

Tabla de volumen de doble entrada para álamos de la zona de riego de Santiago del Estero, Argentina

Two entry volume table for poplar in the irrigation area of Santiago del Estero, Argentina

M. G. Pece¹; C. Gaillard de Benítez¹; M. J. de Galíndez¹; N. A. Ríos¹

Recibido en octubre de 2000; aceptado en junio del 2002

RESUMEN

Como consecuencia de un programa nacional de incentivo a la forestación, se realizaron plantaciones en la zona de riego de Santiago del Estero con diversas especies, entre las que se incluyen diferentes clones de álamos. Ante la necesidad de una evaluación cuantitativa del volumen de dichas plantaciones, se determinó una función que relaciona el volumen de los árboles con el diámetro a 1,30 m y con la altura total. A partir de 212 individuos se probaron tres modelos: el primero fue el resultante de la selección de variables independientes (diámetro y altura y sus transformaciones y combinaciones) utilizando el índice C_p de Mallows, el segundo fue el de Schumacher y el tercero el de variable combinada de coeficiente mórfico variable. El modelo de Schumacher con ponderaciones resultó elegido por presentar mayor R_a^2 y menores residuos. La media aritmética de los residuos de la regresión en valor absoluto fue de 0,0045 m³ mientras que la media de los residuos porcentuales llegó al 0,2982 %. La validación se realizó con el empleo de 50 árboles adicionales y resultó satisfactoria.

Palabras Clave: álamo, tablas de volumen, Argentina, Santiago del Estero, zona de riego.

ABSTRACT

As a result of a national afforestation incentive program, plantations of various species, including poplar clones, were established in the irrigation area of the province of Santiago del Estero, Argentina. Because a quantitative assessment of the volume of these plantations was needed, a function relating individual volume of the trees with diameter at breast height and total height was determined. Based on 212 individual trees, three models were tested: the first one was the result of the selection of independent variables (diameter and height as well as their transformations and combinations) with de Mallows C_p index; the second one was Schumacher and Hall's model, and the third one was a combined variable model with variable form factor. Schumacher's weighted model was selected because it exhibited the highest R_a^2 value and lower residuals. The arithmetic mean of the absolute value of the regression residuals was 0,0045 m³ while the mean of the relative residuals turned out to be 0,2982 %. The validation, carried out with 50 additional trees, was deemed satisfactory.

Key words: Poplar, volume tables, Argentina, Santiago del Estero, irrigation area.

1. INTRODUCCIÓN

La zona de riego de la provincia de Santiago del Estero, está dedicada a la producción de frutas cítricas y hortalizas. La instalación de complejos industriales que transforman la materia prima, tal como una envasadora de tomates, hizo que la demanda de tomates sea cada vez mayor y por ende también la de cajones, esqueletos o jaulas para su comercialización. Al existir déficit de madera local, y considerando esta demanda cada vez más creciente, de madera de álamo en esta zona, se

¹ Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina.
E-mail: mpece@unse.edu.ar

iniciaron en 1966 ensayos experimentales en la Estación Forestal Fernández, Provincia de Santiago del Estero.

Con los diversos planes de incentivos a las forestaciones que el Estado Nacional ha otorgado en forma casi permanente, desde mediados de la década de 1980 se realizaron plantaciones en la zona de riego de Santiago del Estero, las que poseen poca extensión. Se emplearon en las mismas *Populus deltoides* cv 63 y *Populus x euroamericana* cv 214 y cv Guardi.

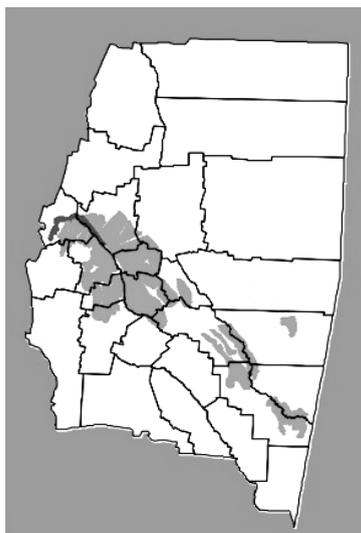
En la República Argentina hay tablas de volumen para álamos del Delta bonaerense. Denegri y Marlats (1991) probaron 4 modelos de tipo polinomial tomando como variables independientes a d , d^2 , h , $d h$ y $d^2 h$ y $\ln(d)$ en árboles de 6 cultivares de *Populus deltoides* plantados en 5 espaciamientos y realizaron el ajuste en dos tramos correspondientes a diámetros inferiores a 14 cm y superiores a dicho valor respectivamente. Para la misma zona, Suárez y García Volonté (1993) presentaron tablas de volúmenes comercial y total elaboradas en base a una muestra aleatoria de árboles de los cultivares I-63/5 e I-72 de *Populus deltoides*. Estos autores también trabajaron con modelos polinomiales y utilizaron como variables explicativas a d , d^2 , h , $d h$, $d^2 h$, $\ln(d)$, h^2 , $d h^2$.

Dada la importancia de conocer el crecimiento en volumen de las plantaciones existentes en la zona de riego del Río Dulce y la falta de tablas de volumen para álamo en la región, es que se realizó el presente trabajo que tiene por objeto encontrar un modelo adecuado que relacione el volumen (v) de los árboles individuales con sus dimensiones: d (diámetro a 1,30 m de altura) y h (altura total).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos provenientes de siete plantaciones ubicadas en la zona de riego del Río Dulce (Figura 1), tres en el Dpto. Capital, tres en el Dpto. Robles y una en el Dpto. Silípica. Las plantaciones se encuentran en una superficie enmarcada por los paralelos de $27^{\circ} 37'$ y $28^{\circ} 26'$ de latitud Sur y los meridianos $63^{\circ} 34'$ y $64^{\circ} 43'$ de longitud Oeste.

Figura 1. Mapa de Santiago del Estero. Ubicación de la zona de riego.



Las características de las plantaciones que se estudiaron figuran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de siete plantaciones de álamos ubicadas en el área de riego de Santiago del Estero.

Ubicación (Departamento)	Año de plantación	Superficie (has)	Álamos utilizados en la plantación	Espaciamiento
Capital	1987	10	<i>P. euroamericana</i> cv 214	5 x 2,5 m
Capital	1995	3	<i>P. deltooides</i> cv 63 y <i>P. euroamericana</i> cv Guardi	6 x 2 m
Capital	1987	18	<i>P. euroamericana</i> cv 214	3 x 4 m
Silfípica	1990	21	<i>P. euroamericana</i> cv Guardi	6 x 2 m
Robles	1987	22	<i>P. deltooides</i> cv 63 y cv 51 <i>P. euroamericana</i> cv Guardi	3 x 3 m
Robles	1988	18	<i>P. deltooides</i> cv 63 y <i>P. euroamericana</i> cv 214 y cv Guardi	3 x 4 m
Robles	1988	40	<i>P. deltooides</i> cv 63 y <i>P. euroamericana</i> cv 214	3 x 4 m

Aunque hay registros de especie y cultivar de las plantaciones iniciales, en las reposiciones de pérdidas se utilizaron barbados cuya identidad sistemática no es conocida, lo que impide la construcción de tablas de volumen para cada identidad por separado.

Esta zona, al igual que el resto de la provincia, posee clima de tipo subtropical continental con veranos muy calientes e inviernos fríos, con períodos de lluvia y de sequía bien delimitados (Boletta et al, 1989). Presenta temperaturas máximas absolutas que superan los 45°C y temperaturas mínimas absolutas por debajo de 0°C. Una característica importante es el rápido ascenso de la temperatura durante la primavera (Ledesma y Medina, 1969) “que al combinarse con el marcado déficit de saturación del aire, configura una situación indeseable para la economía del agua del suelo”. La región está comprendida entre las isoterms de 20°C y 21°C de temperatura media anual y entre las isohietas de 500 y 750 mm/año. El déficit hídrico es de 200 a 600 mm/año. El suelo es de textura franca con predominio de limo y arena con un contenido levemente salino (Ewens et al., 1988). Según Thornthwaite, la zona de riego de Santiago del Estero pertenece al tipo de clima DB₄ d a', semiárido de nulo o pequeño exceso de agua, mesotermal (Boletta et al, 1989).

Los suelos son de escaso desarrollo, con un perfil A-AC-C clasificados como regosol (FAO-UNESCO) o entisol (Soil Taxonomy). El suelo se caracteriza por tener buenas condiciones de aireación y penetrabilidad de la raíces y una regular capacidad de retención de agua (Lorenz, 1995).

Se seleccionaron al azar de las siete plantaciones, 212 árboles, abarcando todo el rango de diámetros y de alturas. La clasificación bivariada de los mismos se aprecia en Tabla 2.

Para evitar el apeo de árboles, se decidió utilizar el método de Pressler en la determinación del volumen (Van Houtte, 1964). Éste método calcula el volumen de un árbol por la siguiente fórmula:

$$v = (2/3) g pr$$

donde:

v = volumen,

g = área basal del árbol o sea la sección a 1,30 m del suelo,

pr = es la llamada altura de Pressler adaptada al uso del relascopio de Bitterlich y se calcula como $pr = h_1 + 1,30 + 0,65$; siendo h_1 la altura donde el diámetro del árbol es la mitad del diámetro medido a 1,30 m del suelo.

Tabla 2. Árboles medidos, clasificados según altura y diámetro a 1,30 m de altura (d).

Clases <i>d</i> (cm)	Altura total <i>h</i> (m)										Total
	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
5-7	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	7
7-9	-	11	12	-	-	-	-	-	-	-	23
9-11	-	1	13	5	3	-	-	-	-	-	22
11-13	-	-	3	9	7	1	-	-	-	-	20
13-15	-	-	-	4	13	6	1	-	-	-	24
15-17	-	-	-	6	9	3	4	-	-	-	22
17-19	-	-	-	-	6	11	7	-	-	-	24
19-21	-	-	-	-	1	15	3	2	-	-	21
21-23	-	-	-	-	2	12	1	2	2	-	19
23-25	-	-	-	-	2	1	3	-	-	1	7
25-27	-	-	-	-	-	1	8	3	2	-	14
27-29	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	5
29-31	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4
Total	1	18	28	24	43	50	29	14	4	1	212

La construcción de tablas de volumen, en la actualidad presentadas algunas veces como funciones de volumen por su conveniencia para el procesamiento electrónico (Prodan et al, 1997), se remonta a los comienzos del Siglo XIX. Los modelos probados y utilizados son numerosos y su diversidad y complejidad han aumentado con el avance de la estadística y de la informática. Se los clasifica en lineales y no lineales en sus parámetros. El técnico puede recurrir a modelos fijos (como el clásico de Schumacher y Hall) o, utilizar algún procedimiento estadístico para la selección de las variables independientes como, por ejemplo, los denominados “forward”, “backward” o “stepwise” o los criterios de máximo R^2 o el del índice C_p de Mallows (van Laar y Akça, 1997).

El C_p de Mallows (donde p se refiere al número de parámetros estimados incluida la ordenada al origen) es una función simple de p en el modelo considerado y de la variancia poblacional alrededor de la regresión o cuadrado medio del error del modelo saturado (s^2). Se calcula con la siguiente fórmula (Myers 1986):

$$C_p = p + \frac{(s^2 - \hat{s}^2)(n - p)}{\hat{s}^2}$$

Donde s^2 es la varianza del modelo candidato con un número p de parámetros y \hat{s}^2 se estima con la varianza del modelo (\hat{s}^2) con las n (todas) variables independientes que se estén considerando, ya que no se tiene acceso a la cantidad poblacional s^2 . Si ésta no es una buena estimación, la porción sesgada del estadístico C_p puede ser negativa. Entonces el C_p puede ser menor que p . En el uso de C_p como un criterio para la selección de los modelos se considera como bueno aquel cuyo C_p es igual o muy cercano a p (van Laar, 1991).

Modelos probados:

Modelo 1. Originado por la selección de variables independientes en base al criterio del índice C_p de Mallows con el programa 9R del software estadístico BMDP (Dixon, 1992).

Las variables utilizadas como explicativas son las que se indican:

$$\hat{v} = f(d, h, d^2, h_2, d^2h, \ln(d), \ln(d^2h), \frac{1}{d})$$

Los modelos obtenidos por selección de variables deben ser cuidadosamente examinados porque pueden presentar problemas de cruce de las curvas dentro del rango de d y h de los árboles utilizados para el ajuste: por ejemplo puede ocurrir que la curva del volumen en función del diámetro correspondiente a 10 m de altura sea en algún momento inferior a la de 8 m de altura en el rango mencionado. También estas funciones pueden presentar severa multicolinealidad entre las variables independientes y esto originar una inflación en las variancias de los estimadores de sus parámetros (van Laar y Akça, 1997).

Modelo 2. El de Schumacher y Hall, 1933 citado por Husch (1982):

$$\hat{v} = \hat{b}_0 h^{\hat{b}_1} d^{\hat{b}_2}$$

dónde: $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2$ representan a los parámetros a ser estimados.

El modelo fue propuesto originalmente por sus autores en su forma logarítmica y así fue utilizado en este trabajo en una primera etapa para, mediante el método de mínimos cuadrados lineales (programa 9R), obtener las “semillas” o valores iniciales necesarios para el ajuste al modelo no lineal, el que se realizó con mínimos cuadrados no lineales (programa AR). Este modelo ha sido muy utilizado por su simplicidad y por no presentar los inconvenientes que se mencionaron para el modelo anterior.

Modelo 3. Conocido como de variable combinada, propuesto por Spurr en 1952 según cita de Lötsch et al. (1973):

$$\hat{v} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 d^2 h$$

La inclusión de la ordenada al origen b_0 determina que el coeficiente mórfico varíe con d^2h .

Para poder elegir la ecuación más conveniente entre los tres modelos se consideraron los valores de R^2_a , los errores estándares de regresión (S_{yx}), las medias aritméticas de los residuos en valor absoluto (\bar{e}_a) y la representación gráfica de los volúmenes observados en función de los estimados. También se estudió el comportamiento, en el rango de los árboles muestreados, de la función obtenida con el procedimiento descrito en el modelo 1.

Validación

Para la validación se trabajó con 50 árboles, cubicados con el método de Pressler, que no formaron parte del ajuste y que fueron seleccionados del total de árboles disponibles (262), utilizando una distribución proporcional a la cantidad de árboles por clase diamétrica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo 1

Con el software BMDP se realizó el ajuste, utilizando el criterio del mejor C_p de Mallows. La ecuación que resultó seleccionada C_p de Mallows es la que incluye todas las variables utilizadas como independientes a excepción del $\ln(d)$:

$$\hat{v} = 1,93698 + 0,106597 d + 0,113045 h - 0,00173092 d^2 - 0,00210684 h^2 + 0,000115077 d^2 h - 0,464202 \ln(d^2) - 3,19544/d - 0,00306463 dh \quad (M1)$$

Los indicadores de bondad de ajuste se presentan en la Tabla 3. Si bien la relación entre los volúmenes estimados y observados muestra una tendencia adecuada, al incluir el modelo una gran cantidad de variables fue necesario examinar el comportamiento de las curvas de volumen en función del diámetro para distintos valores de altura. Se observaron algunas características no convenientes: valores negativos de volumen para las primeras clases de diámetro y una altura de 7 m; en dichas clases de diámetro se presentaron mayores volúmenes para alturas de 5 m que para 7 m. Otros cruces de las curvas se presentaron en otros rangos de diámetros y otras alturas. Por estas características se desechó este modelo.

Modelo 2

Se procedió a trabajar con el modelo de Schumacher y Hall en su forma logarítmica, obteniéndose un mayor valor de R^2 ajustado 99.14% pero, para hacerlo comparable, ya que la variable dependiente está transformada, se utilizaron las estimaciones obtenidas como valores iniciales para el modelo no lineal obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\hat{v} = 0,0000438879 d^{2,65424} h^{0,120942} \quad (M2)$$

Al examinar esta función se observó la tendencia a subestimar el volumen en los árboles pequeños y sobrestimar en los de mayores dimensiones. Se decidió probar con la ponderación $1/d^2$ en busca de un ajuste más satisfactorio. La ecuación obtenida fue:

$$\hat{v} = 0,0000521044 d^{2,57624} h^{0,146171} \quad (M2p)$$

Modelo 3

El ajuste a la función de variable combinada proporcionó la siguiente ecuación:

$$\hat{v} = -0,00792675 + 0,0000309698 d^2 h \quad (M3)$$

En la Tabla 3 se presentan los indicadores de bondad de ajuste de las funciones obtenidas.

Tabla 3. Coeficientes de determinación ajustados (R_a^2), errores estándares de regresión (S_{yx}) y errores medios absolutos (\bar{e}_a) para los modelos ajustados.

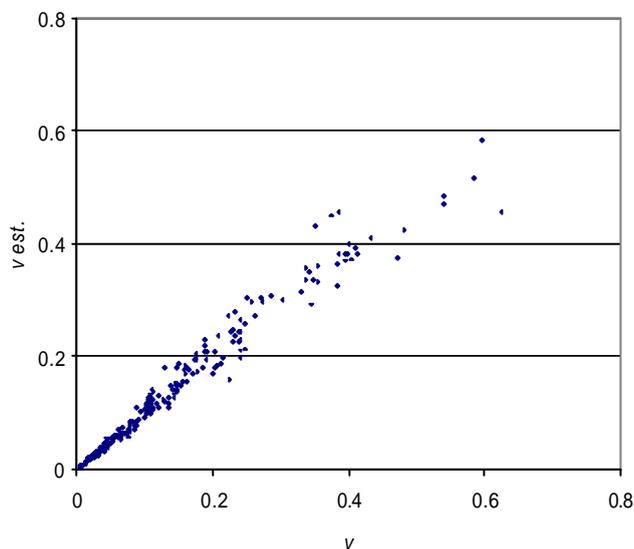
Modelo	R_a^2 (%)	S_{yx} (m ³)	\bar{e}_a (m ³)
Modelo 1 (M1)	98,81	0,0134	0,0096
Modelo 2 (sin ponderar) (M2)	98,80	0,0121	0,0086
Modelo 2 (ponderado) (M2p)	98,82	0,0006	0,0045
Modelo 3 (M3)	97,41	0,0200	0,0148

Sobre la base de estos resultados se decidió adoptar para la construcción de la tabla el modelo de Schumacher y Hall obtenido por mínimos cuadrados no lineales y ponderado por la inversa del cuadrado del diámetro. La media de los errores fue 0,0045 m³ y la de los residuos porcentuales llegó al 0,2982 %.

La comparación de la función seleccionada con las tablas de volumen utilizadas en el Delta bonaerense demostró que éstas dan volúmenes mayores a igualdad de diámetro y altura. En estas condiciones se observó además, por los rangos de aplicación de las tablas del Delta, que los álamos de Santiago del Estero son más bajos.

En la Figura 2 se muestra la relación entre los volúmenes observados y el estimados con la función de Schumacher y Hall ponderada, relación que se manifiesta con una tendencia conveniente.

Figura 2. Relaciones entre los volúmenes observados y los estimados con la función de Schumacher y Hall ponderada.



Validación

En base a 50 árboles, cubicados de la misma forma y que no fueron incluidos en los ajustes se calcularon los siguientes indicadores: desvíos ($des = v - \hat{v}$, donde v representa a los volúmenes observados y \hat{v} a los estimados) des_{abs} a los desvíos en valor absoluto y $des \%$ a los desvíos

expresados como partes porcentuales de los volúmenes observados por clases diamétricas de 2 cm de amplitud y para todas las clases (Tabla 4).

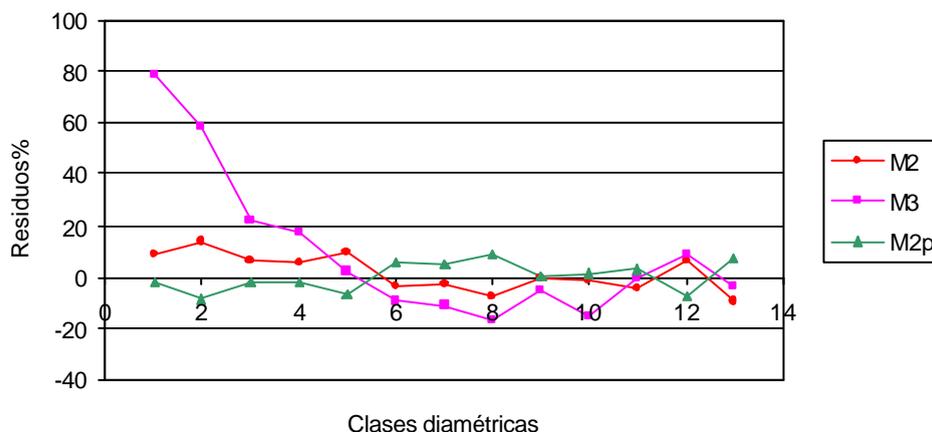
Si se toman en cuenta la secuencia y los valores medios de estos indicadores, nuevamente se confirma la prioridad del modelo de Schumacher y Hall ponderado por presentar una mayor alternancia de signos de los desvíos, menores valores absolutos y porcentuales.

Tabla 4. Validación: media aritmética de los indicadores por clase diamétrica

Clase	d (cm)	v	des			des _{abs}			des %		
			M2	M2p	M3	M2	M2p	M3	M2	M2p	M3
1	5 a 7	0,0091	0,0008	-0,0001	0,0070	0,0008	0,0003	0,0070	9,1551	-2,0008	78,1904
2	7 a 9	0,0159	0,0025	-0,0017	0,0088	0,0027	0,0023	0,0088	13,8913	-8,3016	58,1874
3	9 a 11	0,0268	0,0018	-0,0005	0,0059	0,0018	0,0006	0,0061	6,6772	-1,9191	22,4343
4	11 a 13	0,0472	0,0039	-0,0023	0,0086	0,0071	0,0070	0,0086	5,1708	-1,7172	17,4747
5	13 a 15	0,0689	0,0072	-0,0052	0,0010	0,0072	0,0052	0,0059	9,9994	-7,0272	1,9258
6	15 a 17	0,0929	-0,0009	0,0029	-0,0068	0,0104	0,0100	0,0179	-3,3721	5,6043	-9,1316
7	17 a 19	0,1324	-0,0036	0,0054	-0,0156	0,0076	0,0080	0,0183	-3,0198	4,3738	-11,2876
8	19 a 21	0,1562	-0,0114	0,0129	-0,0255	0,0167	0,0174	0,0255	-7,6807	8,5952	-16,5512
9	21 a 23	0,2206	0,0006	-0,0004	-0,0085	0,0156	0,0158	0,0232	-0,1989	0,3281	-4,9440
10	23 a 25	0,2948	-0,0033	0,0024	-0,0417	0,0107	0,0113	0,0417	-1,3638	1,0499	-14,7550
11	25 a 27	0,3413	0,0015	-0,0052	0,0118	0,0616	0,0599	0,0476	-4,2892	3,1667	-0,3969
12	27 a 29	0,4732	0,0297	-0,0371	0,0418	0,0297	0,0371	0,0418	6,1525	-7,7162	8,8660
13	29 a 31	0,4678	-0,0455	0,0349	-0,0171	0,0455	0,0349	0,0171	-9,7280	7,4710	-3,6513
Todas	5 a 31	0,14566	0,00014	-0,00013	-0,00276	0,01446	0,01419	0,01922	1,66809	0,39610	7,05413

En la Figura 3 se muestran los residuos porcentuales por clase diamétrica obtenidos en la validación de las tres funciones que se comparan. Se observa que la ecuación de Schumacher y Hall obtenida mediante ponderación, presenta una distribución más adecuada.

Figura 3. Validación: errores medios porcentuales por clases diamétricas.



4. CONCLUSIONES

El modelo propuesto por Schumacher y Hall ha resultado ser el más conveniente de los que se probaron en este trabajo. La ponderación por $1/d^2$ le otorgó mayor flexibilidad y permitió un mejor ajuste. La validación con datos independientes a los utilizados en el ajuste dio resultados aceptables. El error medio es de $0,0045 \text{ m}^3$ y el porcentual medio es de 0.2982% .

REFERENCIAS

- Boletta P.; L. Acuña y M. Juárez de Moya. 1989. Análisis de las características climáticas de la provincia de Santiago del Estero y comportamiento durante la sequía de la campaña agrícola 1988-1989. Editado por el Convenio INTA-UNSE. Santiago del Estero. 29 p.
- Denegri G. y R. Marlats. 1991. *Populus deltoide*: modelo matemático aplicado a la construcción de una tabla de volumen. Actas de las VI Jornadas Técnicas. Inventarios / Modelos de producción y crecimiento forestales. 9 al 11 de octubre de 1991. Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. Eldorado, Misiones: 49-56.
- Dixon W. J. ed. 1992. BMDP Statistical Software Manual. Release 7. Vol. 1 y 2. 1353 p.
- Husch B.; C. Miller and T. Beers. 1982. Forest Mensuration. John Wiley & Sons. New York. 402 p.
- Ewens, M.; G. Nassar y J. Minetti. 1988. Comportamiento de los clones de álamo en el área de riego de Santiago del Estero. Actas de VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero. Argentina.
- Ledesma, N. R. y J. C. Medina. 1969. Fenología de la Comunidad Forestal Chaco-Santiagueña, en Actas de: I Congreso Forestal Argentino. Buenos Aires. Argentina.
- Lorenz, G. 1995. Caracterización ecológica de un suelo *Eutric Regosol* bajo bosque en el Chaco semiárido, argentino. Quebracho (3):13-23
- Lötsch, F.; F. Zöhrer and K. Haller. 1973. Forest Inventory. Vol. 2. BLV Verlag. München. 469 p.
- Myers, R. 1986. Classical and modern regressions with applications. Duxbury Press. Boston, Massachusetts. 360 p.
- Prodan M.; R. Peters; F. Cox y P. Real. 1997. Mensura Forestal. IICA/GTZ. San José. Costa Rica. 418 p.
- Suárez E. y R. García Volonté. 1993. Tablas de volumen para álamos del Delta bonaerense. Primer Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión 4: Ciencia y Técnica Aplicadas. Paraná. Entre Ríos: 267-273.
- van Houtte J. 1964. Empleo del relascopio de Bitterlich en la medición forestal. IDIA Suplemento forestal. INTA.
- van Laar, A. 1991. Forest Biometry. University of Stellenbosch. 590 p.
- van Laar, A. and A. Akça. 1997. Forest Mensuration. Curvillier Verlag. Göttingen. 418p.

Anexo

Tabla de Volumen para álamo en m³ según d (cm) y h (m),
aplicando el modelo de Schumacher et Hall ponderado.

<i>d</i> (cm)	<i>h</i> (m)									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
5	0,0035	0,0038								
6	0,0057	0,0061	0,0065							
7	0,0085	0,0092	0,0097	0,0102						
8	0,0121	0,0131	0,0138	0,0144						
9	0,0164	0,0178	0,0188	0,0196						
10	0,0216	0,0234	0,0248	0,0259	0,0268	0,0277	0,0284			
11		0,0301	0,0318	0,0332	0,0344	0,0355	0,0364			
12		0,0378	0,0400	0,0418	0,0433	0,0446	0,0458			
13			0,0493	0,0515	0,0534	0,0550	0,0565	0,0578		
14			0,0599	0,0625	0,0648	0,0668	0,0686	0,0702		
15			0,0717	0,0749	0,0777	0,0800	0,0821	0,0841		
16			0,0850	0,0888	0,0920	0,0948	0,0973	0,0996		
17				0,1040	0,1078	0,1111	0,1140	0,1167		
18				0,1209	0,1252	0,1291	0,1325	0,1356		
19				0,1393	0,1443	0,1487	0,1526	0,1562		
20				0,1593	0,1651	0,1701	0,1746	0,1787	0,1824	
21				0,1810	0,1876	0,1933	0,1984	0,2031	0,2073	
22				0,2045	0,2119	0,2184	0,2242	0,2294	0,2342	0,2386
23				0,2298	0,2381	0,2454	0,2519	0,2577	0,2631	0,2680
24				0,2569	0,2662	0,2743	0,2816	0,2882	0,2941	0,2997
25					0,2963	0,3053	0,3134	0,3207	0,3274	0,3335
26					0,3283	0,3384	0,3473	0,3554	0,3628	0,3696
27					0,3625	0,3736	0,3834	0,3924	0,4005	0,4081
28						0,4109	0,4218	0,4316	0,4406	0,4489
29						0,4505	0,4624	0,4732	0,4830	0,4921
30							0,5054	0,5172	0,5279	0,5379
31							0,5508	0,5636	0,5753	0,5861

Nota: La zona sombreada corresponde al rango de aplicación recomendado.

