

Populus deltoides 'Stoneville 66'. Evolución de la ocupación del sitio a diferentes densidades de plantación, hasta los 7 años de edad

MARQUINA J.¹

¹529 n°788, Tolosa, La Plata, Buenos Aires, CP 1900

Profesor adjunto de Silvicultura y Mejoramiento Genético Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata
jmarqui@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN

En provincia de Buenos Aires se cuenta con información sobre la evolución del diámetro a la altura del pecho (*DAP*) medio a lo largo de turnos generales de 13 a 15 años, para clones de **Populus** creciendo con distintas densidades de plantas. Para su eficaz aprovechamiento, esta información debe ser acompañada por expresiones que ponderen la intensidad de ocupación del sitio, y las correspondientes distribuciones de tamaños de los ejemplares que componen el vuelo.

El objetivo del trabajo fue caracterizar la evolución de la densidad de área basal y estructura, en rodales de *P.deltoides* 'Stoneville 66' creciendo en distintas situaciones de densidad de plantas.

Se trabajó a partir de un ensayo de marcos de plantación para ejemplares de **P.d. 'Stoneville 66'**, sito en Alberti (Buenos Aires), de 8 años de edad. Los marcos experimentados son: 3,5mx3,5m; 3,5mx2m; 3,5mx2,8m; 3,5mx2,5m y 2,5mx2,5m, con 3 parcelas de 100 plantas por tratamiento.

A partir del año 1 se efectuaron mediciones anuales de perímetros a 1,30 m; se calcularon **DAP** y áreas basales por ejemplar, densidad de área basal por tratamiento, e incrementos medios y corrientes en densidad de área basal. Se ajustaron anualmente funciones de distribución (Normal y Weibull de 2 parámetros) para representar las estructuras correspondientes a los tratamientos; se modelizó (modelos lineal y curva S) la evolución anual de los parámetros correspondientes (media y desvío estándar, forma y escala) por tratamiento.

Los incrementos corrientes en densidad de área basal para 4 de los 5 tratamientos presentaron su valor máximo a los 5 años de edad; el tratamiento 2 x3,5m lo hizo a los 6 años. Las curvas de incrementos medios anuales en densidad de área basal, mantienen a los 7 años la tendencia ascendente para los 5 tratamientos. A los 7 años, sólo se produjo el cruce de curvas de incremento medio anual de área basal e incremento corriente (anual) para el tratamiento de mayor densidad de plantas.

La estructura de **P.d. 'Stoneville 66'**, creciendo a partir de distintos marcos de plantación, pudo ser eficientemente caracterizada por medio de las funciones de densidad de probabilidades Normal y Weibull de 2 parámetros en el período estudiado.

La ecuación de la recta y el modelo Curva S, expresan eficientemente la evolución con la edad de los parámetros de la función Normal, para las distintas situaciones de marcos de plantación. Lo mismo resulta para el parámetro de escala de la función Weibull

PALABRAS CLAVE: *Populus deltoides*, Stoneville 66, estructura, densidad de área basal, marcos de plantación

1. INTRODUCCIÓN

La amplia difusión mundial del álamo (*Populus*) puede ser explicada por su facilidad de cultivo y rápido crecimiento, que permiten obtener grandes volúmenes de madera por hectárea en plazos cortos de tiempo (Álvarez Moreno, 2009). En **Argentina** ocupa el tercer lugar en el listado de los géneros forestales más utilizados (por superficie plantada) junto con los sauces (*Salix*), detrás de pinos (*Pinus*) y eucaliptus (*Eucalyptus*). (Dirección de Forestación - SAGPyA, 2001 a).

Los principales centros productores del país se ubican en la **llanura bonaerense**, Delta de los ríos Paraná y Uruguay, y sectores bajo riego de zonas áridas (Mendoza, Alto Valle del Río Negro, La Pampa, Santiago del Estero (Comisión Nacional del Álamo, 2010). La llanura bonaerense particularmente, contiene el 23% (18.844 ha) de la superficie total ocupada por álamos en el país; dentro de la superficie forestada en Provincia de Buenos Aires, los álamos cubren el 20,5%. (Dirección de Forestación - SAGPyA, 2001 b); en la región, uno de los clones más usados por sus buenos antecedentes es *P. deltoides* '**Stoneville 66**' (Achinelli, 2006)

Las densidades de plantación (nº de plantas/ha) más usadas en la llanura bonaerense van de 625 plantas/ha a 1143 plantas/ha, correspondiendo a marcos de plantación de 2,5mx3,5m, 2,8mx3,5m, 3mx3m, y 4mx4m (Achinelli, 2006). Los mismos han sido elegidos inicialmente sin haber sido puestos a prueba por actividades de investigación. Influyen en el crecimiento acumulado del conjunto de árboles que conforman el rodal, y diferencialmente en cada ejemplar.

El objetivo del trabajo fue caracterizar la evolución de la densidad de área basal y estructura, en rodales de *P. deltoides* '**Stoneville 66**' creciendo en distintas situaciones de densidad de plantas

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con material de un ensayo de marcos de plantación para ejemplares de *P. deltoides* '**Stoneville 66**', sito en el Partido de Alberti, Provincia de Buenos Aires, implantado en 2002.

Cuadro 1 - Marcos de plantación ensayados, y sus correspondencias en densidad de plantas, y área a disposición de cada ejemplar

Marco de plantación (m x m)	Densidad de plantas (nº plantas/hectárea)	Área a disposición de cada planta (m ²)
2,5x2,5	1600	6,25
2x3,5	1429	6,99
2,5x3,5	1143	8,75
2,8x3,5	1020	9,8
3,5x3,5	816	12,25

A cada tratamiento corresponden tres parcelas de 100 plantas cada una (10 filas de 10 plantas).

Anualmente (hasta 2009) se han registrado perímetros a 1,30 m (con cinta). Se calcularon año a año áreas basales por ejemplar, y densidad de área basal por tratamiento. Se graficó la evolución anual de densidad de área basal por tratamiento y sus correspondientes incrementos anuales medios y corrientes (anuales)

Se ajustaron funciones de distribución (Normal y Weibull de 2 parámetros) por edad (4 a 7 años) y marco de plantación, con el objeto de representar año a año las estructuras correspondientes; se realizó un primer análisis del comportamiento de las funciones ajustadas con prueba de Chi Cuadrado, utilizando 6 clases diamétricas de igual nº de ejemplares esperados por distribución. Los parámetros de la distribución Weibull se calcularon resolviendo el logaritmo natural de la Función de Máxima Verosimilitud, según metodología presentada por Maltamo et al. (1995) y Scolforo (1995).

Se ajustaron modelos (lineal y Curva S) que vincularan la relación edad-parámetro (edad-

media y edad-desvío estándar para el modelo Normal, edad-forma y edad-escala para el modelo Weibull), para cada función de distribución y marco de plantación. Se analizaron los correspondientes valores de R^2 .

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

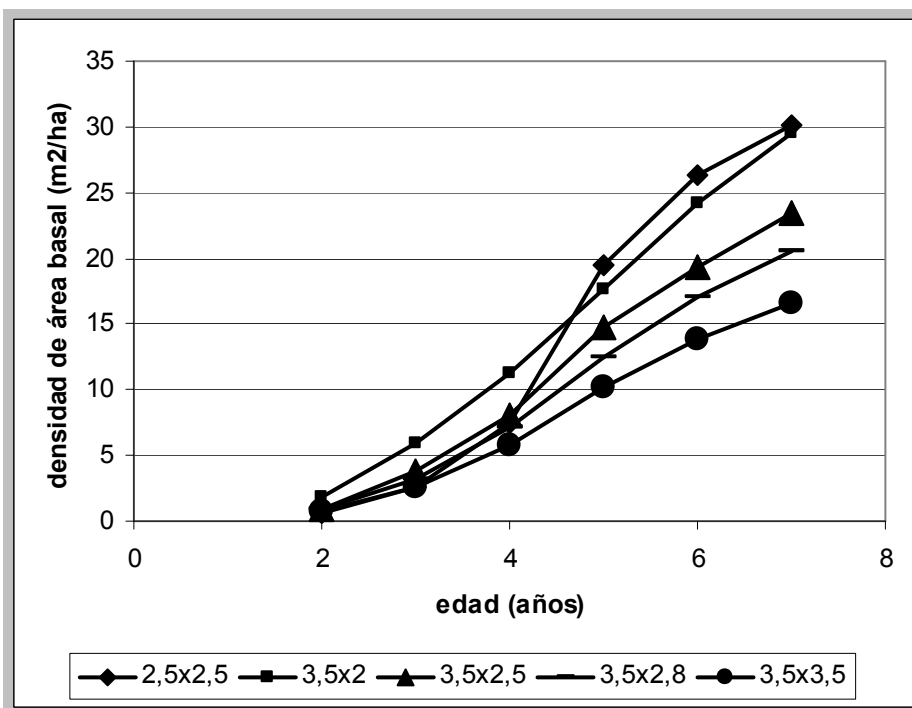


Gráfico 1 – Evolución de la densidad de área basal con la edad según marcos de plantación

El **Gráfico 1** está generado a partir de valores medios anuales de **DAP** por marco de plantación; cuando se disponga de mayor número de mediciones (anuales), se podrán utilizar valores de **DAP** generados por modelos de evolución anual de los mismos (por ejemplo modelo Curva-S, validado por Marquina (2009) para el género *Populus*) lo que contribuirá a disminuir el efecto de fluctuaciones anuales significativas de variables climáticas (principalmente temperaturas y precipitación).

La competencia entre ejemplares no resulta marcadamente diferente entre tratamientos (en vista de los **DAP** medios observados) hasta los 7 años. Las diferencias en valores de densidad de área basal, se deben básicamente a la diferente densidad de plantas de los tratamientos. Esto concuerda con lo reportado por Marquina (2010) para el clon Conti 12, en un ensayo de similares características. En próximas mediciones y por intensificación de la competencia, el ensayo deberá producir nuevas y variadas salidas que aportarán más significativamente a la toma de decisiones del silvicultor-productor

La densidad de área basal está linealmente asociada con el volumen total por unidad de superficie, constituyendo por lo tanto un buen indicador de la producción. Analizada en forma conjunta con la estructura, caracteriza satisfactoriamente las existencias de madera. Asociada a la edad posee un buen comportamiento como indicador de la ocupación del sitio.

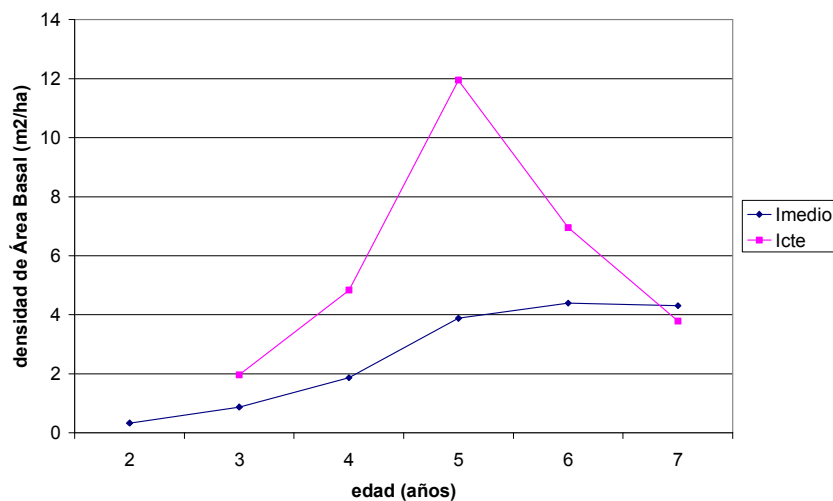


Gráfico 2 - Incrementos corriente y medio anual de densidad de área basal, para el marco de plantación 2,5x2,5m

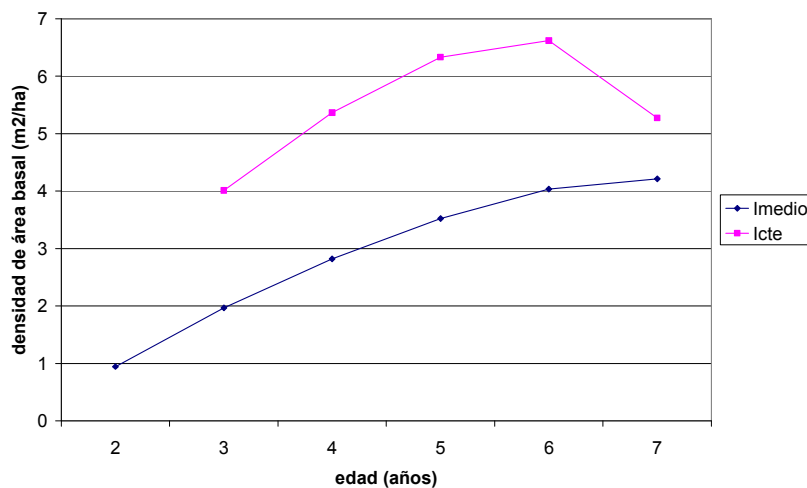


Gráfico 3 - Incrementos corriente y medio anual de densidad de área basal, para el marco de plantación 2x3,5m

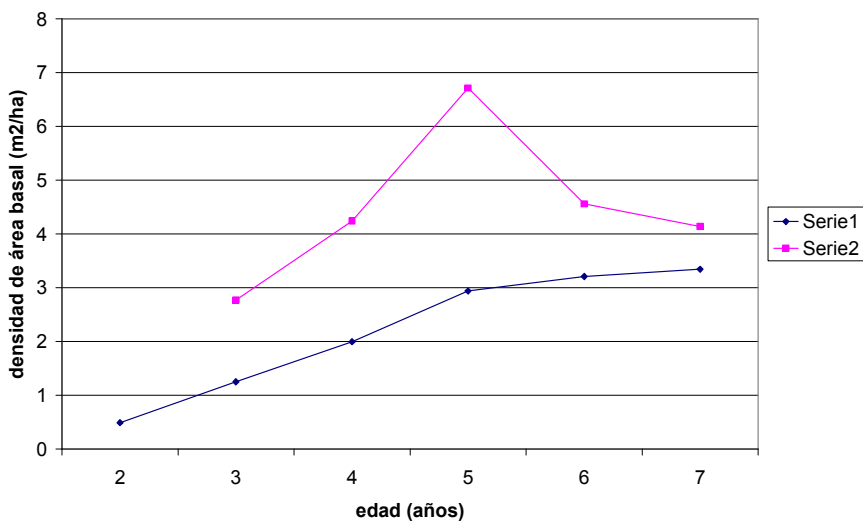


Gráfico 4 - Incrementos corriente y medio anual de densidad de área basal, para el marco de plantación 2,5x3,5m

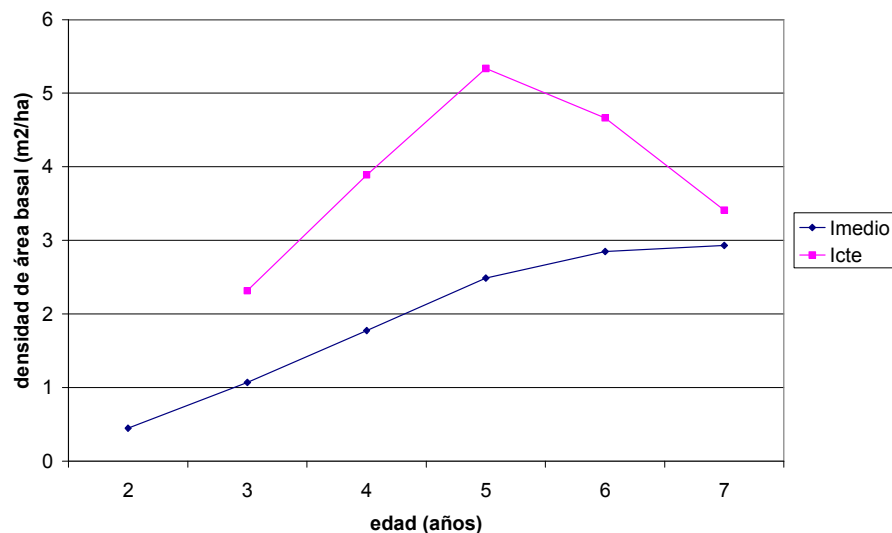


Gráfico 5 - Incrementos corriente y medio anual de densidad de área basal, para el marco de plantación 2,8x3,5m

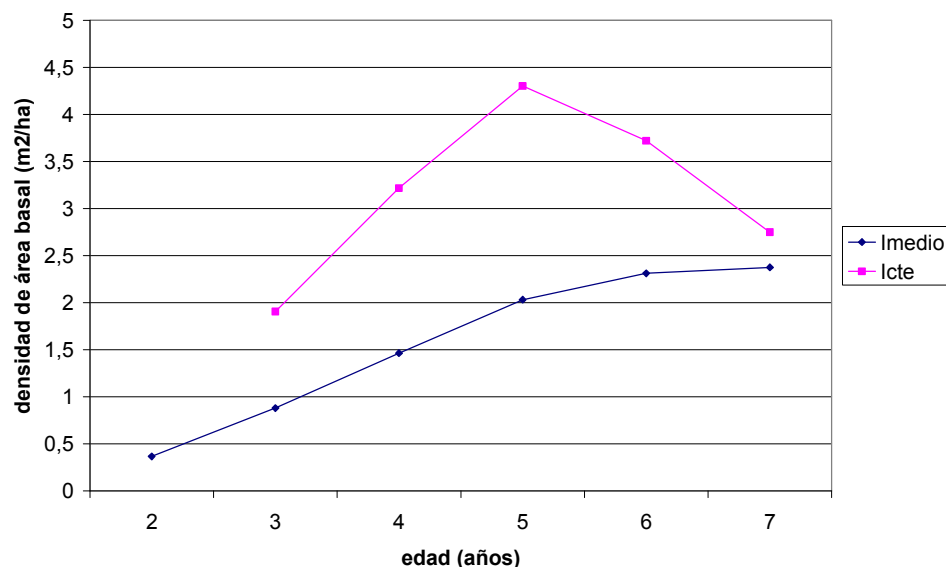


Gráfico 6 - Incrementos corriente y medio anual de densidad de área basal, para el marco de plantación 3,5x3,5m

Los **Gráficos 2 a 6** están generados a partir de valores medios anuales de **DAP** por marco de plantación; vale aquí también lo expresado para el **Gráfico 1**, en cuanto al uso aconsejado a futuro de valores generados por modelos de evolución anual de los **DAP**.

Los incrementos corrientes en densidad de área basal presentaron su valor máximo a los 5 años de edad, a excepción del tratamiento correspondiente a un marco de plantación de 2x3,5m que lo hizo a los 6 años de edad. (**Gráficos 2 a 6**); las diferentes densidades de plantas influenciaron de modo casi nulo en esta edad de culminación. Los valores en esa instancia se ubicaron entre los 5 y 12 m³/ha/año, resultando inferiores a los reportados por Marquina (2010) para 'Conti 12' en circunstancias similares.

Hasta los 7 años de edad, para los 5 tratamientos, los incrementos medios anuales en densidad de área basal, mantuvieron una tendencia ascendente (**Gráficos 2 a 6**)

Hasta los 7 años, para todos los tratamientos, el incremento corriente (anual) de densidad de área basal siempre superó al incremento anual medio, a excepción del tratamiento con mayor densidad de plantas. (**Gráficos 2 a 6**)

Cuadro 2 – Parámetros calculados para las funciones de distribución, según edad y marco de plantación

Marco de plantación (m x m)	Edad (años)	Función de distribución Normal		Función de distribución Weibull	
		Media	Desvío estándar	Forma	Escala
2,5x2,5	4	0,08	0,0171	5,2890	0,08380
	5	0,12	0,0148	9,8377	0,13054
	6	0,14	0,0185	8,7251	0,15286
	7	0,15	0,0212	8,3169	0,16385
2x3,5	4	0,10	0,0133	8,5390	0,105912
	5	0,13	0,0271	5,0303	0,13607
	6	0,15	0,0245	7,2833	0,15695
	7	0,16	0,0347	5,0075	0,17609
2,5x3,5	4	0,09	0,0162	6,6485	0,10101
	5	0,13	0,0238	6,029	0,13781
	6	0,15	0,0290	5,9978	0,15805
	7	0,16	0,0303	6,3888	0,17357
2,8x3,5	4	0,11	0,0169	7,6846	0,11825
	5	0,11	0,0297	4,1559	0,12386
	6	0,14	0,0426	3,4896	0,15311
	7	0,15	0,0379	4,2486	0,15993
3,5x3,5	4	0,11	0,0157	7,9937	0,114811
	5	0,14	0,0238	6,7814	0,14619
	6	0,16	0,0268	6,919	0,16668
	7	0,17	0,0298	7,14243	0,18152

Las funciones ajustadas fueron utilizadas entre otras por Arce *et al.* (1999) para un conjunto de 6 clones de *Populus* (se practicaron ajustes por edad, sin discriminar clones, y un único marco de plantación no precisado en la publicación); los parámetros estimados son similares a los correspondientes al marco de plantación 3,5x3,5m. El ensayo presentado por Arce *et al.* culminó a los 9 años (edad inferior a los turnos comerciales habituales) mientras que el que se presenta, puede seguir aportando información (se prevé mantener en pie hasta los 13 años. Los parámetros presentados en el **Cuadro 2** pueden quedar asentados como de referencia para otros trabajos.

Según el test de Chi cuadrado, los 40 valores calculados (combinación de los 5 marcos de plantación a las edades de 4, 5, 6, y 7 años, para los dos modelos de distribución) resultaron inferiores a los correspondientes de Tabla al 5% para 5 grados de libertad (no se presentan por razones de espacio). En consecuencia, no encuentran objeciones para utilizar cualquiera de ambos modelos para representar las estructura diamétricas de las parcelas a las distintas edades presentadas.

Cuadro 3 – Valores de R^2 para las funciones vinculantes de edad con los parámetros de las funciones de distribución

Modelo	Marco de plantación (m x m)	R-Cuadrado (%)	R-Cuadrado (%)	R-Cuadrado (%)	R-Cuadrado (%)
		Función Normal Parámetro Media	Función Normal Parámetro desvío estándar	Parámetro de forma	Parámetro de escala
Curva-S	2,5x2,5	96,1	41	49,5	95,5
	2x3,5	98,7	84,2	39,1	99,9
	2,5x3,5	96,4	96,5	22,8	98,6
	2,8x3,5	80,4	88,1	69,5	88,4
	3,5x3,5	98,8	96,1	46,6	99,5
Lineal	2,5x2,5	92	59,5	28	91,3
	2x3,5	95,2	80,5	38	98,8
	2,5x3,5	92	91,9	11,34	96
	2,8x3,5	88,2	75,7	56,17	91,2
	3,5x3,5	95,2	92,93	32,9	97,2

Los modelos S-Curve y Lineal expresaron satisfactoriamente la evolución del parámetro media de las funciones de distribución Normal a lo largo de las edades en estudio. El parámetro desvío estándar fue estimado de modo satisfactorio en general, y de modo poco aceptable para el tratamiento de mayor densidad de plantas. **(Cuadro 3)**.

Los modelos S-Curve y Lineal expresaron satisfactoriamente la evolución de los parámetros de escala de la distribución Weibull a lo largo de las edades en estudio. Ninguno de los dos modelos pudo expresar adecuadamente la evolución de los parámetros de forma **(Cuadro 3)**. Arce *et. al* (1999) trabajando con una mezcla de 6 clones y para edades de 1 a 9 años, proponen ajustar los parámetros en función del diámetro cuadrático medio y no de la edad. Es considerable pensar que esta alternativa puede ser intentada.

4. CONCLUSIONES

En parcelas de *Populus deltoides* 'Stoneville 66' de 7 años de edad y marcos de plantación de 3,5mx3,5m; 3,5mx2m; 3,5mx2,8m; 3,5mx2,5m y 2,5mx2,5m, las diferencias encontradas en valores de densidad de área basal se deben principalmente a la densidad de plantas y no al tamaño de las mismas

Las funciones de distribución Weibull de 2 parámetros y Normal describen eficientemente las estructuras del clon a distintas edades y marcos de plantación

La ecuación de la recta y el modelo Curva S, expresan eficientemente la evolución con la edad de los parámetros de la función Normal, para las distintas situaciones de marcos de plantación. Lo mismo resulta para el parámetro de escala de la función Weibull

5. LITERATURA CITADA

- Achinelli Fabio. 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2006 . Buenos Aires. Argentina. 21-36
- Álvarez Moreno C. 2009. Mercados para la madera de álamo de calidad y clones para ese destino. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2009 . Mendoza. Argentina. pp 1-14
- Arce J, R Bratovich, J Marquina, R Marlats (1999). Modelos dinámicos de distribuciones diamétricas en *Populus deltoides* Marsh. Capítulo del libro Statistics and environment. Editado por D. Almorza, R. Boggio, J. Cortés. Publicado por The Gibraltar Ornithological & Natural History Society
- Comisión del álamo de Argentina. 2010. República Argentina Informe Nacional. 28 de setiembre de 2010 en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/salicaceas/comi.htm> pp 1-10
- Dirección de Forestación – SAGPyA. 2001a. Inventario de Plantaciones Forestales y Establecimiento de un Banco de Datos. Informe Final. Volumen I. Buenos Aires. Argentina.
- Dirección de Forestación – SAGPyA. 2001b. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales-Proyecto Forestal de Desarrollo SAGPyA- Dirección de Forestación. Buenos Aires. Argentina
- Maltamo M., Puumalainen J. y Päivinen R., 1995. Comparison of Beta and Weibull Functions for Modelling Basal Area Diameter Distribution in Stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. Scand. J. For. Res. 10: 284-295.
- Marquina J. L.; Marlats R.; Ciocchini G. 2009. Crecimiento de *Populus deltoides* 'Catfish 2' en cuatro distintas densidades. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2009. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. pp 1-14
- Marquina J.L.. 2010. *Populus x canadensis* 'Conti 12'. EVOLUCIÓN DE LA OCUPACIÓN DEL

SITIO, SEGÚN 5 MARCOS DE PLANTACIÓN, HASTA LOS 7 AÑOS DE EDAD. Actas de las XIV Jornadas Forestales de Entre Ríos. INTA Concordia. Entre Ríos

Scolforo J.R., 1995. Mensuração Florestal 6: Crescimento Florestal 2. ESAL/FAEPE, Lavras (MG). 243 p.