

EFEECTO DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus grandis* (HILL EX MAIDEN) SOBRE EL CONTENIDO DE CARBONO EN SUELOS EN EL NE DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.

EFFECT OF PLANTATIONS OF *Eucalyptus grandis* (HILL EX MAIDEN) ON THE CARBÓN CONTENT IN SOILS AT NE OF THE PROVINCE OF ENTRE RIOS.

Sandoval, DM¹; Goya, J¹, Arturi, M¹; Burns, S¹ y Pérez, C¹.

¹Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Diagonal 113 N° 469, 1900 La Plata, Argentina. lisea@agro.unlp.edu.ar

Resumen

La materia orgánica del suelo representa un componente clave relacionado con la productividad de los sistemas y puede ser alterado por las prácticas silvícolas. Para estudiar el carbono en los suelos de plantaciones forestales se seleccionaron rodales que representaran diferentes situaciones, edades (0 a 14 años), número de rotaciones y métodos de repoblación (plantación, replantación o rebrote). El objetivo fue determinar si existen variaciones en el contenido de carbono orgánico en suelos de plantaciones de *E. grandis* a lo largo del ciclo de cultivo asociadas a los tratamientos silvícolas de repoblación. No se observó una disminución significativa de los rendimientos a lo largo de las diferentes situaciones de manejo. En estas plantaciones la producción de biomasa no declinante, podría atribuirse a la disponibilidad de otros nutrientes tales como P y estar menos relacionada con el contenido de C. En relación a los suelos de pastizales y plantaciones, se observó que se produjo una caída neta de C del orden del 60% ($42,8\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $16,3\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a lo largo de más de 40 años de cultivo. Esta disminución se determinó considerando los valores medios de C para cada situación, no obstante se puede observar una gran variabilidad en los contenidos de C en los pastizales. Con estos resultados se podría considerar que existe una tendencia de disminución de C en los suelos a lo largo de las sucesivas rotaciones de plantaciones de *Eucalyptus grandis*.

Palabras clave: Manejo sustentable, Materia orgánica, Suelo, Silvicultura

Summary

The SOM is a key component related to the productivity of the systems and can be altered by forest practices. To study the carbon in soils of forest plantations stands were selected to represent different situations, ages (0 to 14 year) number of rotations and methods of reforestation (planting, replanting and coppice) objective was to determine whether there are variations in organic carbon content in soils of *E. grandis* plantations along the crop cycle associated with silviculture. There was no significant decrease in yields over different management situations. In these plantations the non declining production of biomass could be attributed to the availability of other nutrients such as P and less related to the content of C. In relation to grassland soils and plantations, it was observed that there was a net decline of C of order 60% ($42,8\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $16,3\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) over more than 40 years of cultivation. This decrease was determined considering the mean values of C for every situation; however exist a great variability in the content of C in the pasture. With these results we may consider that there is a trend of decreasing soil C in the course of successive rotations of plantations of *Eucalyptus grandis*.

Keywords: Sustainable management, Organic matter, Soil, Silviculture

Introducción

La conversión de pastizales a plantaciones forestales puede tener efectos perjudiciales sobre la fertilidad del suelo y su capacidad productiva, aunque este tema aún es materia de discusión (Fisher & Binkley, 2000, Bauhus *et al.*, 2002). La materia orgánica del suelo (MOS) y su constituyente principal el C orgánico (CO), que pueden ser alterados directamente por las prácticas silvícolas, representa un componente clave relacionado con la productividad de los sistemas aunque generalmente se le ha dado más importancia al C de la biomasa aérea en plantaciones forestales (Turner & Lambert, 2000). La dinámica de este componente depende en gran medida de su naturaleza (según sea fracción de C estable o lábil), condición del sitio (clima), propiedades del suelo (textura, nutrientes, entre otros) cualquiera de estos factores puede ser alterado con la implantación de cultivos forestales (Jandl *et al.*, 2007), la dinámica y evaluación de los cambios en contenidos y naturaleza de la MOS puede constituir un indicador de la sustentabilidad de las prácticas forestales (Bauhus *et al.*, 2002). Delgado *et al.* (2006) mostraron una tendencia a la disminución del carbono orgánico en la parte superior del horizonte A en diferentes suelos con plantaciones de *Eucalyptus spp.* de Uruguay. Asimismo, Carrasco-Letelier *et al.* (2004), detectaron una disminución de las reservas de carbono orgánico del suelo en plantaciones de *Eucalyptus spp.* ubicadas en Argiudoles del mismo país, al compararlas con praderas naturales, por lo que pudieron calcular una pérdida neta de 16,6 Mg de carbono por hectárea. En el mismo sentido, Turner & Lambert (2000) determinaron un rápido descenso del carbono orgánico en la superficie del suelo (0-10 cm), en suelos del este de Australia, después de 12 años del establecimiento de las plantaciones, para luego estabilizarse a los 20 años, de todas formas afirman que hay una severa depreciación en los primeros 50 cm y continúa disminuyendo en dicho compartimento a lo largo del ciclo.

La provincia de Entre Ríos presenta condiciones climáticas y edáficas, particularmente sobre la margen occidental del Río Uruguay, favorables para la implantación de especies forestales de elevada productividad. Estas plantaciones se extienden en una franja de 20 km paralela a la costa, en suelos arenosos, que resultan los mejores para la especie en la zona del Río Uruguay, bien drenados aunque con bajos contenidos de materia orgánica y nutrientes (Dalla Tea & Marcó, 1996; Golfari, 1985). La especie más frecuentemente utilizada en las forestaciones comerciales es *Eucalyptus grandis* y, en menor medida, *E. dunnii*, *Pinus elliottii*, *P. taeda* y *E. globulus* (Brizuela *et al.*, 2003). La evolución de la superficie forestada manifiesta fluctuaciones en relación con las condiciones del mercado registrándose un aumento de casi el 30% entre los años 2002 y 2006 (Aguer & Mestres, 2007), en particular en el Dpto. de Colón pasó de aproximadamente 10.000 ha en 1985 a 23.000 en 2008 (Presutti *et al.*, 2008).

El objetivo del presente trabajo fue determinar si existen variaciones en el contenido de carbono orgánico en suelos de plantaciones de *Eucalyptus grandis* a lo largo del ciclo de cultivo y de sucesivas rotaciones, asociada a los tratamientos silvícolas de repoblación (plantación, replantación y manejo del rebrote).

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se desarrolló en establecimientos cuyos cascos están situados a 31° 48' S y 58° 11' O, en el extremo NE del departamento de Colón a 50 km de la ciudad de Concordia, la zona presenta una temperatura media anual de 18,9°C, mínima absoluta: -4,8°C, máxima

absoluta: 40,5°C y una precipitación anual: 1307,8 mm. Los suelos característicos de la región donde se encuentran instaladas las plantaciones, son los denominados localmente como “arenosos” (Cuarzicamente Oxico, orden Entisol), “mestizos” (Haplumbrepte Fluvéntico, orden Entisol) y “arcillosos” (Peluderte Argiacuólico, orden Vertisol) (Marcó, 1988; Dalla Tea & Marcó, 1996). La estructura de edades de los rodales estudiados abarca desde los recientemente implantados hasta aquellos en edad del turno de corta, (12-14 años). Estos rodales se han establecido sobre antiguas plantaciones que luego de ser aprovechadas han sufrido quema de los residuos postcosecha en algunos casos, o sobre suelo ocupado anteriormente por pastizales. Los métodos de repoblación implican (1) la instalación de nuevas plantaciones sobre suelos ocupados previamente por pastizales, (2) la replantación entre filas y (3) el manejo del rebrote. Estos rodales han tenido hasta 4 ciclos de cosecha previos (mas de 40 años). La densidad de plantación es variable, con un promedio de 1100 plantas·ha⁻¹. En estas diferentes situaciones seleccionadas a modo de tratamientos se instalaron 30 parcelas en las cuales se caracterizó la estructura del rodal y se determinaron los principales parámetros edáficos. Adicionalmente se muestrearon pastizales naturales y los cultivos agrícolas considerados antecedentes de las actuales plantaciones. Ambos ambientes fueron analizados hasta una profundidad de 20 cm.

Estructura del estrato arbóreo

Se determinaron los diámetros a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con DAP mayor a 5cm con cinta diamétrica y las alturas árbol por medio con Vertex láser. Con estos parámetros estructurales se generaron regresiones locales DAP-altura para estimar la altura de los no medidos. De cada parcela se calculó el peso seco total (kg) y la biomasa seca total (Mg·ha⁻¹) con las ecuaciones para árboles individuales de *E. grandis* propuestas por Goya *et al.* (1997).

Muestreo de suelos

Para el estudio del suelo mineral se aplicó un muestreo compuesto (Cochran, 1977) de dos etapas, en cada parcela en la que se midió el estrato arbóreo se conformó una muestra compuesta formada por 10 submuestras de suelo obtenidas con barreno edafológico considerando dos profundidades de 0-20 y 20-30cm. Para las comparaciones solo se consideró la profundidad de 20 cm. Las muestras de suelo mineral se analizaron químicamente para obtener concentración de Materia Orgánica y C orgánico. También se realizaron determinaciones de densidad aparente en tres muestras para cada rodal. Paralelamente, se realizó un muestreo de características similares en pastizales adyacentes, al efecto de disponer de una suerte de control y de parcelas apareadas para hacer un análisis comparativo de tendencias en las características del suelo. La concentración de MO y C se analizó mediante el método de combustión seca (LECO, 1993), usando un LECO CNS-2000, según recomendaciones de Tabatabai & Bremner (1991).

Resultados y discusión

No se observó una disminución significativa de los rendimientos a lo largo de las diferentes situaciones de manejo en la biomasa aérea de estas plantaciones (**Gráfico 1**). Lo cual podría atribuirse a que el suelo ha mantenido durante varios años su capacidad productiva en términos de producción de biomasa. El efecto de las prácticas de manejo sobre la fertilidad del suelo es altamente dependiente de la especie que se considere (Fisher & Binkley, 2000). En estas plantaciones la producción de biomasa no declinante podría atribuirse a la disponibilidad de otros nutrientes tales como P y estar menos relacionada

directamente con el contenido de MOS (Bauhus *et al.*, 2002). En términos de C en el sistema, la conversión del pastizal a producido un aumento significativo en el componente aéreo (biomasa aérea) coincidiendo con el patrón característico de las forestaciones en tanto sumideros de carbono (Jandl *et al.*, 2007), almacenaje que podría resultar de carácter temporario debido a la exportación por cosecha y posible reemplazo por otro cultivo no forestal.

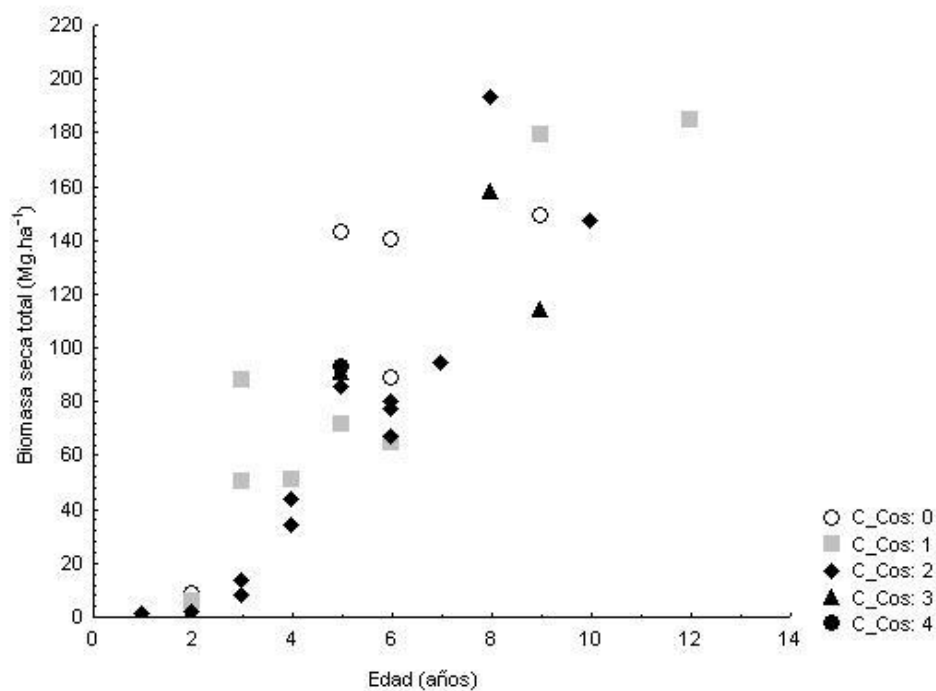


Gráfico 1. Biomasa seca total en Mg·ha⁻¹ de los rodales de *E. grandis* para cada edad, categorizados por ciclos de cosecha previos (C_Cos).

Figure 1. Total dry biomass Mg·ha⁻¹ of the stands of *E. grandis* for each age, categorized by previous harvest cycles (C_Cos).

La determinación de C se realizó sobre la fracción mineral del suelo, lo cual constituye la fracción más estable de C, asimismo en suelos arenosos esta fracción puede constituir más del 60% del C, el resto lo constituirían la fracción lábil y otras asociadas a microorganismos (Bauhus *et al.*, 2002). Al analizar los contenidos de C en el suelo de los pastizales y plantaciones con diferentes número de rotaciones (**Gráfico 2**) se observó que se produjo una caída neta del orden del 60% (42,8 Mg·ha⁻¹ a 16,3 Mg·ha⁻¹) a lo largo de más de 40 años (**Tabla 1** y **Tabla 2**). Esta disminución tan significativa se determinó considerando los valores medios de C para cada situación, no obstante se puede observar una gran variabilidad en los contenidos de C en los pastizales, considerados situaciones de referencia previos a la forestación (**Gráfico 2** y **Tabla 2**). Este hecho podría aclararse considerando las texturas de cada sitio dado que existiría un gradiente desde suelos arenosos con menor contenido de C a suelos mestizos con mayor contenido de C.

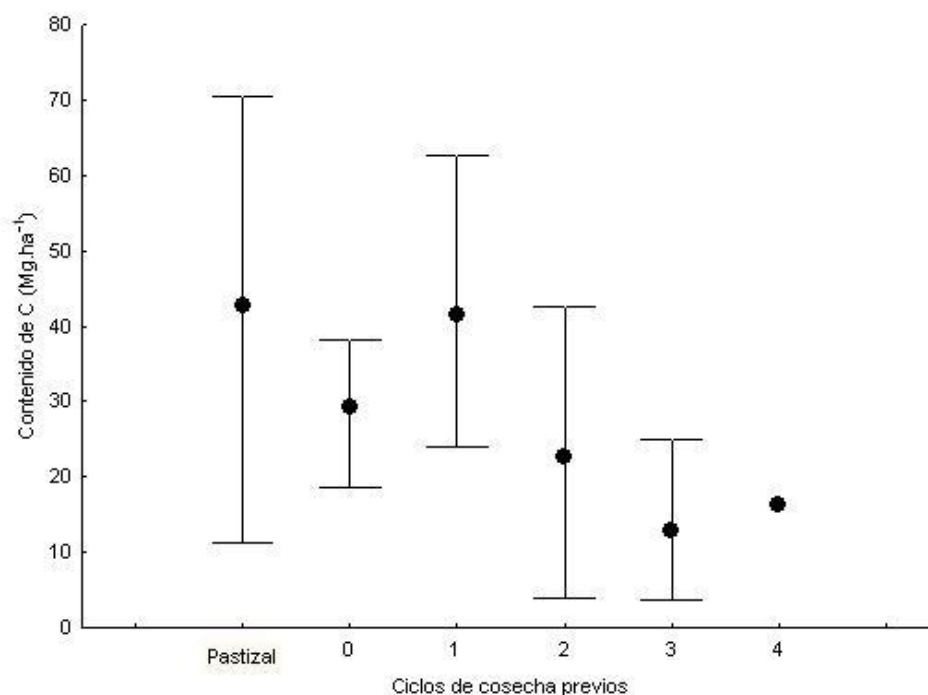


Gráfico 2. Contenido de C en los primeros 20 cm de suelo de rodales de *E. grandis* en función de los ciclos de cosecha previos. Los puntos indican la media y las líneas el rango de error definido como un 95% del valor máximo y mínimo.

Figure 2. C content in the first 20 cm of soil of stands of *E. grandis* according to the previous harvest cycles. The dots indicate the mean and error range defined as 95% of maximum and minimum.

Tabla 1. Parámetros estadísticos del contenido de C (Mg/ha) de las parcelas de *E. grandis* en los primeros 20cm de suelo. DE: desvío estándar; CV: coeficiente de variación; C_Cos: ciclos de cosecha previos.

Table 1. Statistical parameters C content (Mg / ha) from plots of *E. grandis* in the first 20 cm of soil. SD: standard deviation, CV: coefficient of variation; C_Cos: previous harvest cycles.

C_cos	n	Media	DE	CV	Mínimo	Máximo	Rango
0	5	29,23	7,37	25,2%	19,55	40,06	20,51
1	7	41,39	12,88	31,1%	25,24	65,86	40,62
2	13	22,65	11,35	50,1%	4,11	44,87	40,76
3	4	12,91	9,64	74,7%	3,88	26,3	22,42
4	1	16,29			16,29	16,29	0,0
Total	30	26,61	13,97	52,5%	3,88	65,86	61,98

Tabla 2. Parámetros estadísticos del contenido de C (Mg/ha) de las parcelas de pastizales a diferentes profundidades de suelo. DE: desvío estándar; CV: coeficiente de variación; PF: profundidad de suelo

Table 2. Statistical parameters C content (Mg / ha) of grassland plots at different soil depths. SD: standard deviation, CV: coefficient of variation; PF: soil depth

PF	n	Media	DE	CV	Mínimo	Máximo	Rango
0-20cm	8	42,80	24,40	57,02%	11,93	74,08	62,15
20-30cm	8	12,45	6,59	52,96%	3,8	19,71	15,91

Conclusiones

Con estos resultados, si bien necesitan de una mayor profundización de la investigación, se podría considerar que existe una tendencia de disminución de C a los largo de las rotaciones. El carbono del suelo decrece luego de la conversión del pastizal debido a la inmediata eliminación de la vegetación que aporta materia seca con la caída de hojarasca y aumenta la descomposición, luego se produce una nueva incorporación de detritos aéreos que aumentan gradualmente el almacenaje y reestablecen cierto equilibrio entre las entradas por caída a la hojarasca y la salida por descomposición entre otros procesos (Turner & Lambert, 2000, Jandl *et al.*, 2007). El mayor impacto en el contenido de C se produjo en el momento de la conversión de pastizal a plantación, las prácticas de labranza generalmente producen un rápida oxidación del C (Nouvellon *et al.*, 2008).

Bibliografía

- Aguer, E. & Mestres, L. (2007). Estadísticas forestales de las provincias de Entre Ríos y Corrientes. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. VIII.1-VIII10
- Bauhus, J; Khanna, PK; Hopmans P & Weston, Ch. (2002). Is soil carbon a useful indicator of sustainable forest soil management?—a case study from native eucalypt forests of south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 171 (2002) 59–74
- Brizuela, A.B.; Milera S. & Mestres J. (2003). Plantaciones de eucaliptos y pinos en los Departamentos del Este de Entre Ríos. XVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, pp. 1-7.
- Carrasco-Letelier, L.; Eguren, G.; Castiñeira, C.; Parra, O. & Panario, D. (2004). Preliminary study of prairies forested with *Eucalyptus* sp. at the northwestern Uruguayan soils. *Environmental Pollution* 127 (2004) 49–55.
- Cochran, W.G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). John Wiley, NY, US.
- Dalla Tea, F. & Marcó, M.A. (1996). Fertilizers and Eucalypt plantations in Argentina. In: *Nutrition of Eucalyptus*. P.M. Attiwill and M.A. Adams (eds.). CSIRO, Australia, pp.327-333.
- Delgado, S.; Alliaume, F.; García Préchac, F. & Hernández, J. (2006). Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. *Agrociencia*. Vol. X N° 2 pp.95-107.
- Fisher, R. & Binkley, D. (2000). *Ecology and Management of forest soils*. John Wiley and Sons Inc. 489 p
- Golfari L. (1985). Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en la Argentina. *Problemas inherentes*. CIEF Publ. Técnicas N° 1. Bs. As.
- Goya, J.F.; Frangi J.L. & Dalla Tea, F. (1997). Relación entre la biomasa aérea, área foliar y tipos de suelos en plantaciones de *Eucalyptus grandis* del NE de Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 102: 11-21
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., et al. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137(3-4), 253-268.
- Nouvellon Y, Epron D, Kinana A, Hamel O, Mabiála A, D'Annunzio R, Deleporte P, Saint-Andre L, Marsden C, Roupsard O, Bouillet JP & Laclau JP.(2008). Soil CO₂ effluxes, soil carbon balance, and early tree growth following savannah afforestation in Congo: Comparison of two site preparation treatments. *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 1926–1936
- Presutti, M.; Arturi M. & Goya, J.F. (2008). Plantaciones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y su relación con la aptitud de los suelos en Colón, provincia de Entre Ríos. *Yvyreata*, 15: 17-23.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) & Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (1995). *Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia argentina*. Editores: Carpineti, L.A.; Dalla Tea, F.; Glade, J.E. & Marco, M.A. Estación Experimental Agropecuaria INTA Concordia. 171 pp.

Tabatabai MA & Bremner JM.(1991). Automated instruments for determination of total carbon, nitrogen and sulfur in soils by combustion techniques. En: Soil analysis, modern instrumental techniques. Second edition. Marcel Dekker Inc, NY, EEUU: 261-286

Turner, J., & Lambert, M. (2000). Change in organic carbon in forest plantation soils in eastern Australia. Forest Ecology and Management, 133(3), 231-247.