



COMUNICACION TECNICA N° 17
AREA FORESTAL
SILVICULTURA
2000

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria S.C. de Bariloche

Informe Técnico

Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa*) (Dougl.)Laws). Tabla de volumen estándar de aplicación en la región Andina de Río Negro y Chubut

Ernesto Andenmatten y Federico Letourneau

2000

Centro Regional Patagonia Norte
Estación Experimental Agropecuaria Bariloche - Area de Investigación en Recursos Forestales
C.C. N° 277 (8400) Bariloche – RIO NEGRO – ARGENTINA
TE: **54 *2944 422731 – FAX: **54 *2944 424991 - E-mail: baribib@bariloche.inta.gov.ar

Nota de agradecimiento: esta Comunicación Técnica corresponde a una serie de reimpresiones de artículos considerados de interés para la región Andino Patagónica, que por haber sido presentados a Congresos o revistas especializadas, puede que no sean de fácil acceso para el público en general.

Se agradece expresamente a los organizadores de las IV Jornadas Forestales de la Patagonia, realizadas en San Martín de los Andes, Neuquén, 1995, donde el artículo fue presentado por primer vez, bajo el mismo nombre y por los mismos autores, y publicado en Actas en el Tomo I, páginas 266-271.

Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa*)(Dougl.) Laws. Tabla de volumen estándar de aplicación en la región Andina de Río Negro y Chubut

Ernesto Andenmatten ¹

Marcelo Rey ²

Federico Letourneau ³

RESUMEN

Se presenta para Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa*)(Dougl.) Laws, una función para el cálculo de volúmenes de árboles individuales. El área de aplicación corresponde a la región de cultivo ubicada entre San Carlos de Bariloche, Río Negro y Corcovado, Chubut, en la Región Andino Patagónica de Argentina.

La muestra consistió en 101 árboles a los cuales se ajustaron el modelo lineal, de variable combinada ($DAP^2 \cdot h$) y su transformación logarítmica. Se seleccionó el primero por su sencillez, y por presentar mejores estadísticos.

Para una aplicación fuera del área muestreada se recomienda la validación del modelo, aunque en opinión de los autores seguramente se encontrarán resultados aceptables en toda el área actual de cultivo de la especie (N de la Provincia de Neuquén - S de la Provincia del Chubut).

Una mayor atención podría requerirse si se sospecha que el material genético difiere del empleado en la muestra.

Summary

A standard volume equation for Ponderosa Pine (*Pinus ponderosa*)(Dougl.) Laws is given. The area of application of this equation covers the Patagonian mountain region (Rio Negro and Chubut, Argentina) where Ponderosa Pine is cultivated.

Two models of standard volume equation (Linear and its logarithmic transformation with independent combined variable $DBH^2 \times H$) were applied to a dataset of 101 felled trees. The first was selected since it provided better statistics and graphical evaluation.

A validation test is recommended for an application outside the study area. The authors consider that adequate results will be obtained in the present zone of cultivation (Northern Neuquén to the South of Chubut).

INTRODUCCIÓN

Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa*)(Dougl.) Laws, es la especie forestal de mayor difusión en la realización de forestaciones comerciales impulsadas en la Región Andino Patagónica, constituyendo aproximadamente un ochenta y dos por ciento (82%) del área cultivada con pinos (Gonda, 1995; Laclau, 1994)

El área de cultivo abarca desde el Norte de la Provincia de Neuquén, al Sur de la Provincia del Chubut, y en sentido Este-Oeste, al ancho variable ubicado entre las isoyetas de 500 mm a 2.000 mm aproximadamente.

Para los numerosos trabajos de investigación que actualmente se realizan, es importante contar con una tabla de volumen para el cálculo de árboles individuales, que tenga como característica abarcar las diversas condiciones de sitio, edades, densidades y tal vez de orígenes.

(1) y (3) Área de Investigación en Recursos Forestales - INTA EEA Bariloche.

(2) Servicio Forestal Andino, Provincia de Río Negro

Materiales y métodos:

La literatura marca los criterios de selección de los árboles muestra (Cailliez, 1980; c.p. Wabo, 1993). Existe coincidencia en cuanto a la necesidad de dividir a la muestra por clases diamétricas, clases de altura, clases de sitio y zonas abarcadas. Ello llevará a un a correcta representación de la población (Cailliez, 1980; Friedl, 1991)

Para este trabajo, el material empleado fueron árboles recopilados de diferentes estudios y que no correspondieron a una planificación estricta como la detallada en el párrafo anterior, abarcando árboles de hasta 66 años. (Moretti y Fritz, 1989)

Por ello, priman los correspondientes a la Estación Forestal Trevelin y Campo Forestal Gral. San Martín de INTA, ya que son los que cuentan con masas de mayor edad.

Tabla Nro. 1 Distribución por diámetros y altura de los arboles muestreados

<i>Clase diam.[cm.]</i>	<i>Clase alt.[m]</i>							<i>Subtot.</i>
	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	
7.5		1						1
12.5		1						1
17.5		3	6	3				12
22.5	11	7	4	3				25
27.5	3	11	3	2	3			22
32.5		5	2	5	1	1		14
37.5			1	4	2	2		9
42.5			1		2	2		5
47.5			1	2		1	1	5
52.5				1	1	2		4
57.5						2	1	3
Subtot	14	28	18	20	9	10	2	101

La determinación del volumen de los árboles muestra se realizó según Smalian (c.p. Mutarelli, 1978; Cailliez, 1980) y que a su vez es la más corrientemente empleada (Chauchard, 1991; Friedl, 1991).

Se aclara que el volumen es total con corteza, incluyendo al tocón. Están en elaboración tablas de volumen neto.

Con esta base de información, se buscó ajustar un modelo de regresión lineal simple por el método de mínimos cuadrados, recomendado en la bibliografía (Cailliez, 1980; Friedl, 1991; Rechene, 1993).

Resultados y Discusión:

Siguiendo los pasos descriptos por Alder (1980) y ampliamente aceptados en la elaboración de tablas de volumen (Alder, 1980; Cailliez, 1980; Friedl, 1991; Chauchard, 1991; Rechene, 1993), se realizaron los mismos según se detalla:

Presentación de los pares de valores:

Se graficaron los valores disponibles de las variables dependiente (Volumen) e independiente combinada (DAP²H) empleando escala normal (Gráfico 1). Se eligió previamente esta variable combinada por su comprobada eficacia en la construcción de tablas de volumen, según la literatura citada. Mediante este procedimiento se observó una alta correspondencia entre las variables.

Selección del Modelo

Entendiendo que la muestra disponible presenta un apartamiento de la ideal, dada su génesis, se buscó un modelo que fuera lo más sencillo posible, sin pretender funciones que aún presentando ajustes mejores, distrajeran la atención por su complejidad, haciendo caer a los posibles usuarios en falsas expectativas en cuanto a las bondades de los resultados a obtener con su aplicación futura.

Por ello de los modelos utilizados comúnmente (Alder, 1980), se eligieron los modelos lineal de variable combinada y su transformación logarítmica (Spurr, citado por Chuchard, 1991; Friedl 1991), que requieren el cálculo de solo dos parámetros.

Sus expresiones son:

$$Vol = a + b \times (Dap^2 \times H) \text{ Lineal}$$

$$Log. Vol = a + b \times \log(Dap^2 \times H) \text{ Lineal transformado}$$

donde:

Vol.: expresa el volumen total con corteza(m3), incluyendo el tocón .

a y b : coeficientes de la relación lineal

DAP (m): diámetro normal, a 1,30 m, con corteza.

H (m): altura total en metros, incluyendo el tocón.

Estimación de los parámetros y estadísticos de las regresiones: utilizando Statgraphics v 6.0

Tabla Nro. 2 Estadísticos de las regresiones ajustadas

<i>Modelo</i>	<i>R²</i>	<i>Error est. Estm</i>	<i>F</i>	<i>Niv. Prob.</i>
<i>Lineal</i>	99.12	0.076078	11157	0.00000
<i>Lineal transformado</i>	98.27	0.124538	5628	0.00000

Si bien ambas regresiones presentan valores aceptables, se continuo el análisis con el modelo lineal de Spurr de variable independiente combinada. por presentar mejores valores de R², Error estándar de la estimación, y por su sencillez ya que no requiere transformación de variables.

Análisis de los residuales:

Para la función seleccionada, se realizó el análisis visual de los residuales, graficándolos contra los estimados de la regresión. No se observó correlación (se cumplen los supuestos de linealidad del modelo), ni tendencia sistemática (ajuste correcto del modelo).

Respecto de las posibles relaciones de los residuales con otras variables o combinaciones de variables, se prefirió ignorarlas, considerando el alto valor de R² (Superior a 0.90) (Alder, 1980).

Presentación de datos y función ajustada.

Se graficaron los datos en conjunto con la función ajustada. Visualmente se observó una buena correspondencia entre valores calculados y los estimados por la regresión.

Se realizó un análisis empleando las bandas de confianza para datos individuales, se encontró un solo valor que la excedía. Eliminado el mismo se procedió a recalcular los estadísticos de la función observándose un leve incremento del R² y una disminución del error estándar del estimado (Tabla Nro. 3).

Tabla Nro. 3 Estadísticos de las regresiones ajustadas posterior al análisis con las bandas de confianza

<i>Modelo</i>	<i>R²</i>	<i>Error est. Estm</i>	<i>F</i>	<i>Niv. Prob.</i>
<i>Lineal</i>	99.31	0.0656061	14019	0.00000
<i>Lineal transformado</i>	98.218	0.12508	5364	0.00000

(1) y (3) Área de Investigación en Recursos Forestales - INTA EEA Bariloche.

(2) Servicio Forestal Andino, Provincia de Río Negro

Posterior a esto se observó visualmente una mejor correspondencia entre los datos calculado y estimados (Gráfico Nro. 1).

Comentarios generales

Si bien la muestra disponible no se ajusta estrictamente a la teórica recomendada, se considera que el tamaño de la misma y su distribución por clase diamétrica, altura y zonas pueden aceptarse para esta primera tabla estándar de volumen. Los estadísticos y análisis respectivos así lo confirman.

Se sabe que a mediados o fines de la década del setenta, la forestación masiva llevó al empleo de semilla importada de distintos orígenes (Gonda, 1995). Este aspecto podría producir un sesgo en la forma de los árboles, marcando la necesidad de elaborar tablas a tal efecto o validar el modelo propuesto. Los árboles empleados en la muestra se suponen de igual origen, pero desconocido, provenientes de las primeras introducciones realizadas a Isla Victoria, que dieron lugar a los semilleros de amplia difusión en la Región, Estaciones Forestales de INTA, en Trevelin y Las Golondrinas, Chubut (Laclau, 1994).

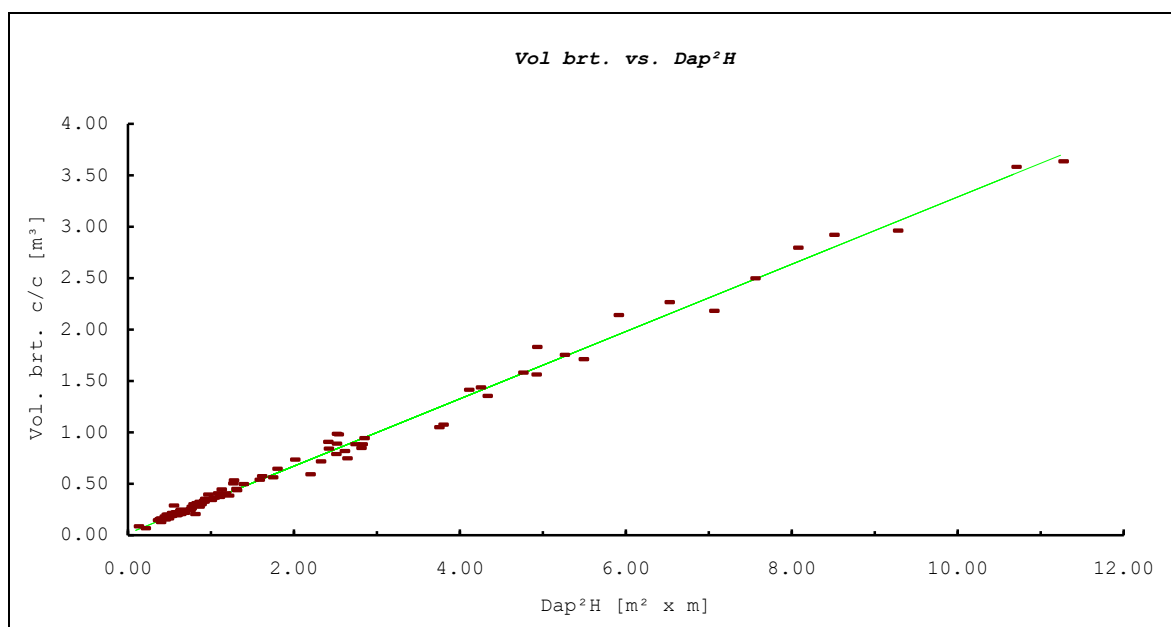


Gráfico Nro. 1 Modelo lineal de variable combinada Dap^2H de Spurr, ajustado al set de datos de 100 árboles para *Pino ponderosa*

Conclusiones y recomendaciones:

Se propone el uso de la regresión ajustada

$$Vol.c / c[m^3] = 0.0298483 + 0.327222 \times (Dap^2[m^2] \times H[m])$$

Dadas las limitaciones de la muestra se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a-** El área de aplicación corresponde la región comprendida entre San Carlos de Bariloche (RN) al Norte y Corcovado (Ch.) al Sur dentro del área normal de cultivo de la especie.
- b-** Respetar los límites dentro de los cuales se desarrolló el modelo, en especial los impuestos por las distribuciones de diámetros normales y alturas (Tabla Nro. 1).
- c-** Realizar validaciones para plantaciones realizadas con semillas de orígenes distintos a los mencionados para este trabajo.

d- Se recomienda una readecuación de la misma cuando exista una mayor disponibilidad de información proporcionada por árboles que hayan podido expresar todo su potencial por el transcurso de los años.

Agradecimientos

Especialmente a todos aquellos que hicieron posible la existencia de las masas forestales que hoy nos permiten disponer de la información. Generalmente no citados por no participar en la elaboración de estos trabajos. Podemos mencionar entre otros muchos a Juan Moloko, primer jefe del vivero Forestal Gral. San Martín, Ing. Ricardo Jungwirth, primer jefe de la Estación Forestal Gral. San Martín, Sr. Guillermo Clavé, primer jefe de la Estación Forestal Trevelin y tantos otros cuyo trabajo anónimo no aparece resaltado (peones, administrativos, Directores).

En lo inmediato un especial reconocimiento a Ing. Fabio Berón e Ing. Luis Tejera por los datos aportados correspondientes a la Estación Forestal Trevelin, y al Técnico Forestal Christian Jiménez por el relevamiento de datos y trabajo en gabinete.

Trabajo realizado con el aporte de fondos de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Dirección de Ciencia y Técnica de la Provincia del Chubut.

Bibliografía

- Alder D.: Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Vol. 2. FAO 1980.
- Alvarez O.: Curso de Estadística. CFGSM-INTA, 1994
- Cailliez F.: Estimación del volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Vol. 1. FAO. 1980
- Chauchard L. et al.: Familia de Funciones de Volumen de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.)Kraesser), Actas VI Jornadas Técnicas. El Dorado 1991.
- Fiedl R. et al.: Construcción de tablas de volúmenes estándares para *Araucaria angustifolia* (Bert.)O.Ktze. Actas VI Jornadas Técnicas. El Dorado 1991.
- Gonda H.: Especies y orígenes de los plantines cultivados en la Región Andino Patagónica. Rev. Presencia. Año X. Nro. 35. 1995.
- Laclau P.: Viveros Forestales de la Región Cordillerana, (Neuquén, Río Negro, Chubut), PNEF (SAGyP-INTA), Informe Técnico, 1994.
- Moretti A., Fritz, G. 1989. Estudio Dasométrico de una Parcela Experimental de (*Pinus ponderosa*) Douglas. en la Isla Victoria, Parque Nacional Nahuel Huapi.
- Rechene C. 1993: Descripción de un procedimiento para la construcción de Tablas de Volumen utilizando el paquete estadístico SPSS/PC+V2.0. Un ejemplo para Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* D. (Don) Florin et Boutleje). Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Esquel - Chubut – Argentina.

TABLA DE VOLUMEN ESTANDAR PARA PINO PONDEROSA

DAP [cm]	8	12	16	Alturas [m] 20	24	28	32
8	0.047	0.055					
10	0.056	0.069					
12	0.068	0.086					
14	0.081	0.107	0.132				
16	0.097	0.130	0.164				
18	0.115	0.157	0.199				
20	0.135	0.187	0.239	0.292			
22	0.157	0.220	0.283	0.347			
24	0.181	0.256	0.331	0.407	0.482		
26		0.295	0.384	0.472	0.561		
28		0.338	0.440	0.543	0.646	0.748	
30		0.383	0.501	0.619	0.737	0.854	
32		0.432	0.566	0.700	0.834	0.968	1.102
34			0.635	0.786	0.938	1.089	1.240
36			0.708	0.878	1.048	1.217	1.386
38			0.786	0.975	1.164	1.353	1.542
40			0.868	1.077	1.286	1.496	1.705
42				1.184	1.415	1.646	1.877
44				1.297	1.550	1.804	2.057
46				1.415	1.692	1.969	2.246
48					1.839	2.141	2.442
50						2.320	2.648
52						2.507	2.861
54							3.083