



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-173

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Producción de residuos forestales por la conducción de los rebrotes de *Eucalyptus dunnii* Maiden. y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

REBOTTARO, S.¹ y CABRELLI, D.¹

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Dasonomía.
Av. San Martín 4453 (CP 1417), Buenos Aires, Argentina.

Resumen

El género *Eucalyptus* es muy difundido a nivel mundial. Pero, se le atribuye un impacto negativo. El sistema se basa en producir mucho volumen en rotaciones cortas, e iniciar nuevos ciclos mediante rebrote. El manejo del rebrote genera residuos, cuya cuantificación es necesaria para evaluar su potencial como biocombustibles, o en estudios sobre balance de carbono y ciclaje de nutrientes. En el presente trabajo se evaluó cantidad y composición de los residuos del manejo del rebrote en *Eucalyptus dunnii* (Ed) y *Eucalyptus camaldulensis* (Ec). La metodología consistió en análisis destructivos de rebrotes para establecer relaciones entre tallo, corteza, ramas y hojas. Conociendo la estructura poblacional antes y después del manejo, se estimó la cantidad de residuos. El manejo del rebrote produjo 4-26 Tn residuos/ha, según densidad antes del manejo (5000-20000 brotes/ha), y densidad residual (800-3000 tallos/ha). La participación del tallo fue el doble en Ec (60%) respecto a Ed (32 %), mientras que el follaje fue tres veces superior en Ed (31%) respecto a Ec (10%). Los resultados muestran la importancia de los residuos generados por el manejo del rebrote, y brinda información sobre la cual discutir la sustentabilidad de estos sistemas.

Palabras clave

Eucalyptus dunnii, *Eucalyptus camaldulensis*, manejo forestal, ciclos cortos, sustentabilidad.

1. Introducción

El género *Eucalyptus* es uno de los materiales genéticos más difundidos a nivel mundial, y en varias regiones del mundo representa el recurso forestal más importante. Los motivos de su difusión se asocian entre otros a su alto potencial productivo, y a la gran cantidad de especies adaptadas a diferentes ambientes. Pero, el uso de este género ha sido cuestionado debido a que se le atribuye un impacto ambiental negativo.

Para abordar un análisis consistente sobre el tema es necesario considerar las características del sistema productivo. En primer lugar, históricamente el género ha sido utilizado en rotaciones cortas, con el objetivo productivo de acumular mucho volumen en un corto tiempo. Este es uno de los argumentos por los cuales las plantaciones con eucalipto son considerados sistemas forestales de baja sustentabilidad en el mediano y largo plazo. Otra característica es que la mayoría de las especies comerciales del género tienen capacidad para rebrotar desde la cepa. Esto representa una ventaja económica, ya que es posible iniciar un nuevo ciclo productivo sin necesidad de volver a plantar. Pero además, esta capacidad puede ser vista como una ventaja ambiental, ya que el rebrote genera una rápida cobertura del suelo en un momento sensible del ciclo como lo es las etapas iniciales. Finalmente, aunque se habla de los impactos del género, es necesario discriminar por especie, ya que la elección de la misma puede influir en el efecto del sistema sobre el ambiente. Un aspecto no considerado y poco abordado hasta el momento es que el control temprano de la densidad, mediante el manejo del rebrote, es una práctica que genera residuos forestales. En los últimos años se han comenzado a valorizar los residuos forestales reconociendo su importancia ecológica sobre la diversidad (HARMON et al., 1986; SPIES & FRANKLIN, 1988; ANGELSTAM et al.,

2003; HEILMANN-CLAUSEN & CHRISTENSEN, 2004), la productividad (JANISCH & HARMON, 2002; SPEARS *et al.*, 2003; LAIHO & PRESCOTT, 2004), y el flujo de energía y carbono (COHEN *et al.*, 1996).

Por otro lado, los residuos podrían tener diferentes usos (LÓPEZ, 2001). Por lo tanto, la información sobre la magnitud de los residuos es necesaria para poder evaluar tanto su potencial de utilización como biocombustibles, como para poder abordar estudios sobre el balance de carbono y el ciclaje de nutrientes (NYKVIST *et al.*, 1994; OLSON, 1963; GOYA *et al.*, 2003), brindando información para el manejo sostenible de los sistemas forestales.

2. Objetivo

En el contexto planteado, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la cantidad y composición de los residuos generados a partir del manejo de los rebrotes, en plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., y *Eucalyptus dunnii* Maiden.

3. Metodología

3.1. Sitio experimental

El trabajo de campo se llevó a cabo en el municipio de Luján (34° 34' Lat. S, 59° 06' Long. O.) provincia de Buenos Aires, Argentina. El paisaje de la zona está compuesto por lomas alargadas y planicies suavemente onduladas. La vegetación natural es un pastizal que ha sido alterado por la actividad humana. La zona presenta un clima templado húmedo con una temperatura media anual de 16,6°C y precipitación anual de 1060 mm (ÁLVAREZ *et al.*, 2009), distribuida a lo largo del año, pero con algunos picos en otoño y primavera. Los suelos son principalmente del tipo argiudol típico, con una textura superficial franco-limosa a franco-arcillo-limosa, y un horizonte B textural con barnices y estructura en prismas moderados, con aptitud agrícola pero con ligeras limitaciones de drenaje (INTA, 2002).

3.2. Mediciones

Se realizaron evaluaciones en poblaciones de rebrotes de 2 a 4 años de edad, en 5 plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* (Ec), y 5 de *Eucalyptus dunnii* (Ed). Las plantaciones presentaron densidades iniciales entre 650 a 1090 plantas ha⁻¹. Después de las cosechas se produjo un rebrote de cepas, alcanzando densidades entre 6000 a 30000 tallos ha⁻¹.

La metodología se basó en asumir que los residuos generados por cualquier práctica de manejo pueden ser estimados por diferencia de biomasa entre las poblaciones antes y después de aplicar la práctica silvícola. Esto requirió aplicar dos metodologías. Para la estimación de residuos generados por la conducción de los rebrotes, primero es necesario contar con información sobre las características de los rebrotes. Para ello se realizó un muestreo de brotes, a los cuales se les aplicó un análisis destructivo, para establecer la relación entre las distintos tipos de tejido (tallo, corteza, ramas, hojas), y las relaciones alométricas entre el área transversal en la base del brote y la cantidad de biomasa, basándose en los principios establecidos en los trabajos de SHINOZAKI *et al.* (1964a, 1964b). Los brotes utilizados representaron el rango de tamaño encontrados en el tipo de poblaciones evaluadas. Se usaron 30 brotes de cada especie. Cada brote fue medido en su base con calibre digital, y fue procesado en el campo, tarea que consistió en separar los diferentes componentes, y obtener el peso fresco de los mismos. Luego una submuestra se pesó a campo, y se llevó al laboratorio para obtener la relación peso seco/peso fresco.

A partir de los resultados del muestreo de brotes, y conociendo la estructura poblacional (frecuencia de clases de diámetros), antes y después del manejo del rebrote, fue posible calcular la biomasa de residuos por diferencia entre las dos estructuras poblacionales.

4. Resultados

4.1. Relaciones alométricas de los brotes

En los Tablas 1 y 2 se presentan las características de los brotes utilizados en el análisis destructivo, mostrando el rango de tamaños de los mismos. Se observa que los brotes más pequeños tienen mayor proporción de hojas que los brotes más grandes. Pero en el caso de Ed esta propiedad resultó más mucho más relevante.

Tabla 1. Caracterización de los rebrotes de *E. camaldulensis* utilizados en el estudio.

Variable	Mínimo	Máximo
Diámetro en la base (cm)	2,6	8,6
Altura (metros)	2,5	6,7
Peso tallo (gr materia seca /brote)	470	5250
Peso hojas (gr materia seca /brote)	72	435

Tabla 2. Caracterización de los rebrotes de *E. dunnii* utilizados en el estudio.

Variable	Mínimo	Máximo
Diámetro en la base (cm)	1,8	6,5
Altura (metros)	1,60	4,4
Peso tallo (gr materia seca /brote)	66	1111
Peso hojas (gr materia seca /brote)	108	504

Las especies de *Eucalyptus* evaluadas presentaron diferencias en la participación relativa de los diferentes tipos de tejidos. En este sentido, la relación tallo con corteza:ramas:hojas resultó de 9:3:1 para *Ec*, y de 2:1:1 para *Edi* (Figura 1).

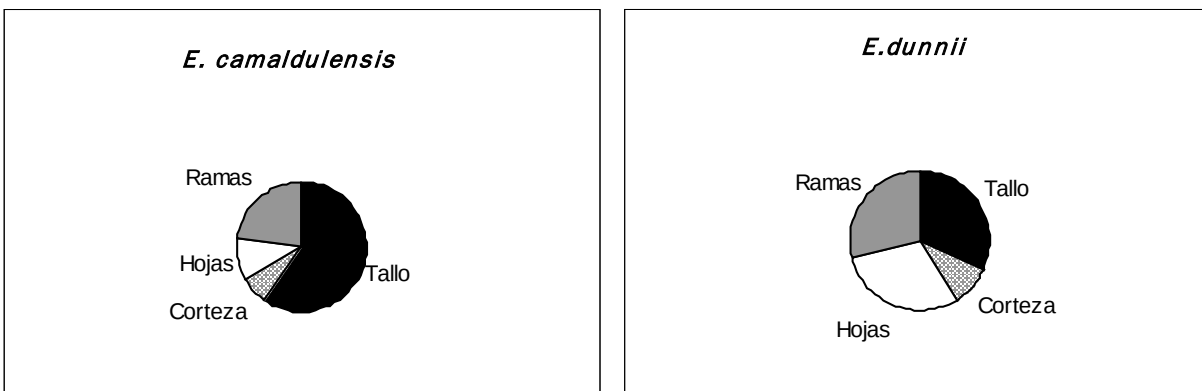


Figura 1. Partición de la biomasa en brotes jóvenes de *Eucalyptus*.

4.2. Estructura poblacional

En la Figura 2 se presenta la distribución de tamaño de una de las poblaciones de rebrotes utilizadas en el estudio. En ella se observa una distribución de frecuencia con cierta asimetría positiva (hacia la izquierda), indicando una alta proporción de brotes pequeños. Este patrón se registró en todas las poblaciones evaluadas.

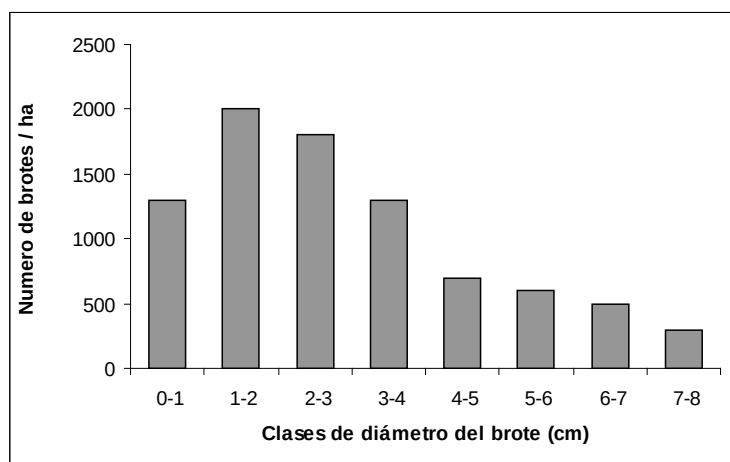


Figura 2. Estructura poblacional de los rebrotes jóvenes de cepas de *Eucalyptus*.

En la Figura 3 se muestra la estructura poblacional de una población original de rebrote, y la respectiva población residual luego del manejo. En la misma se evidencia, que aunque los brotes seleccionados para dejar en pie son los más grandes, estos representan una pequeña proporción de la biomasa total.

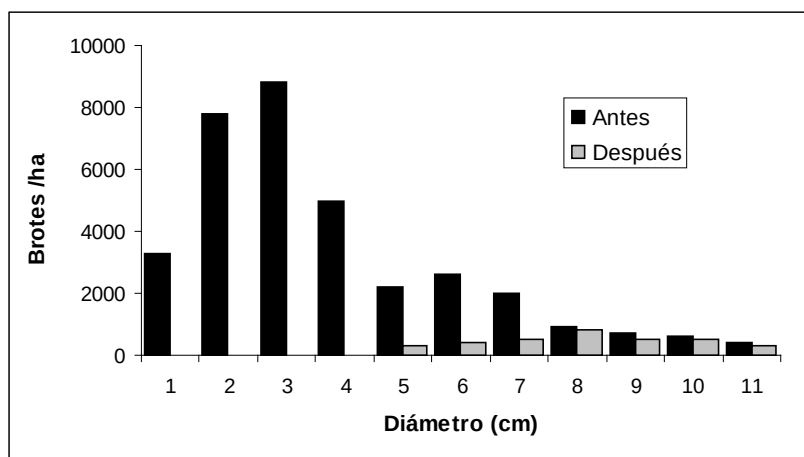


Figura 3. Estructura poblacional de un rebrote de cepas de *Eucalyptus*, antes y después del manejo.

4.3. Producción de residuos

En la Tabla 3 se observan los valores de residuos generados por el manejo de rebrotes, para poblaciones con diferente densidad antes del manejo, y para diferentes escenarios post-manejo. Se observa que el manejo del rebrote produjo 4-26 Tn de residuos por ha, y la gran variación fue función de la densidad poblacional antes del manejo y de la población residual después del manejo. Pero se debe tener en cuenta que la biomasa de cada componente es diferente según la especie, ya que la participación relativa del tallo fue el doble en Ec (60%) respecto a Ed (32 %), mientras que el follaje fue tres veces superior en Ed (31%) respecto a Ec (10%).

Tabla 3. Residuos (Toneladas de materia seca/ ha) producido por el manejo del rebrote de *Eucalyptus* bajo diferentes escenarios de densidad de tallos antes y después del manejo.

Tallos/ha antes del manejo del rebrote	Tallos/ha después del manejo	800	1500	2000	3000
5000		5,96	5,05	4,40	4,10
10000		12,46	11,55	10,90	9,60
15000		18,96	18,05	17,40	16,10
20000		25,46	24,55	23,90	22,60

5. Discusión

El manejo del rebrote es una práctica que se realiza en una etapa temprana del ciclo productivo, y en ese momento la poblacional presenta una estructura de tamaño asimétrica positiva, muy similar a la que se produce en las etapas iniciales de las poblaciones de regeneración natural proveniente de semillas (MOHLER *et al.* 1978; REBOTTARO Y CABRELLI, 2011). Por lo tanto, el manejo del rebrote puede asumirse como un raleo precomercial, equivalente al control de la densidad que resulta necesario aplicar en poblaciones con alta densidad inicial, como las encontradas en procesos exitosos de regeneración natural (REBOTTARO y CABRELLI, 2007). Cuando se produce un buen rebrote de las cepas, la densidad de tallos resulta muy elevada para iniciar un

ciclo productivo, y es necesario un control del número de tallos. En estas circunstancias el manejo del rebrote puede generar una gran cantidad de residuos.

Considerando los rendimientos comerciales promedio en la zona de estudio (20-35 m³/ha·año, según especie y ciclo), los residuos del manejo del rebrote pueden representar entre 5 al 10 % de la productividad de materia seca total del turno de rotación.

El destino de los residuos dependerá del rol que se les asigne a los mismos dentro del sistema (FOELKEL, 2007). Si los mismos se dejan sobre el terreno, el impacto de las rotaciones cortas puede minimizarse, tanto sobre el ambiente como sobre la productividad futura. En principio, los residuos ejercen una acción protectora del suelo, en una etapa sensible del ciclo. Desde el punto de vista del flujo de biomasa, la mayoría del carbono contenido en los residuos pasará nuevamente a la atmósfera, a través de la acción de los organismos descomponedores. Pero, una fracción puede pasar a incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo (COHEN *et al.* 1996, HARMON *et al.* 1986, OLSON 1963).

Los residuos además, son un reservorio de nutrientes, cuya magnitud depende de la especie. En el caso de *E. dunnii* produce residuos de alta calidad nutricional, ya que está compuesto por una alta proporción de hojas. Por lo tanto, si se dejan sobre el terreno, puede haber una transferencia de nutrientes al suelo, parte de la cual estará disponible para los árboles residuales que queden en pie. Adicionalmente, en la actualidad hay disponibles herramientas técnicas, como los equipos móviles para la trituración de material leñoso, que pueden ser utilizados con el fin de acelerar el proceso de descomposición de la biomasa.

Desde una perspectiva de uso de los residuos como materia prima para producción de energía, y teniendo en cuenta que priorizamos la utilidad del componente leñoso, encontramos que *E. camaldulensis* presentó una mayor proporción. Esta diferencia entre especies tiene su causa principalmente en las diferencias de peso específico de la madera. Por otro lado, las especies presentan diferencias en el poder calorífico, siendo esta una propiedad a tener en cuenta para un destino bioenergético.

Es recomendable profundizar sobre los efectos potencialmente negativos que puede generar la eliminación de los residuos del sistema, considerando su efecto físico y nutricional, y sobre los rendimientos en las sucesivas rotaciones (FERNANDEZ *et al.* 2000a, GOYA *et al.* 2003). En este sentido, la pérdida potencial de nutrientes dependerá de la cantidad y tipo de vegetación eliminada, del tratamiento de los residuos, la pendiente, y las características climáticas y edáficas del sitio (BORMANN *et al.*, 1968; LIKENS *et al.*, 1970). Una alternativa es exportar del sistema solo los residuos leñosos, y dejar en el campo las hojas y el material tierno, logrando una menor relación entre nutrientes exportados y totales.

Desde el punto de vista económico, si los residuos son considerados como un producto, hay que evaluar la relación costo/beneficio. El costo dependerá de la incidencia de la recolección, carga y transporte del material. El beneficio dependerá de las características (tamaño, calidad), y destino de los residuos, lo cual influirá en el precio de los mismos. Por otro lado, si los residuos salen del lote, pero no del establecimiento, se trataría de un sistema cerrado a escala de empresa, ya que se reciclan a dicha escala.

La metodología aplicada en el presente estudio permite realizar una estimación de los residuos en gabinete, aún antes que el manejo del rebrote se lleve a cabo. Es decir, es posible estimar los residuos en función del número de brotes por cepa que se decida dejar en pie (ej. para 1 tallo residual, 2, 3, etc.).

Los resultados del trabajo proporcionan información para ser aplicada tanto desde una perspectiva ambiental, como así también para el uso potencial de los residuos con diferentes destinos.

6. Conclusiones

Las poblaciones de rebrote de cepa que se evaluaron en el presente trabajo mostraron una distribución de frecuencia asimétrica positiva (hacia la izquierda), indicando una alta proporción de brotes pequeños.

El manejo del rebrote produjo 4 - 26 toneladas de residuos por hectárea, dependiendo de la población original y la población residual.

Las especies evaluadas presentaron diferencias en la participación relativa de los diferentes tipos de tejidos que lo componen. *E. camaldulensis* presentó una mayor proporción de leño, mientras *E. dunnii* presentó mayor proporción de hojas. Bajo este resultado, el manejo del rebrote genera mayor cantidad de residuos leñosos en *E. camaldulensis*, y mayor proporción de residuos de alta calidad nutricional en *E. dunnii*.

Los resultados muestran la importancia de los residuos forestales generados por el manejo del rebrote, y brinda información básica sobre la cual discutir la sustentabilidad de estos sistemas, y la posibilidad de minimizar los impactos negativos de la actividad forestal.

Se recomienda en futuros trabajos utilizar la metodología aplicada y contrastarla con el grado de ajuste con un muestreo de residuos de forma directa sobre el terreno post-manejo. Se recomienda realizar una valoración económica de los residuos, considerando la equivalencia en nutrientes del residuo, y su potencial de uso en proyectos bioenergéticos.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Federico Steverlynck por el apoyo logístico brindado. El estudio fue financiado a través del Proyecto de Investigación Aplicada PIA 12041, en el marco del Proyecto Manejo Sustentable de Recursos Naturales. Componente “Plantaciones Forestales”, del Ministerio de Agricultura de la Nación Argentina.

8. Bibliografía

ÁLVAREZ, R.; LEAVY, S.; MARINO, M. 2009. Zonas Agroeconómicas Homogéneas. *Buenos Aires Norte*. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

ANGELSTAM, P.K.; BÜTLER, R.; LAZDINIS, M.; MIKUSINSKI, G.; ROBERGE, J.M. 2003. Habitat thresholds for focal species at multiple scales and forest biodiversity conservation-dead wood as an example, *Ann. Zool. Fennici* 40: 473–482

BORMANN, F. H.; G.E. LIKENS; D.W. FISHER; R.S. PIERE 1968. Nutrient loss accelerated by clear cutting of forest ecosystems. *Science*, 159: 882- 884.

COHEN, W.B.; HARMON, M.E.; WALLIN D.O.; FIORELLA, M. 1996. Two decades of carbon flux from forests of the Pacific Northwest: estimates from a new modelling strategy, *BioScience* 46: 836–844.

FERNANDEZ, R.; LUPI, A.; PAHR, N.; REIS, H.; O'LERY, H. 2000a. Técnicas de manejo de residuos de cosecha para el establecimiento forestal y su impacto sobre la condición química de los suelos rojos del noreste de Argentina. En: Avances en Ingeniería Agrícola. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. Buenos Aires. p. 243-248.

FOELKEL, C. 2007. Gestão ecoeficientes dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07residuoslenhosos.pdf.

GOYA, J.F.; PEREZ, C.; FRANGI, J.L.; FERNANDEZ, R. 2003. Impacto de la cosecha y destino de los residuos sobre la estabilidad del capital de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. Ecol. Austral 13: 139-150.

HARMON, M.E.; BIBLE, K.; RYAN, M.G.; SHAW, D.C.; CHEN, H.; KLOPATEK, J.; LI, X. 2004. Production, respiration, and overall carbon balance in an old-growth *Pseudotsuga-Tsuga* forest ecosystem, Ecosystems 7: 498-512

HARMON, M.E.; FRANKLIN, J.F.; SWANSON, E.J.; SOLLINS, P.; GREGORY, S.V.; LATTIN, J.D.; ANDERSON, N.H.; CLINE, S.P.; AUMEN, N.G.; SEDELL, J.R.; LIENKAEMPER, G.W.; CROMACK JR., K.; CUMMINS, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, Adv. Ecol. Res. 15: 133-302.

HEILMANN-CLAUSEN, J.; CHRISTENSEN, M. 2004. Does size matter? On the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests, For. Ecol. Manag.. 201: 105-117.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). 2002. Carta suelos de la República Argentina. (<http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>).

JANISCH, J.E.; HARMON, M.E. 2002. Successional changes in live and dead wood carbon stores: implications for net ecosystem productivity. Tree Physiol. 22: 77-89.

LAIHO, R.; PRESCOTT, C.E. 2004. Decay and nutrient dynamics of coarse woody debris in northern coniferous forests: a synthesis, Can. J. For. Res. 34: 763-777.

LIKENS, G.E.; F.H. BORMANN; N.M. JOHNSON; D.W. FISCHER AND R.S. PIERCE 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in Hubbard Brook watershed ecosystems. Ecol. Mono., 40: 23 - 47.

LÓPEZ, G. 2001 Biomasa en Iberoamérica: una estrategia de aprovechamiento sustentable. Colección Triángulo, Editorial elaleph; Buenos Aires, ISBN 987-1070-10-1.

MOHLER, C. L., P. L. MARKS, D. G. SPRUGEL. 1978. Stand structure and allometry of trees during self-thinning of pure stands. J. Ecol. 66: 599-614.

NYKVIST N., GRIP H., SIMM B., WONG F. 1994. Nutrient losses in forest plantation in Sabah, Malaysia. Ambio, 23: 210-215.

OLSON, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44, 2: 322-331.

REBOTTARO S, CABRELLI D. 2007. Crecimiento y rendimiento comercial de *Pinus elliottii* en plantación y en regeneración natural manejada con raleos en Entre Ríos, Argentina. *Bosque*, 28: 152-161.

REBOTTARO S, CABRELLI D. 2011. Regeneración natural de *Pinus elliottii* en claros silvícolas: dinámica poblacional durante siete años. *Rev. Madera y Bosques*, 17 (1): 49-70. Ed. Instituto de Ecología, México.

SHINOZAKI, K.; YODA, K.; HOZUMI, K., KIRA, T. 1964a. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory I. Basic analyses. *Jap. J. of Ecology* 14: 97-105.

SHINOZAKI, K.; YODA, K.; HOZUMI, K. & KIRA, T. 1964b. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology. *Jap. J. of Ecology* 14: 133-139.

SPEARS, J.D.H.; HOLUB, S.M.; HARMON, M.E.; LAJTHA, K. 2003. The influence of decomposing logs on soil biology and nutrient cycling in an old-growth mixed coniferous forest in Oregon, U.S.A., *Can. J. For. Res.* 33: 2193-2201.

SPIES, T.A.; FRANKLIN, J.F. 1988. Coarse woody debris in Douglas-fir forest of Western Oregon and Washington, *Ecology* 69: 1689-1702.