

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10095)

### Estudio de la sustentabilidad ambiental de plantaciones de *Eucalyptus grandis* bajo diferentes condiciones de manejo en el noreste de Entre Ríos

Goya, JF; Arturi, MF; Sandoval, DM; Pérez, C & Frangi, JL

## INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de suelo de sistemas de pastizales a plantaciones forestales podría tener efectos significativos sobre los almacenajes de carbono y nutrientes del suelo y la biomasa. Numerosos estudios encuentran que el uso forestal continuo puede reducir la calidad de sitio y disminuir la productividad, principalmente en suelos arenosos, debido a la exportación de nutrientes provocada por el aprovechamiento y turnos de corta menores a la rotación ecológica.

La provincia de Entre Ríos presenta condiciones climáticas y edáficas favorables para la implantación de especies forestales de alta 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 y Marcó, 1996; Golfari, 1985). La especie más cultivada en las forestaciones comerciales es *Eucalyptus grandis*, 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 y Mestres, 2007). Si bien estas plantaciones forman parte del paisaje en el noreste de Entre Ríos desde hace más de cinco décadas y son la base de una de las actividades productivas que caracterizan la región, recientemente han comenzado a ser fuente de preocupación por parte de las comunidades locales debido a los potenciales efectos de estas plantaciones sobre el medio ambiente (Díaz *et al.*, 2006).

El crecimiento de estas plantaciones así como el efecto de estas sobre el suelo son dependientes de la silvicultura aplicada. Entre otras cosas, resulta relevante si las plantaciones son repobladas por rebrote o por replantación debido a diferencias en las tasas iniciales de crecimiento y en consecuencia en la acumulación de carbono y nutrientes en la biomasa y el manejo de los residuos (Graciano *et al.*, 2007). El análisis de las plantaciones actuales de diferentes edades, en suelos con diferente número de cosechas previas y con diferente tipo de manejo, permite estimar la relación de todas esas variables con el carbono y los nutrientes de la biomasa y el suelo.

En este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: 1 Cuantificar la variación de carbono y nutrientes (N, P, K, y Ca) en el suelo y en la biomasa de plantaciones a lo largo del ciclo de cultivo y de sucesivas rotaciones, asociada a los tratamientos silvícolas de repoblación (replantación y rebrote) y la incidencia de los tratamientos poscosecha. 2 Analizar la dinámica espacial y temporal del establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de Entre Ríos, entre 1980 y 2010.

---

Laboratorio de Investigación de  
Sistemas Ecológicos y Ambientales  
(LISEA) Facultad de Ciencias Agrarias  
y Forestales. Universidad Nacional  
de La Plata. [jgoya@agro.unlp.edu.ar](mailto:jgoya@agro.unlp.edu.ar)

## MATERIALES Y METODOS

Se construyó una cronosecuencia mediante la selección de rodales de diferentes edades asumiendo que representan distintos estados de desarrollo de un mismo rodal. Esta selección implica la consideración de las siguientes restricciones (Ranger *et al.*, 1995): (1) los rodales elegidos deben ser de la misma especie y poseer la mayor homogeneidad genética posible; (2) los rodales deben estar situados en las mismas condiciones ecológicas (topografía, tipo de suelo, régimen hidrográfico, entre otras); (3) todos los rodales deben poseer la misma historia de tratamientos silviculturales. Se seleccionaron 30 rodales de diferentes edades (entre 3 y 14 años), método de repoblación y ciclos de cosecha previos. Para cada rodal, se establecieron parcelas rectangulares de 10 x 5 árboles. En estas parcelas se determinó la estructura y biomasa forestal. Se muestrearon pastizales sobre suelos similares a los forestados en las cercanías de los rodales muestreados. De esta manera se llevo a cabo un análisis comparativo de las tendencias en las propiedades del suelo en cuanto al contenido de carbono orgánico (CO) y, para este trabajo, nutrientes como N y P.

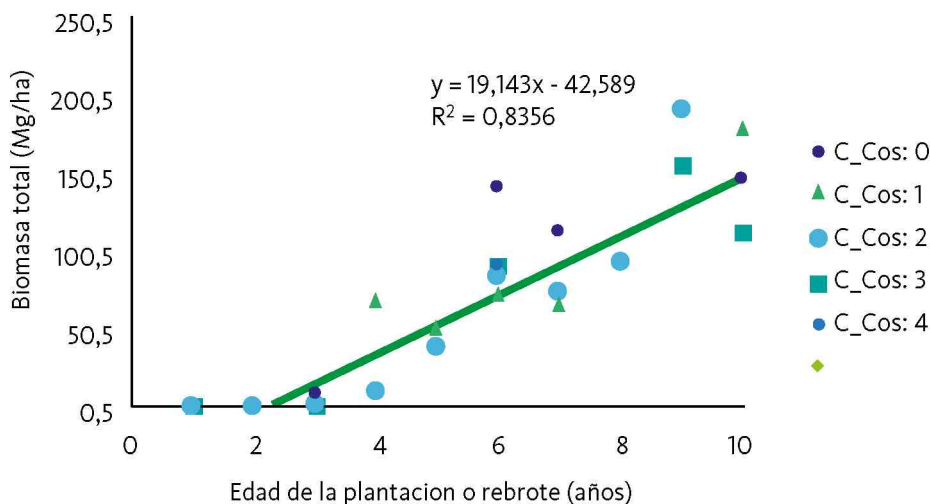
En relación a la dinámica temporal se seleccionó un área de 115,03 km<sup>2</sup> localizadas en el extremo NE del departamento de Colón (31°48'17.23" S y 58°11'23.44" O). Se evaluó el cambio en el uso del suelo en el área de estudio para el período 1985-2008 a partir de la digitalización de 715 polígonos, en su mayoría rodales de *Eucalyptus spp.*, sobre una imagen LANDSAT 5 TM y otra CBERS-2B HRC del 21 y 23 de marzo de 2008, respectivamente. Se establecieron clases de uso del suelo distinguiendo: (0) pastizal/suelo desnudo, (1) plantaciones de *Eucalyptus spp.*, (2) plantaciones de *Citrus spp.*, (3) plantaciones de *Pinus spp.* La superficie relevada fue de aproximadamente 4100 ha.

### Análisis estadístico

El efecto de la edad, el número de rotaciones, el método de repoblación así como la diferencia entre pastizales y plantaciones se evaluaron mediante modelos lineales que incluyeron variables cuantitativas y variables nominales en la forma de variables indicadoras (Faraway, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSION

FIGURA 1.

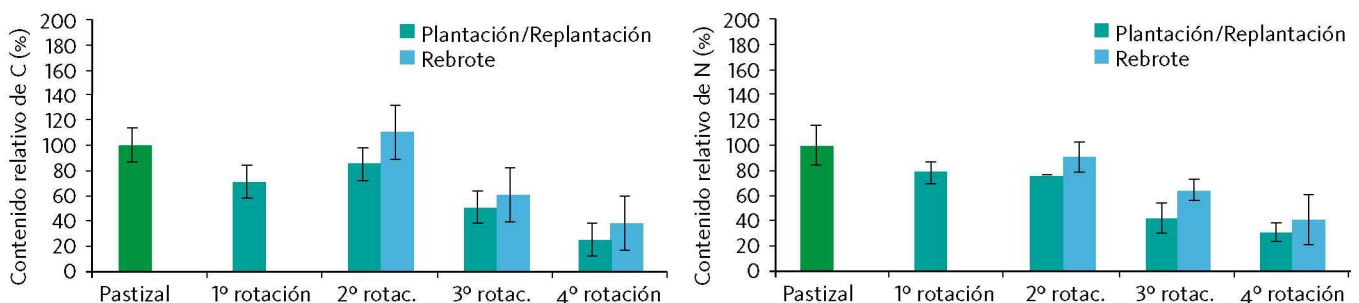


**Figura 1.** Biomasa seca total en Mg·ha<sup>-1</sup> de los rodales de *E. grandis* para cada edad, categorizados por ciclos de cosecha previos. C\_Cos: ciclos de cosecha previos

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 (Figura 1), aunque se reconoce una tendencia a menores valores con dos o más rotaciones. Lo cual podría atribuirse a que el suelo ha mantenido durante varios años su capacidad productiva en términos de producción de biomasa. En estas plantaciones la producción de biomasa no declinante podría vincularse con la disponibilidad de otros nutrientes tales como P y estar menos relacionada directamente con el contenido de materia orgánica del suelo.

Se observó una disminución del C y N edáfico con los ciclos de cosecha, contrariamente con el ascenso de ambos elementos con la edad dentro de cada turno, esto sugiere que el proceso de preparación del terreno y manejo de los residuos de cosecha podrían ser una causa cierta de la falta de acumulación de los mismos a lo largo de las rotaciones. En el primer ciclo de plantación el contenido de C y N en el suelo es aproximadamente 20% menor que en los pastizales. Tesón (2011) estimó una reducción del 11% anual en los primeros tres años de instalación de plantaciones de *E. grandis* en el área de estudio. A su vez, en los tratamientos con rebrote se observa que la reducción del C y N del suelo no fue tan marcada como en las replantaciones, lo que estaría vinculado a la menor incidencia del laboreo y manejo de los residuos (Figura 2).

FIGURA 2.



**Figura 2.** Cambios en el contenido de C y N a lo largo de 4 ciclos de plantación, estimados como el contenido de C y N en el suelo de las plantaciones dividido el contenido de C y N en el suelo de los pastizales, expresado como porcentaje. Las líneas verticales indican el error estándar.

### Concentración y contenido de nutrientes en la biomasa

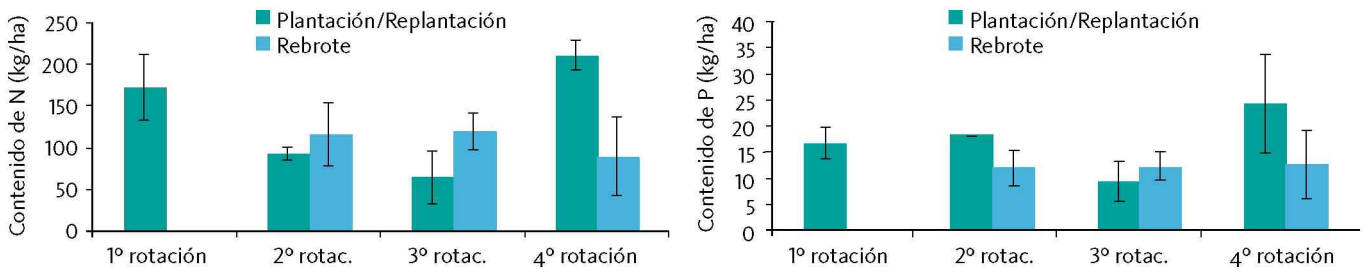
En relación a las concentraciones de los nutrientes en las hojas y en el fuste (mg/g) se observó que presentaron mayores valores en los tratamientos de rebrotes que en las plantaciones de primera rotación y una tendencia a disminuir con la edad, a su vez mostraron una relación positiva con los ciclos de cosecha. Es decir mayores concentraciones con el aumento de los ciclos de cosecha. En cuanto a los contenidos de nutrientes en la biomasa aérea (kg/ha) se observó un comportamiento similar para todos los nutrientes analizados, es decir un aumento con la edad y una disminución con los ciclos de cosecha. La magnitud del almacenaje de nutrientes en la biomasa aérea a su vez, varió con diferentes variables edáficas dependiendo del nutriente considerado Figura 3 para el caso de N y P.

### Variación de la superficie forestada

Se relevaron 4135,8 ha en las que se pudo observar que para los períodos considerados existe un aumento considerable de la superficie ocupada por plantaciones



FIGURA 3.



de *Eucalyptus spp.*, una merma importante del porcentaje de ocupación por pastizales y un área aproximadamente constante de plantaciones de *Pinus spp.* y *Citrus spp.* a partir de 1997, con una reducción en el período 1992-1997 (Figura 4).

Figura 3. Valores de contenido de N y P en la biomasa aérea a lo largo de 4 ciclos de plantación y para los diferentes tratamientos analizados. Las líneas verticales indican el error estándar.

FIGURA 4.

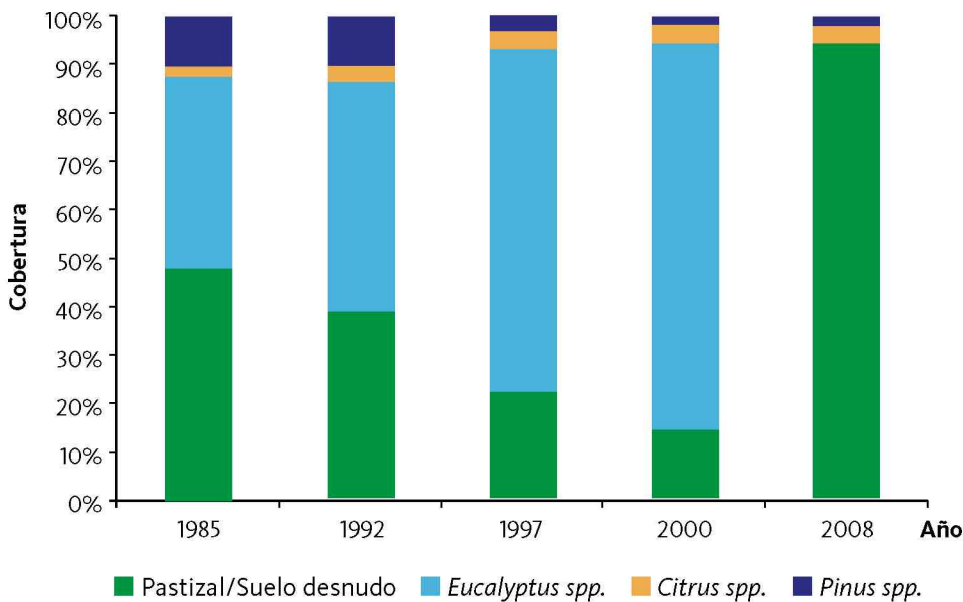


Figura 4. Porcentajes de cobertura del suelo para cada año de las diferentes clases de uso observadas.

FIGURA 5.

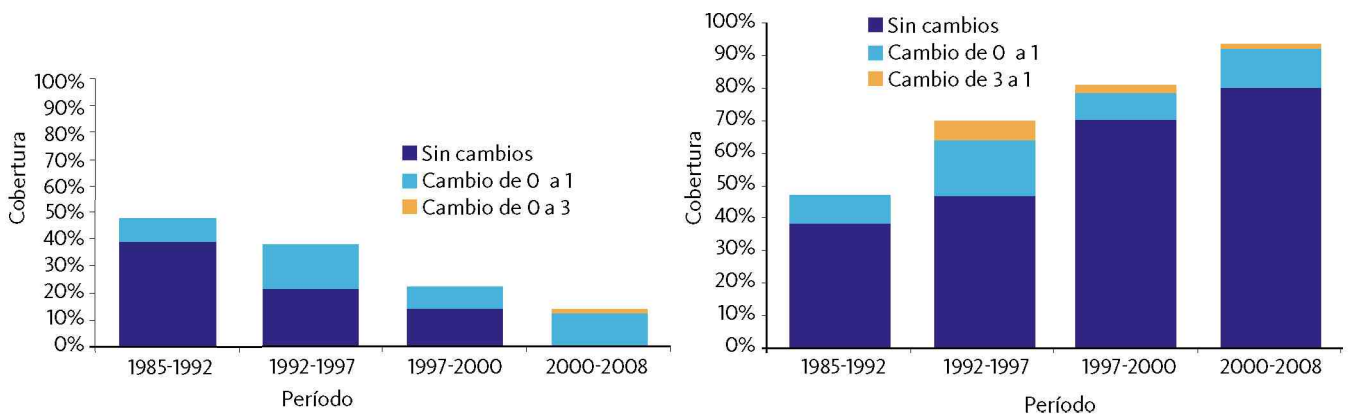


Figura 5. Porcentajes de cambio mayores al 1% de cobertura de las clases de uso del suelo (a) pastizales y (b) *Eucalyptus spp.* para cada período. o: Pastizal, 1: *Eucalyptus spp.* y 3: *Pinus spp.*

El balance porcentual de superficie que indica la matriz de cambio de uso del suelo posibilita la cuantificación del traspaso entre cada clase para cada época. En general se reconoce una transferencia neta importante de las clases de uso pastizal y *Pinus spp.* hacia *Eucalyptus spp.*, para el primer caso en los períodos 1992-1997 y 2000-2008 del 16,64% y 12,56%, respectivamente, y para el segundo entre los años 1992 y 1997 del 6,6%, en el mismo sentido, para el período 2000-2008 se registra un avance del 1,5% del pino sobre los pastizales (Figura 5). Se observa también que no hay cambios significativos en la superficie ocupada por *Citrus spp.*

## CONCLUSIONES

1. En términos de C en el sistema, la conversión del pastizal produjo un aumento significativo en el componente aéreo (biomasa aérea) coincidiendo con el patrón característico de las forestaciones en tanto sumideros de carbono.
2. El reemplazo de la vegetación de pastizal por plantaciones de *Eucalyptus grandis* conduce a una reducción del C orgánico y el N en los suelos mestizos. Las causas de este cambio incluyen al efecto de los requerimientos de nutrientes de los árboles de crecimiento rápido y de otros procesos ecosistémicos que se modifican como consecuencia del reemplazo de la vegetación, como también, a aquellos ligados a las distintas etapas del manejo (preparación del terreno, tratamientos intermedios, cosecha y tratamiento pos-cosecha, duración del turno y número de rotaciones.
3. Dentro de cada rotación se ha observado una tendencia a la recuperación de los niveles de C y N en los suelos, sin que esto implique alcanzar los niveles observados en los pastizales reemplazados.
4. Una de las consecuencias de los puntos anteriores es que la plantación de *E. grandis* en suelos mestizos desmejora el contenido de N y C de suelos y el acortamiento de los turnos agravaría la situación edáfica.
5. En los suelos el contenido de C y nutrientes en general disminuye con el número de rotaciones. Esto plantea el interrogante de hasta cuándo se podrá mantener una productividad elevada con el manejo actual, o será necesario analizar otras estrategias económica y ecológicamente viables en el campo de los sistemas silviculturales, entre las que se encuentran la aplicación de técnicas menos agresivas de preparación del terreno, como del manejo de los residuos de cosecha, los abonos y/o la selección de especies frugales eficientes en el uso de nutrientes y agua.
6. En el período 1985-2008 se observa un importante avance de la superficie implantada con *Eucalyptus spp.* sobre los pastizales y las plantaciones de *Pinus spp.* en particular entre los años 1992-1997 con tasas de traspaso de 137,64 y 54,48 ha/año respectivamente. La modelización de la distribución espacial de las transformaciones del paisaje puede derivar en un análisis detallado de los mecanismos que las determinan y de las consecuencias que puedan tener sobre diferentes procesos biológicos y/o socio-económicos.