

LODOS DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES URBANAS COMO FERTILIZANTES AGRICOLAS Y FORESTALES

J. ESCUDERO ALAMEDA*; A. DIAZ BARRIONUEVO** & M. CORTIJO MARTINEZ **

*DTO. EXPRESION GRÁFICA E.U. POLITECNICA DE BURGOS. AVDA. GENERAL VIGON S/N (09006) BURGOS.

** DTO. INGENIERIA FORESTAL E.T.S. INGENIEROS DE MONTES. U.P.M. CIUDAD UNIVERSITARIA S/N (28040) MADRID

RESUMEN

Se hacen análisis físico-químicos de los lodos de la EDAR de Burgos para evaluar su interés agronómico, así como sus niveles de toxicidad por la presencia de metales pesados. En este sentido, los contenidos en N_{total} y P (P_2O_5) están sobre el 2,5 % referido a M.S. El nivel de $C_{oxidable}$ es sólo del 21,61 % de M.S., debido al tratamiento anaerobio empleado en la estabilización de los lodos. Sin embargo, el $C_{extraible}$, con un 4,31 %, indica una buena proporción de ácidos húmicos y fúlvicos, que son los que determinan la relación suelo-planta. Las concentraciones de metales pesados están dentro de los niveles permitidos, si se exceptúa el Cr(III), aunque se ha comprobado que no es fitotóxico.

Se hicieron ensayos de crecimiento, de fitotoxicidad y de variaciones del suelo en cultivos de *ray-grass*, a escala de laboratorio y ambientes controlados, en macetas de 4 kg de suelo y dosis crecientes de lodos. Hasta dosis de equivalentes de 180 (T/Ha), la producción se favorece; con valores superiores a 720 (T/Ha) los rendimientos bajan al 50 %.

P.C.: Composición lodos, fertilización, toxicidad, suelos, *ray-grass*

SUMMARY

Physical-chemical analysis of sludge from Burgos Waste Water Treatment Plant are made in order to evaluate its agronomical interest, as well as the toxicity levels due to the presence of heavy metals. In this sense, the total content of N_{total} and P(P_2O_5) stand above the 2.5% referred to organic matter. The level of $C_{oxidable}$ is only 21,61% of organic matter, due to the anaerobic treatment used in the sludge stabilization. However, $C_{extractable}$, 4.31%, indicates a high proportion of humic and fulvic acids, which are the determinators of the relationship soil-plant. The heavy metal concentrations stand within the allowed levels, except for Cr(III), although it has been proved it is not phytotoxic.

Growth, phytotoxicity and soil changes in *ray-grass* crops tests were made, in laboratory conditions and controlled media, in 4 Kg. containers of soil and increasing doses of sludge. Up to a sludge dose equivalent to 180 T/Ha, the production is improved; with doses higher than 720 T/Ha the efficacy decrease to 50%.

K.W.: Sludge composition, fertilisation, toxicity, soils, *ray-grass*.

INTRODUCCION

Existe una amplia experiencia y estudios de investigación tendentes al conocimiento y la caracterización físico-química de los lodos de distintas estaciones depuradoras (Möller, 1983), (Webber, 1981, 1983), (Matthews, 1983), (Beckett, 1980) y (Clapp et al 1983).

Asimismo, son numerosos los trabajos recogidos en la bibliografía sobre la aplicación de los lodos, como fertilizante, en el cultivo de diferentes especies, que permiten conocer los mecanismos de fijación, adsorción y movilidad de los distintos elementos químicos, tanto en la planta como en el suelo, (Angle et al. 1984), (Bates et al 1977), (Bortlitz et al., 1982), (Chang et al. 1983), (Sommers, 1986).

Estos trabajos de investigación han permitido fijar unos límites de uso en agricultura, teniendo en cuenta diversos aspectos como dosificación, contenidos en metales pesados, salinidad, etc., como se recoge en la bibliografía, (Baxter et al. 1983), (Behel et al., 1983), (Chang et al. 1983) y (Walter et al. 1990)

Este trabajo tiene dos apartados bien diferenciados; en primer lugar se ha hecho un análisis físico-químico muy exhaustivo de los lodos de la E.D.A.R. de la ciudad de Burgos. En segundo lugar, se han hecho ensayos de laboratorio y bajo condiciones controladas del cultivo de *ray-grass*, al utilizar estos lodos como fertilizante, haciendo especial hincapié en las modificaciones de la composición del suelo, una vez finalizado el cultivo; en el crecimiento de los cultivos y en la retención de metales por los mismos.

CARACTERIZACION DE LOS LODOS

Los parámetros de interés agronómicos considerados han sido pH, conductividad, humedad, pérdida por calcinación, C_{oxidable} , N_{total} , relación C/N, N_{amoniaco} , $P_{\text{asimilable}}$, Ca, Mg, K y Na; así como otros elementos de gran importancia por su influencia en la toxicidad de los lodos, como son Cu, Cr, Ni, Zn, Pb, Cd, Mn y Hg. La toma de muestras, para la realización de los análisis, se hizo a la salida del filtro prensa, después de la deshidratación de los fangos, último tratamiento al que se somete antes de su destino final. En la tabla 1 se presentan los resultados analíticos de los lodos.

El pH tiene valores elevados, debido a que la depuradora utiliza cal como sistema de acondicionamiento de los fangos para facilitar la deshidratación. Los fangos son estabilizados anaeróbicamente por lo que tienen unos valores bajos en lo que se refiere a pérdida por calcinación y C_{oxidable} . El N_{amoniaco} está asociado a la fase líquida que se ha separado en el proceso de deshidratación, por lo que el contenido en los lodos es bajo. La mayor parte de N_{total} corresponde a N en forma orgánica, el cual debe mineralizarse antes de ser aprovechado por la planta. El contenido medio de $P_{\text{asimilable}}$ es 2,477 ppm pudiendo considerarlo como medio-bajo. En cuanto al K, su aporte es muy pequeño por lo que sería necesario incorporar al suelo cantidades complementarias de este elemento.

Por lo que respecta a los metales pesados y según se muestra en la tabla 2, el Cu, Zn, Pb, Cd, Mn y Hg, se encuentran en concentraciones permitidas por la legislación y no deben presentar problemas si los lodos se utilizan como fertilizantes.

Por contra, la concentración de Cr es elevada, aunque su efecto tóxico sobre las plantas se considera de escasa importancia; sin embargo, en el momento de dosificar el lodo aportado al suelo sería conveniente hacer un seguimiento particular a los contenidos de este metal en los lodos, en la planta y, posteriormente, en el suelo.

MATERIALES Y METODO

Para la experimentación se ha dispuesto de una cámara de crecimiento bajo condiciones controladas de humedad, iluminación y temperatura; utilizando macetas de tipo "baby garden" de 4 kg de capacidad y como cultivo *ray-grass*. Las condiciones de trabajo de la cámara fueron de una humedad del 80 % y una temperatura de día de 25°C (10 horas) y de noche 14°C (14 horas).

Las dosis de lodos añadidos se calcularon en función de la concentración de Cr en el lodo, con el objeto de introducir en las macetas cantidades crecientes de Cr. La presencia de metales en el lodo respondía a los siguientes valores: Cr 1.675; Cu 292; Ni 72; Zn 910; Pb 300; Cd 1,3 y Mn 145, siempre en (mg/kg de peso seco).

El suelo utilizado en las macetas fue el mismo de experiencias posteriores en campo, siendo sus características más importantes, C_{oxidable} 1,3 %; pH 7,2; arcilla 23,2 %; limo 42,1 %; arena 34,7 %; capacidad de cambio 8,9 meq/100 g; capacidad de campo 31,2 %; Cu 24 ppm; Cr 18 ppm; Ni 13 ppm; Zn 58 ppm; Pb 39,2 ppm; Cd 0,11 ppm y Mn 340 ppm.

Se rellenaron once macetas, una como testigo con 4.000 g de suelo y las diez restantes con dosis progresivas de lodo (60; 120; 180; 240; 360; 480; 600; 720; 840 y 950 g de lodo) y el resto hasta completar los 4.000 g con suelo de las características indicadas anteriormente. El contenido de Cr para cada dosis de lodo, expresado en (mg/kg), fueron de 0; 25; 50; 75; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400.

La siembra de *ray-grass* se hizo a razón de 4 g de semillas por maceta; se colocaron en la cámara de crecimiento distribuidas al azar, se regaron hasta alcanzar el 80 % de la capacidad de campo y se mantuvieron a este nivel mediante riegos de dos veces por semana.

Se efectuaron tres cortes en cada una de las macetas para controlar la producción en peso fresco y seco, y se analizaron los metales pesados en las plantas de cada cosecha y en los suelos al finalizar la experiencia.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 2 aparecen los datos de producción de la medid de los tres cortes referidos a peso fresco para cada una de las macetas y dosis equivalente de lodo (T/Ha).

Los datos de la tabla anterior muestran que para dosis bajas de lodo, hasta 180 (T/Ha), el efecto del lodo sobre la producción es beneficiosa; la producción baja a valores inferiores al 50 % a partir de 540 (T/Ha) y manteniendo entre dosis 540 y 720 (T/Ha). Si se tienen en cuenta los tres cortes realizados por separado, cabe resaltar que en el primer corte los descensos de producción se aprecian en la dosis 5 (270 T/Ha) con un 84,84 % de producción relativa y desciende rápidamente hasta valores de 26 y 21 % con dosis de 630 y 720 (T/Ha) respectivamente. En el segundo y tercer corte, la principal diferencia con respecto al primero es que el descenso en la producción a las dosis más elevadas es inferior, alcanzando rendimientos medios del 60 % con respecto al testigo.

De los resultados obtenidos se deduce que existen diferentes factores que influyen en la producción, aunque sus efectos se ven atenuados permitiendo una cierta recuperación del cultivo. Entre los factores que pueden afectar se encontrarían la conductividad, la cual se ve incrementada, aumentando la salinidad del suelo, en un principio, pero que posteriormente disminuye a causa del riego practicado.

La materia orgánica que se incorpora al suelo con los lodos tiene un doble efecto; de una parte, modifica las condiciones hídricas del suelo y de otra, se produce la transformación de la materia orgánica que afecta a la disponibilidad del nitrógeno por la planta. Estos fenómenos retrasan el desarrollo del cultivo e impiden una buena germinación de las semillas lo que repercute en la producción aunque posteriormente se recupera incrementando producciones.

Los descensos de producción a partir de la dosis 5 (150 mg/kg de Cr) se cree que no está relacionado con la presencia de este metal; (Behel et al, 1983) resalta como el Cr(III) es

muy insoluble y difícil que pase del suelo a las plantas, por lo que su fitotoxicidad es escasa.

Analizado en contenido en metales pesados de las diferentes cosechas de *ray-grass* se obtuvieron los siguientes resultados, tabla 3.

Se aprecia un incremento de la concentración de metales a medida que se incrementa la dosis de lodo incorporado, aunque los valores siempre están por debajo de los límites aceptados (Chang et al. 1983). El Pb no tiene presencia detectable; el Cr no se aprecia un incremento significativo del mismo. En general, se puede concluir que los metales presentes en el lodo tienen poca capacidad para ser incorporados a los cultivos a través de las raíces y tienen un escaso efecto depresivo sobre los cultivos.

En la tabla 4 se presenta el análisis de los suelos después de los ensayos que reflejan el incremento de los mismos al elevar las dosis de lodos.

Se produce una importante acumulación de metales en el suelo al incrementar la dosis de lodos. Si se exceptúa el Cr, los demás están dentro de los límites establecidos por la Directrices de la U. E. El análisis del Crasimilable indica que una pequeña parte del Cr está a disposición de la planta.

Otros datos analíticos del suelo después de la experimentación, demuestran que la variación del pH es notable; la conductividad aumenta, igualmente, llegando a límites que pueden ocasionar problemas al cultivo. También, se incrementa el contenido en materia orgánica lo que es un beneficio para la utilización agrícola-forestal de lodos.

CONCLUSIONES

Los niveles de metales pesados, excepto el Cr, están dentro de los límites permitidos por la legislación. El contenido en elementos fertilizantes como N y P dan interés a los lodos como abono de suelos. Asimismo, el Cextraíble presenta valores altos respecto al total, lo que es indicativo de que estos lodos tienen una buena proporción de ácidos húmicos y fúlvicos que son los que intervienen activamente en la relación suelo-planta. Los valores de pH son elevados, debido al tipo de tratamiento de los fangos en la deshidratación.

Los ensayos de fitotoxicidad en condiciones de laboratorio ponen de manifiesto una pérdida de producción a medida que aumentan las dosis de lodo, que no es achacable al Cr, sino más bien, a la salinidad y a la evolución de la materia orgánica.

Los análisis de contenido de metales pesados en el *ray-grass* en la experiencia de fitotoxicidad, no presentan incorporaciones importantes de ninguno de ellos a la planta.

BIBLIOGRAFIA

ANGLE, J.S. and BAUDLER, D.B. (1984). *Persistencia y degradación de mutágenos en los suelos rectificadas con lodos*. Journal of Environment. Quality. Vol. 13, nº 6.

BATES, T.E.; BEAUCHAMP, E.G.; HAQ, A.; KETCHESON, J.W.; PROTZ, R. and SOON, Y.K. (1977). *Land disposal of sewage sludge*. Research Report 5; 73. Environment. Canada.

BAXTER J.C.; JOHNSON, D.E.; KIENHOLZ, E.W. (1983) *Heavy metals and persistent organics content in cattle exposed to sewage sludge*. J. Environmen. Quality, vol. 12, nº3.

BECKETT, P.H.T. (1980). *The statistical sistribution of sewage and sludge analyses*. Environmental Pollution. 27-53.

BEHEL J.R.; DARRELL W.; SOMMERS L. *Assement of heavy metal equilibria in sewage-treated soil*. J. Environm. Qual. vol.

BORTLISZ, J. and MALZ, F. (1982). *The influence of the agricultural utilization of domestic sewage sludge on the quality of the soil*. Publicados por Reidel Publishing Company.

CLAPP, C.E.; LARSON, W.E.; DOWDY, R.H.; LISIDEN, D.R.; MARTEN, G.C. and DUNCOMB, D.R. (1983). *Utilization of municipal sewage sludge and wastewater effluent on agricultural land in Minnesota*. Proceedings of the Second International Symposium Peat in Agriculture and Horticulture Hebrew University of Jerusalem. Faculty of Agriculture Rehovot and Institute of Soils and Water Volcan Center Bet Dagan.

CHANG, A.C.; PAGE, A.L. and BINGHAM, F.T. (1983). *Soil conditioning effects of municipal sludge compost*. Journal of Environmental Engineering, 109, 3: 574-583.

MATTHEWS, P.J. (1983). *Agricultural utilisation of sewage sludge in the U.K.*. Wat. Sci. Tech. 15; 135-149.

MÖLLER, U (1983). *German practice in land disposal of sludge including legislation and health aspects*. Wat. Sci. Tech. 15; 115-133.

SOMMERS, L. (1896 February) *Sludge utilization on agricultural land*. Pennsylvania State University

WALTER, I; ARROYO, M^a; MANRIQUE, A. (1990) *Metales pesados como factor limitante a la utilización agrícola de lodos residuales urbanos*. I Congreso Internacional de Química de la ANQUE. Tenerife

WEBBER, M.D. (1981). *Epannage des boues résiduaires sur les sols: Une évaluation rapport*. Centro Technique des Eaux Usées, Service de la Protection de l'Environnement Canada. 45 págs.

WEBBER, M.D.; MONTEITH, H.D. and CORNEAU, G.M. (1983). *Assesment of heavy metals and PCBS at sludge application sites*. Journ. Water Pollution Control. 187-195.

pH (H ₂ O) 1/5	9,79	K (%)	0,09
Con.(mmhos/cm)	3,33	Na (%)	0,09
Humedad (%)	64,00	C/N	9,83
Perd. calcin. (%)	52,81	Cu (ppm)	392
N _{total} (%)	2,26	Cr (ppm)	1887
NH ₄ ⁺ (% M.S.)	0,05	Ni (ppm)	92
P ₂ O ₅ (% M.S.)	2,42	Zn (ppm)	1058
P ₂ O ₅ , asim. (ppm)	2,477	Pb (ppm)	246
C _{oxid.} (M.O. %)	21,61	Cd (ppm)	1,01
C _{extraible} (%)	4,31	Mn(ppm)	158
Ca (%)	1,14	Hg (ppm)	3,93
Mg (%)	0,46		

Tabla 1.-Análisis de los lodos de la EDAR. Valores medios de los distintos parámetros

	T _{lodo} /Ha	Producción (g)	Producción (%)
Testigo	0	19,14	100
Dosis 1	45	21,93	114,52
Dosis 2	90	21,57	112,70
Dosis 3	135	22,76	118,91
Dosis 4	180	19,80	103,45
Dosis 5	270	17,88	93,42
Dosis 6	360	14,63	76,44
Dosis 7	450	13,23	69,12
Dosis 8	540	8,30	43,36
Dosis 9	630	9,30	48,58
Dosis 10	720	8,08	42,22

Tabla 2.-Dosis equivalente, producción en peso y en % de *ray-grass* fresco

	Cu	Cr	Ni	Cd	Mn	Zn
TESTIGO	13,51	0,29	2,17	0,18	34,11	39,27
270 (T/Ha)	17,61	0,42	2,68	0,12	39,43	58,31
950 (T/Ha)	21,31	0,50	3,31	0,15	55,42	76,94

Tabla 3.-Contenido en metales en (ppm) de la producción de *ray-grass* en función de la dosis de lodos añadida

	Cu	Cr	Ni	Cd	Mn	Zn	Pb	Cr _{asim.}
TESTIGO	27,25	27,58	30,75	0,08	425,00	69,3	32,66	0,66
270 T/Ha	36,91	83,41	30,83	0,12	372,00	92,50	36,66	6,10
950 T/Ha	73,00	310,00	38,33	0,16	318,00	191,50	62,25	15,00

Tabla 4.-Concentración (ppm) en el suelo de metales pesados después de la experimentación