

ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN EN SILVOPASCICULTURA

M.R. Mosquera-Losada, A. Rigueiro-Rodríguez, M.L. López-Díaz y J.J. Villarino-Urtiaga

Departamento de Producción Vegetal. E.P.S. Universidad de Santiago de Compostela. 27002-LUGO (España). Correo electrónico: romos@lugo.usc.es

Resumen

Los ensayos de fertilización en silvopascicultura han adquirido una gran importancia en los últimos años en el marco de los sistemas silvopastorales, ya que la fertilización mejora la calidad del pasto, al favorecer a las especies herbáceas frente a las arbustivas, al tiempo que hace predecible la producción, permitiendo optimizar las cargas ganaderas y la renta del monte. Desde el año 1995 venimos desarrollando experiencias en las que se analizan los efectos de diferentes factores (como dosis de fertilización, época, forma de incorporación, tipos de fertilizantes), sobre los componentes vegetal y edáfico del sistema. En este trabajo se describen las principales experiencias relacionadas con la fertilización en sistemas silvopastorales llevadas a cabo en la región gallega.

Palabras clave: *Fertilización, Optimización, Productividad, Interacción, Incendios*

INTRODUCCIÓN

La línea de investigación relacionada con la fertilización en sistemas silvopastorales se inició en 1994, si bien alguno de los miembros del equipo viene trabajando en sistemas silvopastorales desde principios de la década de los años 80, destacando la importancia del uso de estos sistemas en la prevención de incendios forestales, y sentando las bases para su correcto manejo (RIGUEIRO 1999).

En estos sistemas silvopastorales se puede mejorar y predecir su productividad a través de la utilización de fertilizantes. La fertilización empleada puede ser inorgánica u orgánica, adquiriendo una especial importancia en el último caso el empleo de lodos de depuradora urbana, residuo procedente de la depuración de

aguas residuales. El uso de los lodos de depuradora urbana como fertilizantes en sistemas silvopastorales presenta las siguientes ventajas:

- Da salida a un producto que, debido a la normativa vigente, estamos obligados a producir, para el que cada vez están más limitadas otras vías de eliminación, como la incineración, vertido al mar o depósito en vertederos si tiene más de un 25% de materia orgánica.
- Permite reciclar un producto que, en principio y si no hay industria pesada en la zona que genere residuos con un alto contenido en metales pesados, es apto para uso agrícola y forestal.

Pero, para optimizar su uso debemos considerar algunos factores que deben ser evaluados mediante las investigaciones correspondientes:

- Conocer la tasa de mineralización del nitrógeno del lodo, lo que nos permitirá recomendar las dosis de lodo adecuadas en cada caso.
- Conocer la biodisponibilidad de los metales pesados en terrenos ácidos, lo que nos permitirá apreciar si estos elementos, nocivos para la salud humana, pueden llegar, a través de la cadena trófica o el lavado, al hombre.
- Conocer el efecto de esta fertilización sobre la producción de pasto y sobre la evolución de la composición botánica del mismo.
- Conocer el efecto de esta fertilización sobre el crecimiento del arbolado.

AREAS DE ENSAYO

Los municipios gallegos en los que se han desarrollado los estudios de fertilización en sistemas silvopastorales son Castro de Rei (Lugo), Lugo, Pol (Lugo), Guitiriz (Lugo), A Pastoriza (Lugo) y Ames (A Coruña).

En general, el clima de las zonas de estudio es de tipo atlántico, con inviernos fríos y lluviosos y veranos templados y frecuentemente lluviosos, con una importante sequía en verano, que limita, en gran medida, tanto la producción de pasto como el crecimiento del arbolado.

La especie arbórea empleada en la mayoría de los estudios es *Pinus radiata* D. Don, aunque también se han desarrollado estudios en sistemas silvopastorales con frondosas, como *Betula alba* L., *Quercus rubra* L. y *Populus x euroamericana* (Dode) Guinier.

Las experiencias se iniciaron con el establecimiento de praderas antes de la repoblación o una vez realizada la plantación, para lo cual se realizaba una preparación del terreno que incluía pase de grada y rulado en todos los casos. La especie pratense más empleada en todos los casos fue el dactilo, pues ha demostrado ser una gramínea muy persistente en este tipo de sistemas, en los que a medida que transcurren los años se limita la cantidad de luz que alcanza el pasto, si bien también se ha utilizado el raigrás

inglés y el trébol blanco con peores resultados. En todos los estudios se evalúa el empleo de lodos de depuradora urbana o de lechería en estos sistemas, y siempre existen dos referentes, uno en el que se aplica fertilización inorgánica y otro en el que no se fertiliza.

Ensayo de Castro de Rei (Lugo)

Esta parcela experimental es representativa de lo que en Galicia podríamos considerar como zona agrícola abandonada. Se inició el ensayo en el año 1994, y en él se compara el efecto de la fertilización mineral y con lodos de depuradora de industria láctea procesados aeróbicamente en parcelas de pastizal artificial de raigrás inglés y trébol blanco, sobre el que se establecieron repoblaciones de pino insigne y abedul con marcos de plantación de 2x2 y 3x4 m.

Ensayo de Lugo

La zona de estudio también es representativa de una zona agrícola abandonada y en ella se desarrollan actualmente dos experiencias:

- Evaluación del efecto de la complementación de la fertilización con lodo de depuradora urbana digerido anaeróbicamente con nitrógeno inorgánico a principios de año (40 kg N ha⁻¹) y con potasio (100 y 200 kg K₂O ha⁻¹), en praderas establecidas en primavera y en otoño, sobre las que se repobló con pino insigne con un marco de plantación de 3 x 2 m. Esta experiencia se inició en 1998.
- Evaluación de la época en que debe aplicarse el lodo de depuradora urbana anaeróbico para optimizar su aprovechamiento. Estudio desarrollado en praderas de raigrás inglés, trébol blanco y dactilo. Esta experiencia se inició en 1999.

Ensayo de Pol (Lugo)

Esta área es representativa de una zona de monte, con un suelo muy ácido (pH en agua inicial de 4,5), desarrollándose dos experiencias:

- Evaluación del efecto de la aplicación de lodo de depuración urbana anaerobio a dosis reducidas, con y sin siembra de dactilo, en pinar de pino insigne de 5 años, plantado con un marco de 3 x 2 m. Esta experiencia se inició en 1997.
- Evaluación del efecto de la aplicación de lodo de depuradora urbana digerido anaerómicamente y cal en pradera sembrada con dactilo y trébol blanco, en pinar de pino insigne de 5 años, plantado con un marco de 3 x 3 m. Esta experiencia se inició en 1997.

Ensayo de Guitiriz (Lugo)

Área típica de monte en la que se evalúan la dosis y la mejor época de aplicación de lodo de depuradora urbana anaeróbico (enero, febrero y marzo) en pinar de pino insigne de 1 año. Esta experiencia se inició en 1999.

Ensayo de A Pastoriza (Lugo)

Área de monte, con suelo ácido, en la que se diferencian dos zonas, la primera con el nivel freático alto, en la que se repobló con chopo, y la segunda, en la que la pendiente permite el drenaje, y en la que se establecieron pino insigne y roble americano. Los factores evaluados, en el caso del chopo, son dos dosis de fertilización con lodos de depuradora urbana y encalado; en el caso del roble cinco dosis crecientes de fertilización con lodo; y, finalmente, en el pino insigne tres épocas de aplicación de lodos y dos dosis de lodo de depuradora urbana. Esta experiencia se inició en el año 2000.

Ensayo de Ames (A Coruña)

Área de monte en la que se iniciaron los estudios en 1999. A diferencia de las anteriores, esta zona muestra una importante sequía durante los meses de verano y en ella se emplearon lodos de industria láctea no digeridos, pero sí estabilizados mediante el aporte de cal hasta alcanzar un pH de 12. Se instalaron dos experiencias:

- Evaluación del efecto del laboreo en la incorporación del lodo sobre la producción de pra-

deras de dactilo y trébol blanco establecidas en un pinar de pino pinaster de 7 años.

- Evaluación del efecto de la aplicación de dosis crecientes de lodo sobre el desarrollo del arbolado y el pasto.

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas a partir de estos estudios se recogen en la bibliografía que se cita al final de este artículo y se resumen a continuación las principales:

El empleo de en sistemas silvopastorales de fertilizantes con un alto contenido en materia orgánica (como son los lodos urbanos o de industria láctea) mejoran la producción del pasto y del arbolado, a diferencia de la fertilización inorgánica, que aumenta la producción de pasto pero no la del arbolado en los primeros años (en praderas arboladas) y la no fertilización, que mejora el crecimiento del arbolado pero no del pasto (en comparación con la fertilización)

El aporte de lodo implica una menor contaminación por lavado de nitratos, reduciendo la contaminación difusa, pero ocasiona una mayor acumulación de esta forma de nitrógeno en el pasto

En relación a la composición botánica, los resultados aconsejan utilizar las dosis bajas (160 kg N total ha⁻¹) y medias (320 kg N total ha⁻¹), ya que favorecen la aparición y persistencia del trébol y, a largo plazo, no suponen un impedimento físico para el desarrollo del pasto, ya que debido a la difícil y lenta incorporación al suelo, con las dosis más elevadas, cuando se aplican en cobertura, tienden a formarse costras superficiales.

En los primeros años de estudio se ve que el nivel de metales pesados en el pasto se eleva a medida que la dosis de lodo se incrementa, si no se encala previamente, pero al final del estudio, en los suelos a los que se aportaron las dosis más altas de lodo se incrementa significativamente el pH, lo que reduce la biodisponibilidad de los metales pesados. Sin embargo, un aspecto importante a tener en cuenta es la tendencia ácida de los suelos gallegos, que favorece el

lavado del calcio; en consecuencia, si cesa la aportación de lodo se reduciría el pH y, por tanto, a largo plazo, aumentar la biodisponibilidad de los metales pesados.

El estudio del efecto del aporte de lodos en praderas debería tener en cuenta la profundidad del suelo en la que se encuentran la mayor parte las raíces del cultivo en cuestión y no basarse exclusivamente en la establecida por la normativa vigente.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Administración autonómica (Xunta de Galicia) y Nacional (CICYT) la financiación para llevar a cabo estos estudios. Además, nos gustaría destacar la inestimable ayuda de empresas productoras y gestoras de lodo (GESTAGUA, S.A. y AGROAMB-PRODALT) que han colaborado y siguen colaborando con nosotros en estas investigaciones, así como a las entidades públicas y personas que nos han cedido las fincas experimentales (Excelentísima Diputación de Lugo, Bernardino Seco Turienzo, Severiano Ónega y José Luis Lodos). Estos estudios no se podrían llevar a cabo sin la colaboración del personal administrativo, de campo y laboratorio que destinan muchas horas a sus tareas y realizan eficientemente su trabajo: Teresa López-Piñeiro, Divina Vázquez-Varela, Aurora López Veiga, Marisa Fernández- Méndez, Alberto Díaz-Lamas, José Javier Santiago-Freijanes, Santiago Rodríguez-Expósito y Manuel Seoane.

BIBLIOGRAFÍA

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; MOSQUERA LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 1999. Mixed prairie production under pines growing with different sewage sludge doses in lowlands: International Occasional Symposium of the European Grassland Federation. *Grassland Science in Europe* 4: 383-386.

LÓPEZ DÍAZ, M.L.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2000. Effect of diffe-

rent doses of sewage sludge on heavy metal plant accumulation in acid soils. *Grassland Science in Europe* 5: 424-426.

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 1999. *Nitrogen mineralization from different sewage sludge doses in grasslands*. 10th Nitrogen Workshop 1.27.

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; 2000. *Efecto de la fertilización con lodos de depuradora urbana sobre el contenido de nitratos en pasto sobre sistemas silvopastorales*. III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes: 689-693.

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; 2001a. Nitrate leaching in fertilised silvopastoral systems. *Grassland Science in Europe* 6: 301-303.

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; 2001b. 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. In: *III Congreso Forestal Español* 4: 465-470. Junta de Andalucía, Consellería de Medio Ambiente. Sevilla.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2000. *Efecto del encalado y la adición de lodos sobre los contenidos de calcio y magnesio del pasto en sistemas silvopastorales*. 3^a Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes: 671-677.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2001. Sewage sludge fertilisation of a silvopastoral system with pines in northwestern Spain. *Agroforestry systems* 53: 1-10.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2001. *Establecimiento de sistemas silvopastorales*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2002. *Effect of application of different doses of sewage sludge and liming on soil characteristics and pasture pro-*

duction. VII Congress of European Society of Agronomy, (en prensa).

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2001b. *Effect of date of application of sewage sludge in nitrogen and pasture production*. I World Congress on Conservation Agriculture, 1.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2001. Efecto de la aplicación de lodos de depuradora urbana y caliza sobre el contenido en metales pesados en el pasto en un sistema silvopastoral de Galicia. *In: III Congreso Forestal Español* 4: 459-464. Junta de Andalucía, Consellería de Medio Ambiente. Sevilla.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2002. Use of first nitrogen as complement of organic fertilization in mixed prairies. *FAO reports* (en prensa).

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. y OMIL-IGNACIO, B.; 2000. Use of milk sewage sludge processed with liming in mountain pasture. *Grassland Science in Europe* 5: 418-420.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2000. Sistemas silvopastorales en la Iberia Atlántica. *Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes* 3: 649-659.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y ANDRADE-COUCE, M.L.; 1998. Estudio del uso de lodos de depuradora en la instalación de praderas bajo pinar. *Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos* 38: 169-173.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ DÍAZ, M.L. Y MOSQUERA-LOSADA, M.R.; 2000. Effect of different municipal sewage sludge doses on phosphorus cycling. *Grassland Science in Europe* 5: 421-423.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y GATICA-TRABANINI, E.; 2000. Pasture pro-

duction and tree growth in a young pine plantation fertilized with inorganic fertilizers and milk sewage in northwestern Spain. *Agroforestry systems* 48: 245-256.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 1998. Production and sown-species evolution of different pasture mixtures growing under birch, *Betula alba* L. *Grassland Science in Europe* 4:403-407.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 1999. Nitrogen extraction from different doses of organic manure complemented by different inorganic fertilizers. *10 th Nitrogen Workshop* IV: 34.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2001. Efecto de la fertilización con lodos de depuradora urbana sobre el contenido en Ca, Mg, Na y K en especies de matorral de la zona atlántica de Galicia. *In: III Congreso Forestal Español* 4:369-373. Junta de Andalucía, Consellería de Medio Ambiente. Sevilla.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2001. Crecimiento del arbolado y producción de pasto en un sistema silvopastoral fertilizado con lodos de depuradora urbana en una zona agrícola abandonada en Galicia. *In: III Congreso Forestal Español* 4: 703-709. Junta de Andalucía, Consellería de Medio Ambiente. Sevilla.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. Y LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2002. Efecto de la época de fertilización con distintas dosis de lodos de depuradora urbana y complementación con potasio sobre la producción de la pradera mixta. *Pastos* (en prensa).

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; LÓPEZ DÍAZ, M.L.; 2002. Organic fertilization on highlands pastures. *FAO REU Technical Series* (en prensa).