

EFFECTO 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

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

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

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de fangos procedentes de la depuradora de aguas residuales urbanas de Lugo y caliza sobre la producción de pasto, extracción total de Zn y Cu y contenido de Zn y Cu en el pasto, y la adecuación del mismo para el consumo de animales en un sistema silvopastoral. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 4 dosis de lodo (0, 16,076, 35,152 y 48,228 t/ha) y dos dosis de cal (0 y 2,5 t/ha), además de la fertilización inorgánica normalmente empleada en la zona (500 kg/ha de complejo mineral 8:24:16). Los resultados muestran que la aplicación de lodo provocó un aumento en la concentración de Zn y Cu en planta y, por el contrario, el encalado la disminuyó. El pasto resultó, en todos los tratamientos, adecuado para la alimentación animal.

PALABRAS CLAVE.- Lodo, cal, Zn, Cu.

ABSTRACT

The objective of this assay was to test the effect of the application of different doses of sewage sludge with or without liming on Zn and Cu content in pasture. Zn and Cu contents in pasture were increased with sewage sludge application increments, but without liming reduced this effect. Values were adequate for animal consumption.

KEYWORDS.- Sewage sludge, lime, Zn, Cu.

INTRODUCCIÓN

El pastoreo en tierras de monte ha sido en el pasado práctica habitual en la mayor parte de las regiones ibéricas y aún tiene importancia en la actualidad en algunas comarcas. Generalmente se aprovecha el pasto natural de las tierras o bien se sustituye por pastizales implantados artificialmente (Rigueiro, 2000). En Galicia, la acidez y la elevada proporción de aluminio en el complejo de cambio son los principales problemas de fertilidad de estos suelos. El encalado tiene como objetivo básico reducir el porcentaje de saturación de aluminio (Mombiela, 1983), a la vez que incrementa la biodisponibilidad de otros nutrientes como el fósforo.

Por su contenido en elementos nutritivos, como son el N y P, el uso de lodos de depuradora como fertilizante en sistemas agrícolas podría ser una buena opción para la eliminación de estos residuos. 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, 1998; Smith, 1995). En España, el R.D. 1310/1900 regula la utilización de lodos de depuradora en la agricultura. En este decreto se señala que si bien se pueden aportar lodos en suelos con diferente pH, a diferencia de otros países, las limitaciones son mayores si el pH es menor de 7. Esto se debe a que la mayoría de los metales aumentan su biodisponibilidad a medida que el pH del suelo se reduce. Según Smith (1996), la aplicación de lodos de depuradora puede incrementar o no la concentración de metales pesados en los tejidos de las plantas, dependiendo del comportamiento químico de cada elemento en particular.

El objetivo de este ensayo fue determinar el efecto de la aplicación de fangos procedentes de la depuradora de aguas residuales urbanas de Lugo y de caliza sobre la producción de pasto, la extracción total y los contenidos de Zn y Cu, ya que estos son los metales presentes en mayor proporción en el fango. También se evalúa la adecuación del pasto para el consumo animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se encuentra situado en un monte de la provincia de Lugo, municipio de Pol, a 510 m de altitud, en una zona con una precipitación media anual de alrededor de 1350 mm. En otoño de 1997, se implantó un pastizal bajo una plantación de *Pinus radiata* de 5 años, con una densidad de 1667 pies/ha. Primeramente, se instalaron las parcelas, de 96 m² cada una y definidas por 25 árboles dispuestos delimitando un cuadrado de 5 x 5 pies. Se realizó una preparación del terreno que consistió en un desbroce seguido de pase de fresa y aplicación de la fertilización de instalación normalmente empleada en la zona, consistente en 120 kg/ha de P₂O₅ y 200 kg/ha de K₂O. Además, se encalaron la mitad de las parcelas, mediante la aplicación de 2,5 t/ha de caliza. A

continuación, se procedió a la siembra de la siguiente mezcla de especies: 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 del suelo previo a la instalación del ensayo indicó que se trataba de un suelo con un pH muy bajo (pH en agua= 4,5), pobre en nitrógeno (0,28%), fósforo (4 mg/kg) y con un porcentaje de saturación de aluminio elevado (92,18%). Los contenidos de Zn y Cu fueron 6,6 y 3,3 mg/kg de materia seca, respectivamente.

En abril de 1998, se establecieron los siguientes tratamientos: 0 (BL), 16,076 (L1), 32,152 (L2) y 48,228 (L3) t/ha de lodos de depuradora, que equivalen a la aplicación de 160, 320 y 480 kg N/ha, respectivamente; estas mismas dosis de lodo suplementadas con 2,5 t/ha de caliza (BLC, L1C, L2C y 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, que se distribuyeron siguiendo un diseño completamente aleatorizado con 3 réplicas. Cada aplicación de lodo y el abonado mineral se repitieron en marzo de 1999 y 2000. El lodo aportado procedía de la depuradora de aguas residuales de la ciudad de Lugo, que procesa los residuos municipales mediante digestión anaerobia. Los resultados de los análisis del lodo mostraron un pH de 7, un contenido en materia seca de 23,54% y un contenido en N, Zn y Cu de 4,23%, 684,05 ppm y 121,2 ppm, respectivamente. 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 de las parcelas se realizó mediante siega. Durante el año 2000 se realizaron tres cortes, en mayo (1c), julio (2c) y noviembre (3c). En cada corte, se tomaron 4 muestras de pasto al azar, de 0,09 m², en cada una de las parcelas, mediante cizallas manuales. El análisis de Zn y Cu se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica, después de realizar una digestión microjhdal. Todos los datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza y las medias han sido separadas mediante el test de Duncan.

RESULTADOS

La producción de pasto total anual y en cada uno de los cortes del año 2000 se presenta en la figura 1. En mayo, la producción de pasto se incrementó con la fertilización, tanto inorgánica como orgánica, respecto al blanco, si bien solo sobresalieron significativamente las 4,02 t/ha de materia seca obtenidas con el tratamiento L2. En los últimos cortes del año (julio y noviembre) las producciones fueron similares en todos los tratamientos

En la tabla 1 se indican las concentraciones de Zn y Cu en pasto para cada uno de los tratamientos en cada corte. En los dos primeros cortes, no hubo respuesta a la aplicación de lodo en cuanto al contenido de metales pesados en planta. En el corte de noviembre, la aplicación de lodo aumentó del contenido de zinc y cobre en pasto. Este efecto causado por el lodo no se manifestó en aquellos tratamientos en los que se había realizado un encalado previo. En el caso del Zn, no se observaron diferencias significativas entre las distintas dosis de lodo. En cambio, con la dosis media de lodo (L2) se obtuvo la máxima concentración de Cu en pasto (29 mg/kg de materia seca), valor significativamente superior al obtenido con las otras dosis de lodo. La aplicación de fertilización mineral provocó un aumento del contenido de Cu en planta en el corte de julio, respecto a la no fertilización

Las extracciones de Zn y Cu en el pasto en los distintos muestreos se muestran en las figuras 2a y 2b. En el tercer corte, las cantidades de Zn extraídas en pasto siguieron patrones similares a los obtenidos para las concentraciones en planta de estos elementos. En este mismo corte, tan sólo la dosis media de lodo aumentó significativamente la extracción de Cu respecto al blanco. Cuando se aplicó la dosis baja o media de lodo, el encalado disminuyó significativamente las extracciones de Cu y Zn.

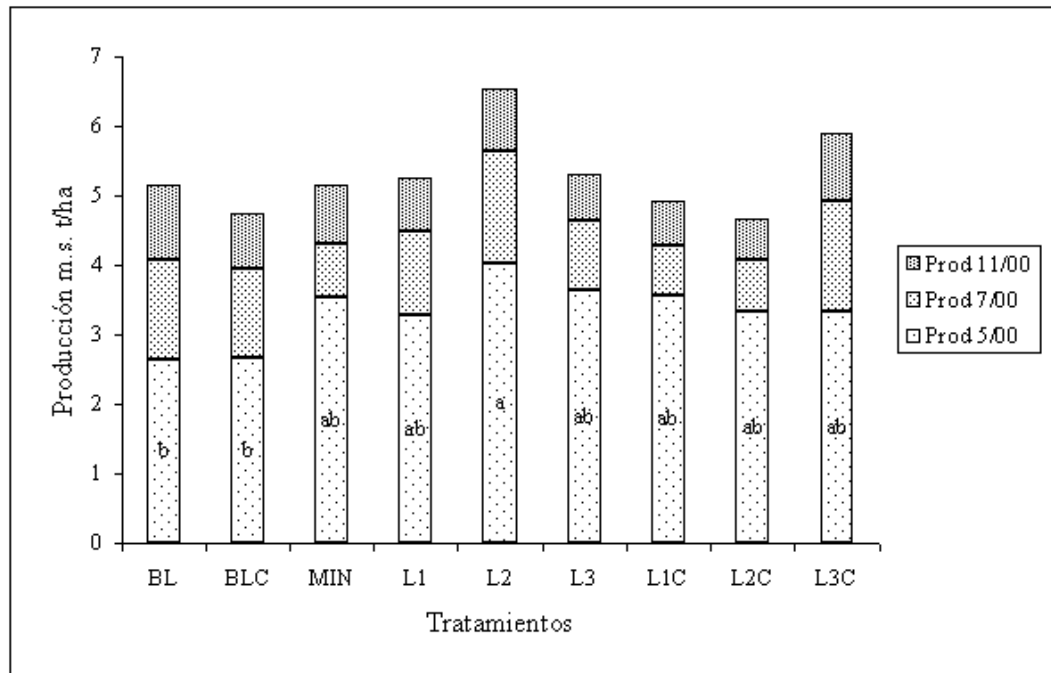
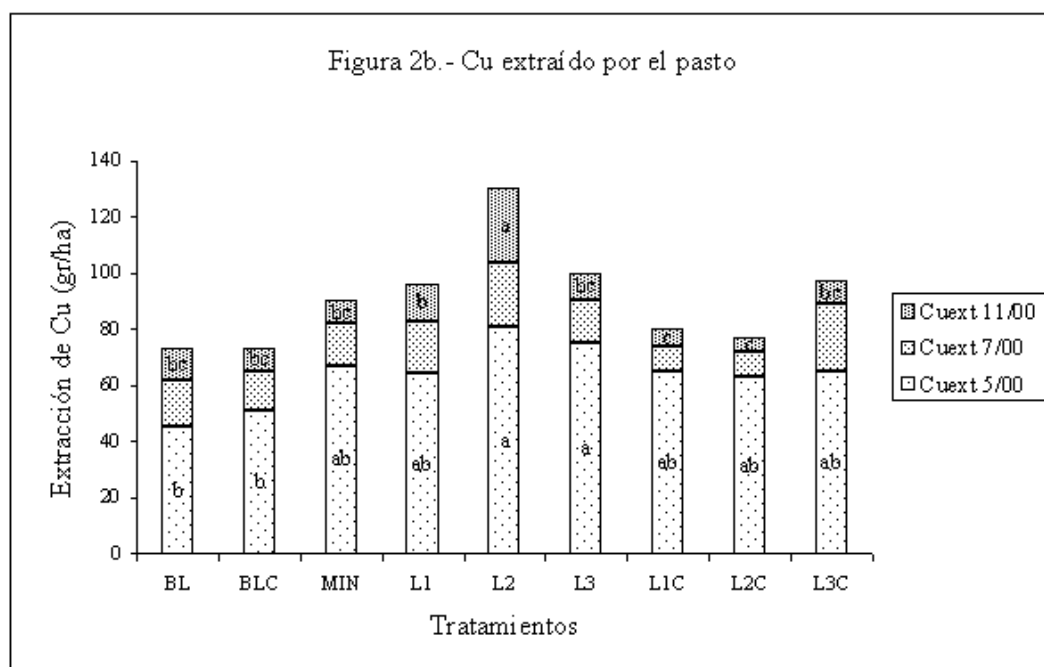
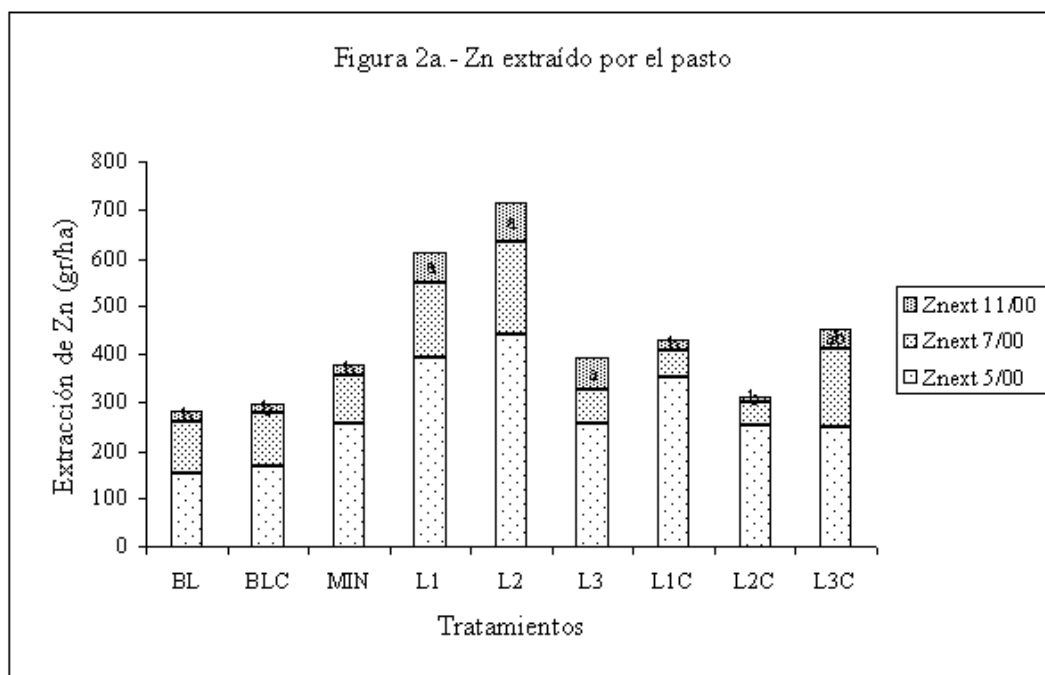


Figura 1.- Producción de pasto (Prod) (tn materia seca/ha) en mayo (5/00), julio (7/00) y noviembre (11/00) de 2000 y total anual de ese año.

Tratamientos.- BL:no fertilización; BLC:2,5 t caliza/ha; MIN:500 kg NPK/ha; L40:16,08 t lodo/ha; L80:35,15 t lodo/ha; L120:48,23 t lodo/ha; L40C:16,08t lodo/ha+2,5 t caliza/ha; L80C:35,15 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha; L120C: 48,23 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha. Letras distintas indican medias significativamente diferentes.



Figuras 2a y 2b.- Extracción de Zn y Cu en el pasto (Znext, Cuext) (gr/ha) en mayo (5/00), julio (7/00) y noviembre (11/00) de 2000 y total extraído en ese año.

Tratamientos.- BL: no fertilización; BLC: 2,5 t cal/ha; MIN: 500 kg NPK/ha; L40: 16,08 t lodo/ha; L80: 35,15 t lodo/ha; L120: 48,23 t lodo/ha; L40C: 16,08 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha; L80C: 35,15 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha; L120C: 48,23 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha. Letras distintas indican medias significativamente diferentes.

DISCUSIÓN

En otra experiencia de fertilización con lodos de depuradora, Mosquera-Losada *et al* (2001), obtuvieron menores concentraciones de Zn y Cu en planta en parcelas en las que dominaba *Dactylis glomerata*, en comparación con otras en las que se desarrollaban especies espontáneas, aplicando a todas las mismas dosis de lodo. De todos modos, ambos ensayos muestran valores similares de Zn y Cu en planta. Los contenidos de Zn y Cu en planta tras la aplicación de lodo son normales (Kabata-Pendias, 1985) situándose siempre por debajo de los máximos recomendados para alimentación animal (caballos, ovejas y vacas) por la NRC (1980).

En diferentes estudios se ha encontrado que el aumento de la fertilización orgánica en terrenos de monte no afecta, en ciertos casos, a la producción de pasto, pero sí afecta de forma importante y positiva a la evolución

de la composición botánica del mismo, favoreciendo el aumento de las especies herbáceas frente a las leñosas y, en consecuencia, mejorando la calidad del pasto (López-Díaz *et al*, 2000; Mosquera-Losada *et al*, 2001).

La aplicación de lodo provocó un aumento de la concentración en planta y de la extracción del suelo de Zn y Cu en el corte de noviembre, en relación al blanco; sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas entre las distintas dosis de lodo en cuanto al contenido de Zn en el pasto, tal y como encontraron López-Díaz *et al* (2000). Esto puede explicarse por el bajo contenido en Cu y Zn que se está aplicando con las distintas dosis de lodo. El encalado disminuyó la absorción de Zn y Cu por las plantas, lo que coincide con los resultados obtenidos en el primer año de aplicación de los tratamientos (López-Díaz *et al* 2000). Esto puede relacionarse con la disminución en la biodisponibilidad de los metales pesados derivada del encalado (Kabata-Pendias *et al*, 1985).

CONCLUSIONES

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre las distintas dosis de fertilización orgánica, la aplicación de lodos de depuradora incrementó el contenido de Zn y Cu en planta en otoño, respecto al blanco; sin embargo, el encalado anuló este efecto. En todos los casos, los valores de Zn y Cu en planta fueron adecuados para la alimentación animal.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido desarrollado gracias a la financiación de proyectos FEDER y la colaboración de la empresa GESTAGUA, y en especial de doña Mercedes Pino Fernández, técnico de la empresa citada. Los autores agradecen también a Aurora López Veigas, M^a Luisa Fernández Méndez, Divina Vázquez Varela, Javier Santiago Freijanes y Santiago Rodríguez Expósito por la ayuda prestada en los análisis de laboratorio y campo.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H.; (1985). *Trace elements in soils and plants*. CRC.
- LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; (2000). *Effect of different municipal sewage sludge doses on phosphorus cycling* En: *Grassland Science in Europe*, vol 5. EGF. 22-25 May, Aalborg (Dinamarca). Pp. 424-426.
- MOMBIELA, F.; 1983 *Efecto de la cal y del fósforo sobre las transformaciones de nitrógeno en dos suelos ácidos de Galicia*. Anales del INIA, 24, 269-276.
- MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ-DÍAZ, M.L.,(2001). *Effects of sowing and fertilization with sewage sludge in a sylvopastoral system with pine trees in acid soils in the mountains of Galicia, north-west Spain*. Agroforestry forum. En prensa.
- NRC; (1980). *Mineral tolerance of Domestic Animals*. Ed. National Acad. of Sc.-NRC.
- R.D. 29/10/90, n° 1310/1990, del Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación que regula la utilización de lodos de depuradora. BOE n°262 del 1/11/90.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; (2000). *Sistemas silvopastorales en la Iberia Atlántica*. XLReunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Bragança-A Coruña- Lugo. Mayo 2000. 649-658.
- SMITH, S.R.; (1995). *Agricultural recycling of sewage sludge and the Environment*. CAB International.

Tabla 1.- Contenido de zinc (Zn) y cobre (Cu) (mg/kg) en el pasto en los cortes de mayo (5/00), julio (7/00) y noviembre (11/00) de 2000 en los distintos tratamientos.

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 caliza; MIN: 500 kg 8:24:16/ha; L1: 16,08 t lodo/ha; L2: 35,15 t lodo/ha; L3: 48,23 t lodo/ha; L1C: 16,08 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha; L2C: 35,15 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha; L3C:

48,23 t lodo/ha + 2,5 t caliza/ha. Letras distintas indican medias significativamente diferentes.