

# EFECTO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE MANEJO DE RESIDUOS DE LA COSECHA FORESTAL EN ALGUNAS PROPIEDADES DE UN SUELO KANDIUDULT EN EL NORESTE ARGENTINO<sup>1</sup>

The effect of different techniques of forest harvest residue management on some properties of a Kandiuult soil in Northeastern Argentina

Lidia Giuffré<sup>2</sup>, Roberto Fernández<sup>3</sup>, Ana Lupi<sup>3</sup>, Olga S. Heredia<sup>2</sup> y Carla Pascale<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recepción de originales: 23 de octubre de 2000.

Trabajo parcialmente financiado por el Proyecto Forestal de Desarrollo, SAGPyA-BIRF y UBACYT.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía., Cátedra de Edafología. Av. San Martín 4453 (1417)

Capital Federal, Argentina. E-mail: [giuffre@agro.uba.ar](mailto:giuffre@agro.uba.ar)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo, Misiones, Argentina.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of different harvest residue management techniques for *Pinus elliotii* Engelm on the indices of a Kandiuult soil in Misiones, Argentina under conditions of high temperature and precipitation. The treatments were as follows: T1) manual extraction of harvest residues and reforestation; T2) burning and reforestation; T3) residue conservation and reforestation; and T4) residue conservation and development of a secondary forest. The statistical design was a completely randomized block with four replicates in blocks of 840 m<sup>2</sup>. The soil samples were removed a year and a half after introducing the treatments, since short-term monitoring is important given that the first four years are key for pine plantations in this region. The total removal of residue (T1) produced in lower values of total carbon (Ct) ( $P < 0.05$ ). Burning (T2) in the short term produced a significant increment of extractable phosphorus (Pe) ( $P < 0.05$ ). The conservation of residue provoked a significant increase in total nitrogen (Nt), equivalent to burning, and the highest values of total carbon (Ct) and light carbon (Cl) ( $P < 0.05$ ).

**Key words:** soil properties, Kandiuult, *Pinus*, residues, management

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes técnicas de manejo de residuos de *Pinus elliotii* Engelm en índices de calidad de suelo en un Kandiuult de Misiones, Argentina, en condiciones de altas temperaturas y precipitaciones. Los tratamientos fueron: T1) extracción manual de los residuos y reforestación; T2) quema y reforestación; T3) conservación de los residuos y reforestación; T4) conservación de los residuos y desarrollo de bosque secundario. El diseño estadístico fue en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, en bloques de 840 m<sup>2</sup>. Las muestras de suelo fueron extraídas un año y medio después de implantados los tratamientos, por ser importante el monitoreo a corto plazo, dado que los cuatro primeros años son clave en las plantaciones de pinos en esta región. La remoción total de los residuos se tradujo en menores valores de las formas de carbono total (Ct) ( $P < 0,05$ ). La quema, a corto plazo, produjo un aumento significativo de fósforo extractable (Pe) ( $P < 0,05$ ). La conservación de los residuos provocó un aumento significativo de nitrógeno total (Nt), equivalente al de la quema, y valores más altos de carbono total (Ct) y carbono liviano (Cl) ( $P < 0,05$ ).

**Palabras clave:** propiedades del suelo, Kandiuult, *Pinus*, residuos, manejo.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de cultivo presentan un potencial de producción maderera que asociado a su capacidad de captar carbono y sumirlo en sus tejidos leñosos durante largos periodos de tiempo, destaca la importancia de los recursos forestales en la solución de los graves problemas derivados de los fenómenos de cambio climático ([Cannell, 1999](#); [Richter et al., 1999](#)).

La sustentabilidad de la producción forestal se basa en gran medida en la elección de las técnicas de manejo más apropiadas, teniendo en cuenta el control de la erosión y un balance adecuado de los ciclos de los nutrientes, así como también una buena conservación del agua en el perfil del suelo. Distintos tipos de suelos reflejan diferencias en el nivel nutricional, que deben ser consideradas en el manejo de la fertilidad y en el volumen de producción a obtener. Tal es el caso de nutrientes como N, P, K y Ca, los cuales han demostrado estar fuertemente correlacionados con la producción de madera ([Turvey y Smethurst, 1994](#)).

Por otra parte, las técnicas de preparación del terreno han sido estudiadas en los últimos años en relación a su influencia sobre las propiedades de los suelos, contemplando tanto manejos intensivos como técnicas conservacionistas ([Merino et al., 1999](#)). En suelos donde puede haber una limitación nutricional, se ha recomendado mantener la mayor cantidad de materia orgánica posible luego de la tala ([Entry et al., 1987](#)).

La aplicación de prácticas de preparación del terreno, que involucran una conservación de los residuos de la cosecha, puede ejercer efectos pronunciados sobre el contenido de nutrientes del ecosistema y consecuentemente sobre la fertilidad del suelo en el corto y largo plazo. En este sentido los residuos leñosos han demostrado ser eficientes en la reducción de la lixiviación de N y P en suelos arenosos con *Pinus radiata* ([Carlyle et al., 1998](#)).

Asimismo, se pueden esperar efectos contrarios ante la aplicación de prácticas intensivas, tales como la quema o la remoción de biomasa por cosecha, debido a la exportación de nutrientes del sitio ([Binkley, 1993](#)).

El objetivo de este trabajo fue estudiar los cambios en las propiedades del suelo producidos por la aplicación de distintos sistemas de preparación del terreno y manejo de residuos forestales en la provincia de Misiones, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una propiedad de la empresa Alto Paraná S.A., en el Departamento de Iguazú, al noroeste de la provincia de Misiones, Argentina (26°00' lat. Sur; 54°30' long. Oeste). El clima es subtropical, cálido, con una temperatura media anual de 20°C y amplitud térmica anual de 11°C. Las precipitaciones son del orden de los 2000 mm, sin estación seca marcada ([INTA, 1990](#)). El suelo pertenece al Gran Grupo de los Kandudult. Es un suelo rojo muy profundo, bien drenado, de textura arcillosa (65% de arcilla, 23% de limo y 12% de arena en el horizonte A).

El área proviene de una primera rotación de *Pinus elliotii* Engelm. de 25 años, cuya cosecha se realizó a inicios de 1996. El sitio experimental presenta relieve ondulado, con pendiente de 3%; posteriormente se dejó en barbecho durante 4 meses y se aplicó una doble pasada de rolo (rolling chipper) de dos toneladas, logrando un mayor contacto de los residuos con el suelo, ya que queda un colchón de residuos quebrados de 20 cm de espesor.

Los residuos de la cosecha fueron cuantificados ([Fernández et al., 1998](#)), llegando a 40 t ha<sup>-1</sup>, de los cuales la mitad son residuos finos: mantillo que quedó de la plantación anterior, acículas de las copas, y ramas menores a 1 cm de diámetro. El resto son residuos gruesos: ramas y restos de fuste con diámetro de 20 cm hasta 1 cm, y conos (frutos).

En el mes de agosto de 1996 se aplicaron los siguientes tratamientos: T1: extracción manual de los residuos de la cosecha y posterior plantación de *Pinus taeda*; T2: quema de residuos,

pasadas de rastra y posterior plantación de *P. taeda*; T3: conservación de residuos sobre el suelo, pasada de rastra y plantación de *P. taeda*; T4: conservación de residuos sobre el suelo y desarrollo de bosque secundario.

En el momento de aplicar los tratamientos, los pinos implantados medían 1 m de altura. El bosque secundario o capuera, era una mezcla de malezas, árboles y arbustos invasores, con pastos de 70 cm, y árboles de 1,5-2 m.

Los tratamientos fueron distribuidos bajo un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones en parcelas de 840 m<sup>2</sup>. Las muestras de suelo fueron extraídas a una profundidad de 0-10 cm en diciembre de 1997. De cada parcela se conformó una muestra compuesta por 7 submuestras extraídas con pala al azar de aproximadamente 300 g cada una, llegando a 1 kg de muestra luego de homogeneizar y cuartear.

Las determinaciones efectuadas fueron: pH potenciométrico en agua 1:2,5, porcentaje de C total (Ct) según Walkley y Black, porcentaje de N total (Nt) por Kjeldahl, C liviano (Cl) con la técnica de bromoformo-benceno, P extractable (Pe) con Bray 1, y bases de intercambio (Ca, Mg, Na y K) por el método del acetato de amonio 1N pH 7 ([Soil Survey, 1996](#)), y N directamente destilable (NDD) según [Zourarakis y Barberis \(1983\)](#).

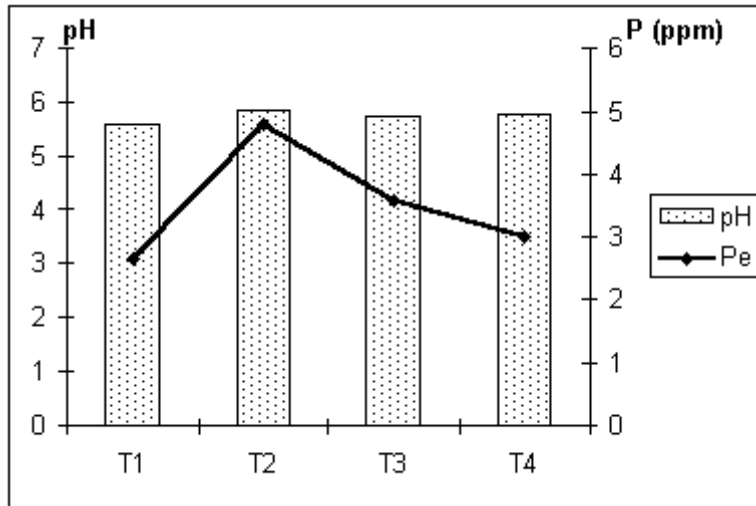
Los resultados fueron analizados utilizando el paquete estadístico Statistix 4.0.

## RESULTADOS

El hecho de realizar un monitoreo de las propiedades del suelo a los 16 meses de efectuados los tratamientos, se debe a que en la zona se consideran claves los cuatro primeros años de implantación de los pinos. Se tienen considerados muestreos posteriores, hasta cumplir 25 años, tiempo en el que se efectuará la tala rasa de esta plantación.

Los resultados obtenidos se consideran como una visión a corto plazo del efecto de las distintas prácticas, que es de aplicación al momento de tomar decisiones sobre nuevas implantaciones de pinos. La quema, por ejemplo, es desaconsejable desde el punto de vista de su impacto ambiental, y los sistemas de plantación directa, con conservación de residuos, son una novedad en esta región.

El pH del suelo presentó valores entre 5,6 y 5,8, estadísticamente similares ( $P < 0,05$ ), como puede verse en la [Figura 1](#). En otras investigaciones se ha establecido que la ceniza remanente luego de la quema del material vegetal puede producir un aumento de pH en los suelos, debido a un aumento del contenido en bases. Este efecto se diluye en el tiempo debido a los procesos erosivos y de lixiviación comunes en este tipo de ecosistemas ([Nye y Greenland, 1964](#)).



**Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el valor de pH y fósforo extractable (Pe) (ppm) en un suelo Kandiuult, Misiones, Argentina.**

**Figure 1. Effect of the treatment on soil pH and extractable phosphorus (Pe) (ppm) in a Kandiuult soil, Misiones, Argentina.**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

T1: extracción manual de los residuos de la cosecha y posterior plantación de *Pinus taeda*.

T2: quema de residuos, pasadas de rastra y posterior plantación de *P. taeda*.

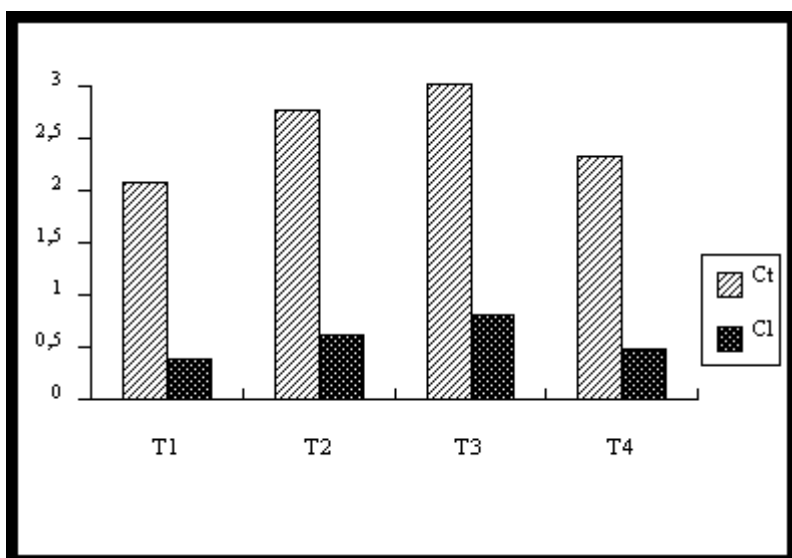
T3: conservación de residuos sobre suelo, pasada de rastra y plantación de *P. taeda*.

T4: conservación de residuos sobre el suelo y desarrollo de bosque secundario.

En la misma figura se observa que para T2 hay un aumento significativo ( $P < 0,05$ ) en el valor de Pe en los primeros 10 cm del perfil del suelo. En el T1 se observó el menor contenido de P, aunque no fue estadísticamente distinto a los demás tratamientos. Como tendencia general, la extracción manual de los residuos representaría una máxima pérdida del nutriente, y la quema contribuiría en forma positiva al aporte de P.

[Kutiél y Navegh \(1987\)](#) encontraron que el nivel total de nutrientes se incrementaba 2 meses después de la quema, mientras que en un período semejante al de este experimento, sólo el P en la estrata superior del perfil presentaba altos valores. [Da Silva \(1981\)](#) también encontró un aumento en la concentración de P luego de una quema aplicada en un Oxisol.

En la [Figura 2](#) puede observarse que para el Ct existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre T1 y T3, es decir que la extracción total de los residuos se vio reflejada en un menor contenido de Ct, y la conservación de los mismos representó un incremento en este elemento. El hecho de mantener los residuos de la plantación anterior representó un incremento en CI también en T3, estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) respecto a T1 y T4. Mientras que para las demás determinaciones el coeficiente de variabilidad para los distintos tratamientos no superó 15%, el CI fue el elemento que presentó el máximo, entre 17 y 31%.



**Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de carbono total (Ct) y carbono liviano (Cl).**

**Figure 2. Effect of the treatments on the total carbon (Ct) and light carbon (Cl) percentages.**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

T1: extracción manual de los residuos de la cosecha y posterior plantación de *Pinus taeda*.

T2: quema de residuos, pasadas de rastra y posterior plantación de *P. taeda*.

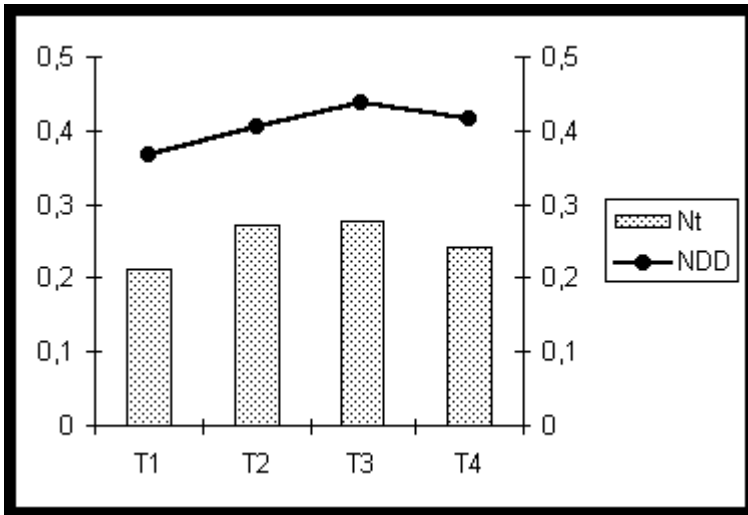
T3: conservación de residuos sobre suelo, pasada de rastra y plantación de *P. taeda*.

T4: conservación de residuos sobre el suelo y desarrollo de bosque secundario.

No existió efecto del manejo de los residuos con respecto al valor de NDD ([Figura 3](#)); en el caso de Nt, los tratamientos T2 y T3 (quema y conservación, respectivamente) resultaron en un mayor valor, estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) frente al caso de una remoción total representada por T1. La mayor magnitud de remoción de Nt en las áreas donde los residuos forestales son extraídos fue citada en otros experimentos por [Compton y Cole \(1991\)](#) y [Vitousek y Matson \(1985\)](#). Con respecto al tratamiento de quema (T2), el Nt no presenta una diferencia estadísticamente significativa con respecto al tratamiento de conservación de los residuos (T3).

[Fraga et al. \(1999\)](#) destacaron el efecto de los incendios forestales sobre el balance de nutrientes, encontrando que a medida que aumenta la temperatura de calentamiento se produce una mayor pérdida de C y Nt y un aumento en el contenido de P. Por otra parte, [González et al. \(2000\)](#), evaluando ambientes semiáridos con *Elionorus muticus* sometidos a distintas frecuencias de fuego, no encontraron diferencias en los valores de pH, pero sí en los de C y N que se ven incluso más afectados cuando el fuego es utilizado anualmente.

En la [Figura 4](#) se puede ver que los valores de los iones K y Ca no presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos, pero sí una tendencia a un mayor valor en T3, que representa una mejor conservación y reciclado de nutrientes, y T2, influido por la mineralización de los compuestos orgánicos presentes en la biomasa forestal. El mínimo está representado por T1, que implica la mayor exportación de todos los elementos evaluados.



**Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de nitrógeno total (Nt) y nitrógeno directamente destilable (NDD) (ppm/100).**

**Figure 3. Effect of the treatments on total nitrogen (Nt) and direct distillable nitrogen (NDD) (ppm/100) percentages.**

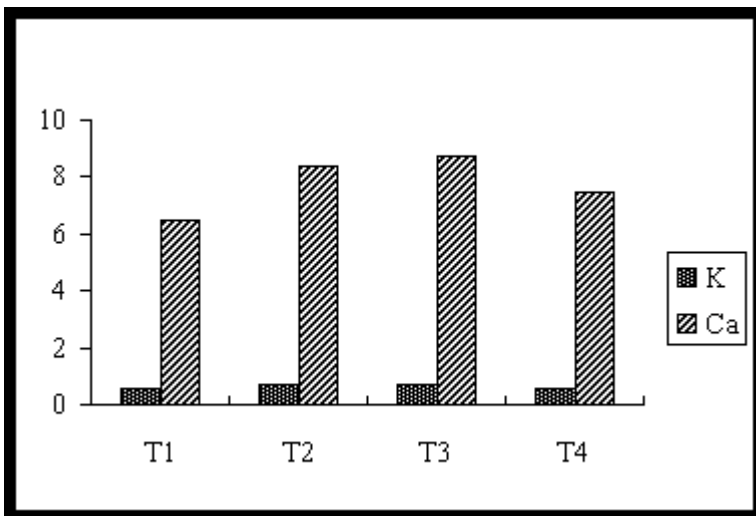
Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

T1: extracción manual de los residuos de la cosecha y posterior plantación de *Pinus taeda*.

T2: quema de residuos, pasadas de rastra y posterior plantación de *P. taeda*.

T3: conservación de residuos sobre suelo, pasada de rastra y plantación de *P. taeda*.

T4: conservación de residuos sobre el suelo y desarrollo de bosque secundario.



**Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el potasio (K) y calcio (Ca) intercambiables (cmolc kg<sup>-1</sup>).**

**Figure 4. Treatment effect on exchangeable potassium (K) and calcium (Ca) (cmolc kg<sup>-1</sup>).**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

T1: extracción manual de los residuos de la cosecha y posterior plantación de *Pinus taeda*.

T2: quema de residuos, pasadas de rastra y posterior plantación de *P. taeda*.

T3: conservación de residuos sobre suelo, pasada de rastra y plantación de *P. taeda*.

T4: conservación de residuos sobre el suelo y desarrollo de bosque secundario.

Las labores intensivas conllevan modificaciones importantes en la fertilidad y conservación de los suelos, que afectan además la productividad de las masas arbóreas (Merino *et al.*, 1999). La retirada de material orgánico junto con el arado profundo incrementan la densidad aparente

y producen una disminución en el contenido de MO, N, S, Ca y Mg, lo que sería coincidente con datos del presente trabajo. En lo que respecta a Mg y Na de intercambio, los valores obtenidos fueron muy parejos, sin diferencia estadística entre tratamientos ( $P < 0,05$ ).

En T4 no se presentaron valores muy altos de los elementos medidos. En general, en este tipo de parcelas se produce a largo plazo una recuperación progresiva de las condiciones de fertilidad. Se desarrolla un bosque secundario, se acumulan elementos nutritivos, y se restablece la producción de residuos, pero el plazo de regeneración puede estar entre 8 y 30 años ([Fassbender, 1987](#)).

El efecto positivo de la aplicación de técnicas de preparación del terreno que incluyan la conservación de los residuos de *Pinus* sp. sobre estos nutrientes fue estudiada por [Burger y Pritchett \(1988\)](#) y [Balneaves et al. \(1991\)](#). Asimismo, la mayor pérdida de nutrientes asociada a prácticas de cosecha y preparación de suelo que incluyen la extracción de los residuos fue reportada por [Compton y Cole \(1991\)](#).

## CONCLUSIONES

En el presente estudio, los sistemas de manejo de los residuos de cosecha forestal afectaron algunas propiedades del suelo en el corto plazo.

La remoción total de los residuos se tradujo en menores valores de Ct y CI ( $P < 0,05$ ). La quema produjo un aumento significativo de Pe ( $P < 0,05$ ). La conservación de los residuos provocó un aumento significativo de Nt, equivalente al de la quema; y valores más altos de Ct y CI ( $P < 0,05$ ). El bosque secundario fue estudiado en un plazo demasiado corto como para poder evaluar los cambios en la fertilidad.

## LITERATURA CITADA

Balneaves, J.M., M.F. Skinner, and A.T. Lowe. 1991. Improving the re-establishment of radiata pine on impoverished soils in Nelson, New Zealand. Forest Research Institute Bulletin 161. p. 37-150. [[Links](#)]

Binkley, D. 1993. Nutrición forestal. Prácticas de manejo. 518 p. Editorial Limusa, Barcelona, España. [[Links](#)]

Burger, J.A., and W.L. Pritchett. 1988. Site preparation effects on soil moisture and available nutrients in a pine plantation in the Florida Flatwoods. For. Sci. 34:77-87. [[Links](#)]

Cannell, M.G.R. 1999. Forests, Kyoto and climate. Outlook Agric. 28:171-177. [[Links](#)]

Carlyle, J.C., M.W. Bligh, and E.K.S. Nambiar. 1998. Woody residue management to reduce nitrogen and phosphorus leaching from sandy soil after clear-felling *Pinus radiata* plantations. Can. J. For. Res. 28:1222-1232. [[Links](#)]

Compton, J.E., and D. Cole. 1991. Impact of harvest intensity on growth and nutrition of successive rotations of douglas-fir. Forest Research Institute. Bulletin 161. p. 151-161. [[Links](#)]

Da Silva, L.F. 1981. Alteraciones edáficas em solos de tabuleiro (Haplorthexs) por influencia do desmatamento, queima e sistema de manejo. Theobroma 11:5-19. [[Links](#)]

Entry, J.A, N.M. Stark, and H. Loewenstein. 1987. Effect of timber harvesting on extractable nutrients in a northern Rocky Mountain forest soil. Can. J. For. Res. 17:735-739. [[Links](#)]

Fassbender, H. 1987. Fósforo. p. 255-279. In Química de suelos de América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica. [[Links](#)]

Fernández, R.A., S. Martínez, A. Friedl, R.M. Ruibal, C. Grundle, A.M. Lupi, y H. Reis. 1998. Evaluación de técnicas de manejo de residuos post tala y preparación del terreno para el cultivo del *Pinus taeda*. Informe de Actividades y Resultados. p.10-11. Publicación Miscelánea Nº 3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo, Montecarlo, Argentina. [ [Links](#) ]

Fraga M., V. Cala, A.M. Moreno, y J. González. 1999. Balance de nutrientes en suelos forestales como consecuencia de incendios: estudio bajo condiciones experimentales de laboratorio. p.602-14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, noviembre de 1999. Pucón, Chile. [ [Links](#) ]

González, C., C. Kunst, G.A. Studdert, y A. Albanesi. 2000. Efecto de la frecuencia de quemado de una sabana de *Elionorus muticus* del Parque Chaqueño semiárido sobre algunas propiedades del suelo. Comisión IV, sin paginación. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, Argentina. [ [Links](#) ]

INTA. 1990. Atlas de suelo de la República Argentina. Provincia de Misiones, tomo II. p. 111-154. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. [ [Links](#) ]

Kutiel, R., and Z. Navegh. 1987. Soil properties beneath *Pinus halepensis* and *Quercus calliprinos* trees on burned and unburned mixed forest on Mt. Carmel, Israel. For. Ecol. Manage. 20:11-24, [ [Links](#) ]

Merino, A., J.M. Edeso, M.J. González, P. Marauri, J.A. Larrión, G. Ouro, e I.S. Fernández. 1999. Conservación y producción de suelos forestales sometidos a diferentes prácticas de preparación del terreno. p. 587. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, noviembre de 1999. Pucón, Chile. [ [Links](#) ]

Nye, P.H., and D.J. Greenland. 1964. Changing in the soil after clearing tropical forest. Plant Soil 21:101-112. [ [Links](#) ]

Richter, D.D., D. Markewitz, S.E. Trumbore, and C.G. Wells. 1999. Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. Nature (London) 400:56-58. [ [Links](#) ]

Soil Survey. 1996. Laboratory Methods Manual. 693 p. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington D.C., USA. [ [Links](#) ]

Turvey, N.D., and P.J. Smethurst. 1994. Soil types as classes for managing the nutrient status of planted *Pinus radiata* in Victoria, Australia. Aust. Forestry 57:148-156. [ [Links](#) ]

Vitousek, P., and P. Matson. 1985. Disturbance, nitrogen availability, and nitrogen losses in an intensively managed loblolly pine plantation. Ecology 66:1360-1376. [ [Links](#) ]

Zourarakis, D., y L.A. Barberis. 1983. Técnicas de diagnóstico de la fertilidad nitrogenada edáfica. Fundamento y desarrollo de las mismas. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina. Rev. Fac. Agr. 4:191-211. [ [Links](#) ]