

Estudio de comportamiento de la función altura-edad en la evaluación de la calidad del sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

RESUMEN

La función altura dominante-edad es usada comúnmente para definir la calidad de los sitios forestales, aspecto básico de cualquier estudio de producción y crecimiento. No obstante, no existen comprobaciones en América Latina que verifiquen su comportamiento a tal efecto, y en particular en lo que concierne a diferentes densidades de plantación. Esto último, conjuntamente con el grado de asociación entre dicha altura y la producción en volumen, fue evaluado a partir de datos de un ensayo plantado en 1971, en la Provincia de Misiones, Argentina.

Se ajustó el modelo del logaritmo de la altura dominante en función al inverso de la edad (modelo de Schumacher), y posteriormente se efectuó el análisis de covarianza para comparar las ecuaciones obtenidas para 10 tratamientos (densidades iniciales), co-

FRIEDL, Ramón Alejandro (*)
FERNÁNDEZ, Roberto Antonio (**)
CRECHI, Ernesto Héctor (***)

respondiente a datos tomados a los 6, 8, 9, 11 y 19 años de edad. Mediante el análisis de correlación, se evaluó la asociación entre la altura dominante y el volumen total correspondiente a cada parcela.

Se comprobó que las ecuaciones correspondientes a las densidades iniciales estudiadas no diferían estadísticamente, de manera que la densidad inicial no afecta a dichas funciones. En tanto se obtuvo un coeficiente de correlación entre la altura dominante y el volumen total igual a 0,94, el cual resultó estadísticamente significativo.

Esta información permite recomendar a la altura dominante como una variable adecuada para la evaluación de la calidad de sitio.

Palabras Claves: calidad de sitio, altura dominante, *Araucaria angustifolia*, Misiones, Argentina.

(*) Ing. Ftal., M. Sc., Profesor, Facultad de Ciencias Forestales, Bertoni s/n. C.P. 3382, Eldorado, Misiones.

(**) Ing. Agr., M. Sc., Técnico del Dpto. Forestal, E.E.A. INTA. INTA Montecarlo, C. C. 4 C. P. 3384, Montecarlo, Misiones.

(***) Ing. Ftal., Técnico del Dpto. Forestal, E.E.A. INTA Montecarlo, C. C. 4 C. P. 3384, Montecarlo, Misiones.

**STUDY OF DOMINANT HEIGHT/AGE
FUNCTION IN SITE QUALITY
EVALUATION FOR
Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.**

SUMMARY

The dominant height/age function is normally used to define the quality of forest sites, a basic aspect for any study involving production and growth.

Nevertheless there is no proof in Latin America to verify that the function is valid for site evaluation, particularly regarding different plantation densities.

The function behavior regarding different plantation densities, together with the degree of association between dominant height and volume production was evaluated from data of an essay installed in 1971, in the Province of Misiones, Argentina.

The logarithm of dominant height versus the reciprocal of age model (Schumacher's model) was adjusted, and an analysis of covariance was made, to compare the resulting equations of 10 (ten) treatments, corresponding to data obtained at 6, 8, 9, 11 and 19 year of age.

Correlation analysis served to evaluate the association between dominant height and total volume of each plot.

The results indicate that there are not statistical differences between the equations corresponding to initial densities. Therefore the initial densities didn't have affect over those equations.

The correlation coefficient between dominant height and total volume was of 0.94 that is statistically significant.

Those results permit to recommend the use of the variable dominant height in forest site quality evaluation.

Key Words: site quality, dominant height, *Araucaria angustifolia*, Misiones, Argentina.

INTRODUCCION

El crecimiento y la producción de una masa forestal dependen del material genético, la edad, la calidad del sitio o la capacidad productiva innata del área donde crece, de la densidad y de los tratamientos culturales aplicados.

El sitio es un concepto muy usado en la actividad forestal y tiene un sentido dual, al referir por un lado a una determinada localización y por otro al conjunto de factores ambientales asociados a dicho local y que influyen en el crecimiento de los árboles.

La Sociedad de Forestales Americana (Ford-Robertson, 1971), define al sitio como un área en términos de su ambiente, particularmente las que determinan el tipo y la calidad de la vegetación que puede existir en el área.

Coile (1952) define sitio como un área caracterizada por una determinada combinación de factores edáficos, topográficos, climáticos y bióticos; mientras que, por calidad de sitio interpreta la capacidad de producción forestal del área, referida a una o varias especies.

Las determinaciones de la calidad de sitio son realizadas para:

a.- Identificar el potencial productivo de los rodales.

b.- Proveer un marco de referencia para el diagnóstico y la prescripción del manejo de la tierra.

La determinación de la calidad de sitio de los terrenos de una región constituye una cuestión importante en la toma de decisiones referentes a tratamientos silviculturales, inversiones, y en general al manejo forestal.

Según Alder (1980), la construcción de curvas altura/edad para diferentes clases de sitio, es el primer paso en la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento.

La determinación de la calidad de sitio se realiza a través de métodos directos que se aplican en los casos en que existen en el lugar objeto de estudio, plantaciones de la especie en cuestión, o a través de métodos indirectos que se aplican cuando no existen plantaciones de la especie objeto de estudio.

Uno de los procedimientos más usados para la determinación directa de la calidad de sitio, es a través del uso de la relación altura dominante-edad.

El uso de la altura (normalmente la altura dominante), como medida de la calidad de sitio se asocia a las siguientes características:

a.- Se trata de una variable independiente de la densidad.

b.- Se trata de una variable independiente de los raleos.

c.- Se trata de una variable fuertemente correlacionada a la producción total.

d.- Se trata de una variable de relativamente fácil determinación.

La tercera característica constituye el enunciado de la "Ley empírica" de Eichhorn, presentada por dicho autor en Alemania en 1902 y ampliada a otras especies por Gehhardt citado por Pardé y Bouchon (1988).

Basado en estas consideraciones, y a pesar de no disponer de comprobaciones regionales, en numerosos trabajos realizados en América Latina, se ha utilizado la altura dominante como expresión de la calidad de sitio (Quinteros Doldan, 1987; Ares y Marlats, 1988; Pérez y Shaefer, 1988; Scolforo y Machado 1988a y 1988b, Fernández, 1989).

Se ha considerado importante realizar la evaluación del desempeño de dicha variable, antes de comenzar a usarla en la construcción de curvas de índice de sitio para la especie en la Provincia de Misiones.

Hipótesis

Las hipótesis formuladas para la realización del presente trabajo fueron:

a.- La función altura dominante-edad es independiente de la densidad inicial o distancia de plantación.

b.- La altura dominante está fuertemente correlacionada a la producción volumétrica total.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Ensayo

Para la realización del trabajo se emplearon datos levantados en un ensayo de densidades, instalado en el Campo Anexo Cuartel Río Victoria (INTA-Misiones), Departamento Guaraní, Provincia de Misiones, Argentina, sobre la Ruta Nacional Número 14, entre las localidades de Dos de Mayo y San Vicente.

Sus coordenadas geográficas son 26° y 56' de latitud Sur y 54° y 24' de longitud Oeste, siendo la altitud de 534 m. s. n. m.

Suelo

El ensayo se encuentra instalado en un kandiudult (Soil Survey Staff, 1975, 1987), caracterizado por un desarrollo de solum ma-

yor de dos metros, secuencia de horizontes A-Bt-C, rojo a pardo rojizo, libre de cascajos y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado, relativamente insaturado. De acuerdo con el relevamiento edafológico de la Provincia, pertenece a la unidad cartográfica 9 (Mancini et al., 1964).

Clima

Corresponde a la región climática 5 según Golfari (1965). Tal descripción indica clima subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o perhúmedo, con régimen uniforme.

En la Tabla 1, se presentan los promedios correspondientes a 17 años de observaciones realizadas en la Estación Meteorológica del Campo Anexo (Galeano, 1987, comunicación personal).

Tabla 1. Estadísticas climáticas.
Cuartel Río Victoria

Característica	valores
Temperatura máxima absoluta:	37,6° C
Temperatura máxima media:	25,2° C
Temperatura mínima absoluta:	-4,1° C
Temperatura mínima media:	14,8° C
Temperatura media:	20,7° C
Días con heladas agronómicas:	6,5
Humedad relativa ambiente:	72 %
Precipitación media anual:	2122,9 mm
Días de lluvia por año:	105 días
Balance hídrico:	sin deficiencia.

Descripción del Ensayo

El ensayo fue implantado en 1971 e incluye 10 tratamientos o densidades de plantación inicial, acotadas en sus extremos por 625 y 4.444 plantas por hectárea y fue instalado para evaluar el efecto de la densidad sobre la producción. La Tabla 2 describe los tratamientos aplicados.

En la implantación del ensayo se utilizó semilla de tipo comercial, siendo el tamaño inicial de las parcelas de 20 m x 50 m, las cuales fueron dispuestas en un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Levantamiento de datos

Se han realizado mediciones del ensayo en los años 1977, 1979, 1980, 1982 y 1990. En 1977 se midió la altura de todos los árboles; en los años 1979, 1980 y 1982 se midió la altura de una muestra de árboles dentro de cada parcela, mientras que en 1990 se realizó la medición de la altura de una muestra de árboles y de los árboles dominantes.

Tabla 2. Tratamientos o densidades iniciales aplicadas en el ensayo

Tratamiento Número	Distanciamiento de plantación (m)	Densidad (plantas/ha)
1	1,5 x 1,5	4.444
2	1,5 x 2,0	3.333
3	2,0 x 2,0	2.500
4	2,0 x 2,5	2.000
5	2,0 x 3,0	1.666
6	2,5 x 2,5	1.600
7	2,5 x 3,0	1.333
8	3,0 x 3,0	1.111
9	3,5 x 3,5	816
10	4,0 x 4,0	625

Para la medición de las alturas se ha utilizado el hipsómetro Suunto.

En todas las oportunidades citadas se midió el diámetro de todos los árboles en pie, utilizando forcípulas.

Procesamiento de los datos

Determinación de la altura dominante. La altura dominante utilizada se calculó como la media aritmética de las alturas de los 100 árboles más gruesos por hectárea (Burger, 1979). Considerándose en este caso la cantidad de árboles proporcional al tamaño de la parcela.

Para los años 1977 y 1990, la altura de los árboles más gruesos por parcela se obtuvo a partir de las mediciones con que se contaba. En cambio para los años 1979, 1980 y 1982, se ajustaron previamente funciones hipsométricas (Crechi et al., 1990), que permitieron calcular la altura a partir del diámetro, con las cuales se estimó la altura de los árboles más gruesos correspondientes a cada parcela.

Ajuste de la relación altura dominante- edad para cada tratamiento. Inicialmente se calcularon las alturas dominantes medias (promedio de las 3 repeticiones), para cada tratamiento y edad de medición. La Tabla 3 presenta los valores obtenidos.

A continuación se ajustó el siguiente modelo exponencial sugerido inicialmente por Schumacher (1939):

$$H_{dom} = \alpha 1 \cdot e^{\beta 1/E}$$

donde:

Hdom = Altura dominante

E = Edad

$\alpha 1$ y $\beta 1$ = coeficientes del modelo

Tabla 3. Altura dominante promedio (m) por tratamiento y edad de medición

Tratamiento Número	Edad (años)				
	6	8	9	11	19
1	8,4	11,2	11,9	13,6	19,5
2	8,4	11,2	11,9	13,5	18,0
3	8,7	11,3	12,0	13,6	18,7
4	8,5	11,4	12,1	13,6	19,5
5	8,4	11,5	12,1	13,7	18,8
6	8,6	11,5	12,2	13,7	18,9
7	8,2	11,6	12,2	13,8	19,8
8	8,2	11,7	12,3	13,9	19,7
9	8,5	11,7	12,4	14,1	19,3
10	7,8	11,5	12,2	13,8	19,4

Para efectuar el ajuste se linealizó el modelo, aplicando la transformación logaritmo natural, lo cual permite ajustar dicho modelo como una recta. Aplicando logaritmo natural tenemos:

$$\ln(H_{dom}) = \ln(\alpha 1) + \beta 1 \cdot (1/E)$$

y haciendo:

$$y = \ln(H_{dom})$$

$$x = (1/E)$$

$$\alpha = \ln(\alpha 1)$$

$$\beta = \beta 1$$

resulta:

$$y = \alpha + \beta \cdot x$$

que es la ecuación de la recta.

El método de ajuste aplicado fue el de los mínimos cuadrados y el procedimiento utilizado permitió determinar los estimadores muestrales de los coeficientes, así como del error estándar de la estimativa, del coeficiente de determinación y respectivo coeficiente de correlación lineal para cada una de las regresiones.

Comparación de las líneas de regresión. La comparación se realiza a los efectos de verificar si las líneas de regresión obtenidas para los diferentes tratamientos (densidades iniciales), son iguales o no y, si no lo son, en qué forma difieren.

Para realizar dicha comparación se empleó el procedimiento descrito por Freese (1964), Freese (1967) y Snedecor y Cochran (1979), tal como se presenta a continuación. Un procedimiento similar, propuesto inicialmente por Kozak, ha sido aplicado por Gaillard de Benitez (1988).

Prueba de homogeneidad de las variancias de las regresiones. Esta prueba se realizó a los efectos de verificar la siguiente hipótesis estadística, condición necesaria para la aplicación del resto de la metodología:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2 = \sigma_7^2 = \sigma_8^2 = \sigma_9^2 = \sigma_{10}^2$$

$$H_1: \text{alguna } \sigma_i^2 \text{ diferente}$$

donde:

H_0 : Hipótesis nula

H_1 : Hipótesis de alternativa

σ_i^2 = variancias de la estimativa de la i -ésima regresión para $1 \leq i \leq 10$

Para comprobar tal hipótesis se aplicó la conocida prueba de Bartlett (Snedecor y Cochran, 1979). Según la cual cuando tenemos "a" estimaciones s_i^2 y cada una de ellas con los mismos grados de libertad f , el criterio de la prueba es:

$$M = 2,3026 \times f \times (a \times \log s^2 - \sum \log s_i^2)$$

siendo:

$$s^2 = \sum s_i^2 / a$$

$$2,3026 = \ln 10$$

De cumplirse la hipótesis nula, o sea que

cada s_i^2 es un estimador de la misma σ^2 , la cantidad M/C se distribuye aproximadamente como un chi-cuadrado con $(a - 1)$ grados de libertad; donde:

$$C = 1 + \frac{a + 1}{3 \times a \times f}$$

Como C es siempre mayor que 1, se utiliza solamente cuando M se encuentra muy cerca de uno de los valores críticos de chi-cuadrado.

Comparación de las pendientes y ordenadas al origen de las regresiones. Como segundo paso se aplica el análisis de covariancia, a través del cual se prueba inicialmente la siguiente hipótesis estadística, acerca de las pendientes de las rectas:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = \beta_{10}$$

$$H_1: \text{alguna pendiente distinta}$$

Si se cumple la hipótesis nula, se considera que todas las pendientes son iguales y se pasa a la verificación de la segunda hipótesis acerca de las ordenadas al origen de las rectas:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_8 = \alpha_9 = \alpha_{10}$$

$$H_1: \text{alguna ordenada al origen distinta}$$

La verificación de tales hipótesis se realiza aplicando la prueba de "F" al 95% de confianza.

Correlación altura dominante-volumen total. Inicialmente se determinaron los 150 pares de valores altura dominante-volumen total, correspondientes a cada parcela y edad de medición. Para ello los volúmenes totales de los fustes con corteza y tocón hasta los 7 cm, fueron estimados a través de una ecuación de volumen para árboles individuales publicada por Mariot y De Dio (1982):

$$v = -0,007507 \times d + 0,001029 \times d^2$$

donde:

v = volumen del árbol (m^3)

d = diámetro del árbol (cm)

A partir de dichos datos se calculó el coeficiente de correlación de la muestra y posteriormente se aplicó la prueba de "t", para probar la siguiente hipótesis estadística:

Ho: $\rho = 0$

H1: $\rho > 0$

En la aplicación de la prueba de "t", se calculó el valor "tc" a través de la siguiente fórmula (Pimentel Gomes, 1978):

$$t_c = \frac{r}{sr} = \frac{r(n-3)^{1/2}}{(1-r)^{1/2}}$$

donde:

tc = estadístico muestral "t" calculado

r = coeficiente de correlación muestral

sr = error estándar del coeficiente de correlación muestral

n = tamaño de la muestra

Una vez calculado dicho valor se comparó con un valor tabular de la distribución "t" de Student, con n-2 grados de libertad y 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ajuste de la función altura dominante- edad por tratamiento

La Tabla 4 presenta los estimadores de los coeficientes y estadísticas de ajuste obtenidos para cada tratamiento o densidad inicial con el modelo de Schumacher.

Se observa una relativa homogeneidad de los estimadores de los coeficientes α y β y de los errores estándar de la estimativa, todo lo cual permite suponer el escaso efecto de la densidad inicial sobre dichas ecuaciones, lo cual se analiza más adelante.

Los coeficientes de determinación varían desde 0,9314 hasta 0,9565, esto indica que el inverso de la edad, explica en todos los casos más del 93% de la variación del logaritmo natural de la altura dominante.

Los coeficientes de correlación lineal varían desde -0,9780 hasta -0,9651, lo que indica una relación inversa entre el logaritmo de la altura dominante y el inverso de la edad, siendo todos los coeficientes estadísticamente significativos, evidenciando esto una fuerte asociación entre las dos variables.

Tabla 4. Coeficientes y estadísticas de ajuste por tratamiento

Tratamiento Nº	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	sy . x	r ²	r
1	3,28088	-6,73795	7,9535E-02	0,9497	-0,9746
2	3,19086	-6,10474	6,6834E-02	0,9565	-0,9780
3	3,21307	-6,12533	7,0967E-02	0,9515	-0,9755
4	3,27006	-6,57152	8,1579E-02	0,9448	-0,9720
5	3,24404	-6,40089	8,1564E-02	0,9420	-0,9706
6	3,23918	-6,28451	7,7387E-02	0,9456	-0,9724
7	3,30994	-6,87473	9,2886E-02	0,9352	-0,9671
8	3,31052	-6,84217	9,0054E-02	0,9383	-0,9687
9	3,27797	-6,49743	7,9375E-02	0,9464	-0,9728
10	3,32568	-7,15063	9,5994E-02	0,9314	-0,9651

Comparación entre las regresiones

Prueba de la homogeneidad de las variancias de las regresiones. El valor de chi-cuadrado observado fue de 0,7466, el cual es menor que el valor crítico:

$$X^2(9 \text{ g. l y } 95\%) = 3,33$$

de manera que se acepta la hipótesis nula, o

sea que salvo un error de 1 en 20, se establece que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variancias de las regresiones.

Análisis de covariancia

La tabla 5 muestra los resultados del análisis de covariancia aplicado.

Tabla 5. Tabla de análisis de covariancia

Trat. Nº	grados de lib.	Σy^2	$\Sigma y \cdot x$	Σx^2	g. de lib.	Residual suma de cuadrados	cuadrados medios
1	4	0,377965	-5,32794E-2	7,90735E-3	3	1,89717E-2	
2	4	0,308086	-4,82725E-2	7,90735E-3	3	1,33944E-2	
3	4	0,311794	-4,84351E-2	7,90735E-3	3	1,51137E-2	
4	4	0,361446	-5,19633E-2	7,90735E-3	3	1,99683E-2	
5	4	0,343931	-5,06140E-2	7,90735E-3	3	1,99572E-2	
6	4	0,330269	-4,96938E-2	7,90735E-3	3	1,79676E-2	
7	4	0,399601	-5,43609E-2	7,90735E-3	3	2,58851E-2	
8	4	0,394520	-5,41033E-2	7,90735E-3	3	2,43375E-2	
9	4	0,352722	-5,13775E-2	7,90735E-3	3	1,88999E-2	
10	4	0,434078	-5,65424E-2	7,90735E-3	3	2,97656E-2	
				Total	30	0,244261	6,80871E-3
			Diferencias para probar pendientes		9	8,38649E-3	9,31832E-4
	40	3,614414	-0,518422	7,90735E-3	39	0,2126475	5,45250E-3
			Diferencias para probar ordenadas al origen		9	0,0064933	7,21478E-4
	49	3,62085	-0,518638	7,90738E-2	48	0,2191408	

En la prueba de la hipótesis acerca de las pendientes, el "F" calculado resultó ser:

$$F_c = \frac{9,318325E-4}{6,808701E-3} = 0,136859$$

el cual es inferior al valor tabular, $F_t(9,30,95\%) = 2,13$. O sea se acepta la hipótesis nula, de manera que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las pendientes de las rectas ajustadas para cada tratamiento.

Dando por válido dicho resultado, se constató luego la hipótesis referida a las ordenadas al origen de las regresiones.

El valor de "F" calculado resultó:

$$F_c = \frac{7,214778E-4}{5,452499E-3} = 0,132321$$

el cual también resultó inferior al tabular, $F_t(9,48,95\%) = 2,08$, aceptándose nuevamente la hipótesis nula, formulada sobre las ordenadas al origen.

En síntesis, si no existen diferencias significativas ni entre las pendientes ni entre las ordenadas al origen de las rectas, entonces puede considerarse que las 10 ecuaciones son estadísticamente iguales. Dicho de otra manera, La densidad inicial no afecta la función altura dominante-edad. Coincidiendo en este sentido con los resultados obtenidos por Fernández et al. (1990), trabajando con los mismos datos y otra metodología.

Dicho resultado indica que las 10 rectas muestrales son estimadoras de una misma recta media, de manera que los mejores estimadores de la misma se pueden obtener agrupando los datos de los 10 tratamientos.

La recta obtenida a través de ese procedimiento fue:

$$y = 3,266212 - 6,55892 x$$

o bien:

$$H_{dom} = 26,21186 \cdot e^{-6,55892 (1/E)}$$

la cual resulta el mejor estimador de la ecuación altura dominante-edad correspondiente al sitio del ensayo.

El coeficiente de correlación muestral entre altura dominante y volumen total resultó 0,9398, mientras que el valor de "tc" fue de 33,46 y el valor de tabla de "t" fue 1,97. De

manera que dicha correlación resultó positiva y estadísticamente significativa.

La verificación de las propiedades de independencia de la función altura dominante-edad respecto de las densidades iniciales, así como su significativa correlación con el volumen total, demuestran que la misma es una variable adecuada para ser utilizadas en evaluaciones de calidad de sitio.

CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo permiten formular las siguientes conclusiones:

- La densidad inicial no afectó a la función altura dominante-edad.
- El coeficiente de correlación obtenido entre la altura dominante y el volumen total fue positivo y estadísticamente significativo.
- La altura dominante mostró ser una variable adecuada para evaluar y clasificar la capacidad productiva de los sitios forestales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean hacer un especial reconocimiento al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, así como a todos los técnicos que participaron en la instalación y sucesivas mediciones del ensayo, cuyos datos se emplearon en la realización de este trabajo.

Asimismo a la Profesora Teresa de Argüelles y Andrés por la traducción del resumen.

BIBLIOGRAFIA

ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. vol. 2 - Predicción del rendimiento. FAO. Roma, 118 p. + apéndices.

ARES, A. y MARLATS, R. M., 1988. Factores de sitio que inciden en el crecimiento de coníferas implantadas en Sierra de la Ventana (Provincia de Buenos Aires). En: Actas VI Congreso Forestal Argentino, Santiago del Estero, Tomo II: 294-297.

BURGER, D., 1979. Ordenamiento Forestal. 3 ed. FUPEF, Curitiba. 140 p.

COILE, T. S., 1952. Soil and the growth of forest. *Advances in Agronomy*, 4: 329-398.

CRECHI, E. H., FRIEDL, R. A., FER-

NÁNDEZ, R. A., 1990. Evolución de la relación hipsométrica en función de la edad para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Trabajo en fase final de redacción.

FAHLER, J. C. & DILUCCA, C. M., 1980. Tabla de Producción de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. I) Datos preliminares para 10 densidades. Edad 8 años. En: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF GENUS ARAUCARIA, 1. Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba, FUPEF. 339-346.

FERNÁNDEZ, R. A., 1989. Identificação dos atributos do solo determinantes da qualidade de sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. com apoio na metodologia da análise estrutural. Dissertação. Mestrado. UFPR. Curitiba. 142 p.

FERNÁNDEZ, R. A.; CRECHI, E. H. y FRIEDL, R. A. 1990. Evaluación del comportamiento de la altura dominante como medida de la calidad del sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Trabajo presentado al XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bariloche, 1991.

FORD-ROBERTSON, F. C. (editor) 1971. Terminology of forest science, technology, practice and products. Society of American Foresters, Washington.

FREESE, F. 1964. Linear Regression Methods for Forest Research. U. S. Forest Service Research Paper FPL-17. U. S. D. A. Forest Service - Forest Products Laboratory. Washington, 136 p.

FREESE, F. 1967. Elementary Statistical Methods for Foresters. Agriculture Handbook 317. U. S. D. A. Forest Service. Washington, 87 p.

GAILLARD DE BENITEZ, C., 1988. Aplicación a un caso concreto del método de Kozak para testar paralelismo y coincidencia en regresiones. En: Actas VI Congreso Forestal Argentino, Tomo II. Santiago del Estero. 517-523.

GOLFARI, L., 1965. Regiones potencial-

mente aptas para plantaciones de *Pinus* y otras coníferas en América Latina. IDIA Suplemento Forestal 2, 19:48.

MANCINI, L.; SANESI, G.; LASERRE, S. 1964. Informe edafológico de la Provincia de Misiones. I. N. T. A. - Gobierno de la Provincia de Misiones. 102 p.

MARIOT, V. y DE DIO, A., 1982. Tabla Local de Volumen para *Araucaria angustifolia* en montes implantados en la Provincia de Misiones. En: Actas Primeras Jornadas Técnicas sobre Bosques Implantados en el Noroeste Argentino. Eldorado, (Misiones), 195-208.

PARDÉ, J. y BOUCHON, J. 1988. Dendrométrie. 2a. ed. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Nancy, 328 p.

PEREZ, V. R. y SHAEFER, P. G., 1988. Calidad de sitio para eucaliptos. En: Actas VI Congreso Forestal Argentino, Tomo II. Santiago del Estero. 505-509.

PIMENTEL GOMES, F., 1978. Curso de Estadística Experimental. 1a. ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 323 p.

QUINTEROS DOLDAN, M. E., 1987. Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L. como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa. Dissertação. Mestrado. EFPR. Curitiba. 119 p.

SCHUMACHER, F. X., 1939. A new growth curve and its application to timber yield studies. J. For. 37: 819:820.

SNEDECOR, G. W. y COCHRAN, W. G. 1979. Métodos Estadísticos. 6a ed. Compañía Editorial Continental S. A., México, 703 p.

SOARES SCOLFORO, J. R. y AMARAL MACHADO, S., 1988a. Curvas de índice de sitio para plantações de *Pinus elliottii* nos Estados de Paraná y Santa Catarina. Floresta. vol. XVIII, Nº 1 y 2, 140-158.

SOARES SCOLFORO, J. R. y AMARAL MACHADO, S., 1988b. Curvas de índice de sitio para plantações de *Pinus taeda* nos Estados de Paraná y Santa Catarina. Floresta. vol. XVIII, Nº 1 y 2, 159-173.