

RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA AÉREA Y LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN LA BASE DE COPA VIVA DE *Pinus taeda* L. EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA ¹

RELATIONSHIP BETWEEN FOLIAR BIOMASS AND THE CROSS SECTION IN THE BASE OF THE GREEN CROWN OF *Pinus taeda* L IN NORTHERN MISIONES, ARGENTINA

Hugo Fassola ¹
Ernesto Crechi ¹
Sara Barth ¹
Aldo Keller ¹
Martín Pinazo ¹
Rodolfo Martiarena ¹
Alejandra Von Wallis ¹
Iris Figueredo ¹

Fecha de recepción: 04/07/2007
Fecha de aceptación: 21/05/2009

¹INTA. E. E. A. Montecarlo, Avenida El Libertador 2472 (C. P. 3384) Montecarlo, Misiones, Argentina.
e-mail: hfassola@montecarlo.inta.gov.ar, ecrechi@ceel.com.ar

SUMMARY

In order to know and quantify, in the next future, functions of the ecosystem as carbon accumulation in different compartments of the tree and hydraulic relationships in stands of *Pinus taeda* L. the Pipe model theory was analyzed. The permeability of the tissues to water passage in the section of the base of the green crown of 62 trees was determined with a vacuum pump. That allowed us to determine that this section was fully conductive for all trees in the studied area. Ninety one trees were felled to establish the relationship between the cross section in the base of the green crown and the needles biomass. The proportionality between the cross section in the base of the green crown and the needles biomass was established with linear regression analysis.

Key words: foliar biomass, cross section, Pipe model theory, *Pinus taeda* L.

RESUMEN

Se examinó la teoría de los conductos a los fines de poder, a futuro, conocer y cuantificar en rodales de *Pinus taeda* L. funciones del ecosistema como patrones de acumulación de carbono en distintos compartimentos del árbol y también relaciones hídricas. Mediante una bomba de vacío se determinó la permeabilidad al pasaje de agua de los tejidos en la sección correspondiente a la base de la copa viva de 62 ejemplares. Ello permitió determinar que dicha sección era conductiva en su totalidad para la especie en el área bajo estudio. A los fines de establecer la relación entre la sección en la base de la copa viva y la biomasa foliar se apearon 91 árboles, en los cuales se determinó biomasa de los distintos compartimentos. Mediante regresión lineal se estableció que había una proporcionalidad entre la

biomasa foliar y el área de la sección de la base de la copa viva.

Palabras clave: biomasa foliar, sección transversal, teoría de los conductos, *Pinus taeda* L.

INTRODUCCIÓN

Diversos tipos de estudios biológicos requieren del conocimiento de la cantidad de biomasa y/o área foliar en plantas individuales o en poblaciones arbóreas, así como su distribución espacial. Mediante el conocimiento de la relación entre la biomasa aérea y el tejido conductivo que la sustenta sería factible caracterizar la arquitectura de copas, como también la acumulación de biomasa en el árbol.

La aplicación de una metodología que permita evaluar un proceso o describir el estado particular de

¹ Trabajo financiado por los proyectos PNFOR 2211, PNFOR 2214 y PNFOR 2215 de INTA

un sistema, debe efectuarse con base en un modelo teórico que la sustente. Tomando como base el hecho que, fisiológicamente, la tasa de transpiración del follaje es proporcional al área foliar y la tasa de provisión de agua hacia la copa es proporcional al área de tejido conductor, SHINOZAKI *et al.* (1964 a) han propuesto conocer este fenómeno en los árboles mediante términos cuantitativos como un requisito previo para realizar estimaciones de biomasa. Esto ha dado lugar al desarrollo del "modelo de tubos".

El análisis de los perfiles verticales de la cantidad de hojas y de órganos no fotosintéticos en diversas poblaciones de plantas (herbáceas o leñosas), ha revelado la existencia de una similitud en su patrón de distribución. Observando este hecho SHINOZAKI *et al.* (1964a, b) establecieron una expresión matemática para relacionar la distribución del follaje y la de los órganos no fotosintéticos. El desarrollo de los órganos fotosintéticos se apoya en el de los órganos no fotosintéticos. Los modelos más recientes tienden a modelar esta relación transporte de agua – almacenaje a través de relacionar albura y follaje e incluso se ha establecido este tipo de relación para *Pinus taeda* L. en EEUU al analizar la acumulación de carbono en sus tejidos (VALENTINE, 1985; MAKELA, 1986; citados por CHIBA, 1997).

En base a ello los objetivos del presente estudio fueron (1) determinar la superficie permeable al pasaje de agua de la sección en la base de la copa viva en *Pinus taeda* L. y (2) considerar teóricamente la relación entre la biomasa aérea y el área de la sección transversal del fuste que soporta dicha estructura en base a las presupuestas expresados en la teoría de los conductos por SHINOZAKI *et al.* (1964 a, b) y análisis más recientes presentados por OOHATA y SHINOZAKI (1979) y CHIBA (1990, 1991).

Postulando la propuesta de SHINOZAKI *et al.* (1964a) que condujo a la teoría de los conductos se buscó evaluar el fundamento de dicho modelo y su aplicabilidad en *Pinus taeda* L. implantado en la región agroecológica Misiones Norte (PAPADAKIS 1974), Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

1) Determinación de la superficie permeable en la sección de la base de copa viva

Del apeo de 62 árboles de *Pinus taeda* L., empleados en el análisis de la biomasa foliar (2), se obtuvieron discos de la base de la copa verde. De dichos discos se extrajeron, desde el centro a la periferia, un mínimo de 3 tarugos en cada uno de 4 mm de diámetro con barrenos Pressler. Dichos tarugos fueron conectados en su parte superior a un caño de goma transparente que se llenaba de agua destilada. En su parte inferior un caño flexible de goma conectaba a un kitasato en su parte superior y que en

su pico lateral estaba conectado a una bomba de vacío de 0,9 atmósferas.

Al accionar la bomba, si el tejido era permeable, el agua que se encontraba en la columna superior era recogida en el kitasato, verificándose de esta manera la hipótesis de permeabilidad del sector del disco analizado. Mediante una prueba de "t", se contrastó la hipótesis nula que la sección no es totalmente conductiva, utilizando los datos obtenidos.

2) Determinación de la relación biomasa de acículas- sección transversal de la base de la copa viva

Se trabajó con datos provenientes del apeo de 91 árboles de *Pinus taeda* origen Marion, en rodales de edades de 3, 5, 7, 11, 20, 22 y 25 años de la zona Misiones Norte. (PAPADAKIS, 1974). En tabla 1 se presenta una caracterización de las principales variables de estado de los árboles apeados.

Los individuos seleccionados fueron apeados, desramados y defoliados, procediéndose al pesaje de biomasa de acículas, tanto vivas como muertas y ramas, separando estas en muertas y vivas como también por tamaño, mayores o menores de 5 cm de diámetro. Otras mediciones efectuadas fueron diámetro a altura de pecho, diámetro de base de copa verde, altura de base de copa verde y diámetros con corteza y sin corteza a lo largo del fuste de las trozas obtenidas. En laboratorio muestras del material de acículas fueron secadas a $103^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ con el fin de estimar la biomasa de acículas. Los datos de los árboles apeados fueron procesados mediante análisis de regresión a los fines de comprobar la existencia de una proporcionalidad entre la biomasa foliar y el área de la sección de base de copa viva. La calidad de los ajustes fue evaluada a través de los indicadores coeficiente de determinación R^2 , error estándar de la estimación S_{xy} , error absoluto medio y análisis de residuales.

Tabla 1: Variables de estado asociadas a los ejemplares apeados de *Pinus taeda* en la zona agroecológica Norte de Misiones.

Table 1: State variables associated to felled trees of *Pinus taeda* L in the agroecological zone of Northern Misiones.

	edad (años)	dap cc (cm)	h (m)
Mínimo	3	7,6	3,5
Máximo	25	52,0	26,3
Promedio	14	20,00	18,7

Donde: dap cc = diámetro a altura de pecho con corteza, h=altura

Dado que en trabajos de ajustes de modelos para la estimación de biomasa de acículas ejecutados anteriormente en el país se empleó como variable independiente el dap (LACLAU, 2003; PINAZO *et al.*, 2007) también se ajustó una relación alométrica empleando esta el área basal a la altura de pecho a los

finés de contrastar la conveniencia del empleo de una u otra, adoptando también el criterio de estimar las secciones transversales considerando la corteza.

RESULTADOS

1) Determinación de la superficie permeable en la sección de la base de copa viva

Evaluada la capacidad conductiva del tejido leñoso a través del estudio de permeabilidad del mismo al pasaje de agua, pudo comprobarse que el 8 % de los discos correspondientes a la sección transversal de la base de copa viva de los árboles eran conductivos en forma parcial. El resto de los discos presentó capacidad conductiva en toda la sección. Efectuado el contraste de la hipótesis planteada se rechazó la hipótesis nula y se aceptó que la totalidad de la sección era conductiva al 90 % de probabilidades. En trabajos anteriores FASSOLA *et al.* (2005) asumían que la sección en la base de copa viva de *P. taeda* L., como expresión indirecta de la biomasa foliar resultante de distintos tratamientos silvícolas, era totalmente conductiva al relacionarla con la producción de forraje bajo dosel, estos resultados permiten aceptar dicho presupuesto, como también para establecer relaciones entre la sección transversal y la biomasa aérea.

2) Determinación de la relación biomasa de acículas - sección transversal de la base de la copa viva

Como resultado de las tareas de muestreo para la obtención de discos de la base de la copa viva, con

la consecuente determinación de sus secciones transversales y la determinación de la biomasa de acículas vivas y muertas, como también las estimaciones de las secciones con corteza al dap, se generó una base de datos que permitió establecer mediante análisis de regresión lineal simple la relaciones existentes entre las mismas. En la tabla 2 se presenta los valores promedio, máximo y mínimo determinados.

Posteriormente se procedió al ajuste de los modelos predictores de la biomasa de acícula, mediante la expresión (a):

$$(a) \text{ kg Biomasa de acículas} = a + b \cdot x$$

En la tabla 3 se presentan los coeficientes y estadísticos de ambos modelos ajustados. Puede observarse que el modelo que emplea g_{bcvcc} como variable independiente presentó un mejor ajuste, lo cual es explicable en el hecho de que la altura de pecho ha dejado ser conductivos.

En el gráfico 1 se presenta el modelo seleccionado y en el gráfico 2 los residuos estudentizados del mismo, no observándose tendencias en los mismos.

Estos resultados reflejaron la existencia de una proporcionalidad, sostenida por OOHATA (1986), entre la biomasa foliar y la sección transversal en la base de la copa en *Pinus taeda* L. en la zona agroecológica bajo estudio, la cual es la base teórica de la teoría de los conductos.

Tabla 2: Valores promedio, máximo y mínimo de la sección en la base de la copa viva, al dap y de la biomasa de acículas determinados en *Pinus taeda* L. en la zona agroecológica Norte de Misiones.

Table 2: Mean, maximum and minimum values of the cross section in the base of the green crown, at breast height and needle biomass determined in felled trees of *Pinus taeda* L in the agroecological zone of Northern, Misiones.

	g_{bcvcc} (cm ²)	g_{dapcc} (cm ²)	biomasa de acículas (kg)
Mínimo	46,6	44,77	2,9
Máximo	1392	2123,72	123,2
Promedio	366,4	757,29	26,3

g_{dapcc} = área transversal en el dap con corteza; g_{bcvcc} = área transversal en base de copa viva con corteza

Tabla 3: Coeficientes y estadísticos del modelo ajustado para la estimación de biomasa de acículas y el área en la base de la copa viva y a la altura de pecho en árboles de la región agroecológica Norte de Misiones.

Table 3: Coefficients and statistics of the fitted model for the estimation of needles biomass and the area in the base of the green crown and at breast height in felled trees of *Pinus taeda* L of the agroecological zone of Northern, Misiones.

Variable independiente	<i>a</i>	<i>b</i>	R ² ajustado %	S _{yx}	EAM
g_{bcvcc}	2,82545	0,0642029	78,42	9,62	6,52
g_{dap}	3,67116	0,0299449	70,28	11,29	7,43

Donde: *a* y *b*: Coeficientes; S_{yx}: error estándar del estimador; EAM: error absoluto medio

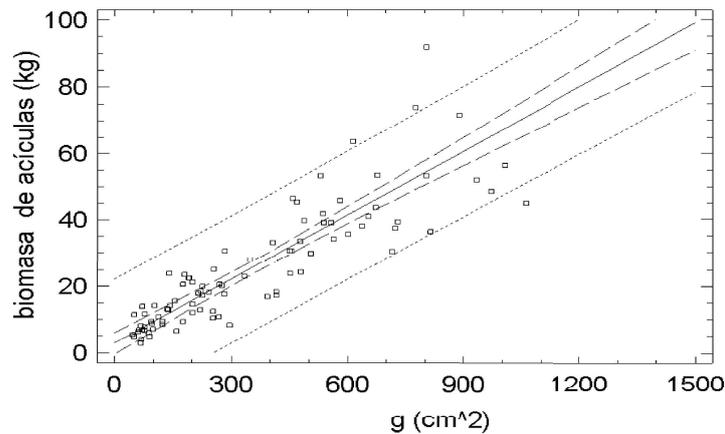


Gráfico 1: Relación entre de biomasa de acículas y área transversal de base (g) de copa verde en árboles de *Pinus taeda* L. en la zona agroecológica Norte de Misiones ($\alpha = 0,05$).

Graph 1: Relationship between needles biomass and the cross section in the base of the green crown in felled trees of *Pinus taeda* L. of the agroecological zone Northern, Misiones.

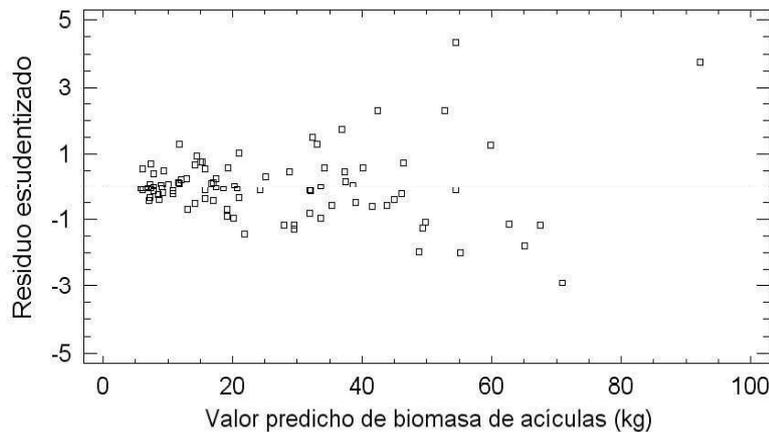


Gráfico 2: Residuos estudentizados correspondientes al modelo de estimación de biomasa de acículas en relación a la sección en la base de la copa viva con corteza en ejemplares de *Pinus taeda* L. de la zona agroecológica Norte de Misiones.

Graph 2: Studentized waste of the fitted model for the estimation of needles biomass in relation with the cross section in the base of the green crown in felled trees of *Pinus taeda* L. of the agroecological zone Northern, Misiones.

CONCLUSIÓN

Merced a la determinación de la existencia de proporcionalidad entre la biomasa foliar y el área transversal de base de copa viva es posible concluir que la teoría de los conductos es aplicable a *Pinus taeda* L. cultivado en la región dentro de un amplio rango de edades. También reflejan la conveniencia de que en el desarrollo de modelos donde se establezcan relaciones entre tejidos de sostén y de la biomasa foliar se utilicen criterios con fundamento biológico y no determinístico.

Esta teoría y sus derivaciones brindan un sustento biológico al desarrollo de modelos que

permitan predecir la acumulación de tejidos en árboles de la especie, la arquitectura de la canopia y consecuentemente la estructura de ramas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de: Ing. Agr. Eduardo De Coulon, Aserradero Bochert, Aserradero Laharrague – Chodorge S. A., Puerto Laharrague S. A., Lipsia S. A., Rama S. A. y Trumpp Hermanos.

BIBLIOGRAFÍA

- CHIBA, Y. 1990. Plant form analysis based on the pipe model theory. I. A statical model within the crown. *Ecol. Res.* 5, pp. 207–220
- CHIBA, Y., 1991. Plant form analysis based on the pipe model theory. II. Quantitative analysis of ramification in morphology. *Ecol. Res.* 6, pp. 21–28
- CHIBA, Y., 1997. Architectural analysis of relationship between biomass and basal area based on pipe model theory. *Ecological Modelling*. Volume 108, Issues 1 a 3, pp. 219–225.
- FASSOLA H. E., Lacorte S.M.; Pachas A. N.1; Pezzuti R. 2005. Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuíticus* valls, bajo dosel de *Pinus taeda* L. en el nordeste de Corrientes. *RIA*, 34 (3), pp. 21-38
- LACLAU, P. 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. *Forest Ecology and Management*. 180, pp. 317-333
- OOHATA, S. 1986. Some quantitative analices of tree form: Further extensions to the Pipe Model Theory. In: *Crown and Canopy Structure in Relation to productivity*. Edited by T. Fuyimori and D Whitehead. Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, Japan. Pp. 159 - 171.
- PAPADAKIS, J. 1974. Ecología, posibilidades Agropecuarias de las Provincias Argentinas. Fascículo 3. *Enciclopedia Arg. de Agric. y Jardinería*. Ed. ACME. 86 pp.
- PINAZO, M. A.; Martiarena, R. A.; Von Wallis, A.; Crechi, E.; Pahr, N. M.; Knebel, O. 2007. Efectos de la intensidad de raleo sobre la compartimentalización y stock de carbono en plantaciones de *Pinus taeda* L. establecida sobre ultisoles de Misiones. *RIA*, 36 (1), pp. 5-20
- OOHATA, S.; Shinozaki, K. 1979. A statical model of plant form – Further analysis of the Pipe Model Theory. *Japanese Journal of Ecology* n° 29, pp. 323 - 335.
- SHINOZAKI, K.; Yoda, K.; Hozumi, K.; Kira, T. 1964 a. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory I. Basic analyses. *Japanese Journal of Ecology* n°14, pp. 97 - 105.
- SHINOZAKI, K.; Yoda, K.; Hozumi, K.; Kira, T. 1964 b. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology. *Japanese Journal of Ecology* n°14, pp. 133 - 139.