asocian a las de menor calidad.

— *Carex riparia* y *Rubus sp.* se encuentran presentes en más del 90% de las parcelas por lo que no permiten ser utilizadas para diferenciar estaciones.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a los fondos aportados por el Proyecto de Investigación Aplicada (PIA 16/96) del Convenio SAGPyA-BIRF, al Señor Aldo Rodríguez (†) quien nos facilitó el desarrollo de nuestra tarea en plantaciones de su propiedad, a los alumnos del 6° año de la Escuela Carlos von Bernard de la ciudad de Zárate, Provincia de Buenos Aires, y al Señor Juan Castellanos por su ayuda incondicional en la recolección de datos a campo.

Referencias bibliográficas

ALONZO A., 1980. Las Salicáceas en la República Argentina. Comisión Nacional del Álamo de la República Argentina. Snt. 69 pp.

- ALONZO A., 1991. Incidencia de los factores ecológicos sobre la productividad forestal en el Delta del Paraná. Delta del Paraná Año. 14. Número 14. ISSN 0045-9895.
- BARNÉOUD C., BONDUELLE P., DUBOIS J.M., 1982. Manuel de Populiculture. AFOCEL.
- BARNES B., PREGITZER K., SPIES T., SPOONER, 1982. Ecological Forest Site Classification. Journal of Forestry. Vol. 80. N° 8.
- BAKARCIC M., 1979. Plan de trabajo N° 0294: «Técnicas de cultivo para el mejoramiento forestal del Delta». E. E. A. Delta del Paraná. INTA.
- BASCIALLI M., GIMÉNEZ R., ETIENNOT A., TOSCANI H., 1996. Manejo de la población de *Platypus sulcatus* Chapuis durante 3 años en la región del Delta del Paraná. Rev de Inv Agraria: Rec Forest, (5) 1: INIA, España.
- BATTAGLINO N., 2001. Taladrillo grande de los forestales. La Cooperativa. Año 1. N°1.
- BENGOA MARTÍNEZ DE MANDOJANA J.L., 1999. Estimación de la altura dominante de la masa a partir de la «altura dominante de la parcela». Ventajas frente a la altura dominante de Assman. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. ISSN: 1131-7965.
- BERRONDO G., GARAU A., 1993. Fenología de 6 clones de *Populus deltoides* seleccionados en la E.E.A. Delta del Paraná. Primeros aportes. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión IV. Bosques Cultivados. Paraná. Entre Ríos. Argentina.
- BERRONDO G., 2000. Agrometeorología. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. INTA.
- BONAVIA DE GUTH E., 1985. Evaluación de calidad del leño con fines papeleros en clones de *Populus* introducidos y obtenidos en Argentina. Primeras Jornadas de Recursos Forestales, Diversidad Genética, Ambiente y Desarrollo. Octubre 1986.
- BONAVIA DE GUTH E., PIUSSAN C.M., 1987. Evaluación con fines papeleros de diez clones de álamo en ensayos del INTA-Delta del Paraná. ATIPCA. pp. 265-277.
- 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.
- BROADFOOT W.M., 1965. Evaluating cottonwood sites. Southern Forest Experiment Station. Forest Service U.S. Department of Agriculture. Occasional Paper 178.
- 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.
- CARMEAN, W.H., 1996. Forest site quality estimation using forest ecosystem classification in North weestern Ontario. Faculty of Forestry, Lakehead University. Ontario. Canadá. 39, 493-508.
- CASAUBÓN E., GURINI L., CORTIZO S., 1993. Evaluación dasométrica de nueve clones de *Populus deltoides* cultivados en el Delta del Río Paraná. Congreso Argentino y Latinoamericano. Paraná. Entre Ríos. Relatorios y trabajos voluntarios publicados. Comisión VI. Bosques cultivados.
- CASAUBÓN E., 1993. Relación Cultivar-Calidad de Sitio en la Producción Forestal del Delta del Paraná. Segunda Jornada de información técnica en la E.E.A. Delta del Paraná. INTA.
- CASAUBÓN E., GURINI L., RAMOS G., 1996. Productividad de *Populus deltoides* en el Delta del Paraná. 20° Sesión de la Comisión Internacional del Alamo. Proceedings. Vol. II. Budapest. Hungría.
- CASAUBÓN E., GURINI L., CUETO G., 1997. Diferente respuesta del *Populus deltoides cv Catfish 2* en un terreno endicado del Delta del Paraná. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Posadas. Misiones.
- CASAUBÓN E., 1999. Informe Final Plan de Trabajo N° 554014. «Productividad Forestal de Salicáceas en el Delta del Paraná». E.E.A. Delta. INTA.
- CASAUBÓN E., FRACASSI N., 1999. Comportamiento de clones de *Populus deltoides* frente al ataque del Taladro de los Forestales en el Delta del Río Paraná. Libro de resúmenes. XIX Reunión Argentina de Ecología. Tucumán. pp. 191.
- CASAUBÓN E., GURINI L., CUETO G., 2001. Diferente calidad de estación en una plantación de *Populus deltoides cv Catfish 2* del Bajo Delta bonaerense del Río Paraná (Argentina). Invest Agr: Sist Recur For. Vol. 10 (2).
- CASAUBÓN E., CUETO G., HODARA K., GONZÁLEZ A., 2002a. Interacciones entre sitio, plaga y una enfermedad del fuste en una plantación de *Populus deltoides cv Catfish 2* en el bajo Delta del Río Paraná (Argentina). Invest Agr: Sist Recur For. Vol. 11 (1).
- CASAUBÓN E., GURINI L., CUETO G., GÓMEZ L., ZANELLI M., BERRONDO G., GONZÁLEZ A., 2002b. Caracterización de sitios forestales en *Populus deltoides cv «Onda» (ex I-72/51)* del Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná. CD de las XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia. Argentina.
- CLUTTER J., FORTSON J., PIENAAR L., BRISTEN G., BAILEY R., 1983. Timber management: a quantitative approach. Ed. J. Willey & Sons. pp. 331.
- DE FINA A.L., RAVELO A.C., 1979. Climatología y Fenología Agrícolas. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 3° Edición. 351 pp.
- ENTE NAZIONALE PER LA CELLULOSA E PER LA CARTA, 1987. Pioppicoltura. Roma.
- ENTE NAZIONALE PER LA CELLULOSA E PER LA CARTA, 1994. Pioppi. Roma.
- FAO, 1980. Los Alamos y los Sauces en la producción de madera y la utilización de tierras. Roma.
- GARAU A., FILIPPINI DE DELFINO S., BERRONDO G., 1997. Influencia de factores climáticos en las fechas de inicio de floración y brotación de clones de álamos en el Delta del Paraná. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión Bosques Cultivados. Posadas. Misiones. Argentina.
- GILMORE, GEYER, BOGGERS, 1968. Microsite and height growth of yellow poplar. Forest Sciences 4, 420-427.

- GIMÉNEZ R., ETIENNOT A., 2002. Control químico de *Platypus sulcatus* Chapuis (Coleoptera: Platypodidae) en chopos. Invest Agr: Sist Recur For. Vol. 11 (1).
- GÓMEZ L., 1999. Plan de trabajo N° 554.014. Productividad forestal de Salicáceas en el Delta del Paraná. Estación Experimental Agropecuaria Delta. INTA.
- HODGKINS E.J., 1960. Estimating site index for longleaf pine through quantitative evaluation of associated vegetation. Proc Soc Am For 1960, 28-32.
- INTA, 1996. Tablas orientativas para evaluar las propiedades físico-químicas de los suelos. Instituto de Suelos AICET.
- JOBLING J., 1990. Poplars for wood production and amenity. Forest Commission Bulletin 92. Londres. 84 pp.
- 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.
- LATINOCONSULT, 1972. Estudio integral para el desarrollo del Delta del Paraná bonaerense. Diagnóstico. Tomo 2.
- LÖEWE V., TORAL M., FERNÁNDEZ M., PINEDA G., LÓPEZ C., 1996. Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación Silvícola Nacional. Monografía de álamo. *Populus* spp. INFOR. Santiago. Chile.
- MALVÁREZ 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.
- MINETTI J., 1994. Informe de pasantía. Relación cultivar-calidad de sitio en la producción forestal del Delta del Paraná. Consejero Edgardo A. Casaubón. 15 pp.
- PETRAY E., 1997a. Evolución de las forestaciones realizadas con Salicáceas (*Populus* y *Salix*) en la Provincia de Entre Ríos en el contexto del régimen de promoción de plantaciones forestales (RRPF). Informe interno.
- PETRAY E., 1997b. 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. Informe interno.
- PETRAY E., 2000. Las actividades relativas al cultivo y la utilización del álamo y del sauce. Período 1996-1999. Comisión Nacional del Álamo de Argentina. Informe Nacional.
- SANTORO F.H., 1965. Tres ensayos de lucha química preventiva contra *Platypus sulcatus* Chapuis (Coleoptera-Platypodidae). IDIA. Suplemento N° 16, 49-64.
- SAGPYA, 1999. Argentina. Oportunidades de Inversión en Bosques Cultivados. 208 pp. ISBN: 987-9184-12-2.
- SPAGARINO C., CUETO G., CASAUBÓN E., 2002. Preferencia de *Platypus mutatus* por los mayores diámetros en un ensayo comparativo de rendimiento de 30 clones de *Populus deltoides* en el Bajo Delta del Paraná. Poster. Fiesta del día del Isleño. Escuela N° 26 del Río Carabelas.
- SUÁREZ R., 1980. Consideraciones para asegurar una buena implantación y crecimiento final en *Populus* sp. IV Congreso Forestal Argentino.
- SUÁREZ R., 1993. Congreso Argentino y Latinoamericano. Paraná. Entre Ríos. Relatorios y trabajos voluntarios publicados. Comisión VI. Bosques cultivados.
- TROWER 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° 109.
- VITA A., 1977. El cultivo de los álamos. Manual N° 4. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 23 pp.
- ZAR J.H., 1996. Biostatistical Analysis. Princenton-Hall, Inc. New Jersey.