

EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO DURANTE LA COSECHA DE UNA CRONOSECUENCIA DE *Araucaria angustifolia* (BERT) O. KTZE.

NITROGEN AND PHOSPHOROUS EXPORTATION IN ONE *Araucaria angustifolia* (BERT) O. KTZE. HARVESTING CHRONOSEQUENCE

Martiarena, R.¹; Goya, J.²; Fernández, R.¹; Frangi, J.²; Lupi, A.³

¹ INTA, Montecarlo, Misiones. ramartiarena@montecarlo.inta.gov.ar

² LISEA, Universidad Nacional de La Plata. jgoya@agro.unlp.edu.ar

³ Inst. de Suelo. Los Reseros y Las Cabañas S/N (1712). Castelar, Bs. As. amlupi@cnia.inta.gov.ar

RESUMEN

Se estimó el contenido de nitrógeno y fósforo de tres plantaciones experimentales de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze de 20, 30 y 40 años, en el norte de la provincia de Misiones, Argentina. La biomasa total y el contenido de nutrientes acumulados en el estrato arbóreo se relacionaron positivamente con el incremento de la edad. El N y P acumulado en 20, 30 y 40 años, fueron 638, 580 y 822 Kg.ha⁻¹ y 47, 44 y 60 Kg.ha⁻¹ respectivamente. La cosecha a diferentes edades no incrementó significativamente la exportación relativa de nutrientes, pero el aprovechamiento de los residuos podría alterar las características químicas y físicas del suelo en el largo plazo.

Palabras clave: Biomasa, nutrientes, cosecha, Misiones.

SUMMARY

Nitrogen and phosphorous content were estimated for three 20, 30 and 40 years-old *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze experimental plantations in northern Misiones province, Argentina. The total biomass and nutrient content accumulation in the stand was positively related to stand age. The amounts of N and P stored in the 20, 30 and 40 years old stands were 638, 580 y 822 Kg.ha⁻¹ and 47, 44 and 60 Kg.ha⁻¹ respectively. Harvest at different ages did not significantly increase the relative nutrient exportation, but the harvesting residue management could change many the soil chemical and physical properties in the long term.

Key words: Biomass, nutrient, harvest, Misiones.

INTRODUCCIÓN

En la República Argentina, la zona de ocurrencia natural de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. se extiende desde el centro norte de la provincia de Misiones, hasta la frontera con Brasil (Cozzo, 1980). Esta especie es conocida localmente como “Pino Paraná”, siendo histórica en el desarrollo del sector forestal y de la economía de la provincia, ya que su extracción junto con otras especies del bosque nativo, contribuyeron fuertemente con la colonización desde inicios del siglo XX (Fahler, 1981).

Esta especie presenta exigencias edáficas relativamente mayores en relación a otras especies cultivadas en la región (Blum, 1980; Fernández et al., 1988), alcanzando los mayores crecimientos en los suelos denominados comúnmente “rojos profundos”, pertenecientes a los ordenes Alfisoles y Ultisoles (Soil Survey Staff, 2006), con bajos niveles de degradación física (Fernández et al., 1999).

Los estudios que permiten valorar la pérdida de nutrientes por efecto de la cosecha, en una secuencia de edades constituye una herramienta útil para obtener información de las

funciones del ecosistema y las consecuencias del manejo. Durante el ciclo de vida del rodal la acumulación de nutrientes responde a un patrón de acumulación en los compartimentos de la copa durante los primeros años, luego su mantenimiento y mayor acumulación en el fuste; por último, pérdida de nutrientes contenidos en la copa por efecto de los raleos conjugado con una mayor acumulación en el compartimentos fuste (Alifragis et al., 2001).

Ante este comportamiento, y considerando que en la región no hay estudios de este tipo, la corta del rodal a edades tempranas podría ocasionar mayores pérdidas proporcionales de nutrientes comparado con cortas a edades avanzadas. En este sentido, el objetivo de nuestro trabajo fue cuantificar la exportación de N y P que se realizaría durante la cosecha de plantaciones de *A. angustifolia* a edades de 20, 30 y 40 años

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó en una plantación de *A. angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad. Las dos primeras en el Departamento Montecarlo, Misiones (26° 30' S y 54° 40' O) perteneciente a la empresa Puerto Laharrague y la tercera localizada en San Antonio, Departamento general Manuel Belgrano, la provincia de Misiones (26° 04' S y 53° 45 O).

El suelo de ambos sitios se clasifica como apto para la especie (Fernández et al., 1999). Corresponden al gran grupo Kandudult (Soil Survey Staff, 2006), conocidos localmente como “rojos profundos”, bien drenados, libres de pedregosidad y con profundidad efectiva superior a los 2 metros.

La región donde se realizaron los estudios posee un clima Subtropical húmedo con temperatura media entre 19 y 21° C, con máximas absolutas de 35° C, mientras que las precipitaciones son ca. 2000 mm anuales y régimen pluviométrico isohigro.

En cada rodal se instalaron tres parcelas (repeticiones) de 650 m², similar al estudio de Ranger et al. (1995). En la Tabla 1 se observan las variables dasométricas de cada una de las parcelas evaluadas.

Tabla 1: Variables dasométricas de las plantaciones de *A. angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad.

Table 1: Dasometric variables of the *Araucaria angustifolia* plantations of 20, 30 and 40 old years

Edad (años)	Densidad (Arb.ha ⁻¹)	DAP (cm)	Ht (m)	AB (m ²)	Volumen (m ³)
20	336	28,1	17,1	17,5	210,7
30	210	36,0	18,8	26,3	231.1
40	257	37,5	22,7	30,6	364,7

En cada parcela (3 edades x 3 repeticiones), se determinó el contenido de nutrientes en el estrato arbóreo. Para ello se obtuvo el peso de los árboles por medio de técnicas de análisis dimensional (Whittaker & Woodwell 1968). Se apearon en total 27 árboles, distribuidos en 3 grupos, correspondiendo 9 a cada una de las edades y 3 en cada una de las parcelas de la misma edad. Para la selección de los 3 árboles de cada parcela se establecieron 3 clases diamétricas de acuerdo a la distribución existente en la parcela, obtenido por medio del inventario previo en cada uno de ellos.

Cada árbol apeado fue separado y pesado en 5 compartimentos diferentes: fuste con corteza, ramas > a 5 cm de diámetro, ramas entre 1 y 5 cm de diámetro, ramas secas, hojas.

El peso del fuste con corteza fue determinado por medio de báscula industrial comercial, mientras que el resto del material se pesó en el lugar de apeo con una balanza de mayor precisión. La corteza fue cuantificada en laboratorio sobre el porcentaje del fuste.

De cada uno de los compartimentos se extrajo una muestra representativa del total, se pesó en húmedo y luego se secó en estufa a 70° C hasta peso constante. Con el valor de peso húmedo y peso seco se obtuvo un coeficiente de razón que se aplicó a la totalidad del compartimento

correspondiente de cada uno de los árboles. De la misma muestra se extrajo una alícuota para la determinación de concentración N y P.

El contenido de N y P en cada árbol y sus respectivos compartimentos se obtuvo con el producto de la concentración de cada elemento por el peso seco de biomasa del respectivo compartimento.

El contenido de nutrientes de los árboles individuales (g.árbol^{-1}) fue extrapolado luego, a una superficie (Kg.ha^{-1}). Con los 9 valores de peso seco de cada árbol individual, en cada edad y para cada compartimento, se ajustó una ecuación (Fernández Tschieder et al., 2004) que se aplicó a cada uno de los individuos de cada parcela. Con los valores de biomasa en cada compartimento de cada uno de los árboles individuales de la parcela y, su producto por la respectiva concentración, se obtuvo el contenido de cada elemento. A partir de la sumatoria del contenido en cada árbol se obtuvo el contenido en los respectivos compartimentos en la parcela, que luego se extrapoló a la superficie de la hectárea

La ecuación ajustada para el compartimento ramas (Fernández Tcheder et al., 2004) incluyó la totalidad de las mismas (ramas > a 5 cm, ramas < a 5 cm y ramas secas). En campo las mismas fueron separadas y su concentración también se determinó por separado. A los efectos de poder estimar correctamente el contenido en el compartimento ramas, se calculó los porcentajes de cada una de las divisiones realizadas en campo y se aplicó al valor obtenido con la ecuación y obtener los pesos secos para cada división del compartimento ramas.

A los efectos de comparar el contenido de nutrientes exportado y nutrientes remanentes en el sitio con los contenidos de N y P en cada una de las edades se calculó el índice de exportación (IE) de los respectivos elementos para cada edad.

El IE fue calculado como el cociente entre la biomasa cosechada y contenido de P en dicha biomasa. Con este índice se pudo estimar la biomasa removida por unidad de P exportado (Santana et al., 2002; Fernández, 2002).

La biomasa y, la concentración y contenido de N y P de los compartimentos arbóreos fueron comparados mediante análisis de la variancia. La comparación de medias de edades fue analizado por el test de Tukey, utilizando en ambos análisis nivel de significancia de 95% (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los valores de biomasa para cada compartimento arbóreo en cada una de las edades estudiadas.

Tabla 2: Biomasa en plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Mg.ha^{-1}) de 20, 30 y 40 años de edad.

Table 2: Biomass in *Araucaria angustifolia* plantations (Mg.ha^{-1}) of 20, 30 and 40 old years

Edad	Hojas	Ramas <5 cm	Ramas >5 cm	Ramas secas	Corteza	Fuste	Total
20	18,9 (1,8) b	18,4 (2,2) a	0,5 (0,06) b	2,4 (0,28) a	17,2 (1,6) b	78,3 (7,3) b	135,8 (13,2) b
30	17,9 (0,5) b	9,2 (0,3) b	13,9 (0,4) a	0,5 (0,01) b	17,7 (0,8) b	80,5 (3,5) b	139,8 (5,5) b
40	25,0 (1,5) a	15,3 (0,9) a	17,5 (1,1) a	0,8 (0,05) b	26,0 (1,9) a	118,1 (8,4) a	202,7 (13,9) a

Ref.: Ecuaciones utilizadas Fernández Tcheder et al. 2004. Letras diferentes indican diferencias significativas al 95% entre edades.

La biomasa total a nivel de rodal aumenta con el aumento de la edad (Tabla 2), marcándose la diferencia entre las plantaciones de 20 y 30 años versus la de 40 años, en coincidencia con lo observado por Ranger et al., (1995), al trabajar en una cronosecuencia de

Pseudotsuga menziesii observó que la biomasa del fuste incrementó notablemente entre los 20 y 40 años de edad.

En valores promedio de las tres edades, la biomasa aérea total se distribuyó, aproximadamente, 13% en hojas, 17% en ramas, 13% en la corteza y 57% en fuste, semejante a lo encontrado por Sanqueta et al. (2001), quienes trabajando con *A. angustifolia* de 29 a 33 años, obtuvieron respectivamente, en el mismo orden de compartimentos, 9, 19, 18 y 54% (hoja, ramas, corteza y fuste), también de la biomasa aérea total. En términos de cantidades e independientemente de la edad, el fuste acumuló mayor biomasa aérea; tendencia que coincide con lo encontrado por otros autores para esta especie (Schumacher et al., 2000) y otras especies como *Pinus sp.* (Pinazo et al., 2007; Alifragis et al., 2001) y *Eucalyptus sp.* (Brañas et al., 2000; Poggiani 1985).

Tabla 3: Concentración de N y P (mg.g⁻¹) en los compartimentos arbóreos de las plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad.

Table 3: N and P concentration (mg.g⁻¹) in *Araucaria angustifolia* plantations of 20, 30 and 40 old years

	Edad	Hojas	Ramas <5 cm	Ramas >5 cm	Ramas secas	Corteza	Fuste
N	20	14,93 a	5,27 a	n/d	4,63 a	9,2 a	1,11 a
	30	14,30 a	5,37 a	2,18 a	3,67 a	6,9 a	1,02 a
	40	15,40 a	4,74 a	1,40 a	3,50 a	7,9 a	1,06 a
P	20	1,15 a	0,54 a	n/d	0,20 a	0,56 a	0,06 a
	30	0,99 a	0,59 a	0,17 a	0,14 a	0,60 a	0,07 a
	40	1,13 a	0,42 a	0,13 a	0,21 a	0,64 a	0,06 a

Ref.: n/d: no determinado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre edades.

La concentración de N y P en los diferentes compartimentos fue similar entre edades (Tabla 3). La concentración de N y P en las hojas hoja fue mayor a la hallada en los restantes componentes analizados, patrón que se verifica en las plantas leñosas en general (Pérez et al., 2006; Balboa et al., 2004; Goya et al., 2003; Alifragis et al., 2001; Ranger et al., 1997). Esto pone en relevancia la significativa extracción de nutrientes del sistema que sucedería si la cosecha incluye el aprovechamiento de los compartimentos de la copa.

Contrariamente a las hojas, el fuste presentó las menores concentraciones, resultado coincidente con Ranger et al. (1997). Este comportamiento hace presumir menor impacto nutricional de esta especie para el sistema, comparado con *P. taeda* (Martirena et al., 2010), siempre que la cosecha se realice de fuste solamente.

La ausencia de significancia en la concentraciones de N foliar en nuestro estudio difiere de lo encontrado por Reissmann (1977) en la misma especie al comparar rodales de 18 y 25 años de edad.

La Tabla 4 muestra el contenido de N y P en cada compartimento del estrato arbóreo de las plantaciones de *A. angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad, al momento de la cosecha.

Tabla 4: Contenido de N y P (kg.ha⁻¹) en los compartimentos arbóreos de las plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad.

Table 4: N and P content (kg.ha⁻¹) in *Araucaria angustifolia* plantations of 20, 30 and 40 old years

	Edad	Hojas	Ramas <5 cm	Ramas >5 cm	Ramas secas	Corteza	Fuste
N	20	282,7 (29) a	99,1 (39) a	n/d	11,3 (3) a	158,1 (49) a	87,2 (11) b
	30	274,0 (55) a	51,5 (8) a	31,8 (21) a	1,8 (0,2) b	132,0 (19) a	88,3 (14) b
	40	384,6 (45) a	72,0 (21) a	26,2 (3) a	2,9 (0,7) b	209,1 (71) a	127,1 (24) a
P	20	21,7 (2,1) b	10,1 (3,1) a	n/d	0,5 (0,2) a	9,6 (2,7) a	5,0 (1,2) a
	30	18,9 (5,5) b	5,6 (2,3) a	2,5 (2,0) a	0,1 (0,02) b	11,3 (1,0) a	5,8 (2,2) a
	40	28,3 (4,6) a	6,4 (2,1) a	2,3 (0,7) a	0,2 (0,1) b	16,8 (6,7) a	6,1 (1,4) a

Ref.: n/d: no determinado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre edades.

El total de N en el compartimento arbóreo de las plantaciones de *A. angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad fue respectivamente de 638, 580 y 822 Kg.ha⁻¹, mientras que el P lo hizo con 47, 44 y 60 Kg.ha⁻¹, tendencia que respondió en forma análoga a la respuesta de la biomasa en estas plantaciones. El contenido de P es superior al encontrado en plantaciones adultas de *P. taeda* en la misma región (Martiarena et al., 2010; Goya et al., 2003), mientras que el de N para las edades de 20 y 30 años (Tabla 4) es similar al encontrado por Martiarena et al. (2010).

En promedio, para el N, el orden de los componentes de mayor relevancia fue: hojas>corteza>fuste>ramas, mientras que para P fue: hojas>corteza>ramas>fuste. La Tabla 5 muestra los contenidos exportados (NE; PE) y aquellos remanentes (NR, PR) en el terreno luego de la cosecha. La suma de ambos (NE+NR o PE+PR) representan las cantidades de elementos que requiere la plantación para cada uno de los turnos con el presente crecimiento alcanzado (Tabla 1).

La cosecha de esta especie en la región se realiza retirando del terreno el fuste con su respectiva corteza, por lo tanto, los nutrientes exportados serán los contenidos en ambos compartimentos. Puede observarse que los contenidos exportados de N y P presentan mayores valores absolutos a los 40 años de edad, sin diferenciarse significativamente ($P>0,05$) entre edades. Los contenidos remanentes de N en el terreno muestran la misma tendencia ($P>0,05$). La cantidad de P exportada es considerablemente más baja al N. Contrariamente a este último, la cantidad a los 40 años es significativamente mayor ($P<0,05$) a las exportadas a menores edades. De todas maneras los porcentajes exportados y remanentes, ya sea de N o P, son similares para las tres edades.

Tabla 5: Contenido de N y P (kg.ha⁻¹) exportado mediante cosecha y remanente de la misma en las plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad.

Table 5: Exported and remnant of P and N content (kg.ha⁻¹) in *Araucaria angustifolia* plantations of 20, 30 and 40 old years

Edad	NE	NR	PE	PR
20	245,3 a	393,1 a	14,6 a	32,3 ab
30	220,4 a	359,1 a	17,1 a	27,1 b
40	336,2 a	485,8 a	22,9 a	37,2 a

Ref. NE: Nitrógeno exportado con la cosecha; NR: Nitrógeno remanente en el sitio luego de la cosecha; PE: Fósforo exportado durante la cosecha; PR: Fósforo remanente en el sitio luego de la cosecha.

Existen antecedentes donde se documenta que la eliminación de residuos de cosecha (ramas + hojas) puede producir pérdidas de materia orgánica y cambios en las cantidades y disponibilidad de los nutrientes, lo que conduciría a una disminución en la oferta nutricional en el mediano y largo plazo (Fox, 2000; Khanna y Raison, 1986). Estos impactos negativos generalmente son detectables anticipadamente en suelos de menor fertilidad, debido a su mayor capacidad de soporte.

Si se toma en cuenta que la *A. angustifolia* es una especie de altos requerimientos nutricionales (Blum, 1980; Fernández et al., 1988) y que su cultivo se realiza básicamente en suelos “rojos” altamente evolucionados, es necesario considerar estrategias de conservación de nutrientes o reposición de los mismos a efectos de sostener la productividad de los sitios en el tiempo.

En décadas anteriores la quema de residuos fue una práctica habitual. En los últimos años, los resultados locales obtenidos con otras especies ha demostrado que la conservación de los residuos de cosecha resulta una práctica adecuada para reducir las pérdidas de los nutrientes mantener la productividad del sitio.

A los efectos de estimar la biomasa removida por unidad de nutriente utilizado para producir dicha biomasa, se calculó IE para N y P. En la medida que este índice aumenta

indica mayor obtención de biomasa por unidad de nutriente utilizado. La Tabla 6 muestra los valores de IE obtenidos con la cosecha, removiendo en esta, el fuste con y sin corteza. La incorporación o no de la corteza se basa en que para determinadas especies la cantidad de nutrientes allí almacenados representa cantidades significativas respecto del total de la biomasa arbórea. Ejemplo de lo citado ocurre con el Ca en *Eucalyptus sp.* (Thiers et al., 2007). A los 40 años de edad, mejora la relación de extracción biomasa/P, lo que podría resultar interesante considerar la posibilidad de restitución de este compartimento al sitio como estrategia de mantenimiento de la capacidad productiva del sitio. Rodríguez-Soalleiro *et al.* (2004), indica que la prolongación del turno de corta tiene un efecto de reducción en la exportación relativa de nutrientes, situación que no se verificó cuando la cosecha se realiza extrayendo el fuste con su respectiva corteza.

Tabla 6: Índice de exportación de nutrientes (IE) para N y P en plantaciones de *A. angustifolia* de 20, 30 y 40 años de edad.

Table 6: Nutrients export index (IE) for N and P in *Araucaria angustifolia* plantations of 20, 30 and 40 old years

Edad	N		P	
	IE con RC	IE sin RC	IE con RC	IE sin RC
20	0,40	0,90	6,9	16,3
30	0,48	0,98	6,2	16,2
40	0,44	0,95	6,7	19,9

Ref.: RC: remoción de corteza

CONCLUSIONES

La biomasa aérea de *A. angustifolia* de 40 años de edad fue superior a las de 20 y 30. Esto condujo a que algunos compartimentos del estrato arbóreo presenten contenidos de N y/o P diferenciales. Sin embargo no se pudo determinar que la cosecha a diferentes edades exporte cantidades relativas diferentes de los nutrientes mencionados.

La concentración de N y P en corteza ocupó el segundo lugar en orden de importancia de los compartimentos arbóreos, lo que se manifestó luego con el cálculo del IE para el contenido de P, la importancia relativa de dejar dicho compartimento en el sitio.

BIBLIOGRAFIA

- Alifragis D.; P. Smiris; F. Maris; V. Kavadias; E. Konstantinidou; N. Stamou. 2001. The effect of stand age on the accumulation of nutrients in the aboveground components of an Aleppo pine ecosystem Forest Ecology and Management 141: 259-269
- Balboa M.; Alvarez, J.; Rodríguez-Soalleiro R.; Merino, A. 2004. Biomasa Forestal producida por la Cadena Monte-Industria. Parte II: Cuantificación e Implicaciones ambientales. Revista CIS-Madera.
- Blum W. 1980. Site-Nutrition-Growth Interrelationship of Araucaria. En: Actas problemas florestais do género Araucaria. Encontro IUFRO, Curitiba, Brasil. p. 119-131.
- Brañas J.; F. González Río; A. Merino. 2000. Contenido y distribución de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus globulus* del noroeste de la Península Ibérica. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 9 (2).
- Cozzo D. 1980. Distribución fitogeográfica en la Argentina de *Araucaria araucana* y *A. angustifolia*. In: IUFRO Meeting on Forestry Problems of the genus Araucaria, 1: p. 1-3.
- Fahler J. 1981. Variación geográfica entre y dentro de orígenes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. a los ocho años de edad en la provincia de Misiones, Argentina. Tesis de Maestría. UFP. Curitiba, Brasil.
- Fernández R. 2002. Estrategias para minimizar los impactos de la cosecha forestal. Balance de nutrientes y condición física del suelo. XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Argentina.
- Fernández R.; H. Rocha; R. Hosokawa. 1988. Criterios diagnósticos en la clasificación de aptitud de tierras para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Congreso Forestal Argentino. 1988. Santiago del Estero. Argentina. Tomo I: 117-118.
- Fernández R.; N. Pahr; A. Lupi. 1999. Aptitud de las tierras para la implantación de bosques. Provincia de Misiones. Yvyrareta 9: 41-49.
- Fernández Tschieder E.; R. Martiarena; J. Goya; A. Lupi; J. Frangi. 2004. Determinación de la biomasa aérea de plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. en el norte de la provincia de Misiones. 11º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales.

- Fox T. 2000. Sustained productivity en intensively managed forest plantation. *Forest Ecology and Management*. 138:187-202.
- Goya J.; C. Pérez; J. Frangi; R. Fernández. 2003. Impacto de la cosecha y destino de los residuos sobre la estabilidad del capital de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. *Ecología Austral* 13:139-150. Diciembre 2003. Asociación Argentina de Ecología.
- Khana P. y Raison J. 1986. Effect of fire intensity on solution chemistry of surface soil under a *Eucalyptus pauciflora* forest. *Aust. J. Soil res.* 24: 423-434.
- Martiarena R.; M. Pinazo; A. Von Wallis; O. Knebel; N. Pahr. 2010. Implicancias de las decisiones de manejo sobre la conservación de nutrientes en sistemas forestales en Misiones, Argentina. Trabajo presentado por los 50 años de la Asociación Argentina del Ciencia del Suelo. 30 pp. En prensa.
- Pérez C.; J. Goya; F. Bianchini ; J. Frangi; R. Fernandez. 2006. Productividad aérea y ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia* vol. 31 N° 11.
- Pinazo M.; R. Martiarena; A. Von Wallis; E. Crechi; N. Pahr; O. Knebel. 2007. Efecto de la intensidad de raleo sobre la compartimentalización y stock de carbono en plantaciones de *Pinus taeda* L. de 20 años en el norte de la provincia de Misiones. *RIA* 36 (1): 50-20.
- Poggiani F. 1985. Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems: Silvicultural implications. *IPEF*, n.31, p.33-40.
- Ranger J.; M. Renato Marques; C. Belgrand, N. Hammang. 1995. The dynamics of biomass and nutrient accumulation in a Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* France) stand studied using a chronosequence approach. *Forest Ecology and Management* 72: 167-183
- Ranger J.; R. Marques; C. Belgrand. 1997. Nutrient dynamics during the development of a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) stand. *Acta Ecologica*, 18 (2), 73-90
- Reissmann B. 1977. Variação anual dos nutrientes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em função da época de amostragem. *Revista Floresta* pg74-77.
- Rodríguez Soalleiro R.; M. Balboa; J. Alvares-Gonzales; A. Merino; F. Sánchez. 2004. Efecto de la silvicultura en la extracción de nutrientes a lo largo del turno en plantaciones de tres especies de rápido crecimiento en el norte de España. *Invest. Agrar: Sist. Recur. For.* Fuera de serie, 114-126
- Sanquetta C.; L. Watzlawick; M. Schumacher; A. Mello. 2001. Relacoes individuais de biomassa e conteúdo carbono em plantacoes de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. 2º Simposio Latino Americano Sobre manejo florestal Santa María Rs. Brasil. 2001.
- Santana R.; N. Barros; J. Neves. 2002. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. *Árvore* vol. 26 n° 4. Viçosa. July/Aug. 2002.
- Schumacher M.; J. Hoppe; S. Barbieri. 2000. Implicações ecológicas e econômicas da utilização da biomassa do primeiro desbaste de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Em 1º Simpósio Latino-Americano sobre manejo florestal, Santa Maria-Brasil.
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Steel, R. y J. Torrie. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second Edition. 632 pg. (1980).
- Thiers O.; V. Gerding; J. Schlatter. 2007. Exportación de nitrógeno y calcio mediante raleo en un rodal de *Eucalyptus nitens* de 5 años de edad, Chile. *Bosque* vol.28, n.3, pp. 256-262.
- Vázquez S. y L. Morales.2000. Adsorción de P por suelos ácidos de Misiones (Argentina). *Ciencia del suelo* 18 (2) 89-94.
- Whittaker R. y G. Woodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest, New York. *J.of Ecol.* 56: 1-25.