

# EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE *PINUS RADIATA* D. DON Y LA PRODUCCIÓN DE PASTO EN SISTEMAS SILVOPASTORALES EN ZONA DE MONTE DE GALICIA

M.L LÓPEZ DÍAZ, A. RIGUEIRO RODRÍGUEZ Y M.R. MOSQUERA LOSADA

E.P.S. Lugo, Dpto. de Producción Vegetal, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo

## RESUMEN

El objetivo de la experiencia fue evaluar el efecto de la aplicación de diversas dosis de lodo de depuradora urbana y encalado sobre el crecimiento de *Pinus radiata* D. Don y la producción de pasto implantado en el sotobosque. La aplicación de las dosis media (39,83 t lodo/ha) y alta (59,75 t lodo/ha) de lodo mejoraron la producción de pasto en los dos primeros años de implantación del pasto sin producir ningún perjuicio en el crecimiento o calidad de los árboles.

PALABRAS CLAVE.- Lodo, cal, *Pinus radiata*, sistema silvopastoral.

## ABSTRACT

The objective of this experiment was to test the effect of different doses of sewage sludge and liming on pasture production and tree growth. The medium (39,83 t lodo/ha) and high (59,75 t lodo/ha) doses of sewage sludge improved pasture production without damaging in tree growth and quality.

KEYWORDS.- sewage sludge, lime, *Pinus radiata*, silvopastoral system.

## INTRODUCCIÓN

La gran tasa de importación de madera y derivados en la UE (en torno al 60%) y en España (40%) convierte al sector forestal en estratégico y por ello algunas medidas políticas de la Unión Europea van encaminadas a potenciarlo. Los sistemas silvopastorales han mostrado su efectividad en la prevención de incendios forestales y su importancia económica es notable al producir, a corto plazo, beneficios tangibles complementarios a la madera. (RIGUEIRO, 2000).

La puesta en práctica de la Directiva Europea sobre tratamiento de aguas residuales urbanas (9/271/EEC) está produciendo una rápida multiplicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Europa, generándose cantidades crecientes de lodos. Hasta ahora estos lodos eran eliminados por incineración, depositados en vertederos, arrojados al mar o, en menor medida, utilizados como fertilizantes agrícolas. Actualmente, el vertido al mar está prohibido y, en un futuro próximo, el transporte a vertederos se verá limitado en función del contenido en materia orgánica, con lo cual es necesario buscar otras formas de eliminación. Su contenido en N, P y materia orgánica, principalmente, hacen que su uso como fertilizante en sistemas agrícolas y forestales sea recomendable. El principal problema es su contenido en metales pesados y la posibilidad de que estos elementos lleguen al hombre a través de la cadena trófica (BONTOUX *et al*, 1998).

HENRY *et al* (1994) señalan que las zonas forestales son adecuadas para la aplicación de lodos debido a que suelen tener baja productividad, por la escasez de nutrientes como el N y P, mucha materia orgánica, que inmoviliza el N disponible, y una alta infiltración, que minimiza la escorrentía superficial. La mayoría de los estudios sobre fertilización del arbolado se realizan en los primeros años de establecimiento de la plantación, cuando el sistema radical aún no está muy desarrollado y es alta la competencia por agua y nutrientes con las especies herbáceas y de matorral (WOLSTENHOLME *et al*, 1992; QUINTANILLA, 1973). Además, QUINTANILLA (1973) aconseja el encalado en las plantaciones de *Pinus radiata*, para evitar la toxicidad del Aluminio y para activar la mineralización.

En este trabajo describimos la evolución temporal del crecimiento de *Pinus radiata* y su posible relación con las variaciones en la producción del pasto del sotobosque como resultado de la aplicación de distintos tratamientos de fertilización con varias dosis de lodos de depuradora urbana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se inició en el otoño de 1997, en un monte situado a 510 m de altitud, en el Término Municipal de Pol (Lugo). La precipitación media anual de esta zona es de unos 1350 mm. El ensayo consistió en la implantación de un pastizal bajo una repoblación de *Pinus radiata* de 5 años, con una densidad de 1667 pies/ha. Antes de la instalación del pasto, el suelo bajo los árboles se encontraba cubierto de matorral, con especies como *Erica spp*, *Calluna vulgaris* y *Ulex spp*, por lo que fue necesario desbrozar la zona. Este desbroce fue acompañado de pases de fresa y aplicación de la fertilización de instalación normalmente empleada en la zona, consistente en

120 kg/ha de  $P_2O_5$  y 200 kg/ha de  $K_2O$ . A continuación, se procedió a la siembra de la siguiente mezcla de especies pratenses: 25 kg/ha de *Lolium perenne* cv 'Brigantia', 10 kg/ha de *Dactylis glomerata* cv 'Artabro' y 4 kg/ha de *Trifolium repens* cv 'Huia'. El análisis edáfico previo a la instalación del ensayo indicó que se trataba de un suelo con un pH muy bajo (pH = 4,5), pobre en nitrógeno (0,28%), fósforo (4 mg/kg) y potasio (63 mg/kg), con un contenido de calcio (meq/100g, extracción en acetato amónico) de 0,3, y un porcentaje de saturación de aluminio elevado (92,18%).

En abril de 1998, se establecieron los siguientes tratamientos: 0 (BL), dosis baja, media y alta de lodo, aportando 19,92 t lodo fresco/ha (160 kg N/ha) (L1), 39,83 t lodo fresco/ha (320 kg lodo/ha) (L2) y 59,75 t lodo fresco/ha (480 kg N/ha) (L3), respectivamente; los tratamientos anteriores suplementados con 2,5 t/ha de cal (BLC, L1C, L2C, L3C) y, por último, la fertilización comúnmente empleada en la zona, consistente en 500 kg/ha del complejo inorgánico 8:24:16 (MIN). En total 9 tratamientos. La fertilización orgánica y mineral se volvió a aplicar en marzo de 1999 y 2000. Cada uno de los tratamientos se aplicó sobre parcelas elementales de 96 m<sup>2</sup>, definidas por 25 árboles (5x5). Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 3 réplicas. El lodo aplicado procedía de la depuradora de aguas residuales que tiene la empresa GESTAGUA en la ciudad de Lugo, que procesa las aguas residuales urbanas mediante digestión anaerobia. Los resultados de los análisis del lodo, en los tres años en que se aplicaron, mostraron valores medios de pH de 7, un contenido en materia seca del 25% y un contenido en carbono, nitrógeno, fósforo Olsen y calcio y magnesio de 19,27%, 3,21%, 839 ppm, 1,4 % y 0,02 %. Se trata de un lodo de buena calidad, que muestra contenidos en metales pesados muy por debajo de los niveles máximos establecidos por la legislación española para su uso agrícola (RD 1310/1990).

El aprovechamiento del pasto de las parcelas se realizó mediante siega. Durante el año 1998 se realizaron dos cortes, en julio y diciembre. En los dos años siguientes se segaron las parcelas en mayo, julio y noviembre. En cada uno de los cortes se realizó un muestreo del pasto para determinar la producción. Se tomaron 4 muestras de pasto al azar en cada una de las parcelas, empleando para ello cizallas manuales. El tamaño de cada una de las muestras fue de 0,09 m<sup>2</sup>. Los diámetros basales y alturas de los árboles se midieron en enero y octubre de 1998, noviembre de 1999 y febrero de 2001 con forcípula y pértiga telescópica, desechando todos los árboles que se encuentran en el borde de cada parcela, para evitar el efecto de borde. En enero de 1998, el diámetro y altura media de los árboles era 5,31 cm y 222,3 cm, respectivamente. Todos los datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza y las medias han sido separadas mediante el test Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 1a, 1b y 1c se pueden observar las producciones de pasto anuales (t materia seca/ha) en los distintos tratamientos, en los años 1998, 1999 y 2000, respectivamente. En los años 1998 y 1999 las dosis media y alta de lodo (L2, L2C, L3, L3C) incrementaron significativamente la producción de pasto, en comparación con el blanco. No se observó respuesta al encalado en el año 1998, mientras que en el año 1999 tan solo en la dosis alta de lodo el encalado (L3C) produjo un aumento en la producción de pasto respecto a la misma dosis sin cal. En el año 2000, la producción de pasto fue similar en todos los tratamientos, lo cual puede explicarse porque con el arbolado ya crecido la falta de luz puede restringir el crecimiento del pasto más que la diferencia de nutrientes (BALOCCHI & PHILIPS, 1997). También hay que destacar, que las parcelas fertilizadas presentaron una mejor calidad pascícola que el blanco, al presentar una mayor proporción de las especies herbácea sembradas, principalmente *Dactylis glomerata* (datos sin publicar). En ningún caso la fertilización mineral mejoró la producción de pasto respecto al blanco.

Los incrementos en diámetro y altura de los árboles en los distintos tratamientos se presentan en la tabla 1. No hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos en los dos primeros años del ensayo. En el año 2000, cuando los árboles tenían 8 años de edad, se observó un mayor incremento de altura con la fertilización inorgánica, respecto al blanco. PINTO *et al* (1996), en un repoblación de *Pinus radiata*, obtuvieron mejoras en el diámetro y la altura el segundo año de aplicación de fertilización inorgánica, después de la realización de trabajos selvícolas, como son podas, clareos (hasta alcanzar un marco de plantación de 4 x 4 m) y retiradas de los restos de ambos tratamientos.

En el año 2000, la dosis alta de lodo con encalado (L3C) consiguió incrementar el diámetro de los árboles respecto a la no fertilización. También HENRY *et al* (1994), en una plantación de *Pseudotsuga menziesii* de 6 años de edad, observaron incrementos en el diámetro de los árboles al aplicar dosis altas de lodo de depuradora.

## CONCLUSIONES

En los dos primeros años del ensayo, la aplicación de las dosis media y alta de lodo mejoró la producción de pasto, sin producir ningún perjuicio en el crecimiento o calidad de los árboles. En el tercer año del ensayo, la fertilización inorgánica y la dosis alta de lodo con encalado (L3C) produjeron un incremento en la altura y el diámetro de los árboles, respecto al blanco. En este año, la fertilización no produjo un aumento en la producción del pasto, aunque la calidad se mantuvo superior en las parcelas fertilizadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido desarrollado gracias a la financiación de proyectos FEDER y a la colaboración de la empresa GESTAGUA, en especial de doña Mercedes del Pino Fernández, técnico de la citada empresa. Agradecemos también a Aurora López Veigas, M<sup>a</sup> Luisa Fernández Méndez, Divina Vázquez Varela, Javier Santiago Freijanes y Santiago Rodríguez Expósito la ayuda prestada en los análisis de laboratorio y trabajos de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BALOCCHI, O.A. Y PHILLIPS, C.J.C.; (1997). *Grazing and fertilizer management for establishment of Lotus uliginosus and Trifolium subterraneum under Pinus radiata in Southern Chile*. Agroforestry systems, 39: 1-14.
- BOE del 1/11/1990. R.D. 1310/1990 del 29 de Octubre 1990. Regula la utilización de los lodos de depuradora.
- BONTOUX L.; VEGA, M.; PAPAMELETIOU D.; (1998). Tratamiento de las aguas residuales urbanas en Europa: el problema de los lodos. Instituto de prospectiva tecnológica (eds), IPTS, April, report n° 23 European Commission.
- HENRY, C.L.; COLE, D.W.; HARRISON, R.B.; (1994). *Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forestry: the Pack Forest Sludge Research Program*. Forest Ecology and Management, 66: 137-149.
- PINTO M.; RODRÍGUEZ, M.; BESGA, G.; VIRGEL, S.; ECHEANDIA, A. Y DOMINGO, M.; (1996). *Fertilizer and grass species mixtures in a silvopastoral system*. 16 EGF Meeting. Grassland and Land use systems. Pp. 133-137.
- QUINTANILLA REJADO, P.; (1973). *Abonado del pino insigne*. Ministerio de Agricultura.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; (2000). *Sistemas silvopastorales en la Iberia Atlántica*. XXIREunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Bragança-A Coruña- Lugo. Mayo 2000. 649-658.
- WOLSTENHOLME, R.; DUTCH, J.; MOFFAT, A.J.; BAYES, C.D.; TAYLOR, C.M.A. (1992). *A manual of good practice for the use of sewage sludge in forestry*. Forestry Commission. Bul. 107.

Tabla 1.- Incrementos en altura (inca) (m) y diámetro (incd) (cm) del arbolado durante los años 1998, 1999 y 2000.

Tratamientos	BL	BLC	MIN	L40	L80	L120	L40C	L80C	L120C	sign
Zn 5/00	58	62	73	119	113	71	100	74	74	ns
Zn 7/00	79	87	95	118	116	73	75	67	98	ns
Zn 11/00	18c	23c	26c	82ab	90a	105a	33c	21c	46bc	***
Cu 5/00	17	19	19	19	20	21	18	19	19	ns
Cu 7/00	12bc	10c	17a	15ab	14abc	14abc	12bc	12bc	15ab	*
Cu 11/00	10c	9c	9c	17b	29a	17b	9c	9c	9c	***

Tratamientos.- BL: no fertilización; BLC: 2,5 t/ha cal; MIN: 500 kg de 8:24:16/ha; L1: 19,92 t lodo/ha (160 kg N/ha); L2: 39,83 t lodo/ha (320 kg N/ha); L3: 59,75 t lodo/ha (480 kg N/ha); L1C: 19,92 t lodo/ha + 2,5 t cal/ha; L2C: 39,83 t lodo/ha + 2,5 t cal/ha; L3C: 59,75 t lodo/ha + 2,5 t cal/ha. Letras distintas indican medias significativamente diferentes.



