

Pérdida de nutrientes durante la cosecha y el establecimiento forestal, en un rodal de *Pinus taeda* en Misiones, Argentina

*Nutrients loss at the forest harvest and establishment in an **Pinus taeda** stand in Misiones, Argentina*

RODOLFO MARTIARENA,
ALEJANDRA VON WALLIS
y OTTO KNEBEL

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Montecarlo, Misiones,
Argentina, E-mail: ramartiarena@montecarlo.inta.gov.ar

Recibido: 15-04-08 / Aceptado: 03-06-09

Resumen

El trabajo fue realizado en la provincia de Misiones, Argentina. El objetivo es cuantificar la pérdida de N, P, K y Ca producida por la cosecha forestal y el establecimiento de la nueva plantación. El clima de la región presenta una temperatura media anual de 21 °C y precipitaciones de 2000 mm anuales. El suelo pertenece al subgrupo de los Rhodic Kandudults. El trabajo consistió en tres etapas donde se cuantificó el contenido de nutrientes en cada una de ellas. Previo al apeo, el contenido de N y Ca respondió principalmente al contenido en el suelo, mientras que para el fósforo fue muy importante el contenido presente en la biomasa de la vegetación y la necromasa del piso forestal. El potasio tuvo un comportamiento intermedio a los mencionados. Luego del establecimiento de la nueva plantación, en términos porcentuales quedaron en el sitio el 47, 55, 38 y 21% respectivamente de N, P, K y Ca. El elemento más comprometido es el fósforo, ya que se exportaron 25 kg/ha durante la cosecha y queda en el sitio para la próxima rotación 28,6 kg/ha para ser distribuidos en todos los compartimentos del sistema, indicando esto que sin la reposición de este macronutriente al suelo del rodal el crecimiento de una nueva plantación estaría seriamente afectado.

Palabras clave: fertilidad de suelo, macronutrientes, residuos de cosecha, manejo de plantaciones forestales.

Abstract

The work was carried out in the province of Misiones, Argentina. The objective is quantify the loss of N, P, K and Ca produced by the forest harvest and the establishment of the new plantation. The climate of the region possesses a mean annual temperature of 21 °C and mean rainfalls of 2000 mm. The soil belongs to the sub group of the Rhodic Kandudults. The work consisted of three stages where the content of nutrients was quantified in each of them. Before the harvest the content of N and Ca responded principally to the content in the soil, whereas for the phosphorus the present content was very important in the biomass of the vegetation and the litter of forest floor. The potassium had an intermediate behavior to the mentioned ones. After the establishment of the new plantation, in percentage terms, 47, 55, 38 and 21% respectively for the N, P, K and Ca stayed in the site. The most compromised element is the phosphorus, since 25 kg/ha exported during the harvest and stays in the site for the next rotation 28.6 kg/ha to be distributed in all the compartments of the system, indicating this that without the reposition of this macronutrient to stand soil, growth of a new plantation was seriously affected.

Key words: soil fertility, macronutrients, harvest residues, forest plantation management.

1. Introducción

La cosecha forestal y el establecimiento de la nueva plantación son las actividades de mayor impacto nutricional para el sitio (Fernández, 2002). La eliminación de los residuos de cosecha puede afectar negativamente la calidad del suelo (Fox, 2000), por ello el desafío en el manejo de nutrientes es mantener y en lo posible aumentar sostenidamente la productividad del sitio para satisfacer las demandas de los cultivos.

El agotamiento de la capa fértil de los suelos es una de las principales causas de la degradación de los suelos y el ambiente, donde la ineficiencia de manejo puede provocar serios problemas, en especial si se pierden grandes cantidades de nutrientes del sistema (FAO, 1999).

Con el aprovechamiento del rodal una parte de los nutrientes son removidos en la madera y la corteza. En sitios donde la pérdida de nutrientes puede afectar la producción de la próxima rotación, el manejo eficiente de los residuos remanentes de la

cosecha juega un importante rol en el balance global de nutrientes del sistema. De acuerdo al tipo de aprovechamiento, según Wei *et al.* (2000), cada rotación puede llegar a causar pérdidas de productividad del orden del 20%.

La preparación de terreno debe alterar el sitio hacia una condición mejor del suelo (estructura, capacidad de agua aprovechable, régimen de nutrientes). El balance nutricional puede resultar seriamente perjudicado en el largo plazo producto de las técnicas de preparación de terreno como la quema de residuos, pudiendo llegar a situaciones graves, dejando al suelo con bajos contenidos de materia orgánica (Gayoso y Alarcón, 1999). Goya *et al.* (2003) indican que la estabilidad nutritiva de las plantaciones es afectada negativamente por la quema de los residuos de cosecha, a pesar de que en el corto plazo algunos nutrientes aumentan su disponibilidad en el suelo inmediatamente después de la quema de residuos forestales (Giardina *et al.*, 2000a).

En plantaciones de *P. taeda* en Misiones los problemas de fertilidad se asocian con la disponibilidad de P y K, cuyo comportamiento en suelos ácidos los hace sensibles a diferencias de manejo (Pérez *et al.*, 2006).

Por su parte, Goya *et al.* (2003), con las mismas condiciones de suelo y clima, determinaron que el fósforo disponible del suelo más el contenido en los residuos remanente de la cosecha del *P. taeda* alcanzaría para dos rotaciones del mismo cultivo, considerando que el próximo cultivo se realizará con el "status" del fósforo de los residuos toda vez que no hay reposición de fósforo disponible en el suelo.

El objetivo del presente trabajo es cuantificar la pérdida de N, P, K y Ca que genera la cosecha forestal y el establecimiento de una nueva plantación de *P. taeda*, en un rodal localizado en Wanda, Departamento de Iguazú, Provincia de Misiones, República Argentina.

2. Materiales y métodos

2.1 Caracterización del área de estudio

El trabajo se llevó adelante en una propiedad de la empresa Lipsia S.A., situada en la localidad de Wanda, departamento Iguazú, al norte de la pro-

vincia de Misiones, Argentina, aproximadamente a los 25° 59' de latitud sur y los 54° 24' de longitud Oeste.

La clasificación climática de Thornthwaite indica que la provincia de Misiones presenta el tipo climático hídrico húmedo con pequeña o nula deficiencia de agua, y el tipo climático térmico mesotermal con concentración estival de la evapotranspiración inferior a 48%, siendo la fórmula climática B3 r B' 3 a'. El suelo de la zona es denominado localmente como rojo profundo, de aproximadamente 2 m de profundidad, arcilloso y bien drenado, con baja saturación de bases, perteneciente al subgrupo de los Rhodic Kandiudults.

2.2 Características del rodal

La plantación fue realizada en el año 1985 con *P. taeda* origen Marion con una densidad inicial de 1644 pl/ha. Luego de las sucesivas intervenciones, a los 20 años de edad y momento en que se realiza la tala rasa, el rodal se encontraba con 364 pl/ha, presentando valores medios de diámetro altura de pecho (DAP) de 34,8 cm, altura total (Ht) 27,8 m y área basal 34,7 m²/ha, con uniformidad edáfica en la totalidad del mismo.

2.3 Metodología

Los relevamientos fueron realizados en tres momentos diferentes del período que transcurre entre la cosecha y el establecimiento de la nueva plantación. En cada uno de ellos se cuantificó el contenido de nutrientes en los compartimentos del sistema, entendiéndose por ello al suelo, piso forestal, sotobosque y estrato arbóreo.

La primera etapa fue efectuada previa al apeo del rodal. En la misma se cuantificó el contenido de nutrientes a través de muestreos del estrato arbóreo, sotobosque, piso forestal y suelo, en 3 parcelas (repeticiones) de 806 m² cada una.

El estrato arbóreo se determinó mediante técnicas de análisis dimensional (Whittaker y Woodwell, 1968), apeando 15 individuos, 5 de los cuales correspondieron a cada una de las parcelas. En ellas los árboles fueron seleccionados en forma ponderada de acuerdo a la distribución de sus diámetros.

La biomasa de cada árbol fue dividida en 7 compartimentos, hojas, ramas menores a 5 cm, ramas mayores a 5 cm, ramas secas, frutos, fuste sin corteza y corteza del fuste. Los compartimentos hojas, ramas y frutos fueron pesados a campo y a partir de una alícuota del material se determinó la relación peso seco/peso verde (Ps/Pv), sometiéndola en estufa a 70°C hasta peso constante. De ella también se determinó la concentración de nutrientes. Con base en estas cuantificaciones, se obtuvo el contenido en cada compartimiento y, por sumatoria de compartimentos el contenido total en el árbol, con lo cual luego se obtuvo el total de cada nutriente en el estrato arbóreo.

El sotobosque fue dividido en arbustivo y herbáceo. Para el primero de los estratos se realizaron 30 subparcelas de 2 m² distribuidas 10 en cada una de las parcelas, clasificando la biomasa en material lignificado y material verde. Luego se secaron las muestras y se determinó la concentración de nutrientes.

El sotobosque herbáceo fue determinado a través de 30 subparcelas de 1 m², distribuidas 10 en cada una de las parcelas, determinando luego la concentración de nutrientes.

La misma cantidad y la misma distribución de sub-parcelas fueron realizadas para determinar el piso forestal. En este caso la superficie de las sub-parcelas fue de 0,25 m². En ellas el material fue separado de acuerdo a la composición, realizando para ello tres grupos, hojas, hojas altamente descompuestas y madera.

Tanto para ambas divisiones del sotobosque como para el piso forestal se determinó el contenido de nutrientes de la parcela y luego se calculó para la hectárea.

El muestreo de suelo fue realizado atravesando las parcelas por dos diagonales. Para determinar las propiedades químicas se tomaron muestras hasta los 60 cm de espesor, considerando los horizontes A (0-10 cm), BA (10-30 cm) y B (30 cm y más). Las muestras estuvieron compuestas por 10 sub-muestras simples en cada una de las parcelas y cada horizonte. La determinación de la densidad aparente del suelo se realizó por medio del método del cilindro (Forsythe, 1975), efectuando 10 muestras simples por parcela en cada uno de los horizontes.

La agrupación de las parcelas y sub-parcelas de cada uno de los estratos muestreados se observa en la figura 1.

Para la segunda etapa, realizada posterior a la cosecha y previo al establecimiento de la nueva plantación, los cálculos fueron efectuados por diferencia entre lo obtenido previo al volteo y lo que se exportó con la cosecha, considerando para ello que no se afecta el contenido de nutrientes del suelo. La cosecha fue realizada en la modalidad de fuste entero, extrayéndose del sitio el fuste con su corteza hasta los 5 cm de diámetro.

La tercera etapa, donde también se cuantificó el contenido de nutrientes en el sitio, fue realizada 12 meses después de la cosecha y 6 meses posteriores a la preparación de terreno.

La preparación de terreno consistió en desecación de los residuos esparcidos en el terreno durante 6 meses, para luego efectuar su acumulación y posterior quema. La superficie de suelo afectada directamente por la quema fue del 10% del total del terreno. Posterior a la quema se aplicó una pasada de rastra.

Al momento del muestreo los compartimentos analizados fueron el suelo y el piso forestal, conteniendo restos de residuos.

El muestreo de suelo fue realizado en forma análoga al efectuado previo al apeo del rodal, considerando por separado la zona que fue afectada por la quema, respecto de aquella que no fue afectada por la misma.

El muestreo de residuos se efectuó en la zona libre de quema y sobre esta. En la primera incluyó los restos que no fueron juntados para su quema y en la segunda los restos que no se quemaron en su totalidad.

3. Resultados y discusión

La figura 2 muestra el contenido de nitrógeno en los tres momentos que se realizaron las determinaciones.

Durante la cosecha se extrajo aproximadamente el 3% del nitrógeno total del sistema. Este bajo porcentaje extraído durante la cosecha responde a que el contenido de este elemento en la biomasa arbórea es insignificante respecto del contenido presente en el suelo.

En la preparación de terreno el contenido de nitrógeno también disminuyó. Aquí el sitio quedó con el 47% del contenido inicial que poseía el sistema. Esta disminución se puede deber a la elevación

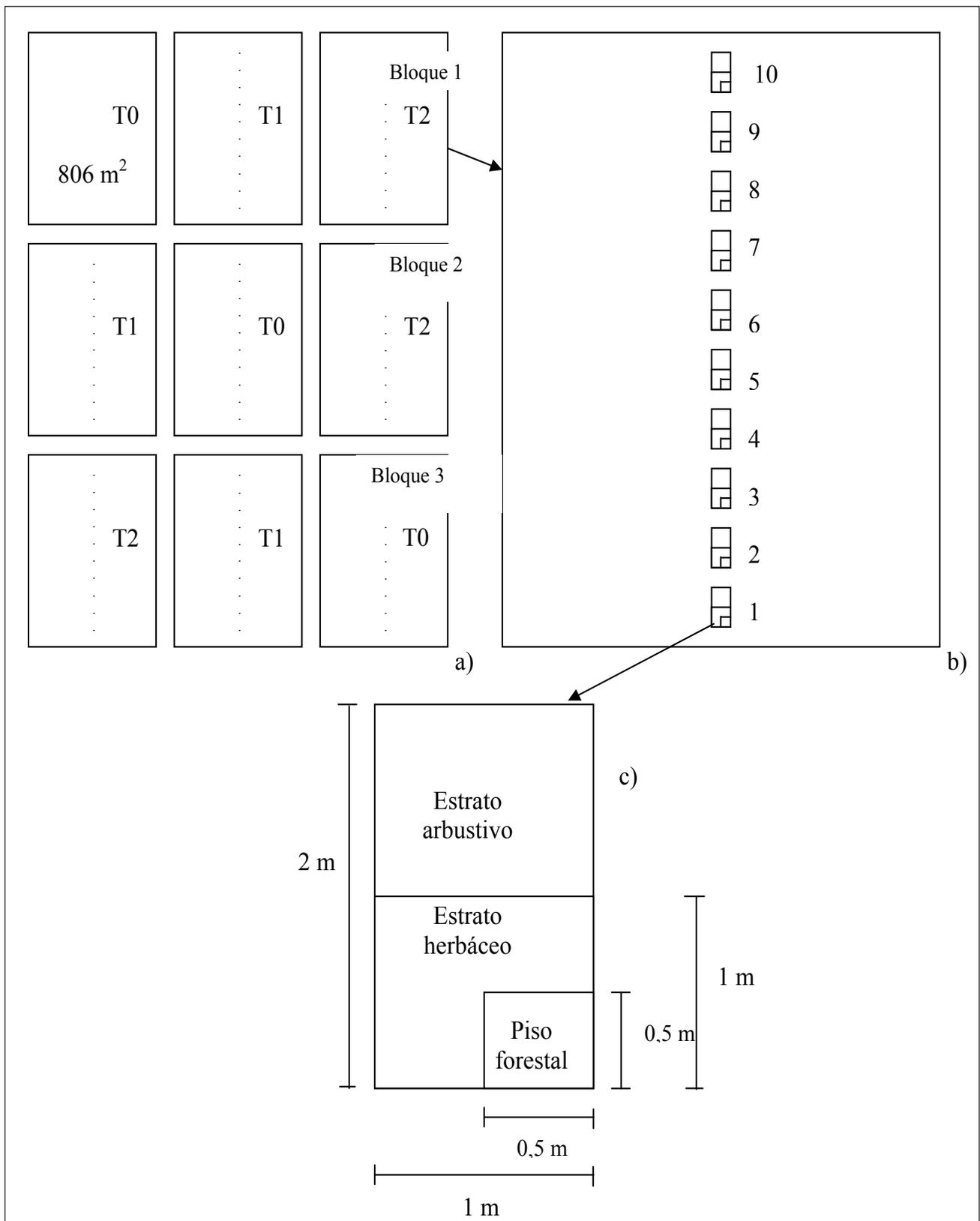


Figura 1. Esquema general de las parcelas de muestreo de los diferentes estratos a) parcelas arbóreas, b) cada una de las parcelas arbóreas con las 10 parcelas de muestreo de los estratos inferiores y piso y, c) parcela de muestreo del estrato arbustivo, estrato herbáceo y piso forestal.

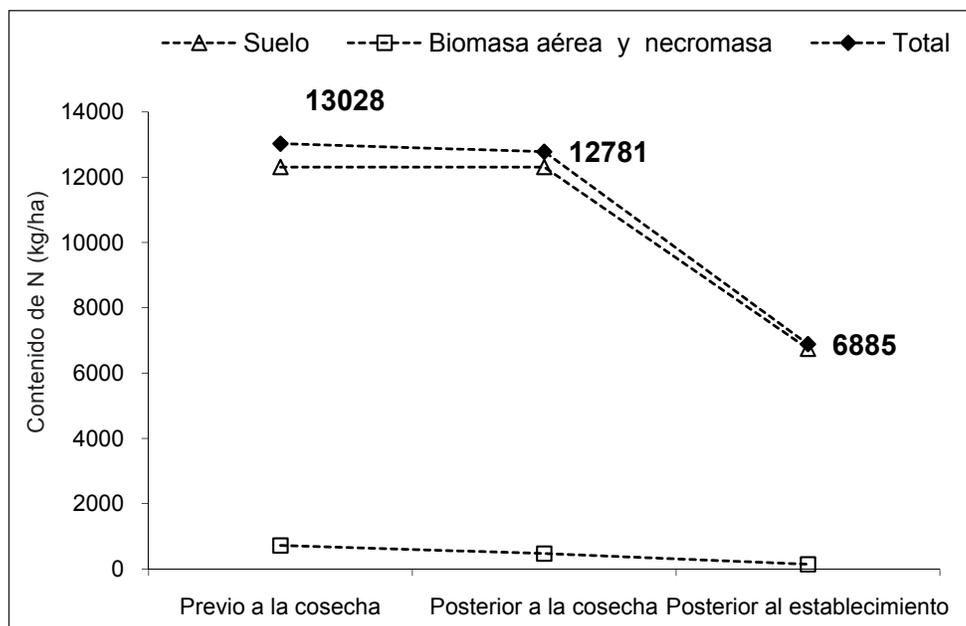


Figura 2. Contenido de nitrógeno en el sistema forestal (kg/ha) en la etapa previa a la cosecha, luego de esta y posterior al establecimiento de la nueva plantación.

de la temperatura en la capa superficial del suelo durante la quema de residuos de cosecha, considerando que este elemento se libera cuando la temperatura alcanza los 200 °C (Albanesi y Anriquez, 2003), coincidiendo con Úbeda (2001), Giardina *et al.* (2000a) y Kauffman *et al.* (1995), quienes hacen mención de la disminución del contenido de este elemento luego de la quema. También la exposición del suelo a la radiación solar directa puede producir disminución del contenido de este elemento, ya que antecedentes para estos mismos suelos (Martiarena *et al.*, 2007) muestran disminución del contenido de nitrógeno en el suelo luego de la preparación de terreno intensificándose con la quema de residuos.

Mas allá de la disminución generada en esta etapa y el fuerte impacto para el sistema, la cantidad de nitrógeno que requiere el cultivo de la misma especie, para una futura rotación, es inferior a la cantidad existente en el suelo. Goya *et al.* (2003) encuentran en condiciones de sitio similares, que el nitrógeno remanente luego de la cosecha sería suficiente para sustentar 12,6 rotaciones.

En la figura 3 se observa el contenido de fósforo en los períodos estudiados, donde puede observarse que el mayor contenido está presente en la biomasa aérea y la necromasa del piso forestal, considerando en el suelo sólo el contenido de fósforo disponible.

Tal es así que durante la cosecha se exporta el 48% del total de este elemento en el sistema, realizándose la misma en la modalidad de fuste entero. Resultados similares encuentra Waterloo (2002) quien expresa que la extracción de fuste entero en *P. caribaea* significa el 60% del fósforo presente en el sistema, en una zona donde el suelo presenta escaso contenido de fósforo disponible.

La preparación de terreno (quema de residuos) produjo la disminución del 77% del contenido de fósforo que se encontraba en los residuos de la cosecha. El fósforo liberado de los residuos pasó a formar parte del fósforo disponible del suelo, lo cuál dejó al suelo con 19 kg/ha, de donde la disminución entre ambos períodos es de 3,7 kg/ha. Esto indica que la pérdida total de P del sistema es del 55% respecto a lo que se encontraba previo al apeo del rodal. Giufré *et al.* (2002) muestran que la quema de residuos afecta positivamente la concentración de fósforo extractable y por ende aumenta su contenido. Varios investigadores reportaron el aumento del fósforo en el suelo luego de la quema de residuos (Da Silva, 1981; Giardina *et al.*, 2000a; Ubeda, 2001; Belleau *et al.*, 2006; Martiarena *et al.*, 2007).

El fósforo es considerado como de baja disponibilidad natural para esta región del país (Vázquez

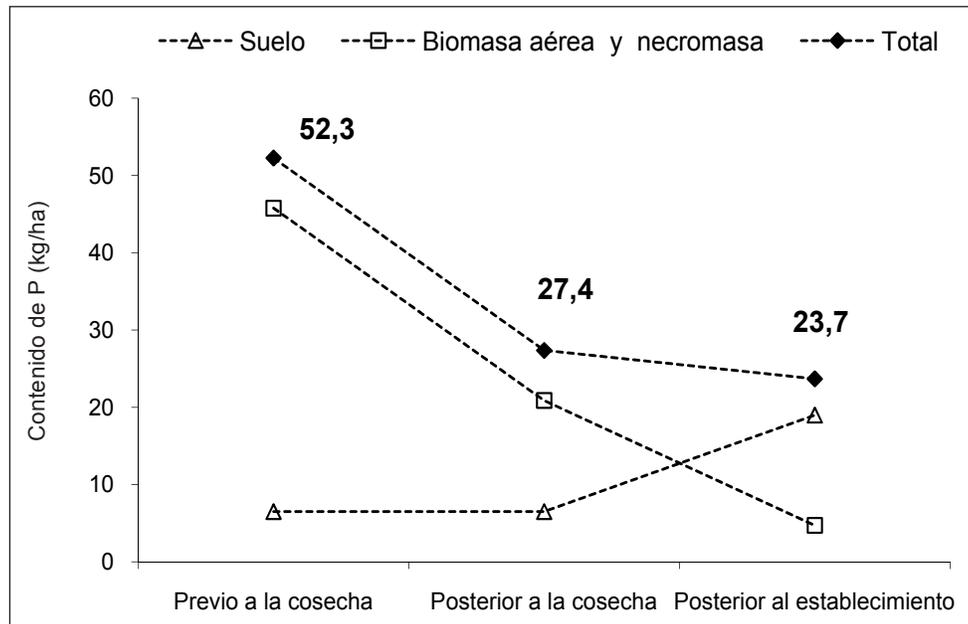


Figura 3. Contenido de fósforo en el sistema forestal (kg/ha) en la etapa previa a la cosecha, luego de esta y posterior al establecimiento de la nueva plantación.

y Galmarini, 1985; Pettri y Acuña, 1993; Pettri *et al.*, 1996; Vázquez y Morales, 2000) y de baja estabilidad nutritiva (Fernández *et al.*, 1999; Pahr *et al.*, 2000). Sumado a ello la escasa cantidad que queda en los residuos y la potencial pérdida del mismo del suelo, hace que la pérdida generada durante la cosecha y el establecimiento ponga en riesgo la sobrevivencia de la próxima rotación de esta misma especie. Por otro lado, se debe considerar que en esta región las plantaciones están en tercera rotación y siguen creciendo como lo hiciera la primera y segunda, a pesar de haberse aplicado estos métodos de preparación de terreno y sin complementar con fertilizantes, lo cuál hace pensar que este elemento recupera el contenido con el transcurso del tiempo, ya que el fósforo disponible en el suelo es apenas el 0,5% del fósforo total.

En la figura 4 se representa el comportamiento del potasio en cada etapa estudiada. En ella se aprecia la pérdida de este elemento entre el contenido existente previo a la cosecha y posterior a ella, representando 88,5 kg/ha de este elemento. Posterior al establecimiento nuevamente experimentó una pérdida del contenido, dejando al sitio con 393 kg/ha, lo cuál representa el 61,7% del contenido inicial de este elemento en el sitio. Puede observarse que el contenido remanente en el sistema luego del establecimiento de la nueva plantación respon-

de al contenido presente en el suelo, representando este el 96% del contenido presente en el sitio en este momento. En contraposición a lo encontrado en este trabajo Nascimento (1971); Ubeda (2001); Giuffré *et al.* (2002) registraron aumento del contenido de potasio en el suelo luego de la quema de residuos como consecuencia de la mineralización de los mismos. Litton y Santelices (2003) también reportaron mayor contenido de este elemento luego de dos años de efectuada la quema. El lavado de este elemento es difícil pero está probado que puede ocurrir (Thompson y Troeh, 1980) y, considerando que el muestreo se efectuó 6 meses posterior a la quema de los residuos, siendo esta una zona con 2000 mm de precipitaciones anuales, podría atribuirse la disminución al lavado durante este período.

El calcio experimentó una disminución de 56,4 kg ha⁻¹ como consecuencia de la cosecha. Posterior al establecimiento de la nueva plantación la pérdida total de este elemento del sistema quedó registrada en 690 kg/ha, dejando de esta forma al sitio con 2523 kg/ha. Giardina (2000b) reporta que el 50% del calcio contenido en los residuos al producirse la quema es devuelto al suelo en forma de cenizas, lo cuál es sinónimo de pérdida del 50% en forma inmediata a la aplicación de la quema, mientras que Úbeda (2001) también observó una

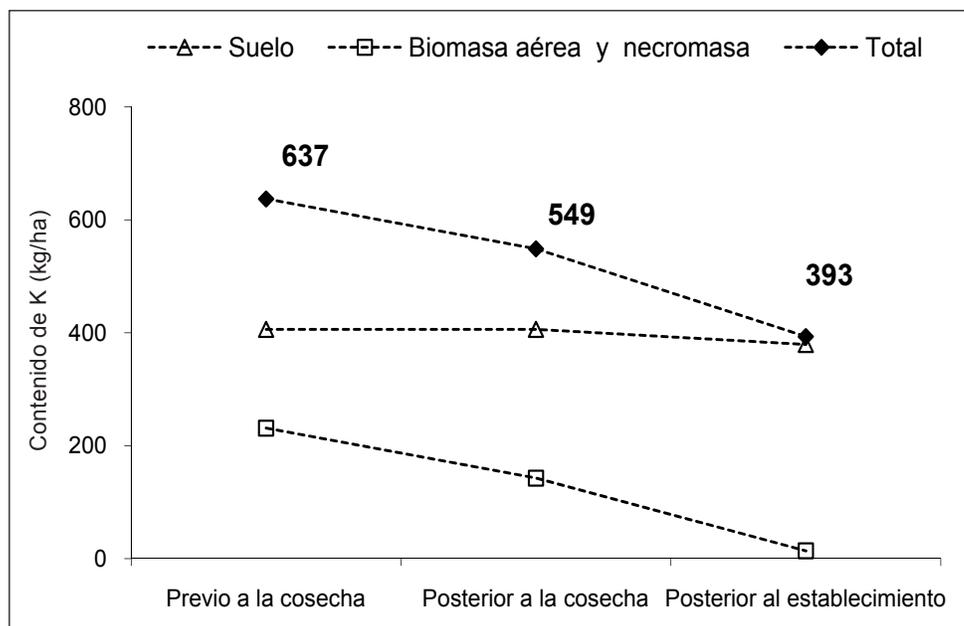


Figura 4. Contenido de potasio en el sistema forestal (kg/ha) en la etapa previa a la cosecha, luego de esta y posterior al establecimiento de la nueva plantación.

disminución del contenido de este elemento en el sistema luego de la quema.

Khouri y Prendes (2006) trabajaron con quemas prescriptas y analizaron la concentración de Ca en el suelo inmediatamente posterior a la quema, encontrando un aumento en la concentración de este elemento. Noventa días después la concentración en el suelo experimentó una disminución respecto de lo encontrado posterior a la quema, lo cual muestra una tendencia que coincide con lo encontrado en el presente trabajo. También Becerra *et al.* (2004) encuentran una leve disminución de la concentración de Ca luego de 1 año de establecida la práctica.

El calcio en el suelo contrarresta los efectos nocivos de cantidades excesivas de Al, Na, Mn, y minerales pesados que se producen a pH bajos, por ello niveles bajos de Ca en el suelo puede reflejarse en niveles tóxicos de ciertos iones (Donoso, 1994). Si bien posterior al establecimiento de la nueva plantación se observa una disminución en el contenido de calcio en el suelo (Figura 5), la cantidad remanente es suficiente para que la plantación en su próxima rotación cumpla con los requerimientos básicos y no se produzcan niveles de toxicidad que perjudiquen el desarrollo de la misma.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la cosecha forestal y el establecimiento de la nueva plantación son etapas que causan fuerte impacto nutricional al ambiente.

La cantidad de nitrógeno perdido del sitio en la cosecha es insignificante respecto de lo que se pierde durante el establecimiento de la nueva plantación, pero de todas maneras, el remanente de este elemento en el sitio no compromete el crecimiento y el normal funcionamiento de la nueva plantación de esta misma especie.

El contenido de fósforo es reducido principalmente por la cosecha, mientras que las prácticas de establecimiento sólo liberaron el fósforo contenido en los residuos forestales y lo pusieron a disposición en el suelo. La cantidad encontrada luego del establecimiento de la nueva plantación indicaría que sin reposición de este elemento la nueva plantación no podría cumplir su ciclo.

Ambas actividades, cosecha y establecimiento, redujeron el potasio contenido en los residuos, sin modificar el contenido encontrado inicialmente en el suelo. El calcio mostró un comportamiento similar en ambas etapas, donde tanto el calcio como el potasio poseen cantidad suficiente para que el desarrollo de la nueva plantación no se vea comprometido.

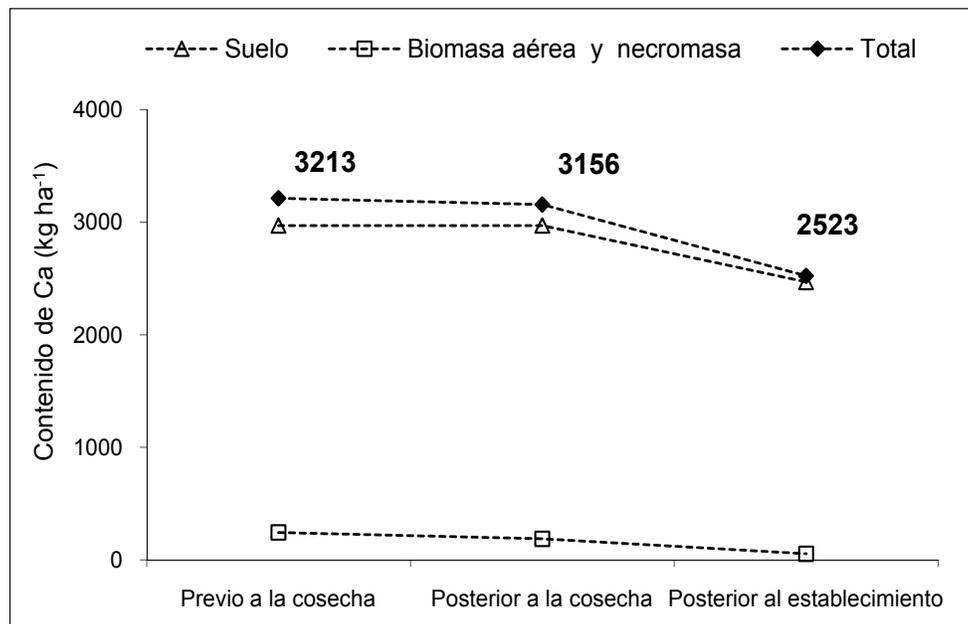


Figura 5. Contenido de calcio en el sistema forestal (kg ha⁻¹) en la etapa previa a la cosecha, luego de esta y posterior al establecimiento de la nueva plantación.

5. Agradecimientos

A la empresa Lipsia SA por brindar el sitio para la realización del ensayo. Al proyecto Forestal de Desarrollo y al INTA (PNFOR 2214) por la financiación del mismo.

6. Referencias bibliográficas

- ALBANESI, A. y A. ANRIQUEZ 2003. *Fuego en los ecosistemas Argentinos. El fuego y el suelo*. Ediciones Inta. 59 p.
- BECERRA, L., M. RODRÍGUEZ, I. MARTÍNEZ, M. VICHOT y R. SOSPEDRA. 2004. Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de Pinus tropicales Morelet, en Cuba. *Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente* 10(001): 31-35
- BELLEAU, A., S. BRAIS y D. PARE. 2006. Soil Nutrient Dynamics after Harvesting and Slash Treatments in Boreal Aspen Stands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 1189-1199.
- DA SILVA, L. 1981. Alteraciones edáficas em solos de tabuleiro (Haplorthexs) por influencia do desmatamento, queima e sistema de manejo. *Theobroma* 11: 5-19.
- DONOSO, C. 1994. *Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria. Universidad Austral de Chile. 368 p.
- FAO. 1999. *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*. Roma, Italia. 213 p.
- FERNÁNDEZ, R. 2002. Estrategias para minimizar los impactos de la cosecha forestal. Balance de nutrientes y condición física del suelo. Actas XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, del 24 al 25 de octubre de 2002. Argentina.
- FERNÁNDEZ, R., A. LUPI y N. PAHR. 1999. Aptitud de las tierras para la implantación de bosques. Provincia de Misiones. *Yvyrareta* 9: 41-49.
- FORSYTHE, W. 1975. *Física de suelos. Manual de laboratorio*. Turrialba. IICA. 221 p.
- FOX, T. 2000. Sustained productivity en intensively managed forest plantation. *For. Ecol. and Manag.* 138: 187-202.
- GAYOSO, J. y D. ALARCÓN. 1999. *Guía de conservación de suelos forestales. Grupo de producción forestal y medio ambiente*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 135 p.
- GIARDINA, C., R. SANFORD y I. DØCKERSMITH. 2000a. Changes in Soil Phosphorus and Nitrogen During Slash-and-Burn Clearing of a Dry Tropical Forest. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 399-405
- GIARDINA, C., R. SANFORD, I. DØCKERSMITH y V. JARAMILLO. 2000b. The effects of flash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. *Plant and Soil* 220: 247-260.
- GIUFFRÉ, L., R. FERNÁNDEZ, A. LUPI, O. HEREDIA y C. PASCALE. 2002. Calidad de un suelo Kandudult

- con diferentes técnicas de manejo de residuos de la cosecha forestal en el noreste Argentino. *Agricultura Técnica* 62(1): 143-149.
- GOYA, J., C. PÉREZ, J. FRANGI y 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.
- KAUFFMAN, J., D. CUMMINGS, D. WARD y R. BABBITT. 1995. Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. *Oecologia* 104(4): 397-408.
- KHOURI, A. y J. O. PRENDES. 2006. Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 15(3): 262-270.
- LITTON, M. y R. SANTELICES. 2003. Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in a *Nothofagus glauca* forest. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76(4): 15-21.
- MARTIARENA, R., A. VON WALLIS, R. FERNÁNDEZ y O. KNEBEL. 2007. *Efecto de prácticas de preparación de terreno sobre el contenido de nutrientes y el crecimiento en plantaciones forestales*. Avances en Ingeniería Agrícola 2005-2007. SIMA Editora, Córdoba, Argentina. 310 p.
- NASCIMENTO, J.C. 1971. Influencia da quemada sobre algunas características químicas do solo nos serviços experimental en Manaus. In centro do pesquisas do cacao. Itabuna, Bahía, Brasil. Informe Técnico 1970 e 1971. 95-96 pp.
- PAHR, N., R. FERNÁNDEZ y A. LUPI. 2000. Potencial de productividad de los suelos del nordeste de Corrientes para el *Eucalyptus grandis*. *Yviraretá* 10: 91-92.
- PÉREZ, C., J. GOYA, F. BIANCHINI, J. FRANGI y R. FERNÁNDEZ. 2006. Productividad aérea y ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia* 31(11): 56-65.
- PETTRI, M. y M. ACUÑA. 1993. Adsorción diferencial de P en dos suelos de Misiones. XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza, del 25 al 29 de octubre de 1993. Argentina.
- PETTRI, M., M. ACUÑA y A. SOSA. 1996. Isotermas de adsorción de P, ensayos de maceta y campo en un alfisol. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Santa Rosa. La Pampa, del 19 al 24 de Mayo de 1996. Argentina.
- THOMPSON, L. y F. TROEH. 1980. *Los suelos y su fertilidad*. Editorial Reverté S.A. 647 p.
- UBEDA, X. 2001. Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. *Edafología* 8: 41-49.
- VÁZQUEZ, S. y A. GALMARINI. 1985. El P en Ultisoles de la provincia de Corrientes: fracciones de P inorgánico, P total y orgánico. *Ciencia del Suelo* 3(1-2): 39-42.
- VÁZQUEZ, S. y L. MORALES. 2000. Adsorción de P por suelos ácidos de Misiones (Argentina). *Ciencia del Suelo* 18(2): 89-94.
- WATERLOO, M. 2002. Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soil in southwest Viti Levu, Fiji. Tesis de Doctorado. Universidad de Vrije, Amsterdam, Holanda. 478 p.
- WEI, X., W. LIU, J. WATERHOUSE y M. ARMLEDER. 2000. Simulations on Impacts on different Management Strategies on long-term site Productivity in lodge pole Pine Forest of the central interior of British Columbia. *Forest Ecology and Management* 133: 217-229.
- 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.