



COMUNICACION TECNICA N° 05  
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**

# **Tarifa de volumen para Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco), en la región Andina de las Provincias de Chubut y Río Negro**

**MARCELO REY, 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.a

**Nota aclaratoria:** 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 306-311.

# **TARIFA DE VOLUMEN PARA PINO OREGON (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) EN LA REGIÓN ANDINA DE LAS PROVINCIAS DE RÍO NEGRO Y CHUBUT**

Marcelo A. Rey <sup>1</sup>  
Ernesto Andenmatten <sup>2</sup>  
Federico Letourneau <sup>3</sup>

## **RESUMEN**

El Pino Oregón o Abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), originario del Oeste de América del Norte, es una de las especies que mejor desarrollo ha alcanzado en la Región Andino Patagónica, con rendimientos superiores a los 30 m<sup>3</sup>/ha/año.

El presente trabajo tiene como objetivo - dada la importancia de esta especie y la falta de tablas volumétricas- presentar una herramienta útil para la estimación del volumen total con corteza, de aplicación en la región andina de las provincias de Río Negro y Chubut en el área comprendida entre los parajes de El Foyel (Río Negro) y El Coihue (Chubut).

Mediante el empleo de un programa estadístico - utilizando el análisis de regresión - se eligió por su sencillez y buen ajuste el modelo  $y=a+bx$ , considerando como variable independiente el producto entre el cuadrado del diámetro y la altura (DAP<sup>2</sup>H).

**Palabras claves:** Volumen total, Análisis de regresión, Pino Oregón, Región Andino Patagónica.

## **SUMMARY**

Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) -original from the West of North America- is one of the species that has better been developed in the Patagonian Andes Region, with yield higher than 30 m<sup>3</sup>/ha/yr.

This work has as its objective -since the importance of this species and the lack of volumetric tables- the introduction of a useful tool for the estimation of the total volume with bark, applicable in the Andes Region of the provinces of Rio Negro and Chubut in the area located between El Foyel (Rio Negro) and El Coihue (Chubut).

Through a statistical software - using the regression analysis- the model  $y=a+bx$  was chosen due to its simplicity and good fitness, considering as independent variable the product between the square diameter and the height.

**Key words:** Total volume, Regression analysis, Douglas-Fir, Patagonian Andes Region.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La muestra esta compuesta por 158 árboles, provenientes de estudios silviculturales realizados en plantaciones de Pino Oregón de diferentes edades.

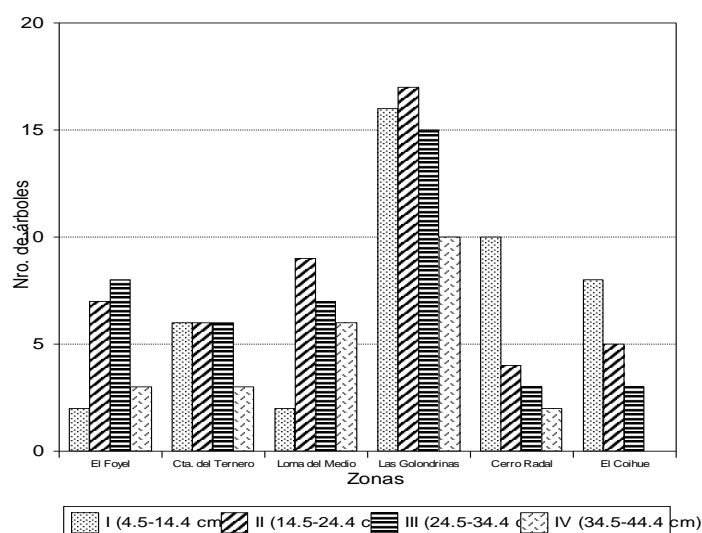
El área estudiada comprende las zonas - de norte a sur - de El Foyel, Cuesta del Ternero y Loma del Medio en el sudoeste de la Provincia de Río Negro y Las Golondrinas, Cerro Radal y El Coihue en el noroeste de la Provincia de Chubut.

La distribución diamétrica de la muestra por zona, es la siguiente:

(1) Servicio Forestal Andino de la Provincia de Río Negro

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

<i>Zonas</i>	<i>Clases diamétricas [cm]</i>				<i>Total</i>
	<i>I</i> 4.5-14.4	<i>II</i> 14.5-24.4	<i>III</i> 24.5-34.4	<i>IV</i> 34.5-44.4	
<i>El Foyel</i>	2	7	8	3	20
<i>Cta. del Ternero</i>	6	6	6	3	21
<i>Loma del Medio</i>	2	9	7	6	24
<i>Las Golondrinas</i>	16	17	15	10	58
<i>Cerro Radal</i>	10	4	3	2	19
<i>El Coihue</i>	8	5	3	-	16
<b><i>Total</i></b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>24</b>	<b>158</b>



Para lograr una mayor homogeneidad de la muestra, debería considerarse - en posteriores trabajos - clases de diámetro al cuadrado ( $DAP^2$ ) y altura (H), y equipararse la representación de las distintas zonas (Alder, D. 1980; c.p. Wabo, E. 1993.). Los valores máximos y mínimos del diámetro y altura fueron los siguientes:

	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
<i>DAP [cm]</i>	45.0	5.5
<i>H [m]</i>	33.35	5.88

Una vez apeado, se midió en cada individuo la altura total para posteriormente trozar al 1,30m y luego cada 2m, empleando la formula de Smalian en la cubicación de las trozas, mientras que para el ápice se utilizó la formula del volumen del cono.

El estudio estadístico se realizó con el programa Statgraphics Versión 6.0 (User's guide, 1987). Mediante el análisis de regresión -técnica que emplea el método de mínimos cuadrados, (Freese, F., 1970; Cailliez, F. 1980; Alvarez, O. 1994)- se obtuvieron los estimadores de los parámetros del modelo (intercepto y pendiente). El análisis de la varianza y la representación gráfica de los residuales permitió evaluar la calidad de la regresión.

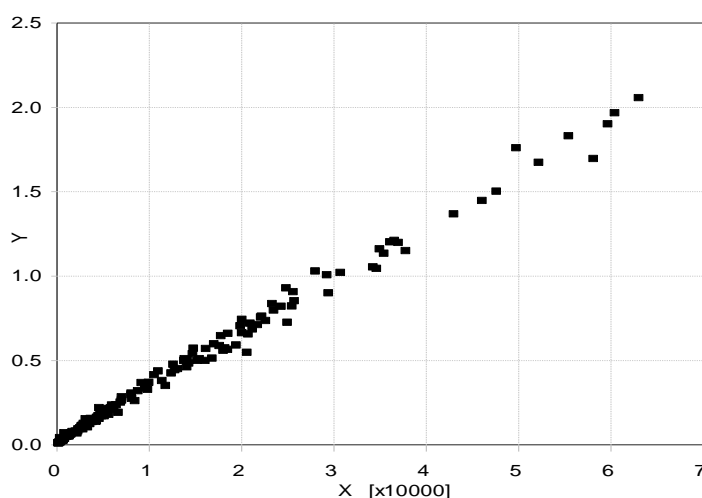
Para la comparación de las líneas de regresión de las distintas zonas se utilizó el análisis de la covarianza (Alder, D. 1980) y las pruebas de paralelismo y coincidencia (Seber, G. 1977).

## RESULTADOS

En la selección del modelo, el primer paso fue realizar el diagrama de dispersión, en donde se observa la relación lineal existente entre las variables consideradas:

**y:** variable dependiente; volumen total (VT), - con tocón y corteza - expresado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

**x:** variable independiente combinada; el producto entre el cuadrado del diámetro al 1,30m y la altura total (DAP<sup>2</sup>H) (Spurr citado por Deloya Caballero, M.; Cailliez, F. 1980); el DAP expresado en centímetros (cm) y la H en metros (m).



El análisis de regresión permitió escoger - de un conjunto de ecuaciones recomendadas por la bibliografía (Spurr citado por Deloya Caballero, M.; Cailliez, F. 1980) - la función  $VT=a+bDAP^2H$  por su sencillez y buen ajuste; en donde a y b representan los estimadores de los parámetros del modelo.

Los resultados del análisis de Regresión y de Varianza fueron los siguientes:

### Análisis de Regresión

Variable dependiente: VT

Variable independiente: DAP<sup>2</sup>H

Parámetro	Estimador	Error standard	Valor de T	Probabilidad
Intercepto	0.0221695	4.20337E-3	5.27421	.00000
Pendiente	3.1855E-5	2.1354E-7	149.178	.00000

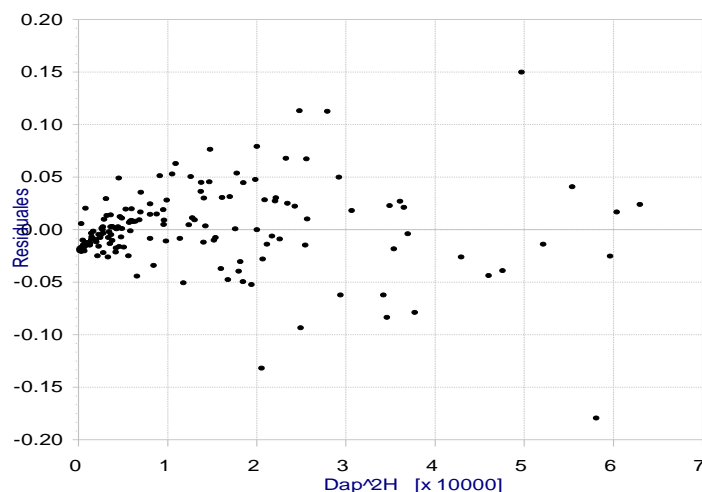
### Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Modelo	32.993	1	32.993	22253	.00000
Residual	.23128	156	.00148		
Total	33.22435	157			

Error standard de la estimación (ESE): 0.0385034

R<sup>2</sup>(%): 99.30

El análisis de los residuales se realizó mediante la representación gráfica de los mismos versus los valores de la variable x.



### Comparación de los modelos por zonas

Se ajustó el modelo mencionado para el set de datos de cada zona.

Mediante un test de Covarianza, y uno de Paralelismo y Coincidencia se determinó que presentan diferencias estadísticas. Este último demostró que las mismas son significativas al 95%, pero no así al 99%.

Las zonas consideradas corresponden a edades diferentes. Loma del Medio y Las Golondrinas tienen edades cercanas a 40 años, mientras que las restantes solo llegan a los 20, produciendo dos agrupamientos de los datos, dando pesos relativos diferentes en la construcción de cada modelo, hecho potenciado por el alto grado de ajuste de cada modelo, motivos que podrían explicar las diferencias halladas.

Alder, sobre este tema expresa que.." no pueden combinarse en una sola regresión para propósitos de predicción, sin una consecuente pérdida de precisión". Para los objetivos del trabajo, que tienen una aplicación regional, se considera que esta pérdida no es relevante, ofreciéndose los modelos correspondientes para cada zona, si es que se requiere una mayor precisión.

En el siguiente cuadro se indican, para cada zona, los estimadores de los parámetros del modelo  $VT=a+bDAP^2H$ , el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), y el error estándar de la estimación. (ESE):

<i>Zonas</i>	<i>Intercepto</i>	<i>Pendiente</i>	<i>R<sup>2</sup> (%)</i>	<i>ESE</i>
<i>El Foyel</i>	<i>0.0241411</i>	<i>2.91336E-5</i>	<i>98.32</i>	<i>0.029494</i>
<i>Cta. del Ternero</i>	<i>0.0132247</i>	<i>3.30698E-5</i>	<i>98.83</i>	<i>0.031122</i>
<i>Loma del Medio</i>	<i>0.0379829</i>	<i>3.21536E-5</i>	<i>99.66</i>	<i>0.034243</i>
<i>Las Golondrinas</i>	<i>0.0354716</i>	<i>3.13361E-5</i>	<i>99.29</i>	<i>0.044580</i>
<i>Cerro Radal</i>	<i>0.0127869</i>	<i>3.14235E-5</i>	<i>99.73</i>	<i>0.019511</i>
<i>El Coihue</i>	<i>0.0123101</i>	<i>3.33811E-5</i>	<i>99.63</i>	<i>0.015191</i>

En todas las zonas, la F calculada es bastante mayor a la F<sub>.01</sub> tabulada.

A continuación se presenta la línea de regresión y la tabla de volumen correspondiente:

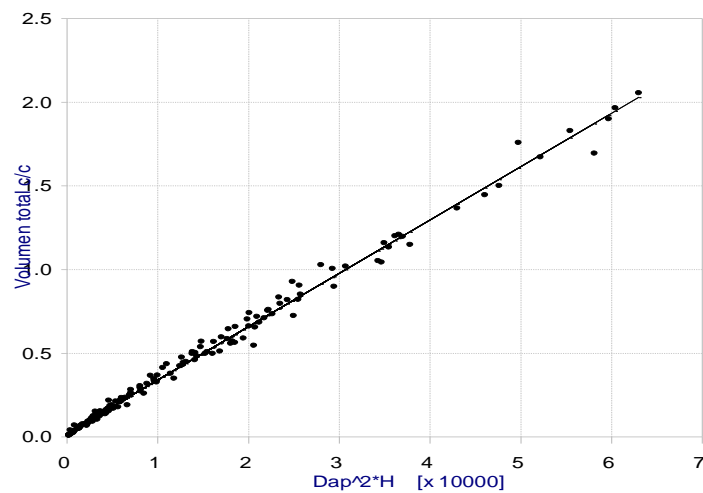


TABLA DE VOLUMEN TOTAL c/c [m³]

Dap [cm]	Alturas (m)						
	6	10	14	18	22	26	30
6	0.029	0.034					
8	0.034	0.043					
10		0.041	0.054				
12		0.068	0.086	0.105	0.123		
14		0.085	0.110	0.135	0.160		
16		0.104	0.136	0.169	0.202	0.234	
18		0.125	0.167	0.208	0.249	0.291	
20		0.150	0.201	0.252	0.302	0.353	
22		0.176	0.238	0.300	0.361	0.423	
24		0.206	0.279	0.352	0.426	0.499	
26		0.238	0.324	0.410	0.496	0.582	0.668
28		0.272	0.372	0.472	0.572	0.672	0.771
30		0.309	0.424	0.538	0.653	0.768	0.882
32			0.479	0.609	0.740	0.870	1.001
34			0.538	0.685	0.832	0.980	1.127
36			0.600	0.765	0.930	1.096	1.261
38			0.666	0.850	1.034	1.218	1.402
40				0.940	1.143	1.347	1.551
42						1.483	1.708
44						1.626	1.872

## CONCLUSIONES

Se propone el empleo del modelo:

$$VT[m^3] = 0.0221695 + 3.1855E^{-5} \times (DAP^2[cm^2] \times H[m])$$

Los valores de los estadísticos utilizados en el análisis de la varianza, nos permiten aceptar la existencia de un buen ajuste entre las variables consideradas., mientras que el análisis gráfico de los residuales comprobó la ausencia de sesgo del modelo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración brindada por :

Enrique Wabo, Omar Alvarez, Héctor Tadeo, Erik R. van Konynenburg, Tec. Ftal Christian Jimenez y personal del Campo Forestal Gral. San Martín - INTA.

Este trabajo se financió con aportes de la UNPSJB, INTA y Ciencia y Técnica de la Pcia. del Chubut.

## BIBLIOGRAFÍA

Alder, D. 1980. Predicción del rendimiento. FAO. Roma.

Caillez, F. 1980. Estimación del volumen forestal. FAO. Roma.

Deloya Caballero, M. Elaboración de tablas de volumen por medio del empleo de una variable combinada. Bosques.

Alvarez, Omar. 1994. Curso de Estadística. CFGSM-INTA. Apuntes Teóricos

Freese, F. 1970. Métodos estadísticos elementales para Técnicos Forestales. Centro Regional de Ayuda Técnica.

Seber, G. 1977. Linear Regression Analysis. Wiley-Interscience.