

PREDICCIÓN DE DIÁMETRO SOBRE MUÑONES EN *PINUS TAEDA* L. ORIGEN MARION, MEDIANTE CURVAS DE PERFIL DE FUSTE

ANDENMATTEN, ERNESTO¹; FASSOLA, HUGO²;
LETOURNEAU, FEDERICO¹; FERRERE, PAULA³; CRECHI, ERNESTO²

RESUMEN

Se presenta un método simple para la estimación del diámetro sobre muñones en operaciones de poda comercial de especies forestales. Se basa en estimar el diámetro del fuste mediante una función de perfil de fuste, y agregarle un valor de engrosamiento dado por los muñones de poda. El engrosamiento promedio estimado para árboles de la procedencia *Pinus taeda* L. Marion fue de 3,3 cm. Como resultado de la prueba de validación se determinó que el error promedio de las predicciones fue de - 0,2 cm.

Palabras clave: *poda/ silvicultura / nudos/ manejo forestal/ Mesopotamia*

¹ EEA San Carlos de Bariloche, Campo Forestal Gral. San Martín. CC 26 (8430) El Bolsón, Río Negro, Argentina. Email: eandenmatten@bariloche.inta.gov.ar TE: 02944-473029

² EEA Montecarlo AE n° 4 (3384) Montecarlo te y fax 03751 480 057 / 480512.
email hfasola@ceel.com.ar

³ ex becaria EEA INTA Montecarlo

SUMMARY

PREDICTING DIAMETER OVER STUBS IN PROVENANCE, USING TAPER FUNCTIONS

AEDA L. MARION

A simple method for estimating the diameter over stubs in pruning operations of commercial trees plantations is presented. It is based on the estimation of the stem diameter at any height with a taper function and adding to this a value, due to the nodal swelling resulting from the branch stubs after pruning. The mean nodal swelling estimated for trees of *Pinus taeda* L. Marion provenance was 3.3 cm. From the validation test the mean error of prediction was - 0.2 cm.

Keywords: *pruning/ Silviculture/ knots / forest management/ Mesopotamia*

INTRODUCCIÓN

En el marco de las prácticas silviculturales, la aplicación de podas para obtener madera libre de nudos es una actividad que requiere de un control estricto, porque implica inversiones de consideración, que deben justificarse económicamente al analizar todo el ciclo de producción (Park, 1994). El control se orienta principalmente a mantener pequeño el tamaño del cilindro central con defectos, que depende del diámetro máximo sobre muñones, de la oclusión de la herida de poda y de las sinuosidades de la médula (Park, 1980; 1982).

Habitualmente en la predicción del diámetro máximo sobre muñones (Dmsm) se utilizan funciones ajustadas empíricamente, que emplean como variables, el diámetro del árbol, la altura de la base de la copa viva, variables de tamaños de rama (diámetro) y variables relativas al perfil del fuste. Los parámetros de estas funciones se ajustan sobre una muestra, que implica en la mayoría de los estudios la instalación de ensayos, generalmente costosos y limitados al rango de situaciones representadas.

En este estudio se presenta una metodología de predicción que permite la estimación del diámetro sobre muñones (Dsm), de cualquier verticilo, para cualquier altura, con capacidad para representar una gran variedad de situaciones de rodal.

ANTECEDENTES

Fassola *et al.* (1999) en estudios de plantaciones de *Pinus taeda* L., seleccionaron una función que permite estimar el diámetro máximo sobre muñones (1), utilizando como variables de predicción el diámetro del árbol y la conicidad del fuste (Figura 1):

$$Dmsm = b_0 + b_1 \times DAP + b_2 \times DAP^2 + b_3 \times DADOS \quad (1)$$

Donde:

Dmsm: diámetro máximo sobre muñones;

DAP: diámetro del árbol (cm), medido a 1,30 m sobre el nivel del suelo;

b_0 ; b_1 ; b_2 y b_3 : coeficientes del modelo.

DADOS: variable que expresa la conicidad del fuste (Knowles *et al.*, 1987, modificada por Fassola *et al.*, 1999), calculada según:

$$DADOS = DAP \times \left(\frac{(h - bcvpp)}{(h - 1,30)} \right) \quad (2)$$

Donde:

h: altura total (m);

bcvpp: altura desde el suelo a la base de copa verde, previo a la poda (m)

En la expresión (1) se emplea al diámetro (DAP) y la expresión de la conicidad (DADOS) como variables independientes una de otra, pero en realidad no lo son, ya que DADOS depende del DAP por definición. Analizando la estructura de la expresión DADOS, se observa una gran similitud con las denominadas funciones de perfil de fuste (Gaillard de Benítez *et al.*, 1997; Torrubiano y Salinas, 1998; Davel y Trincado, 2000), que permiten estimar diámetros, a cualquier altura del árbol, utilizando como variables de predicción el DAP, la altura total y la altura de predicción deseada. Es de resaltar también que para una nueva poda, es de esperar que el máximo diámetro sobre muñones se ubique a la altura de la base de la copa viva (bcvpp), hecho observado por Knowles *et al.* (1987) y también por Fassola *et al.* (1997), lo cual se ve reflejado en la ecuación (2). Este hecho encuentra su explicación en la concentración de auxinas de crecimiento que se produciría en la base de la copa a causa de la

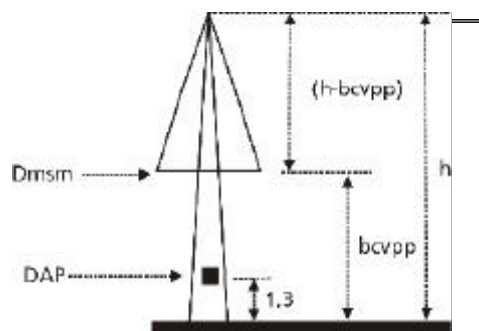


Figura 1. Variables utilizadas en la estimación del diámetro máximo sobre muñones (Dmsm), en *Pinus taeda* L. Origen Marion, según Fassola *et al.* (1999). DAP: diámetro a la altura del pecho (1,30 m); h: altura total; bcvpp: altura de la base de la copa viva previa a la poda.

Variables used for the estimation of the maximum diameter over stubs (Dmsm) of *Pinus taeda* L. Marion provenance, by Fassola *et al.* (1999). DAP: Diameter at breast height (1,30m); h: total height; bcvpp: green crown height previous to pruning.

remoción de ramas y que fuera estudiado oportunamente por Larson (1965) en ejemplares de *Larix* sp.

Observaciones personales del equipo de trabajo sugieren que dentro del rango de los diámetros considerados habitualmente como valores aceptables para podar, existe una cierta regularidad en la deformación del fuste para cada verticilo (Figura 2), que no parece estar asociada ni a la ubicación en altura del verticilo, ni a su diámetro. Esto se corrobora en estudios que indican una pobre o nula relación entre la variable tamaño de rama y la predicción del diámetro sobre muñones (Dsm) (Fassola *et al.*, 1999), que llevan a desaconsejar su inclusión en el modelo predictivo.

Hipótesis y modelo propuesto

Uniéndolas ambas consideraciones, se planteó la siguiente hipótesis:

“Para una especie y procedencia determinada, el diámetro sobre muñones a cualquier altura del árbol dependería del diámetro correspondiente al fuste sin deformaciones, más un engrosamiento constante para cualquier verticilo, independientemente del tamaño de rama”.

En principio, el engrosamiento debido a los muñones posteriormente a la poda, dependería de la deformación en la base de la rama, propia

de la especie y acorde a la base genética y de la operación de poda (tipo de herramienta y habilidad del operario), y sería menos dependiente del DAP, de la ubicación en altura del verticilo y de la edad del mismo, dentro de los términos en que habitualmente se realizan podas comerciales (Figura 2).

La hipótesis se planteó en el siguiente modelo:

$$D_{sm} = D_x + E_{promedio} + \epsilon \quad (3)$$

Donde:

D_{sm} : diámetro sobre muñones del verticilo podado (cm), ubicado a la altura "hx" (m);

D_x : diámetro en el fuste (cm), a la altura hx (m) correspondiente al verticilo a podar;

$E_{promedio}$: engrosamiento promedio, constante para la especie (cm);

ϵ : error de la observación.

En la ecuación (3), existen tres fuentes principales para el error (ϵ): a) la asociada a la calidad de estimación de la función de perfil de fuste, utilizada para calcular el diámetro del fuste sin deformaciones (D_x); b) la asociada a la estimación del engrosamiento (E); y c) la asociada al error aleatorio.

Base de información

Para la prueba del modelo se utilizó información correspondiente a un ensayo de raleo y poda ubicado en la localidad de Puerto Libertad, Departamento Iguazú, provincia de Misiones, Argentina, para la especie *Pinus taeda* L., origen Marion, descrito por Fassola *et al.* (1997). La ubicación geográfica del mismo es 26° 14' de Lat. Sur y 54° 36' de Long. Oeste. La base de datos fue descrita por Fassola *et al.* (1999), y se resume en la Tabla 1. El ensayo se instaló en 1995 sobre una plantación comercial de la especie, de tres años de edad, espaciada originalmente a un distanciamiento aproximado de 3,0 x 1,7 m. El último año de observación fue en 1998, correspondiendo con la aplicación del último levante de poda. Sobre la plantación original, empleando un diseño sistemático clinal, se efectuó un raleo configurando cuatro fajas de densidades diferentes (1967; 983; 491; y 245 árboles / ha). En cada faja se aplicaron podas

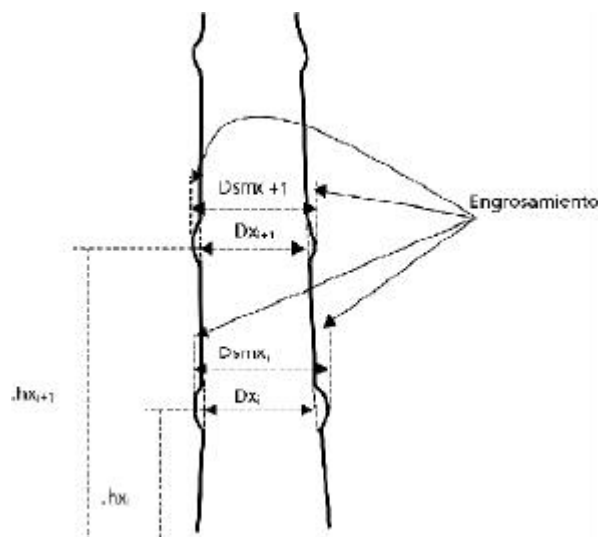


Figura 2: Representación de la propuesta para estimar diámetro sobre muñones (D_{smx_i}). Para cualquier altura (h_{x_i}), se puede estimar el diámetro de fuste (D_{x_i}), y el engrosamiento lateral (deformación del fuste y muñones), propio de la inserción de las ramas y del efecto de poda, según tipo de herramienta y habilidad del operario. Se plantea como hipótesis que el engrosamiento es constante a lo largo de todo el fuste.

Graphical representation of the proposal for diameter over stubs (D_{smx_i}) estimation. Stem diameter (D_{x_i}) and the nodal swelling, due to branch insertion and pruning effect, could be estimated at any height (h_{x_i}). It's hypothesized that nodal swelling is constant through the stem.

anuales con las siguientes intensidades: a) sin poda (0% de remoción de copa); b) poda suave (cerca al 30 % de remoción de copa); c) poda de mediana intensidad (cerca al 50 % de remoción de copa) y d) poda fuerte (cerca al 70% de remoción de copa). Para cada intensidad de poda se aplicaron diferentes números de levantes o realces de poda, todos de frecuencia anual, variando de uno a cuatro. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones. En cada parcela se seleccionaron árboles en los que se midieron distintas variables, detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores mínimos y máximos de las variables de estado de las parcelas y árboles (n=606) utilizados en el estudio (tomado de Fassola *et al.*, 1999)
Minimum and maximum values of plot and tree state variables (n=606) used in this study (source: Fassola *et al.*, 1999)

	E	árboles	G	DAP	H	Dmsm	hdmsm	bcv	Dmr	hp	Podá
	(años)	(nº/ha)	(m²/ha)	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(m)	(cm)	(m)	%
Mín	3	121	1,48	4,46	3,2	7,6	0,1	0,13	0,3	1,45	9,4
Max	6	2094	23,95	28,01	14,1	23	7,7	7,4	12,5	9,60	71,3

E=edad (age); árboles = número de plantas (number of trees/ha); G = área basal (basal area); DAP =diámetro (dbh); H= altura (height); Dmsm = diámetro máximo sobre muñones (maximum diameter over stubs); hdmsm = altura del Dmsm (Dmsm height); bcv = altura desde el suelo a la base de la copa verde (height to green crown); Dmr = diámetro de la rama de mayor diámetro medido en sentido horizontal, ubicada en el verticilo correspondiente al Dmsm (diameter of the largest branch of the Dmsm whorl measured horizontally) ; hp = altura de poda (pruning height); Podá = porcentaje de remoción de copa (percentage of crown removed).

La base de datos se dividió en dos mitades, asignando los registros aleatoriamente, utilizándose una mitad para el cálculo del engrosamiento, en adelante muestra A (n=303), y la otra mitad para validar los resultados, a la que se denominó muestra B (n=303).

Función de perfil de fuste

Para la predicción del diámetro sobre el fuste (Dx), se utilizó la función propuesta por Crechi *et al.* (1999), que utiliza las siguientes variables predictivas:

$$D_x = b_1 + b_2 \cdot D_{msm} + b_3 \cdot H \quad (4)$$

Donde las abreviaturas corresponden a lo indicado anteriormente.

Es importante señalar que en las bases de datos utilizadas para ajustar funciones de perfil de fuste, habitualmente las mediciones de los pares diámetro-altura se realizan eligiendo porciones del fuste libres de deformaciones. Esto implica que se evitan ex profeso las deformaciones del fuste originadas por ramas o verticilos, ya sean podados o no, con lo cual la función ajustada representa el volumen idealizado del fuste, sin deformaciones (Figura 2).

Engrosamiento debido a la presencia de muñones

Para las observaciones del ensayo comprendidas en la muestra A, se estimó el engrosamiento como la diferencia entre el diámetro sobre muñones observado y el diámetro en el fuste:

$$E_i = D_{sm} - D_x \quad (5)$$

Donde:

E: Engrosamiento de una observación (cm);

D_{sm}: diámetro (cm) medido sobre los muñones;

D_x: diámetro del fuste (cm) estimado según la función de perfil de fuste (Ecuación 4).

Posteriormente se calculó el promedio de todos los engrosamientos, que se toma como el valor de engrosamiento para la especie y origen en estudio:

$$E_{\text{promedio}} = \frac{1}{n} \left| \sum_{i=1}^n E_i \right| \quad (6)$$

Donde:

E_{promedio}: engrosamiento promedio para la muestra A (cm);

E_i: engrosamiento de una observación (cm);

n: tamaño de la muestra (303).

Diámetro sobre muñones

Sobre la muestra B se estimó el diámetro sobre muñones utilizando la expresión (7),

$$D_{sm\text{estimado}} = D_x + E_{\text{promedio}} \quad (7)$$

Donde:

D_{sm estimado}: diámetro sobre muñones (cm);

D_x: diámetro del fuste (cm) estimado con la Ecuación 4.

E_{promedio}: engrosamiento promedio (cm) calculado sobre la muestra A.

Análisis estadístico

Se contrastaron los valores de diámetro sobre muñones observados contra los estimados, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras al 5% de nivel de significancia. Esta prueba establece como hipótesis nula que dos muestras pueden considerarse como representantes de la misma población, si las diferencias máximas entre las distribuciones de frecuencias no superan un cierto nivel. Para ello se compara el valor del estadístico "C" de tabla contra el mismo estadístico "C" calculado sobre la muestra, estableciendo que si el valor calculado es menor que el valor de tabla, se acepta la hipótesis nula (Steel y Torrie, 1993).

Para analizar los resultados, se graficaron los diámetros sobre muñones observados contra estimados, que junto con el ajuste de una relación lineal entre ellos (8), permite interpretar la calidad de la predicción mediante interpretación visual y de los coeficientes de la recta: a) coeficiente de determinación (R^2), que cuando tiende a uno indica correlación perfecta; b) ordenada al origen de la recta (α), que cuando tiende a cero indica ausencia de sesgo y; c) pendiente de la recta (β), que cuando tiende a uno indica que los valores observados y estimados presentan una relación lineal. En estos casos se admite que las observaciones contienen variaciones naturales, que introducen un error aleatorio (ϵ) (Vanclay, 1994).

$$y = \alpha + \beta \times \hat{y} + \epsilon \quad (8)$$

Donde:

y: valor observado;

α : ordenada de la recta ajustada;

β : pendiente de la recta ajustada;

\hat{y} : valor estimado.

ϵ : error aleatorio

Por último, se graficaron los residuales (valor observado menos valor esperado) contra los valores de diámetro sobre muñones estimados, para un análisis visual de posibles tendencias entre variables, sesgos y heterocedasticidad de la varianza, y la relación entre engrosamiento y diámetro de rama, utilizando el mismo tipo de gráfico.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de engrosamiento de la muestra A, calculados según (5), se graficaron contra el diámetro sobre muñones (Figura 3) observándose regularidad de dispersión alrededor de su promedio, con un rango que varía principalmente entre 2 y 5 cm, observando una leve tendencia creciente (la recta de ajuste presenta pendiente = 0,22, con un coeficiente de correlación ($R^2=0,15$) que no permite suponer una relación causal clara entre ambas variables.

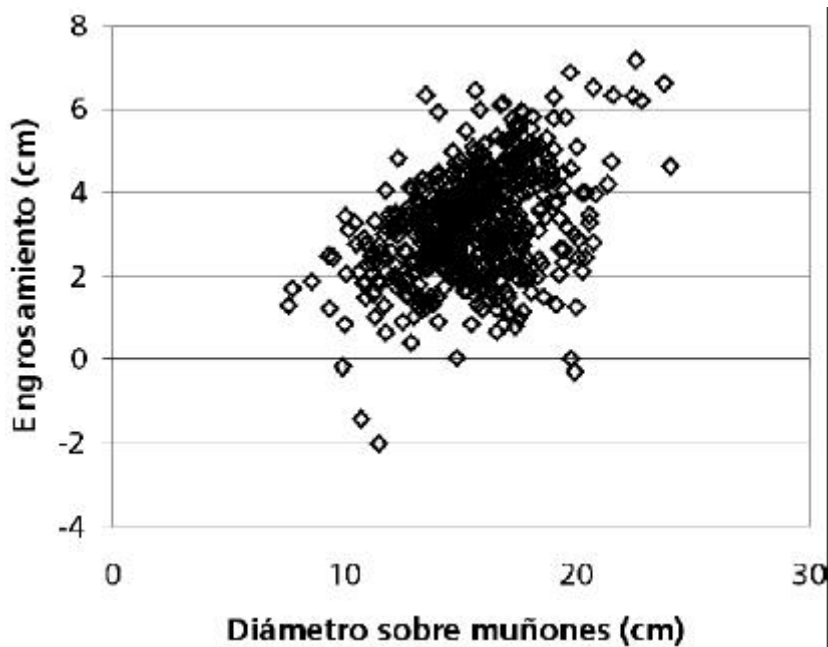


Figura 3. Engrosamiento promedio y observado, por sobre el valor del diámetro del fuste estimado según la función de perfil de fuste ($R^2=0,15$).
Mean and observed nodal swelling over diameter estimated with the taper function ($R^2=0.15$).

Se tomó el promedio de engrosamientos según (6), y se presentan sus resultados en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los valores de la variable engrosamiento (cm) estimados para la muestra A

Descriptive statistics of the variable nodal swelling estimated for the sample A

Estadístico (Statistic)	Engrosamiento (Nodal swelling) (cm)
Número de casos (observations) (n)	303
Mínimo (minimum)	-2,005
Máximo (maximum)	9,748
Media (average)	3,451
Desvío estándar (Standard deviation)	1,401

Para los registros de la muestra B, se estimó el diámetro sobre muñones adicionando el engrosamiento promedio calculado de la muestra A (3,451 cm) a los diámetros estimados según (4). Posteriormente se calcularon los desvíos (residuales) respecto a los diámetros sobre muñones

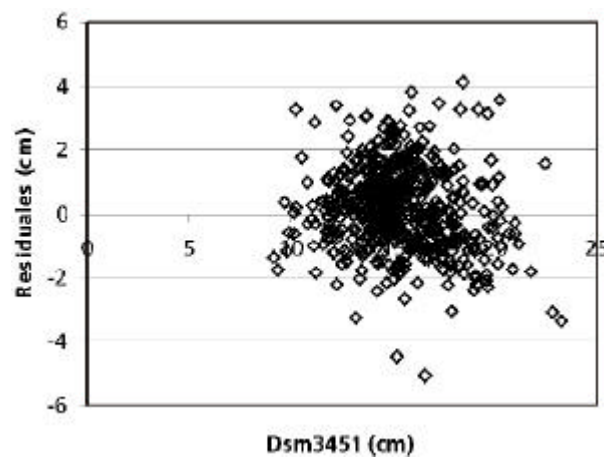


Figura 4. Distribución de las diferencias entre los diámetros sobre muñones observados y estimados de la muestra B (n=303), en relación al diámetro sobre muñones estimado utilizando la función de perfil de fuste, más un engrosamiento fijo de 3,451 cm (Dsm3451) ($R^2=0,02$).

Distribution of differences between observed and estimated diameter over stubs (residuals) of the sample B (n=303). Dsm3451 is the diameter over stubs estimated using the taper function plus the mean nodal swelling value of 3.451 cm ($R^2=0.02$).

observados. Los residuos se graficaron contra los valores estimados no observándose visualmente tendencias entre ambas variables, ni signos de heterocedasticidad de la varianza.

El resultado de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras al 5% de nivel de significancia (Tabla 3), sugiere que se acepte la hipótesis nula de que ambas muestras pertenecen a la misma población.

Tabla 3. Estadístico "C" de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras al 5 % de nivel de significancia (n=303).

"C" statistic of the Kolmogorov-Smirnov for two samples at 5% of confidence level (n=303)

Estadístico (statistic)	Valor (value)
"C" de tabla (C table)	0,110
"C" calculado (C calculated)	0,062
Probabilidad (probability)	0,593

En la hipótesis se plantea al engrosamiento como propio de la especie y procedencia, lo cual lo encierra en una exagerada rigidez. Es factible imaginar situaciones en que el engrosamiento promedio será mayor al encontrado en este trabajo, especialmente cuando las podas se hayan retrasado, o en plantaciones de baja densidad inicial, con lo cual el diámetro de rama y la deformación propia del fuste pueden ser mayores a los tratados en este estudio. En ese caso, se podría estimar el engrosamiento que corresponderá a la situación considerada, ajustada sobre una muestra que lo represente, aunque es poco probable que operaciones de poda realizadas en ese contexto puedan considerarse exitosas. De todos modos esta calibración sería para modificar el engrosamiento promedio particular de un rodal, lo cual no modifica el concepto introducido en este artículo.

Por último, en la representación de los diámetros sobre muñones, observados contra estimados (Figura 5), se observa un buen grado de ajuste entre ellos, aunque se observa una tendencia a sobreestimar los diámetros menores y a subestimar los diámetros mayores.

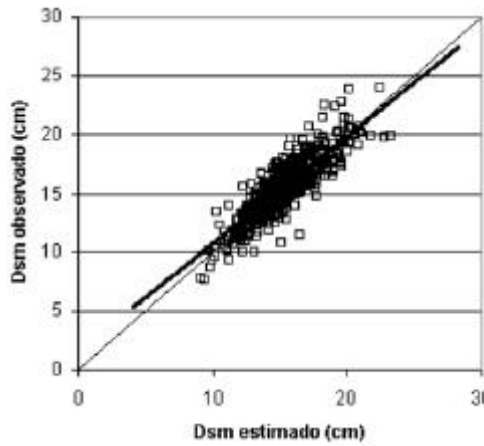


Figura 5. Relación entre diámetros sobre muñones observados y estimados según la función de perfil de fuste y el engrosamiento promedio de 3,451 cm. La línea fina, correspondería a un ajuste perfecto con ordenada cero y pendiente uno. La línea gruesa corresponde al ajuste lineal, siendo sus parámetros $a=1,547$ (0,443); $b=0,884$ (0,028) y; $R^2=0,761$ (valores entre paréntesis corresponden al desvío estándar del parámetro).

Observed values of diameter over stubs vs. estimated values using the taper function and a mean nodal swelling of 3.451 cm. The continuous line represents a perfect fit with an intercept value of zero and a slope value of one. The dashed line is the linear model fitted to the data with intercept $a = 1.547$ (0.443) and slope $b = 0.884$ (0.028) and $R^2 = 0.761$ (values in brackets are the standard errors of the parameters).

Este desvío entre valores observados y estimados puede obedecer a las causas mencionadas como fuentes de error. Descartando de la discusión el error aleatorio, ya que por definición es de origen desconocido, queda la posibilidad que corresponda a error introducido por la función de forma utilizada, o por existir tendencia entre el engrosamiento y el diámetro sobre muñones o una relación entre tamaño de rama y engrosamiento. Estas últimas posibilidades se estudiaron contrastando los valores de engrosamiento, contra el diámetro sobre muñones (Figura 3), observando una leve tendencia, con un coeficiente de determinación bajo, y contra el tamaño de rama, sin que se observara ningún tipo de tendencia (Figura 6). El diámetro estimado mediante la función de perfil participa en la estimación del engrosamiento, por lo tanto la tendencia entre en

engrosamiento-diámetro sobre muñones debe tomarse con suma atención, para evitar considerar como independientes a dos variables que no lo son. Cabe suponer entonces que el sesgo observado en la Figura 5 debe atribuirse principalmente a la función de perfil, pero el nivel del error promedio es pequeño (error promedio = -0,211 cm; n=303). Si se considera importante eliminar este desvío, una alternativa sería ajustar funciones de perfil para el rango específico de plantas en condiciones de ser podadas, lo que evitaría que una sola función de perfil tenga que absorber toda la variabilidad existente desde árboles de escaso diámetro hasta árboles de gran porte. Por otra parte las funciones de perfil de fuste se ajustan para el largo total del mismo, cuando para este uso específico solo sería necesaria una buena estimación para diámetros ubicados desde el nivel del suelo a unos 6 u 8 m de altura, que corresponde a las máximas alturas utilizadas en poda comercial. Además, existen funciones de perfil de mayor complejidad (por ejemplo Max y Burkhart 1976; Kozac 1988) que permitirían mayores niveles de exactitud en las estimaciones de diámetros a distintas alturas.

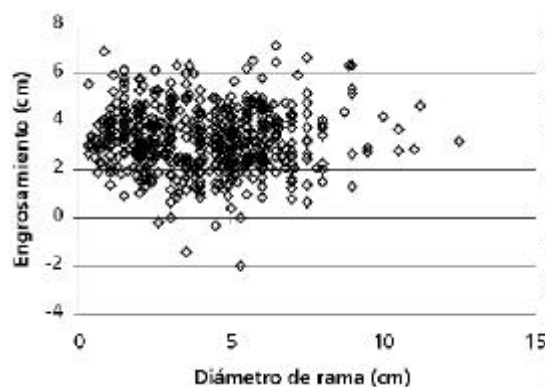


Figura 6. Relación entre diámetro de rama y diámetro sobre muñón estimado utilizando engrosamiento de 3,451 cm ($R^2=0,0003$), no se observa tendencia en la relación.

Aceptando la validación realizada, se recalculó el valor del engrosamiento promedio utilizando el total de la muestra disponible. En la Tabla 4

se presentan sus estadísticos descriptivos, proponiendo como engrosamiento promedio de la procedencia Marion de *P. taeda* el valor 3,337 cm.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los valores de la variable engrosamiento (cm) estimada con el total de la muestra.

Descriptive statistics for the nodal swelling variable estimated from the whole sample.

Estadístico (statistic)	Engrosamiento (nodal swelling) (cm)
Número de casos (observations) (n)	606
Mínimo (minimum)	-2,005
Máximo (maximum)	9,748
Media (average)	3,337
Desvío estándar (Standard deviation)	1,333

CONCLUSIONES

El uso de la estimación del diámetro de fuste a una cierta altura empleando funciones de perfil de fuste más un valor constante de engrosamiento, propio de la especie, procedencia y operación de poda (tipo de herramienta y habilidad del operario), es una opción válida para predecir el diámetro sobre muñones. Esto implica asumir que la deformación del fuste producida por la edad y posición de la rama no influye en el engrosamiento debido a los muñones de poda, que puede considerarse constante a los efectos de la predicción buscada. Por ser la base del método de tipo conceptual, corroborada por una experiencia particular, permite suponer que su aplicación es robusta y podrá extenderse a situaciones aún más allá del rango de valores de las variables consideradas. El engrosamiento promedio propuesto para la procedencia Marion de *P. taeda* es de 3,337 cm, valor que podrá ajustarse a medida que se disponga mayor información.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado parcialmente por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Proyecto de Desarrollo Forestal-SAGPyA (PIA 20/96), Alto Paraná S.A. y Cooperadora de la Estación Experimental Bariloche-INTA.

BIBLIOGRAFÍA

- CRECHI, E; FASSOLA, H.; FERRERE, P. 1999.** "Simulador Forestal de crecimiento. *Pinus taeda*. Programa Cooperativo Simuladores de Crecimiento. Manual de descripción técnica (Versión 2.0)". INTA EEA Montecarlo.
- DAVEL, M.; TRINCADO, G. 2.000. 2000.** "Evaluación de modelos fustales para *Pseudotsuga menziesii* en la Patagonia Andina Argentina". Investigación Agraria, sistemas y recursos forestales 9(1): 104-116.
- FASSOLA H. Y GELID DE RUIBAL M. 1997.** "Diámetro máximo sobre muñones al momento de la primer poda en árboles dominantes de *Pinus taeda* L. del Departamento Iguazú, Misiones". INTA EEA Montecarlo. Informe Técnico 19: 1-7. Argentina.
- FASSOLA, H.E.; GELID, M.; FERRERE, P. 1999.** "Predicción del diámetro sobre muñones en ejemplares de *Pinus taeda* L. origen Marion en el departamento Iguazú, Misiones". En informe final, Proyecto de investigación aplicada PIA 20/96, SAGPyA. 9 p.
- GAILLARD DE BENÍTEZ, C.; PECE, M.G.; RÍOS, N. 1997.** "Ajuste de funciones de forma en *Eucalyptus tereticornis*". Quebracho (5): 51-62.
- KNOWLES, R.L.; WEST, G.G.; KOEHLER, A.R. 1987.** "Predicting diameter over stubs in pruned stands of radiata pine": FRI Bulletin 12. 25p.
- KOZAK, A. 1988.** "A variable-exponent taper equation". Canadian Journal of Forest Research 18(11): 1363-1368.
- LARSON, P. 1965.** "Stem form of young Larix influenced by wind and pruning". Forest Science 2(4): 412-423.
- MAX, T.A. AND H.E. BURKHART. 1976.** "Segmented polynomial regression applied to taper equations". Forest Science 22(3): 283-289.
- PARK J. C. 1980.** "A grade index for pruned butt logs". NJFS. 10 (2): 419-438. Rotorua. New Zealand.
- PARK J.C. 1982.** "Occlusion and the defect core in pruned radiata pine". FRI Bulletin 2: 1-15. NZFS. Rotorua. New Zealand.
- PARK, J.C. 1994.** "Evaluating pruned sawlog quality and assessing sawmill recoveries in New Zealand". Forest Products Jr. 44(4): 43-52.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1993.** "Bioestadística: principios y procedimientos". 2ed. Mc Graw-Hill. 613 p.
- TORRUBIANO, C.; SALINAS H. 1998.** "Herramientas de cubicación para pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.)Franco) ubicados en la zona de Valdivia". Bosque 19(2): 11-21.
- VANCLAY, J.K. 1994.** "Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests". CAB International. 310 p.