

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON LODOS DE DEPURADORA URBANA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PASTO Y EL CRECIMIENTO DEL ARBOLADO EN SISTEMAS SILVOPASTORALES ESTABLECIDOS BAJO *EUCALYPTUS NITENS* (H. DEANE & MAIDEN) MAIDEN

M<sup>a</sup> Rosa Mosquera-Losada\*, José Javier Santiago-Freijanes, Esther Fernández-Núñez y Antonio Rigueiro-Rodríguez

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario. 27002-LUGO (España). \*Correo electrónico: romos@lugo.usc.es

## Resumen

El trabajo que se presenta se realizó en una plantación de *Eucalyptus nitens* establecida bajo un marco de plantación de 3x3 m en el municipio de Pastoriza ubicado en Lugo durante los años 2005 y 2006. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes tipos de fertilizantes orgánicos sobre la producción de pasto y crecimiento del arbolado en un sistema silvopastoral. El diseño experimental llevado a cabo fue de bloques al azar con tres repeticiones, consistiendo sus tratamientos en una dosis de lodo 320 kg N.ha<sup>-1</sup> aplicada al suelo a principios de primavera del primer año de estudio como (1) lodo digerido anaeróbicamente y (2) lodo compostado, y la misma dosis aplicada con (3) lodo pelletizado en 3 años sucesivos, 160 kg Ntotal.ha<sup>-1</sup> el primer año y 80 kg Ntotal.ha<sup>-1</sup> en los 2 años siguientes. Se utilizaron también dos tratamientos testigo, uno en el que no se fertilizaba y otro en el que se utilizó la dosis de fertilización mineral inorgánica habitual en praderas de la zona. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes tipos de lodo (anaeróbico, compost y pelletizado) y dos manejos tradicionales de fertilización (no fertilización en zonas forestales y fertilización inorgánica en zonas de pradera) sobre el crecimiento de pasto y de *Eucalyptus nitens* tras el establecimiento de la cubierta arbolada. Se encontró que el empleo de abonos con escaso efecto residual (mineral, pellets) en terrenos agrícolas beneficia el crecimiento del pasto, promoviéndose una fuerte competencia con el componente arbolado que reduce su desarrollo. Por el contrario cuando se emplean formas de abono que se liberan el nitrógeno de forma más lenta (lodo compostado y anaeróbico) se promueve la sinergia entre ambos componentes del sistema silvopastoral.

Palabras clave: *Fertilización, Lodos, Crecimiento, Monte, Galicia*

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales tienen un elevado potencial en Galicia, donde habitualmente conviven explotaciones forestales y ganaderas que se manejan de forma independiente. El

empleo ganadero de las zonas forestales incrementaría su rentabilidad con lo que se potenciaría la estabilización de la población rural (RIGUEIRO et al., 2007a). Además el uso de los sistemas silvopastorales ha demostrado ser una herramienta eficaz en la reducción del riesgo de

incendios en Galicia (RIGUEIRO *et al.*, 2005). Una vez establecida la especie forestal a utilizar, la mejor forma de incrementar la productividad del sistema silvopastoral es a través de la fertilización, sobre todo la nitrogenada. Esta fertilización puede realizarse mediante el empleo de abonos inorgánicos (fertilizantes comerciales) u orgánicos que pueden ser producidos dentro (purín) o fuera (lodo de depuradora urbana) de la explotación.

La producción de lodo durante los últimos años se ha visto notablemente incrementada como consecuencia de la implementación de las normativas europeas que establecen la necesidad de depurar las aguas municipales e industriales antes de ser vertidas a los ríos con el objeto de no contaminar las aguas continentales. En este proceso se crea un residuo denominado lodo, cuyo uso agronómico está potenciado por la Unión Europea. Este uso está justificado como una forma de valorizar este residuo y que se fundamenta en su contenido en nutrientes como el nitrógeno. El uso de lodo en agricultura como fertilizante se promueve desde muchas administraciones a escala global. La Agencia Medioambiental Estadounidense (EPA, 1994) ha publicado una guía para optimizar el uso de este residuo basándose en la concentración de nitrógeno, sus formas (orgánica y mineral) pero también la forma en la que este residuo ha sido estabilizado. Los lodos frescos no pueden ser empleados en agricultura directamente; deben estabilizarse con el objeto de reducir su carga bacteriana y mal olor entre otros aspectos. En este estudio se evalúa el lodo digerido anaeróticamente porque es la principal forma de estabilización de los lodos de depuradora urbana en las grandes ciudades, ya que, a diferencia de otros procedimientos, es más rápido y menos costoso (si bien su instalación es más cara). Al generarse en mayor cantidad el lodo digerido anaeróticamente se presenta un mayor problema de eliminación y almacenaje, por lo que es importante darle una salida adecuada. El compostaje, junto a la digestión anaeróbica, son los procesos recomendados por la Unión Europea para estabilizar lodos que se reciclen en agricultura. Si bien el tiempo de procesado del compost es mucho mayor, la estabilización de sus componentes, entre ellos el nitrógeno, es previsiblemente mayor, y tal vez menor

su poder contaminante, pero estos aspectos no han sido demostrados en zonas con precipitaciones abundantes, como Galicia, donde deberían comprobarse. El peletizado es un proceso mediante el cual se valoriza el lodo digerido, y consiste en un secado térmico que permite una importante disminución del contenido de agua (menos del 10%, frente al 70% del lodo digerido anaeróticamente o el 40-50 % del compost), lo que disminuye notablemente los costes de transporte y almacenamiento, facilitándose además su distribución en praderas ya establecidas. Sin embargo, es importante conocer la capacidad de incorporación y mineralización del residuo peletizado en el suelo, que previsiblemente diferirá de la del lodo anaeróbico y del compost, tanto por la diferencia del contenido en agua como por la granulometría del propio residuo (en el caso del lodo digerido anaeróticamente y del compost quedan bloques de mayor tamaño en el suelo que con el lodo peletizado, ya que los pelets presentan un tamaño de un centímetro de diámetro, aproximadamente).

Un problema importante de los lodos es que presentan un mayor contenido en metales pesados que el suelo. No obstante, estudios realizados por MOSQUERA *et al.* (2001) y RIGUEIRO-RODRÍGUEZ *et al.* (2007b) demuestran que su poder contaminante a corto plazo es reducido en el área gallega. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes tipos de lodo (anaeróbico, compost y peletizado) y dos manejos tradicionales de fertilización (no fertilización en zonas forestales y fertilización inorgánica en zonas de pradera) sobre el crecimiento de pasto y de *Eucalyptus nitens* tras el establecimiento de la cubierta arbolada.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló durante los años 2005 y 2006 en el municipio de Pastoriza (7° 21' latitud 43° 14' longitud) situado a una altitud de 465 m snm en una plantación de *Eucalyptus nitens* (H. Deane & Maiden) Maiden. El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos: (a) Testigo 1 que denominaremos NF y que no se fertilizará (manejo tradicional en la zona para

plantaciones forestales), (b) testigo 2 en el que se fertilizará durante dos años  $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de 8:24:16 al principio de la estación de crecimiento (manejo tradicional en la zona en terrenos agrícolas) (c) lodo compostado (que aporte un total de  $320 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el primer año, aplicado en el establecimiento), (d) lodo digerido anaerómicamente (que aporte un total de  $320 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el primer año, aplicado en el establecimiento) y (e) lodo desecado y peletizado (que implica una aportación de  $320 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  en cobertura repartido de forma que se aporten  $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  en establecimiento y  $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  a finales de cada invierno). La plantación y la siembra se realizaron en invierno y a principios de primavera, respectivamente. Antes de la plantación se procedió al laboreo del terreno con el objeto de incorporar el abono orgánico compostado y el anaeróbico al suelo. Todos los lodos empleados cumplían lo estipulado en el Real Decreto 1310/90 en relación al uso de residuos en agricultura.

Las fases de preparación del terreno y siembra de pratenses se realizaron en otoño y fueron dos pases cruzados de grada, incorporación de los fertilizantes de la fase de establecimiento, pase de grada, siembra y pase de rulo. La mezcla de siembra empleada fue de  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de *Lolium perenne* var. *brigantia*,  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de *Dactylis glomerata* var. *artabro* y  $4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de *Trifolium repens* var. *huia*.

La especie arbórea utilizada fue *Eucalyptus nitens* de una savia y se introdujo en hoyos de plantación de  $0,20 \times 0,20 \times 0,20 \text{ m}$  y a un marco de plantación de  $3 \times 3 \text{ m}$ , que es la empleada habitualmente en la zona (CASTILLÓN-PALOMEQUE et al., 2002). Se efectuó una reposición de marras a finales del 2005. A cada árbol se le colocó un protector para evitar daños por el corzo y las ovejas que fueron introducidas en el otoño 2005 y 2006 durante tres días hasta que dejaron una altura de pasto de 2,5 cm.

Cada parcela o unidad experimental consistió en un cuadrado perfecto constituido por 25 árboles dispuestos en  $5 \times 5$  pies a una densidad de  $1111 \text{ pies} \cdot \text{ha}^{-1}$  y ocuparon  $144 \text{ m}^2$  ( $12 \times 12$ ). Las parcelas estarán separadas por pasillos de una anchura de 3 m. La superficie del ensayo fue de  $3024 \text{ m}^2$ .

Al inicio de la experiencia y a finales de cada año se procedió a medir el diámetro y la

altura de los nueve pies interiores con el objeto de determinar los crecimientos y evitar el efecto borde de los árboles exteriores.

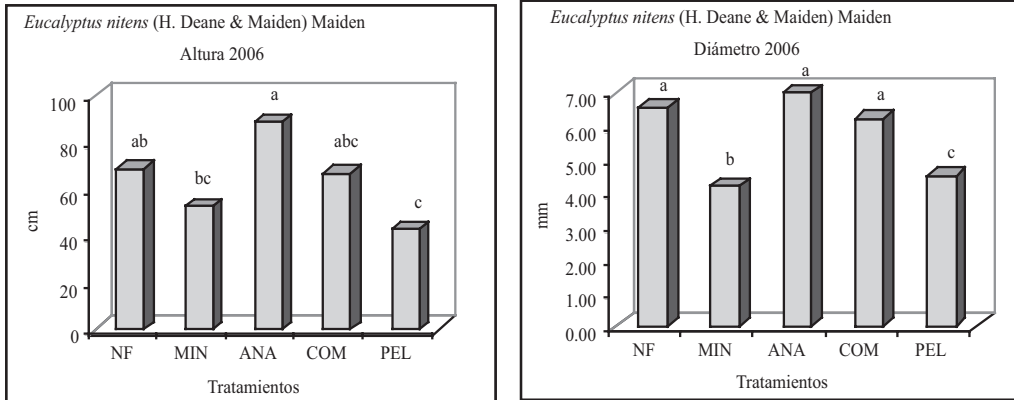
A finales de la primavera tanto en el año 2005 como en el 2006 se procedió a realizar un muestreo del pasto, para lo cual se determinó la producción dentro de cuatro cuadrados de  $0,03 \text{ m}^2$  cada uno en cada una de las parcelas, con el objeto de estimar la producción de pasto antes de realizar un corte para heno con el tractor. En otoño se introdujeron ovejas, antes de lo cual se realizó el mismo muestreo previamente descrito. Las muestras fueron transportadas al laboratorio con el fin de determinar el contenido en materia seca.

Los datos se analizaron mediante ANOVA y las medias se separaron mediante el test LSD.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en relación al crecimiento en altura y diámetro del arbolado pueden verse en la figura 1.

Los crecimientos encontrados están muy por debajo de los hallados en los terrenos de monte de Galicia, en donde pueden alcanzarse alturas de hasta 3 m en el primer año, si bien lo habitual es alcanzar valores medios de 2 m a los dos años después de la plantación (CASTILLÓN-PALOMEQUE et al., 2002). Estudios recientes desarrollados en nuestra comunidad autónoma reflejan un efecto muy importante de la vegetación preexistente sobre el crecimiento de esta especie, de tal manera que puede calificarse como un crecimiento malo o muy malo aquellas plantaciones desarrolladas sobre áreas en las que previamente había prados (CASTILLÓN-PALOMEQUE et al., 2002) como es nuestro caso. Se puede afirmar que tras dos años de aplicación de los tratamientos el crecimiento del arbolado se ha visto mermando por la aplicación de lodos de depuradora que han sido procesados mediante peletizado. De igual modo, la fertilización mineral redujo de forma significativa el crecimiento en altura y diámetro del arbolado en comparación con el tratamiento de no fertilización, a pesar de ser dosis muy reducida. El aporte de abono orgánico digerido anaerómicamente mejoró notablemente el crecimiento del arbolado. Resultados similares a los descritos aquí, han sido encontrados en siste-

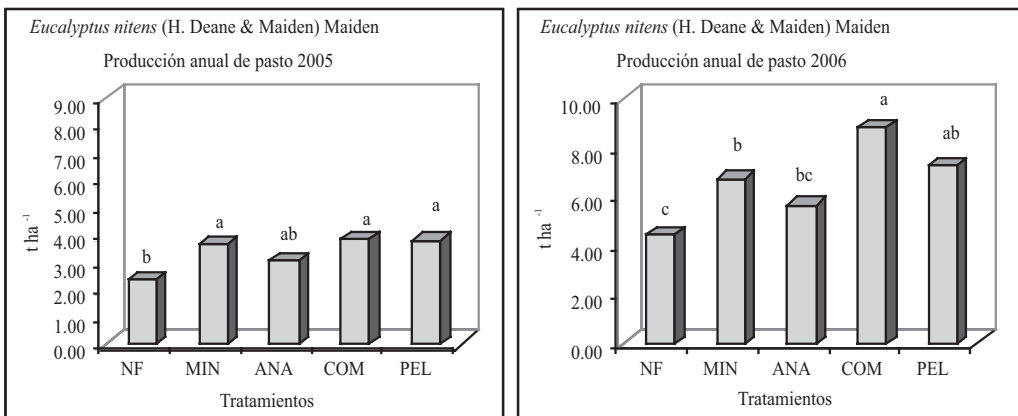


**Figura 1.** Alturas y diámetros de *Eucalyptus nitens* en el año 2006. Letras diferentes implican diferencias significativas entre tratamientos. NF: No fertilizado; Min: abono mineral; ANA: abono orgánico lodo digerido anaeróbicamente; COM: abono orgánico lodo compostado; PEL abono orgánico peletizado

mas silvopastorales establecidos en tierras agrícolas con especies de crecimiento rápido como es el *Pinus radiata* D. Don, en el que se aprecia una reducción clara del crecimiento forestal cuando se aporta abono mineral inorgánico (MOSQUERA-LOSADA et al., 2006). En ese estudio se explicaba que esta situación podría ser debida a la capacidad de liberación lenta de nitrógeno del abono orgánico que hacía que durante el período de verano el árbol dispusiese de nutrientes. Hay que tener en cuenta que en ambos casos se

trata de suelos arenosos con una capacidad de intercambio catiónica reducida, lo que hace que el aporte de materia orgánica a través del lodo mejore la fertilidad edáfica química, pero también física a través de la mejora en la capacidad de retención de agua durante el verano, época en la que el estrés hídrico puede mermar la supervivencia y el crecimiento del arbolado.

En la figura 2 puede observarse los resultados obtenidos de producción anual de pasto en los años 2005 y 2006 para los distintos trata-



**Figura 2.** Producción de pasto anual en los años 2005 y 2006 de las praderas desarrolladas bajo *Eucalyptus nitens* en el año 2006. Letras diferentes implican diferencias significativas entre tratamientos. NF: No fertilizado; Min: abono mineral; ANA: abono orgánico lodo digerido anaeróbicamente; COM: abono orgánico lodo compostado; PEL abono orgánico peletizado

mientos aplicados. La producción de pasto fue significativamente menor en el año 2005 en comparación con el año 2006, lo que se debe a que estamos en el año de establecimiento en el que la producción de pasto no muestra todo su potencial, como sucedió en el segundo año, cuyo rango de producción se encuentra dentro de los límites establecidos para nuestra zona (MOSQUERA-LOSADA *et al.*, 1999). En general se encuentra que el aporte de abono mejoró de forma notable la producción de pasto anual. Si bien en el caso del tratamiento de lodo digerido anaeróbicamente la producción anual no difirió significativamente de la encontrada en el tratamiento de no fertilización. El tratamiento que empleaba abono anaeróbico al igual que el compostado fue aplicado solamente en el año de establecimiento. Según la EPA (1994) la capacidad para liberar nitrógeno del abono compostado es menor que la del lodo estabilizado mediante digestión anaerobia, lo que no sucede en este estudio. La propia EPA (1994) estipula que el grado de aporte de nitrógeno de los diferentes tipos de lodo depende de las condiciones climáticas, además del propio tipo de residuo. Parece claro que en nuestras condiciones el efecto residual del lodo compostado es mayor que el del lodo anaeróbico, así como su capacidad para suministrar nitrógeno al cultivo, tanto al forestal como al propio pasto. La mejor producción de pasto obtenida con el abono inorgánico, merma notablemente el crecimiento arbolado. Esto se justifica por la fuerte competencia que se establecen entre los dos componentes (árbol y pradera) cuando se realiza fertilización mineral en terrenos agrícolas, tal y como ya se había encontrado con *Pinus radiata* (MOSQUERA-LOSADA *et al.*, 2006). Es importante señalar que este efecto no ocurre en suelos de monte, en los que el abonado mineral no logra incrementar la producción de pasto (debido a la elevada acidez del suelo) pero mejora notablemente el desarrollo de la especie forestal, que utiliza el exceso de nutrientes no empleado por el pasto. Finalmente, el lodo pelletizado mejora de forma significativa la producción de pasto, pero provoca una merma del crecimiento del arbolado. Esto se justifica en primer lugar porque se puede aportar de forma anual, lo que mejora la producción de pasto, pero debido a su

facilidad de incorporación al suelo (granulos de 0,5–1 cm de diámetro) fundamentada en la mayor superficie de contacto con el mismo el efecto residual se ve notablemente mermado y el arbolado no es capaz de utilizarlo.

Podemos concluir que el tipo de estabilización del lodo modifica la producción de pasto, el crecimiento del arbolado y las relaciones que se establecen sobre ellos. De tal manera que cuando se emplean abonos con escaso efecto residual (mineral, pellets) en terrenos agrícolas es el componente agrícola, pasto en este caso, el que se beneficia de su aporte, promoviéndose una fuerte competencia con el componente arbolado que reduce su desarrollo. Por el contrario cuando se emplean formas de abono que se liberan el nitrógeno de forma más lenta (lodo compostado y anaeróbico) se promueve la sinergia entre ambos componentes del sistema silvopastoral. Es importante destacar el efecto a largo plazo del abono compostado que mejora significativamente el crecimiento del pasto en el segundo año, a pesar de no haberse aportado más que en el primer año de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue llevado a cabo gracias a la financiación del proyecto CICYT AGL2004-04499 titulado alternativas de sistemas silvopastorales en el Norte de España. Nos gustaría agradecer a Divina Vázquez Varela y Teresa Piñeiro López por su inestimable colaboración a la hora de realizar los muestreos, procesar las muestras en el laboratorio e introducir los datos en el ordenador.

## BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLÓN-PALOMEQUE, P.; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. Y RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A.; 2002. *Estudio de evaluación técnica de repoblaciones forestales*. Agrobite, Lugo. [www.agrobite.com/agrobite/publicaciones/repoblaciones/indice.html](http://www.agrobite.com/agrobite/publicaciones/repoblaciones/indice.html).
- EPA (Environment Protection Agency); 1994. *Land Application of Sewage Sludge. A Guide for Land Appliers on the Requirements of the*

- Federal Standards for the Use of Disposal of Sewage Sludge*. 40 CFR Part 503.
- MOSQUERA, M.R.; LÓPEZ, L. & RIGUEIRO, A.; 2001. Sewage sludge fertilisation of a silvopastoral system with pines northwestern Spain. *Agroforestry Systems* 53: 1-10.
- MOSQUERA-LOSADA, M.R.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E. & RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, 2006. Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. *Forest Ecol. Manage.* 232(1-3): 135-145.
- MOSQUERA-LOSADA, M.R.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. Y RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 1999. *Establecimiento y manejo de praderas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Tórculo edicions. Santiago de Compostela.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MCADAM, J. & MOSQUERA-LOSADA, M.R. (eds.); 2007a. *Agroforestry in Europe*. Springer. Dordrecht (en prensa).
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. & LÓPEZ-DÍAZ M.L.; 2007b. Mineral concentrations in herbage and soil in a *Pinus radiata* silvopastoral system in north-west Spain after sewage sludge and lime application. *Grass Forage Sci.* 62(2): 208-224.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; ROMERO-FRANCO, R.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P. & VILLARINO-URTIAGA, J.J.; 2005. Silvopastoral systems as a forest fire prevention technique. In: M.R. Mosquera-Losada, J. McAdam & A. Rigueiro-Rodríguez (eds.), *Silvopastoralism and Sustainable Land Management: 380-387*. CABI. Wallingford.