

# EFFECTO DE UN COMPOST DE LODO RESIDUAL SOBRE EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE Cd Y Ni EN DIVERSOS CULTIVOS

I. Walter, R. Miralles y M. Bigeriego

*Dpto. de Producción y Tecnología de Alimentos.*

*C. I. T. - I. N. I. A. Apto. de Correos, 8111. 28080 Madrid. España*

## RESUMEN

Se ha realizado una experiencia en invernadero con *Spinacea oleracea* L. "Noveta", *Triticum aestivum* L. "Anza" y *Lolium perenne* L. "Verna" cultivados en dos suelos con diferentes características físico-químicas. Los suelos fueron enmendados con un compost de lodo residual enriquecido con Cd y Ni. Se estudiaron los efectos de estos dos metales, separadamente, adicionados con la misma dosis de compost a los suelos, sobre las producciones de los tres cultivos y sus acumulaciones en los tejidos vegetales. La adición de Cd a los suelos no produjo diferencias significativas en los rendimientos de los cultivos, exceptuando en la espinaca y en el suelo A. Tampoco se observaron efectos fitotóxicos. En cambio con la adición de Ni, se obtuvieron reducciones en la producción de materia seca en los tres cultivos estudiados, y en ambos suelos; observándose efectos fitotóxicos. Por otro lado, los rendimientos de materia seca resultaron incrementados con la aplicación del compost del lodo sin la adición de metales, frente al tratamiento mineral, para ambos suelos. Los contenidos de Cd y Ni en los tejidos vegetales nos indican que las concentraciones de estos dependen de su concentración en el suelo, de las características de los suelos y de la especie vegetal.

Palabras clave: Compost de lodo. Metales pesados. Espinaca. Trigo. Raygrass.

## SUMMARY

### EFFECT OF SEWAGE SLUDGE COMPOST ON DIFFERENT CROP YIELDS AND Cd AND Ni UPTAKE

An experiment was conducted under greenhouse conditions. *Spinacea oleracea* L. "Noveta", *Triticum aestivum* L. "Anza" and *Lolium perenne* L. "Verna" were grown in two soils with different characteristics, amended with a compost of sewage sludge enriched with Cd or Ni. To study the metal effect on plant growth, dry matter yield and Cd and Ni accumulation on the plant tissues were analyzed. The addition of Cd to the soil did not change the dry matter yield of the three crops studied except for spinach grown in A soil, but this reduction did not come about with an apparent phytotoxic effect. Concentrations of Ni in soils lowered the dry matter yield of all the crops studied in both soils, and phytotoxic effects were observed. The dry matter yield increased in both experiments when compost without metals enrichment was applied. Results from the analysis indicated that the uptake of Cd and Ni by plant tissues was dependent on metal concentration in the soil, plant species, and soil characteristics.

Key words: Sewage sludge compost. Heavy metals. Spinach. Wheat. Rye-grass.

## INTRODUCCION

La reutilización de los lodos residuales a través del suelo como fertilizante orgánico-mineral es quizás la forma más racional de deshacerse de estos residuos, ya que por una parte se aprovecha la materia orgánica y nutrientes que poseen y por otra se contribuye a su eliminación causando los mínimos impactos medioambientales (Clapp *et al.*, 1986). Ahora bien, la aplicación de lodos en agricultura puede llevar consigo riesgos de contaminación por poseer sustancias tóxicas. Entre éstas, hay que destacar los metales pesados, que al encontrarse en los lodos a unas concentraciones elevadas pueden incidir negativamente en los cultivos y a través de ellos en los consumidores (Hall, 1972; Weber, 1982; Kempe, 1983; Chang, *et al.*, 1987).

Dentro de los metales pesados presentes en los lodos, el Cd y el Ni presentan una mayor movilidad en el suelo, lo que hacen que estén a mayor disponibilidad para las plantas. Se considera al Cd como más perjudicial para los consumidores mientras que el Ni influye más en el metabolismo de las plantas, (Klake *et al.*, 1984). La disponibilidad de los metales pesados es

dependiente de las características del suelo y uno de los factores que más influye es el pH, así como la textura de los mismos, (Cotténie *et al.*, 1982; Davis, 1983; Van Lune, 1985).

La mayoría de los trabajos realizados para estudiar el efecto de los metales pesados, aplicados con los lodos, sobre los cultivos se han llevado a cabo utilizando diferentes dosis de lodo, con lo cual no solamente aumentan las concentraciones de los metales pesados, sino que también lo hacen la materia orgánica, nutrientes esenciales, etc., que pueden enmascarar los efectos negativos de los metales y crear indeseables fuentes de variación. Sin embargo, se encuentran pocos estudios en los que se mantienen constante la dosis de los lodos y aumenta solamente las concentraciones de los metales, (Sauerbeck y Styperk, 1985).

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos del Cd y Ni en los cultivos de espinaca, trigo y raygrass cultivados en dos suelos con diferentes características, a los cuales se les añadió una misma dosis de un compost de lodo pero con concentraciones crecientes en estos metales.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en tientos de 10 kg de capacidad en condiciones de invernadero, con dos suelos. El suelo A procedía de la localidad de Villanueva del Pardillo, y el suelo B procedente de la finca La Canaleja de Alcalá de

Henares. Ambos suelos fueron enmendados con una misma dosis de un compost. Este compost procede de una mezcla de lodos residuales de varias depuradoras de Madrid (Torrecilla), que fueron desecados durante tres meses, con volteos

periódicos, sin agente estructurante. Las características de los suelos y del compost se encuentran reseñadas en la Tabla 1. El compost fue previamente enriquecido, una parte, con  $\text{CdSO}_4$  y otra con  $\text{NiSO}_4$ . Se incubaron anaeróbicamente durante 14 días a  $35^\circ \text{C} \pm 2$  para la correcta incorporación de los metales y conseguir, de este modo, dos compost altamente contaminados con estos dos elementos. Previa desecación, se mezclaron con diferentes cantidades del mismo pero sin contaminar, para conseguir los diferentes niveles de Cd y Ni deseados en los suelos. La dosis de lodo fue 100 g que adicionados a 10 kg de suelo dieron lugar a las siguientes concentraciones de Cd y Ni en el suelo 0, 1, 2, 4, 6 y 10  $\text{mg kg}^{-1}$  y 0, 25, 50, 75, 100 y 200  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente.

Se realizó un control con fertilización mineral, con cantidades equivalentes en NPK a las del compost

añadido. Todos los tratamientos recibieron a su vez una dosis de K como fertilización complementaria (1.7 g de  $\text{K}_2\text{O}$  por tiesto). Se realizaron 4 repeticiones por cada tratamiento, y durante toda la experiencia los suelos se mantuvieron al 70 % de su capacidad de campo con agua desionizada.

Se analizó la conductividad eléctrica sobre extracto acuoso en relación suelo-agua 1:5, en todos los tratamientos, a fin de determinar si hubo un aumento de la salinidad en los suelos.

Para obtener los datos de producción de materia seca, a los 50 días de transplantar, se cortó toda la parte aérea de cuatro plantas de espinaca que se pesó, previo lavado con agua desionizada y secado en estufa a  $65^\circ \text{C}$ . El trigo se dejó durante todo su ciclo vegetativo y se cortó al ras del borde del tiesto, pesando separadamente el grano y la paja previa desecación en estufa.

TABLA 1

*Características de los suelos y del compost de lodo.*

	SUELOS		COMPOST
	A	B	
pH ( $\text{H}_2\text{O} - 1:2.5$ ) . . . . .	6.0	8.5	7.7
C. E. en extracto 1:5 ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) . . . . .	0.15	0.20	4.50
C oxidable (%) . . . . .	0.62	0.45	16.50
N total (%) . . . . .	0.05	0.04	2.75
P extraíble, Olsen ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) . . . . .	16.7	12.0	—
K extraíble ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) . . . . .	180.0	220.0	—
$\text{P}_2\text{O}_5$ total (%) . . . . .	—	—	4.20
$\text{K}_2\text{O}$ total (%) . . . . .	—	—	0.50
Cd total ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) . . . . .	0.38	0.42	30.00
Ni total ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) . . . . .	7.50	15.50	80.00
Arcilla (%) . . . . .	8.2	21.5	—
$\text{CaCO}_3$ (%) . . . . .	—	17.3	—

En el raygrass se realizaron 3 cortes, a las 4, 7 y 10 semanas de sembrado, determinándose el peso tras su desecación en estufa. Todos los tejidos vegetales fueron molidos y digeridos con una solución de  $\text{HNO}_3$  -  $\text{HClO}_4$  para determinar el Cd y Ni absorbidos por medio del espectro-

fotómetro de emisión de plasma DCP (plasma de corriente directa), Spectraspan IV.

Los datos fueron analizados estadísticamente realizando un análisis de varianza ANOVA, y para la comparación de medias se utilizó el LSD (Parker, 1981).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas 2 y 3 se encuentran reflejados todos los datos obtenidos de materia seca, en los diferentes tratamientos y en ambos suelos. En la Tabla 2 se observa una reducción significativa en la producción de espinaca cuando la concentración de Cd en el suelo A es igual o superior a  $6 \text{ mg kg}^{-1}$ , no observándose síntomas fitotóxicos. En el resto de los tratamientos y en el

suelo B no se produjo ninguna reducción significativa en los tres cultivos ensayados. Resultados similares fueron observados por Smilde (1981). Cuando se aumenta la concentración de Ni en el suelo B (Tabla 3), observamos que a partir de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  hay una reducción significativa de materia seca de espinaca, mientras que para el trigo y raygrass esta reduc-

TABLA 2

*Materia seca por tiesto (g) de espinaca, trigo (grano) y raygrass (media de los tres cortes) en ambos suelos en los diferentes tratamientos con Cd.*

TRATAMIENTOS	SUELO A			SUELO B		
	E	T	R	E	T	R
mg $\text{kg}^{-1}$ de Cd en suelo						
0	31.6	17.5	2.6	38.6	26.3	3.3
1	31.8	16.2	2.4	36.7	26.0	3.3
2	30.6	18.5	2.6	34.2	25.9	3.5
4	31.9	17.6	2.5	36.5	27.7	3.4
6	21.8*	17.8	2.7	34.3	28.7	3.2
10	25.2*	16.5	2.6	34.9	26.6	3.2
Fertilizante mineral	30.2	15.8	2.4	33.2	24.5	3.0

\* Diferencias significativas al 5 % (L. S. D.).

E = espinaca; T = trigo; R = raygrass.

TABLA 3

*materia seca por tiesto (g) de espinaca, trigo (grano) y raygrass (media de los tres cortes) en ambos suelos en los diferentes tratamientos con Ni.*

TRATAMIENTOS	SUELO A			SUELO B		
	E	T	R	E	T	R
mg kg <sup>-1</sup> de Ni en suelo						
0	32.3	17.2	2.7	36.9	26.6	3.7
25	29.4	17.9	2.8	36.9	26.2	4.2
50	27.7*	16.8	2.8	36.8	26.7	4.0
75	19.8*	14.2*	2.6	35.4	26.4	3.9
100	10.4*	8.0*	2.0*	31.4*	25.8	3.5
200	0.0	6.3*	1.5*	26.8*	21.5*	3.0*
Fertilizante mineral	28.5	15.2	2.4	33.9	24.2	3.3

\* Diferencias significativas al 5 % (L. S. D.).  
E = espinaca; T = trigo; R = raygrass.

ción se manifiesta a partir de 200 mg kg<sup>-1</sup>. En el suelo A el efecto de la concentración de Ni en el suelo se ve aumentado, como era de esperar dadas las características de este, pH más bajo y suelo arenoso. Las reducciones de materia seca se hacen significativas a partir de 50, 75 y 100 mg kg<sup>-1</sup> para espinaca, trigo y raygrass respectivamente. También con este elemento se observaron evidentes síntomas de fitotoxicidad (clorosis, menor tamaño de las hojas, etc.) en ambos suelos, a partir de las reducciones de materia seca mencionadas, llegando al extremo que en el suelo A y con la dosis más alta de Ni en el suelo, las plántulas de espinaca no sobrevivieron más de 20 días después del trasplante.

Los valores de las conductivida-

des eléctricas (datos que no se reseñan) no se alteraron en los tratamientos con Cd; mientras que en los tratamientos con Ni, en las dos concentraciones más elevadas de éste elemento, experimentaron un ligero aumento con respecto al tratamiento del compost sin enriquecer, pero dichas diferencias no fueron significativas. Esto nos hizo descartar, que las reducciones registradas en las producciones, fueran debidas a un aumento de la salinidad del medio. En las Tablas 2 y 3 se puede observar que las producciones de materia seca de las tres especies vegetales estudiadas, se vieron incrementadas con la aplicación del compost sin enriquecer frente a las obtenidas con el fertilizante mineral. Este hecho nos demuestra la eficacia como fertilizante orgánico-mineral

del compost utilizado (Hernando *et al.*, 1989; Walter y Bigeriego, 1987; Pomares *et al.*, 1983).

En las figuras 1, 2, 3 y 4 están representadas las concentraciones de Cd y Ni encontradas en los tejidos vegetales para los diferentes tratamientos en ambos suelos. Se observa que la acumulación de Cd en los tejidos vegetales (Figs. 1 y 2) depende de la concentración de este elemento en el suelo, aumentando gradualmente en los tejidos, a medida que aumenta en el suelo, pero este incremento depende de la especie vegetal, siendo superior en la espinaca, seguido por la paja del trigo, raygrass y el grano del trigo. Como era de esperar en el suelo A la acumulación de Cd en los tejidos vegetales es superior al suelo B, debido principalmente a que éste posee el pH más

elevado (Page, 1981; Alloway y Morgan, 1987). Esta acumulación del metal crea una situación más peligrosa ya que las plantas no muestran síntomas fitotóxicos aparentes, ni tampoco la producción se ve reducida significativamente, como ya mencionamos anteriormente, cuando la concentración de Cd en el suelo supera el límite permitido por todas las legislaciones vigentes.

La concentración de Ni en los tejidos vegetales depende de la concentración de este elemento en el suelo, de la especie vegetal y de las características del suelo (Figs. 3 y 4). La acumulación de este elemento es en orden decreciente la siguiente: espinaca, raygrass, trigo; siendo ésta siempre superior en el suelo A, debido a las características de éste, ya mencionadas. Mientras que las canti-

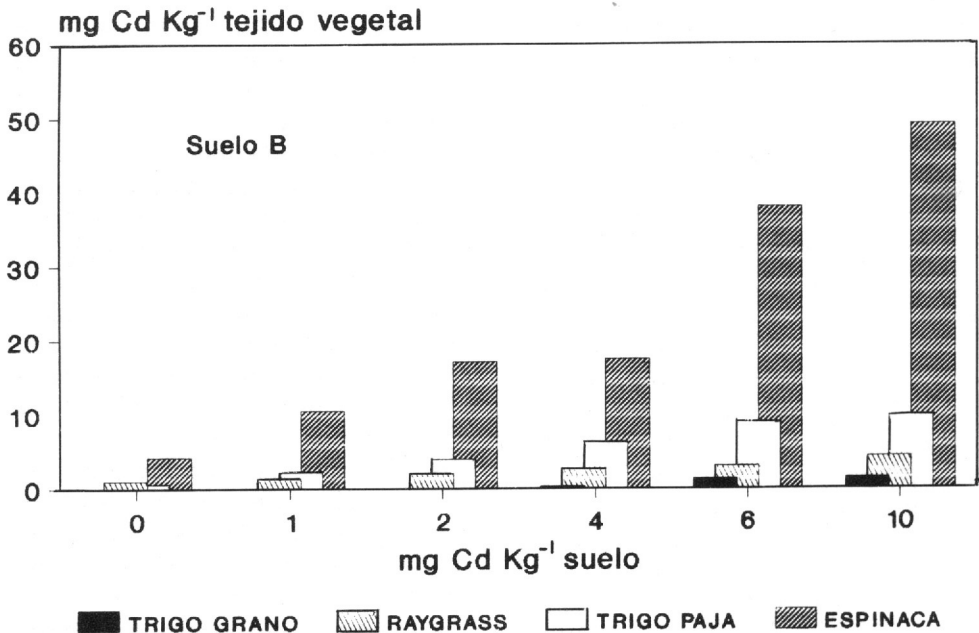


FIG. 1.—Concentración de Cd en los tejidos vegetales en función de la cantidad de Cd en el suelo B.

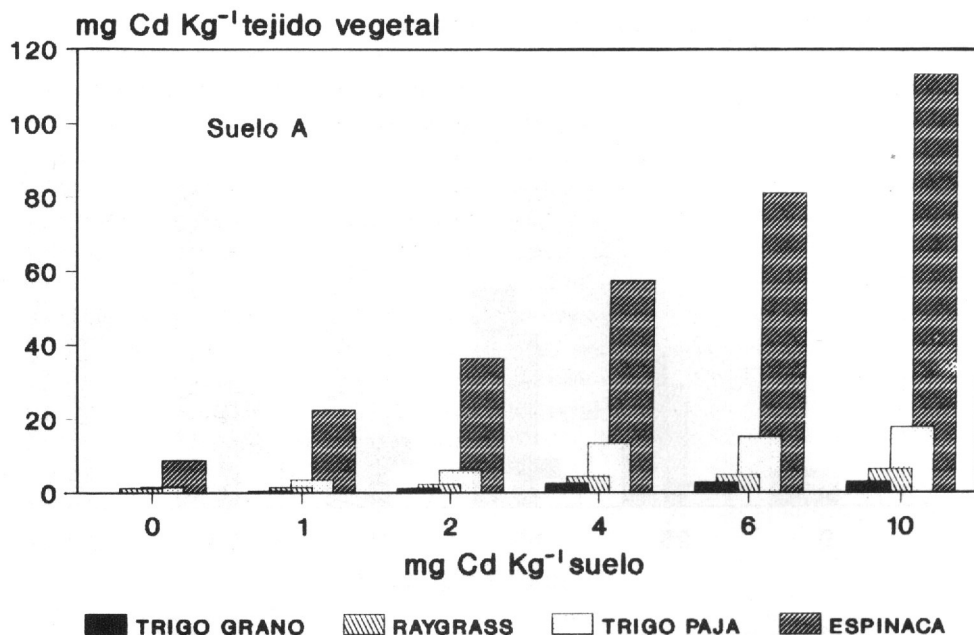


FIG. 2.—Concentración de Cd en los tejidos vegetales en función de la cantidad de Cd en el suelo A.

dades absorbidas de Cd por el trigo, son mayores en todos los casos en la paja, que en el grano, las cantidades de Ni en grano y paja son similares. Hechos parecidos fueron encontrados por Allinson y Dzialo (1981).

La acumulación de Ni en espinaca es superior al resto de los tejidos vegetales, como ya se mencionó, y la relación entre Ni en la planta y Ni en el suelo (Figs. 3 y 4) es inferior a la de Cd para este cultivo (Figs. 1 y 2); además como se observan efectos fitotóxicos y una considerable merma en la producción, hacen a este elemento menos peligroso

de entrar en la cadena trófica.

Comparando la Tabla 3 con las figuras 3 y 4 se observa que la reducción de materia seca es superior en el trigo que en el raygrass, mientras que la concentración de Ni en el raygrass es mayor que en el trigo. Tampoco los efectos fitotóxicos con el raygrass fueron tan evidentes como con el trigo, a igualdad de concentración de Ni en el suelo. Esto nos hace pensar en una relativa resistencia al efecto del Ni, por parte del raygrass, hecho también comprobado en otro estudio (Purves, 1985).

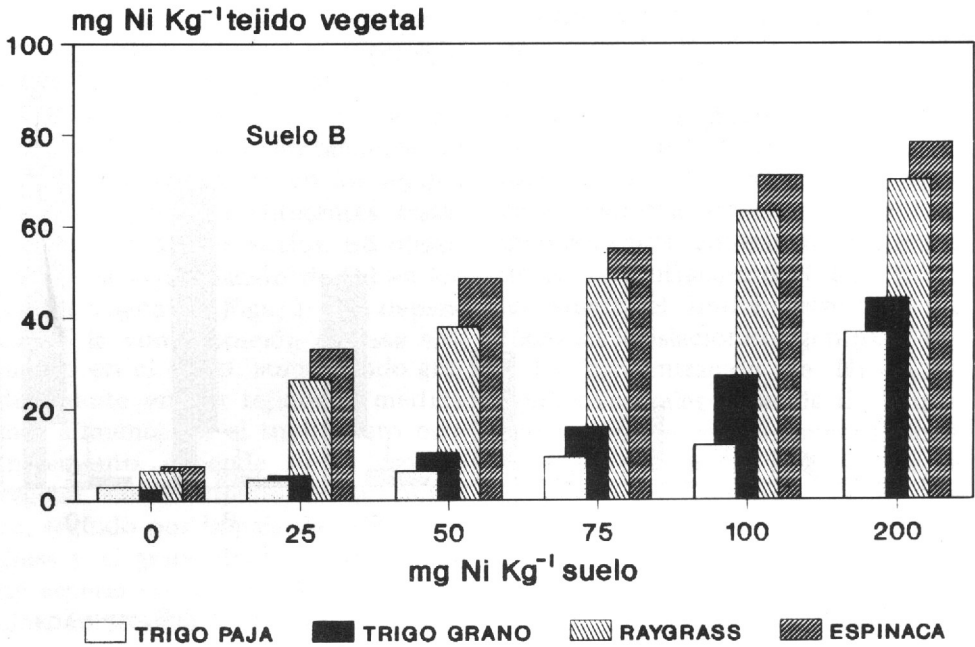


FIG. 3.—Concentración de Ni en los tejidos vegetales en función de la cantidad de Ni en el suelo B.

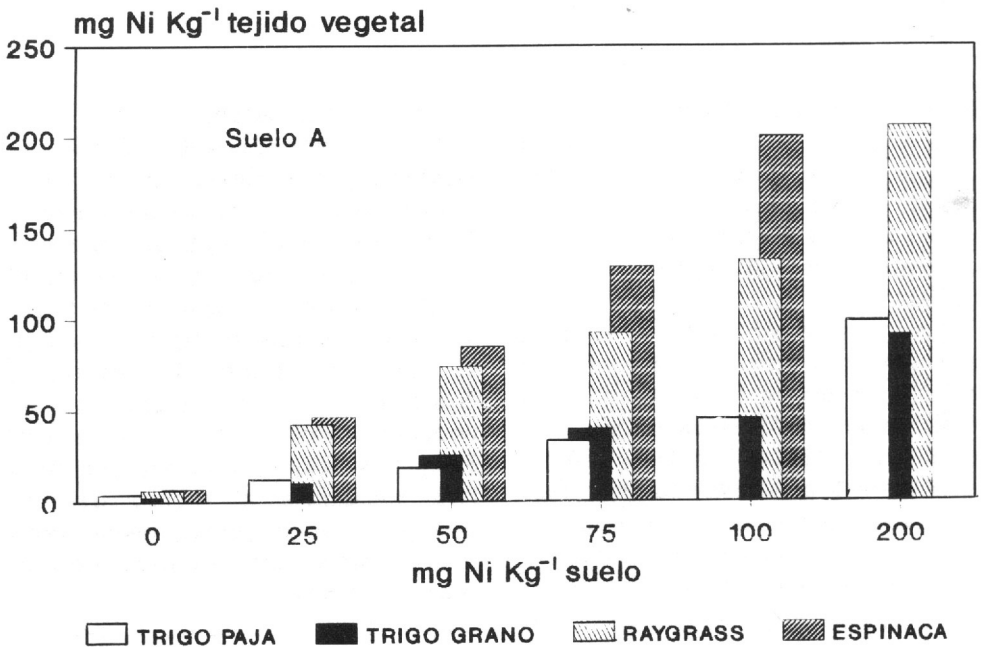


FIG. 4.—Concentración de Ni en los tejidos vegetales en función de la cantidad de Ni en el suelo A.



## CONCLUSIONES

El compost de lodo puede ser un buen sustituto de los fertilizantes minerales, nitrogenados y fosforados, en las tres especies estudiadas y en ambos suelos, siempre y cuando este contenga concentraciones bajas de Cd y Ni.

La absorción de Cd y Ni resultó elevada en las tres especies y altamente dependiente de las características físico-químicas de los suelos, cuando éstos son enmendados con

composts que contienen altas concentraciones de estos elementos.

La bioasimilación de estos dos elementos es diferente en cada especie y depende de su concentración en el suelo.

Todas estas consideraciones deben de tenerse en cuenta a la hora de utilizar un compost de lodos de depuradora como fertilizante orgánico-mineral.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, D. W. and DZIALO, C., 1981. The influence of Lead, Cadmium, and Nickel on the growth of ryegrass and oats. *Plant and Soil*, 62: 81-89.
- ALLOWAY, B. J. and MORGAN, H., 1987. The accumulation of Cadmium and Lead in vegetables grow on soils polluted from different sources of metals. *J. Sci Food Agric.*, 40: 323-324.
- CHANG, A. C., PAGE, A. L. and WARNEKE, J. E., 1987. Long-term sludge application on Cd and Zn accumulation in swiss chard and radish. *J. Environ. Qual.*, 16: 3-8.
- CLAPP, C. E., STARK, S. A., CLAY, D. E. and LARSON, W. E., 1986. Sewage sludge organic matter and soil properties. The role of organic matter in modern agriculture. L'Hermite, P. and Ott, H. 209-253. Martinus Nijhoff Pub The Netherlands.
- COTTENIE, A., KICKUR, L. and VAN LANDSCHOOT, G., 1983. Problems of the mobility and predictability of metal uptake by plants. D. Reidel Pub Co Holland. 124-131. Processing and use of sewage sludge Proc. third Int. Symp. Brighton.
- DAVIS, R. D., 1983. Crop uptake of metals from sludge treated soil and its implications for soil fertility and for the human diet. D. Reidel Pub Co. Holland 349-357. Processing and use of sewage sludge. Proc. third Int. Symp. Brighton.
- HALL, S. K., 1972. Pollution and poisoning. *Environ Sci Technol.*, 6: 31-34.
- HERNANDO, S., DIAZ-BURGOS, M. A. y POLO, A., 1989. Efecto de diversos residuos urbanos sobre el rendimiento y contenido mineral de plantas de Ray-grass y lechuga. *An. Edafol. Agrobiol.*, 48: 357-364.
- KAMPE, W., 1983. Cadmium and Lead in the consumption of foodstuffs depending on various contents of heavy metals. D. Deidel Pub. Co Holland. 334-342. Processing and use of sewage sludge. Proc. third Int. Symp. Brighton.
- KLOKE, A., SAUERBECK, D. R. and VETTER, H., 1984. The contamination of plants and soils with metals and the transport of metals in terrestrial food chains. Changing Metals cycles and human health. Ed. J. O. Nriagu, 113-141.
- PAGE, A. L., 1981. Cadmium in terrestrial plants. Academic. Press, New York.
- PARKER, R. E., 1981. Análisis de la varianza 76-84. Estadística para biólogos, 2.<sup>a</sup> Ed. Ediciones Omega.

- POMARES, F., ROCA, J., TARAZONA, F. and ESTELA, M., 1983. Aerobically digested sewage sludge as N and P fertilizer. D. Reerel Pub. Co Holland 313-315. Processing and use of sewage sludge Proc. third Int. Symp. Brighton.
- PURVES, D., 1985. Availability of trace elements in the soil, 99-123. Trace elements contamination of the environment. Elsevier Science Pub. B V The Netherlands.
- SAUERBECK, D. R. and STYPERK, P., 1985. Significance of ion species and concentration for the determination of available Cd in soils. 21-25. Newsletter from the FAO European Cooperative Network on trace elements 4 th. issues.
- SMILDE, K., 1981. Heavy metal accumulation in crops grown on sewage sludge amended with metal salts. Plant and Soil, 62: 3-14.
- VAN LUNE, P., 1985. Relation between the Cd content of soil and that of edible parts of crops. Ins. Bodemvruchtbaarheid Rapp: 13-85.
- WALTER, I. and BIGERIEGO, M. 1987. Evaluation of sewage sludge from a treatment plant as a fertilizer. Agricultural waste management and environmental as a fertilizer. Agricultural waste management and environmental protection. 1. 379-382. E. Welte and I. Szabolcs. (Eds.) Goettingen.
- WEBBER, J., 1981. Trace metals in agriculture. Effect of heavy metal pollution on plants. 2: 159-184. Applied Science Pub London.

*Recibido: 2-3-92.*

*Aceptado: 16-7-92.*