

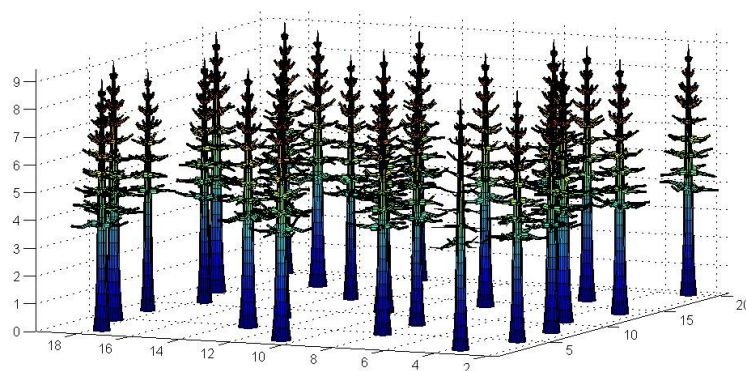


Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria "Dr. Grenville Morris"
San Carlos de Bariloche

Informe Técnico

Estimación del volumen de fuste para Pino Murrayana (*Pinus contorta*), en la región Andino Patagónica de Argentina.

FEDERICO LETOURNEAU
ERNESTO ANDENMATTEN
NICOLÁS DE AGOSTINI



2011

Centro Regional Patagonia Norte
Estación Experimental Agropecuaria Bariloche - Area de Investigación en Sistemas 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

INTRODUCCIÓN

La estimación del volumen de tronco y biomasa de los árboles es necesaria tanto para la planificación sostenible del recurso forestal como para los estudios sobre los flujos de energía y nutrientes en los ecosistemas. Además tanto la planificación estratégica como las actividades a nivel operacional necesitan de estimaciones precisas de volumen. Por ejemplo el Protocolo de Kyoto reconoce la importancia de las forestaciones como sumideros de carbono y la necesidad de monitorear, preservar y aumentar las reservas de carbono terrestre, ya que cambios en el stock de carbono de los bosques puede influir en la concentración de CO₂ de la atmósfera.

El objetivo de este trabajo consiste en el ajuste de una ecuación de volumen del fuste para la especie cultivada *Pinus contorta*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra esta compuesta por 55 árboles, provenientes de estudios silviculturales realizados en plantaciones de diferentes edades y condiciones de crecimiento. Estos árboles fueron extraídos de plantaciones ubicadas en proximidades de la ciudad de Aluminé en Neuquén, pasando por San Martín de los Andes, Junín de los Andes, Alicura, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Cuesta del Ternero, El Bolsón, Lago Puelo y hasta Epuyen en Chubut (Figura Nro.1).

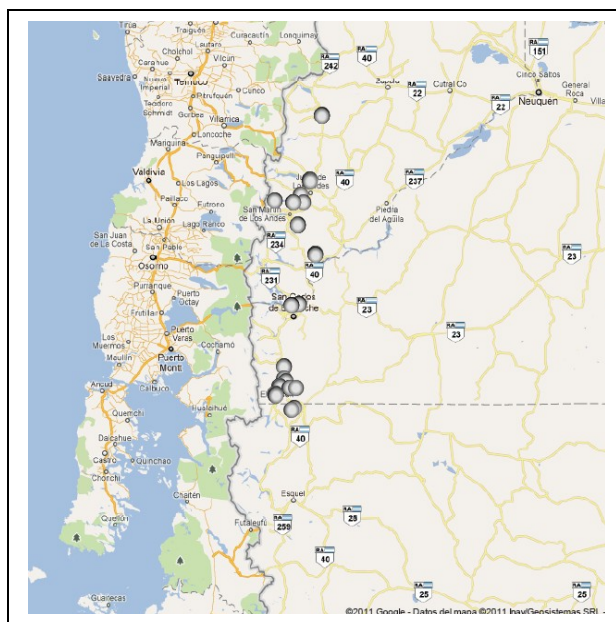


Figura Nro 1. Mapa de distribución de parcelas de estudio.

En cada sitio, se instalaron parcelas de inventario donde se midieron todos los diámetros, luego se cortaron de 3 a 4 árboles de distintas clases diamétricas. Una vez apeado el árbol, se midió en cada individuo la altura total para posteriormente trozar a la altura de 1,30m y luego en secciones de 2 m de longitud hasta el ápice, en cada sección se cortó una rodaja de 5cm, que luego en gabinete se midieron dos diámetros con corteza en sentido de los ejes de mayor y menor diámetro. Para la cubicación se empleó la ecuación de Smalian, mientras que para el ápice se utilizó la fórmula del volumen del cono. El volumen del tocón también se incluyó en la cubicación utilizándose la fórmula de cálculo de volumen de un cilindro.

Los valores mínimos, promedios y máximos de los parámetros de rodal correspondientes a las parcelas de donde se extrajeron los árboles muestra se presentan en la tabla Nro. 1

El estudio estadístico se realizó con el programa MATLAB. Con este se obtuvieron los estimadores de los parámetros del modelo (intercepto y pendiente). El ajuste estadístico se realizó a través del método de cuadrados mínimos lineales, con la ponderación robusta bi Square. El modelo evaluado fue el propuesto por Spurr. La base de datos se fraccionó de forma aleatoria obteniéndose 37 árboles para realizar el ajuste, y 18 árboles para el proceso de validación. Luego de realizada la validación los datos fueron agrupados nuevamente y se procedió al ajuste con la muestra completa. Para realizar la validación se realizaron dos pruebas, la primera una prueba de t de datos pareados que analiza si el promedio de las diferencias entre los datos observados y estimados es cero, y la otra que consiste en ajustar una recta con pendiente uno y ordenada cero, entre los valores observados y estimados.

Tabla Nro 1. Parámetros de rodal de las parcelas donde se extrajeron árboles muestras.

	Minimo	Promedio	Maximo	Donde:
N [arb/ha]	205	1159	2577	N: número de árboles por hectárea
G [m2/ha]	10.0	33.7	62.8	G: área basal por hectárea
Dg [cm]	11.2	20.6	34.7	Dg: diámetro Del árbol de área basal promedio
DR	2.3	7.5	13.3	DR: densidad relativa de Curtis
V [m3/ha]	43	240	570	V: volumen brt del fuste por hectárea
ETOT				ETOT: nro de anillos a la altura del tocón
[años]	13	25	34	H100: Altura dominante
H100 [m]	7.3	14.3	25.8	IS(20eap): índice de sitio a la edad de referencia de 20 años medidos a 1,3 m
IS(20eap) [m]	8.5	12.2	17.2	

Tabla nro. 2. Estadística Decriptiva de la muestra completa de árboles

	N	mínimo	media	máximo	desvio_std
DAP [cm]	55	14,2	23,9	38,0	5,3
Htot [m]	55	7,9	14,3	26,5	4,27
Volumen [m3]	55	0,0900	0,3454	1,2492	0,2406

Tabla Nro.3 Estadística descriptiva de la muestra utilizada para el ajuste

	N	mínimo	media	máximo	desvio_std
DAP [mm]	37	142.5	240.06	380	57.7
Htot [m]	37	8.41	14.62	26.5	4.52
Volumen [m3]	37	0.09	0.361	1.249	0.2685

Tabla nro. 4. Estadística descriptiva de la muestra utilizada para la validación

	N	mínimo	media	máximo	desvio_std
DAP [mm]	18	172	237.8	311.5	44.7
Htot [m]	18	7.9	13.7	20.43	3.76
Volumen [m3]	18	0.1024	0.3133	0.6546	0.1720

Resultados del Ajuste con la muestra fraccionada

SSE	R2	DFE	R2ADJ	RMSE
0.0462	0.9901	35.0000	0.9899	0.0363

	Parámetro	Li(95%)	Ls(95%)
a	0.3132	0.3024	0.3239
b	0.0474	0.0256	0.0693

Test de t de muestras pareadas para analizar validación

Ho	P	Li(95)%	Ls(95%)
0	0.3497	-0.0191	0.0071

No se puede rechazar la Ho de que la media de las diferencias entre los valores observados, de la muestra de la validación, y los estimados es cero

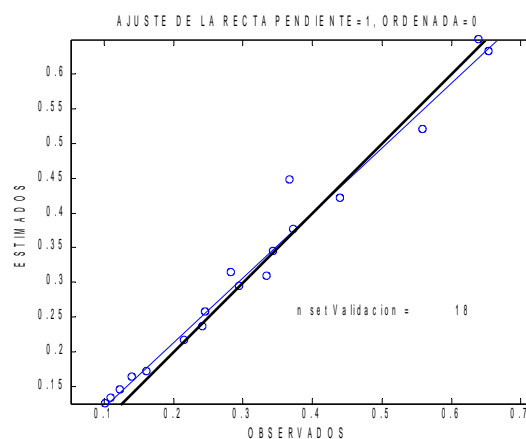
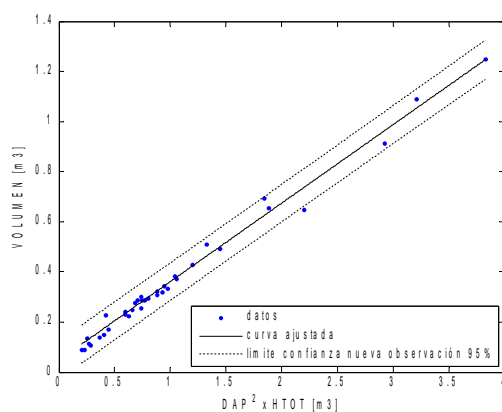


Figura Nro.

Parámetros de la recta de pendiente uno y ordenada cero

General model:

$$\text{estimados} = a + \text{observados} * b$$

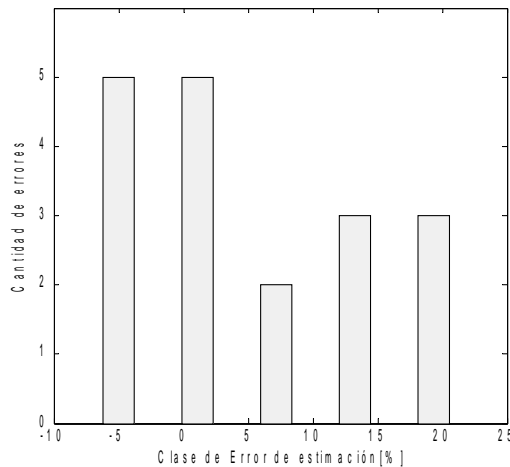
Coefficientes (con 95% de límite de confianza):

$$\text{ordenada} = 0.02648 \quad (0.0004245, 0.05254)$$

$$\text{pendiente} = 0.9346 \quad (0.8612, 1.008)$$

Del análisis de la distribución de los residuos surge que el 100% de los residuos esta entre $\pm 17.5\%$ de error. El error promedio resultó en 5.06% con intervalo de confianza entre 0.08% y 10.05%.

Distribución de cantidad de errores por la magnitud de su error, Set Validac



Se propone el empleo del modelo ajustado con la muestra completa:

$$VT[m^3] = 0.0451 + 0,3144 \times (DAP^2[m^2] \times H[m])$$

Resultados del Ajuste

SSE	R ²	DFE	R ² ADJ	RMSE
0.0599	0.9890	53	0.9888	0.0336

	Parámetro	Li(95%)	Ls(95%)
a	0.3144	0.3052	0.3235
b	0.0451	0.0283	0.0619

Donde:

VT= volumen total del fuste expresado en metros cúbicos

DAP: diámetro normal a la altura del pecho, expresado en METROS

H: altura total del árbol, expresado en METROS

ANEXO

Acerca del Ajuste robusto

Usualmente se asume que los errores siguen una distribución normal, y que los datos extremos son raros. Sin embargo los valores extremos, llamados outliers ocurren. La principal desventaja del ajuste por mínimos cuadrados es su sensibilidad a estos valores. Los outliers tienen una gran influencia sobre el ajuste estadístico, ya que al elevar al cuadrado se magnifica su influencia. Por ello para minimizar su influencia se puede realizar el ajuste por regresión de mínimos cuadrados robusto. Este método ofrece técnicas para ajustar rectas que minimizan la diferencia absoluta de los residuales, en lugar de hacerlo con el cuadrado de las diferencias. Uno de estos métodos es la ponderación bicuadrada. Este método minimiza la suma ponderada de los cuadrados, donde el peso dado a cada punto de datos depende de cuan lejos este se ubica de la línea ajustada, ponderando luego su influencia en el ajuste de acuerdo a esta distancia. Puntos cerca de la línea se le asignan todo el peso de la ponderación, mientras que los puntos alejados reciben una menor ponderación. Los puntos que están más lejos de la línea ajustada, más de lo que se esperaría por el azar tienen influencia nula. El método bicuadrado busca simultáneamente encontrar una recta que ajuste al grueso de los datos utilizando el método tradicional de mínimos cuadrados al mismo tiempo que minimiza el efecto de los valores raros. (Texto traducido del manual de ayuda de MATLAB)