

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias

Especialización en Manejo de Recursos Forestales.

Trabajo Final Integrador

Impacto de diferentes

tipos de cosecha sobre el capital

de nutrientes en plantaciones de Eucalyptus grandis.

Autor: Ing. Agr. Gouin, Santiago.

Asesor: Ing. For. Hermosilla Daudet, Mario.

Año: 2018

Resumen

El efecto de la cosecha de productos forestales sobre la productividad del suelo ha adquirido especial atención en los últimos años. Un indicador ecológico de manejo forestal sustentable consiste en mantener el capital de nutrientes edáficos como base para sostener la productividad.

El objetivo de este trabajo consistió en comparar los impactos de dos diferentes sistemas de cosecha empleados actualmente, sobre el capital de nutrientes.

En plantaciones de *Eucalyptus grandis* de 12 años de edad se simularon dos de las alternativas más importantes de cosecha que emplea la empresa, donde se cuantificó la exportación de nutrientes por compartimiento de los dos escenarios.

El escenario de cosecha "árbol entero" arrojó, extracciones superiores al 40% del nitrógeno, 32% del fósforo, 77% del potasio, 63% del calcio y 57% del magnesio en relación al sistema de cosecha de fuste entero sin corteza.

Abstract

The effect of the harvest of forest products on soil productivity has gained special attention in recent years. An ecological indicator of sustainable forest management is to maintain soil nutrient capital as the basis for sustaining productivity.

The objective was to compare the impacts of two different harvesting systems currently used on nutrient capital.

In 12-year-old *Eucalyptus grandis* plantations, two types of crops were simulated, where the export of nutrients was quantified by compartment of the two scenarios.

The harvest scenario with extraction of whole tree yielded losses of 40% of the nitrogen, 32% of the phosphorus, 77% of the potassium, 63% of the calcium and 57% of the magnesium in relation to the harvest system of whole stem without bark.

Agradecimientos

A mi familia, mi esposa Ana Laura, mis hijos Iñaki y Sarita por su apoyo en todo momento, brindándome el tiempo para realizar el posgrado.

A mis padres Horacio y Laura por el apoyo en todo momento.

Al Ingeniero Forestal Fernando Dalla Tea, quien me designo como parte de la empresa para cursar el posgrado.

Al Ingeniero Agrónomo Federico Larocca por el apoyo en la realización del trabajo final.

A mis compañeros de posgrado: Rosa, Claudia, Silvia, Mayra, Gabriela, Julian, Guillermo, Carlos, Francisco, Cristhian, Rubén y Martín.

Y a todos los docentes del posgrado de la institución por los conceptos y el aprendizaje brindado.

Introducción:

En los últimos años se ha prestado mucha atención al impacto de las operaciones de cosecha y establecimiento forestal sobre la fertilidad del suelo, la nutrición y el crecimiento del cultivo. Si bien una buena parte de las investigaciones muestran los efectos a corto plazo; también se observa con frecuencia cada vez mayor, la generación de información donde se analizan los impactos a mediano y a largo plazo.

Cabe mencionar que el impacto del cultivo forestal sobre el capital de nutrientes en el suelo, depende de una serie de factores tales como: la edad de la plantación al momento de cosecha, tipo de producto extraído, fertilidad del suelo, capacidad de recuperación del sitio para compensar la pérdida de nutrientes, el nivel de impacto de las operaciones de cosecha y establecimiento, etc.

Según el tipo de cosecha, esta etapa puede provocar una disminución de la productividad cercana al 20% en cada ciclo (Wei *et al.*, 2000).

La extracción del árbol entero presenta mayor potencial de impacto, o sea un mayor costo nutritivo de cosecha. Numerosos estudios han detectado que el sistema de árbol completo conlleva mayor impacto sobre el balance de nutrientes y muchos de ellos recomiendan no solo extraer exclusivamente los productos comerciales, sino también descortezar en el sitio de apeo (Poggiani (1985); Spangenberg *et al* (1996); Goya *et al* (1997); Merino *et al* (1998); Morris, (1997); Frangi *et el* (1999); Jacobson *et al* (2000; Wei *et al* (2000); Laclau *et al* (2000); Goya *et al* (2003).

El objetivo consiste en comparar los impactos de dos sistemas de cosecha empleados actualmente, sobre el capital de nutrientes.

Para ello se estima la extracción de los mismos en dos sistemas de cosecha en tala rasa de *Eucalyptus grandis* de 12 años de edad implantados en suelos arenosos en el noreste de Entre Ríos.

Problema y sus antecedentes

En los últimos años se ha prestado especial atención al impacto de las operaciones de cosecha y establecimiento forestal sobre la fertilidad del suelo, la nutrición y el crecimiento del cultivo.

Un reflejo de esto son diversas investigaciones donde plantean que las prácticas de manejo que aceleran la pérdida de materia orgánica, las reservas y la disponibilidad de nutrientes serían las razones que explican la disminución de la capacidad productiva del suelo.

Cabe mencionar que el impacto del cultivo forestal sobre el capital de nutrientes en el suelo, depende de una serie de factores tales como: la edad de la plantación al momento de cosecha, tipo de producto extraído, fertilidad del suelo, capacidad de recuperación del sitio para compensar la pérdida de nutrientes, el nivel de impacto de las operaciones de cosecha y establecimiento, área de la tala rasa, etc. (Fernandez, 2002).

En especial, resulta de importancia establecer indicadores cuantitativos de impacto ambiental de las distintas etapas del manejo forestal. Ello permitiría evaluar y predecir las consecuencias de distintos tratamientos sobre la productividad y rendimiento de rotaciones futuras, y la selección y mejora de las técnicas en vista a aumentar la sustentabilidad de la actividad silvícola. (Goya *et al.*, 2009).

La extracción del árbol entero presenta mayor potencial de impacto, o sea un mayor costo nutritivo de cosecha.

Worrel y Hampson (1997), indican que la cosecha de árbol entero extrae entre dos y tres veces más nutrientes que la de fuste comercial, o aun mayor proporción en las especies

de copas muy desarrolladas, con elevada biomasa foliar y alta concentración de nutrientes.

Asimismo se sabe que las prácticas de postcosecha, tales como el apilado en escolleras y quema de residuos, causa la pérdida de materia orgánica y de nutrientes, en particular nitrógeno. (Flinn *et al.*, 1980; Carlyle *et al.*, 1998)

Por lo antes mencionado, se sabe que el piso forestal (hojarasca, ramas finas, restos de corteza, etc) y los residuos de cosecha representan uno de los reservorios de mayor importancia cuantitativa para numerosos sitios, particularmente en suelos de baja fertilidad, por lo tanto el manejo del piso forestal y los residuos de cosecha asumen un papel estratégico en la capacidad productiva de los sitios (Fernandez, 2002).

Por otra parte, el balance nutricional puede resultar seriamente perjudicado en el largo plazo producto de la aplicación incorrecta del fuego en la preparación del sitio, pudiendo llegar a situaciones graves en suelos con bajo contenido de materia orgánica. Según Fölster y Khanna (1997), y Jurgensen *et al.*, (1997) la quema de los residuos produce alteración de las características del suelo y una importante pérdida de materia orgánica y nutrientes.

El uso forestal continuo puede reducir la calidad del sitio y disminuir la productividad, principalmente en suelos arenosos, debido a la exportación de nutrientes provocadas por el aprovechamiento (Gonçalves *et al.*, 1997) y turnos de corta menores a la rotación ecológica (Kimmins, 1974).

La implementación de prácticas de silvicultura sostenible requiere, por tanto, conocer el destino de los nutrientes en la plantación y los efectos extractivos de la cosecha (Mackensen & Folster, 2000; Nzila *et al.*, 2002).

Resumiendo, el sistema de cosecha tipo “full tree” (donde el árbol es extraído en forma completa), se ha difundido en los últimos años, debido al incremento de la capacidad

operativa y productividad, no obstante no siempre se toma conciencia de su verdadero impacto en el capital de nutrientes.

Materiales y métodos

Localización:

Se estimó la extracción de nutrientes en dos sistemas de cosecha en tala rasa de *Eucalyptus grandis* de 12 años de edad implantados en suelos arenosos del orden *Entisol* suborden *fluventes* en el noreste de Entre Ríos.

Características edáficas:

Son suelos arenosos a areno francos, rojizos, sobre materiales arcillo-arenosos rojizos a 65-85 cm, generalmente con cantos rodados.

Bien drenados a algo excesivamente drenados; escurrimiento superficial moderado.

Permeabilidad moderada (muy rápida en los horizontes superficiales y moderadamente lentos en los materiales subsuperficiales). Napa freática profunda.

Son suelos que presentan erosión hídrica actual leve y existe una moderada susceptibilidad a la misma. También se ha observado erosión moderada y en algunos lugares severa, sobre todo en quintas cítricas. Existe una leve erosión eólica en campos desnudos.

Datos analíticos del perfil tipo.

Horizonte		Ap	I	I/II	II	III	
Profundidad (cm)		05-12	35-55	75-88	95-110	140-160	
Mat.orgánica (%)		0,5	0,3	0,2	0,7	0,0	
C/N		9	7	6	7	-	
T	<2 μ	5,4	6,5	14,0	40,9	27,0	
E	2-20 μ	2,8	5,3	4,8	3,4	1,8	
X	2-50 μ	6,0	9,0	5,8	5,4	4,4	
T	50-100 μ	4,6	4,8	3,5	5,0	1,7	
U	100-500 μ	39,8	33,3	37,0	22,8	32,4	
R	500-1000 μ	41,8	42,0	37,2	23,4	32,3	
A	1000-2000 μ	2,4	4,4	2,5	2,5	2,2	
	Gravas	1,2	1,1	4,5	17,2	7,8	
CO ₃ Ca (%)		-	-	-	-	-	
pH H ₂ O		5,7	6,0	6,1	5,6	5,8	
pH CIK		4,5	4,7	4,6	4,0	4,1	
Capacidad de intercambio catiónico (m.e./100 g) = Valor T		2,1	2,6	3,5	18,9	10,2	
C a t i o n e s	d	Ca ⁺⁺	0,6	1,3	1,7	7,3	4,7
	e	Mg ⁺⁺	0,2	0,4	0,8	3,4	1,1
	c	K ⁺	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1
	a	Na ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	m	H ⁺	2,0	1,8	2,0	10,4	7,0
% Na/T		4,8	3,8	2,9	0,5	1,0	
Equivalente de humedad (%)		2,9	4,6	6,4	22,9	15,7	
Saturación de bases (%)		33,0	48,0	57,0	52,0	46,0	

Los sistemas de cosecha a estudiar fueron:

- 1- extracción de árbol entero.
- 2- extracción de fuste entero y sin corteza.

La extracción de árbol entero consiste en el volteo mecanizado con un feller buncher; arrastre de los arboles apeados con "skidder" o motoarrastrador y elaboración en la cabecera del rodal con harvester o procesador.

Los residuos en este tipo de sistema son depositados en las cabeceras de los respectivos rodales, en forma de escolleras y la madera organizada en diferentes productos a borde de camino.

Esta operación de cosecha, posee como característica distintiva con respecto a otras, el pasaje repetido de los vehículos o conjuntos sobre un mismo sector, producto del proceso de cosecha y extracción de la madera, pudiendo causar efectos sobre las plantaciones forestales posteriores a la misma en un determinado sitio, tanto por sus efectos sobre la compactación superficial del suelo en el corto plazo, como por su incidencia en la compactación subsuperficial, aún cuando las operaciones se realicen con bajas cargas sobre el eje de los vehículos utilizados. (Balbuena *et al.*, 2000)

El sistema de cosecha de fuste entero y sin corteza, se realiza con un harvester o procesador, el cual voltea y procesa dentro del rodal los diferentes productos, para luego ser retirados por un forwarder o carreta autocargable. Este sistema permite que los restos de cosecha queden depositados dentro del rodal.

Se utilizaron datos de concentraciones de nutrientes en diferentes compartimentos del árbol (fuste, corteza, ramas, hojas y otros restos menores) que se extraen diferencialmente en función de cada sistema.

Las concentraciones y proporciones de nutrientes por compartimiento, así como el valor de la biomasa de las plantaciones de *Eucalyptus grandis*, fueron tomados de publicaciones de Goya *et al.*, (2009) donde se simulan el impacto de diferentes regímenes de cosecha sobre el capital de nutrientes.

La razón por la cual se consideraron estos datos esta dado por las similitudes en las condiciones ambientales, de suelo, turno de corta y rendimientos.

La metodología del cálculo consistió en la multiplicación de la biomasa por compartimiento (hojas, ramas, corteza y fuste) (Goya *et al.*, 2009) por el rendimiento promedio de cosecha de empresas locales. El valor de biomasa obtenida, se multiplicó por la concentración de cada nutriente en cada compartimiento (hojas, ramas, corteza y fuste), obteniendo así la remoción en kg/ha de cada nutriente.

Resolución

Biomasa y contenidos de nutrientes.

Las concentraciones de nutrientes en cada compartimiento del árbol y los valores de biomasa, fueron calculados con rendimientos promedios de empresas locales de la zona y datos publicados en trabajos de investigación de Goya *et al.*, (2009).

Los valores de biomasa (Mg/ha) se obtuvieron, de multiplicar la biomasa por compartimiento (hojas, ramas, corteza y fuste) obtenidos en trabajos de Goya *et al.*, (2009), y el rendimiento promedio de cosecha de empresas locales (valores aproximados a 168 Mg/ha).

Compartimientos	Biomasa Goya	Rend.Promedio (Mg/ha)	Biomasa Obtenida (Mg/ha)	C	N	P	K	Ca	Mg
Hojas	0,02	168	3,6	424,3	14,8	1,2	7,9	14,4	3,3
Ramas menores 1 cm	0,01	168	2,4	523,1	3,6	0,4	3,5	9,2	1,2
Ramas 1-5 cm	0,07	168	11,0	526,1	1,0	0,1	1,4	1,4	0,3
Corteza	0,07	168	11,8	488,2	2,9	0,7	5,0	29,6	1,9
Fuste sin corteza	1	168	168	475,9	0,9	0,8	0,2	1,5	0,2
Total	1,17		196,8	2437,6	23,3	2,6	18,1	56	6,9

Tabla 1. Proporción de nutrientes (kg/Mg) en cada compartimientos de la biomasa de *Eucalyptus grandis*.

La biomasa obtenida de la plantación analizada, resulto en un valor de 196,8 Mg/ha (suma de las biomásas obtenidas de cada compartimiento), de los cuales el 85,4% corresponde solo al fuste, el 6% a la corteza, el 5,6% a ramas entre 1 a 5 centímetros, 1,2% a ramas menores a 1 centímetro y 1,8% a las hojas. (Tabla 1)

De los componentes de la biomasa, la mayor concentración de Nitrógeno se observa en el compartimiento de las hojas con 14,8 kg/Mg, seguido por las ramas menores a 1 centímetro con 3,6 kg/Mg y finalizando con la corteza con 2,9 kg/Mg.

En el Fosforo, Potasio y Magnesio se puede observar que la mayor concentración se encuentra también en las hojas con 1,2 kg/Mg de P, 7,9 kg/Mg de K y 3,3 kg/Mg de Mg, seguido por la corteza con 0,7 kg/Mg de P, 5,0 kg/Mg de K y 1,9 kg/Mg de Mg y las ramas menores a 1 centímetro con 0,4 kg/Mg de P, 3,5 kg/Mg de P y 1,2 kg/Mg de Mg.

Para el Calcio la mayor proporción se encuentra en la corteza con 29,6 kg/Mg, seguido por las hojas con 14,4 kg/Mg y continuando con las ramas menores a 1 centímetro con 9,2 kg/Mg. (Tabla 1).

Remoción de nutrientes por compartimiento.

Analizando la remoción de nutrientes por compartimiento, se observa que el Calcio es el nutriente que se remueve en mayor cantidad con 695,43 Kg/ha, seguido del Nitrógeno con 267 Kg/ha y el Potasio con 145 Kg/ha. (Tabla 2).

Compartimiento	C	N	P	K	Ca	Mg
Hojas	1513,6	52,7	4,3	28,3	51,2	11,6
Ramas menores a 5 cm	1244,2	8,6	1,0	8,3	21,8	2,9
Ramas de 1 a 5 cm	5801,1	11,4	0,9	15,9	15,1	3,2
Corteza	5752,2	35,1	7,8	59,4	348,6	22,4
Fuste entero sin corteza	79959,6	159,6	30,2	33,6	258,7	30,2
Total	94270,7	267,3	44,3	145,5	695,4	70,4

Tabla 2. Remoción de nutrientes (Kg/Ha) por compartimiento en plantaciones de *Eucalyptus grandis*.

Para el calcio la mayor remoción de nutrientes se observa en la corteza con 348,6 kg/ha y el fuste con 258,7 kg/ha.

Para el nitrógeno la mayor remoción se observa en fuste con 159,6 kg/ha seguido por las hojas con 52,7 kg/ha.

Para el potasio la mayor remoción se observa en la corteza con 59,4 kg/ha, seguido por el fuste con 33,6 kg/ha.

Para el fósforo la mayor remoción se observa en el fuste con 30,2 kg/ha, seguido por la corteza con 7,8 kg/ha.

Para el magnesio la mayor remoción también se observa en el fuste con 30,2 kg/ha, seguido por la corteza con 22,4 kg/ha. (Tabla 2).

Comparación de sistemas de cosecha.

El sistema de cosecha de extracción de árbol entero, produce la mayor remoción de nutrientes del sistema, en comparación con el sistema de cosecha de extracción de fuste entero y sin corteza, con un 40% más de Nitrógeno, 32% de Fosforo, 77% de Potasio, 63% de Calcio y 57% de Magnesio. (Tabla 3).

Sistema de Cosecha	Biomasa Total (Mg/ha)	C	N	P	K	Ca	Mg
Árbol entero	196,8	94270,7	267,3	44,3	145,5	695,4	70,4
Fuste entero y sin corteza	168,0	79959,6	159,6	30,2	33,6	258,7	30,2
Incremento en % de 1 respecto a 2	15	15	40	32	77	63	57

Tabla 3. Remoción de nutrientes (kg/Ha) relacionadas a dos sistema de cosecha en plantaciones de *Eucalyptus grandis*.

Conclusiones:

De los dos escenarios de cosecha analizados se puede concluir que aquel que deja la mayor cantidad de materia orgánica y nutrientes en el sitio, será el que menos afecta la estabilidad ecológica de las plantaciones; en este sentido el sistema de cosecha de fuste entero y sin corteza representa la técnica más apropiada para el aprovechamiento de las plantaciones de Eucalipto instaladas sobre suelos del noreste de Entre Ríos.

Si se continúan con las prácticas de extracción de árbol entero y no se reponen los nutrientes exportados, es previsible la aparición de mermas en la productividad en estas plantaciones.

Referencias Bibliográficas

- Balbuena, R.; A. Terminiello; J. Claverie; J. Casado; R. Marlats. 2000. Compactación del suelo durante la cosecha forestal. Evolución de las propiedades físicas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.453-459.

- Carlyle, J.; M. Bligh; E. Nambiar .1998. Woody residue management to reduce nitrogen and phosphorus leaching from sandy soil after clear-felling *Pinus radiata* plantations. Canadian Journal Forest Research, 28: 1222-1232.

- Fernandez, R. 2002. Estrategias para minimizar los impactos de la cosecha forestal. Balance de nutrientes y condiciones físicas del suelo. XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Argentina.

- Fernandez, R.; A. Von Wallis; N. Pah; A. Fried, R. Martiarena; A. Lupi. 2014. Implicancias de la modalidad de cosecha forestal sobre el contenido de nutrientes. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca. Argentina.

- Flinn, D.; R. Squire; P. Farrell.1980. The role of organic matter in the maintenance of productivity on sandy soils. New Zealand Journal of Forestry, 25: 229-236.

- Fölster, H.; P. Khanna.1997. Dynamics of Nutrient Supply in Plantation Soil. 239-253.

- Frangi, J.; J. Goya; F. Larocca. 1999. Ciclo de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) de distintas edades en la provincia de Entre Ríos. Informe Final PIA 11/96. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAPGyA-BIRF).
- Gonçalves, J.; N. Barros; E. Nambiar; R. Novais. 1997. Soil and stand management for short-rotation plantations. En: Nambiar EKS & Brown AG (ed) Management of soil nutrients and water in tropical plantation forest. CSIRO, Canberra, Australia: 379-417.
- Goya, J.; J. Frangi; F. Dalla Tea; M. Marco; F. Larocca. 1997. Biomasa, productividad y contenido de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de la Provincia de Entre Ríos. Actas XII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Oct. de 1997.
- 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*. Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral, 13:1-13.
- Goya, F.; J. Frangi; G. Denegri; F. Larocca. 2009. Simulación del impacto de diferentes regímenes de cosecha sobre el capital de nutrientes e indicadores económicos en plantaciones de *Eucalyptus grandis* del NE de Entre Ríos, Argentina. Asociación de Universidades Grupo Montevideo, 1:1-17.

- Jacobson, S.; M. Kukkola; E. Malkonen; B. Tveite. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management*. 129: 41-51.
- Jurgensen, M.; A. Harvey; R. Graham; D. Page-Dumroese; J. Tonn; M. Larsen; T. Jain. 1997. Impacts of Timber Harvesting on Soil Organic Matter, Nitrogen, Productivity, and Health of Inland Northwest Forests, *Forest Science* 43 (2).
- Kimmins, J. 1974. Sustained yield, timber mining, and the concept of ecological rotation; a British Columbian view. *The Forestry Chronicle*, 50: 27-31
- Laclau, J. 2000. Dynamics of biomass and nutrient accumulation in a clonal plantation of Eucalyptus in Congo. *Forest Ecology and management*. 128: 181-196.
- Mackensen, J.; H. Folster. 2000. Cost-analysis for sustainable nutrient management of fast growing-tree plantations in East-Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 131: 239-253
- Merino, A.; J. Edeso; M. Gonzales; P. Marauri. 1998. Soil properties in a hilly area following different harvesting management practices. *Forest Ecology and Management*, 103: 235-246

- Morris, D. 1997. The role of long-term site productivity in maintaining healthy ecosystems: A prerequisite of ecosystem management. *The Forestry Chronicle* 73 (6): 731-740.

- Nzila, J.; J. Boulet; J. Laclau; J. Ranger. 2002. The effects of slash management on nutrient cycling and tree growth in Eucalyptus plantations in the Congo. *Forest Ecology and Management*, 171: 209-221.

- Poggiani, F.1985. Nutrient Cycling in Eucalyptus and Pinus plantations ecosystems. *Silvicultural implications*. IPEF- 31- Piracicaba.

- Spangenberg, A.; U. Grimm; J. Sepeda da Silva; H. Folster.1996. Nutrient store and export rates of Eucalyptus urograndis plantations in eastern Amazonia (Jari). *Forest Ecology and Management* 80: 115-234.

- Wei, X.; W. Liu; J. Waterhouse; M. Armleder. 2000. Simulations on impacts on different management strategies on long-term site productivity in lodgepole pine forest of the central interior of British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 133: 217-229.

- Worrel, R.; A. Hampson.1997. The Influence of some Operations on the Sustainable Management of Forest Soils a Review. *Forestry*. 70 (1): 61-77.

- INTA. 2017. Sistema de información de suelos del INTA. <http://sisinta.inta.gob.ar/>.
19/6/2017.