

TRATAMIENTO DE DESCONTAMINACION DE MATERIA ORGANICA RESIDUAL: LIMITES ALCANZADOS EN METALES PESADOS.

JUANA I.LÓPEZ FERNÁNDEZ, MILAGROS NAVARRO GONZÁLEZ y SALVADOR GONZÁLEZ CARCEDO.

Area de Edafología y Química Agrícola. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Burgos. Plza Missael Bañuelos s/n 09001 Burgos.

Resumen: Los lodos de depuradora y los residuos sólidos urbanos (RSU) son una importante fuente de nitrógeno, fósforo y materia orgánica cuando éstos se aplican sobre suelos.

La aplicación de lodos residuales y residuos sólidos urbanos, representan una alternativa para eliminar estos residuos orgánicos.

El principal propósito de este estudio es la reducción del contenido de metales pesados en el lodo de depuradora (procedente de los procesos de depuración que se llevan a cabo en la ciudad de Burgos) y en el RSU (procedente del vertedero municipal de Burgos) obteniendo materia orgánica la cual puede ser usada como acondicionador y fertilizante de suelos.

En este trabajo los metales pesados fueron extraídos del lodo de depuradora y del RSU con $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, 0.1 M (en un barrido de pHs de 2 a 11). Los mejores porcentajes de reducción de metales pesados fueron obtenidos para el lodo de depuradora a pH 2 y para el RSU en todo el rango de pHs.

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica es indispensable en los suelos ya que su presencia determina y condiciona el medio físico y biológico sobre el cual se desarrollan las plantas.

Esta materia orgánica juega un papel importante sobre la estructura, la permeabilidad y la aireación, por lo que el mantenimiento de niveles óptimos es una forma de luchar contra la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos.

Los microorganismos del suelo utilizan esta materia orgánica como fuente de energía y como materia prima de los elementos constituyentes de sus tejidos; además, tiene una elevada capacidad de cambio y forma complejos arcillo-húmicos que regulan las concentraciones de nutrientes en la solución del suelo, amortiguando posibles variaciones.

De estas consideraciones se deduce la importancia de mantener y acrecentar los niveles de materia orgánica de nuestros suelos. Debido a la limitación de los abonos orgánicos tradicionales utilizados (estiércoles, turbas, etc.) se han buscado en los últimos años nuevas fuentes de materia orgánica.

Tal es el caso de los lodos residuales y residuos sólidos urbanos (RSU) que contienen hasta un 60% y 20 % de materia orgánica en su composición respectivamente.

El uso de lodos digeridos, procedentes de la depuración de aguas residuales urbanas y de residuos sólidos urbanos, como fertilizantes orgánicos es uno de los principales medios de reutilización de estos residuos sólidos, si bien tiende a disminuir debido a la contaminación por cationes pesados a que da lugar. Esta peligrosidad ha llevado a la formulación de una específica normativa legal que, en cada país, y con rangos de variación muy grandes, controla y limita el aporte de estos elementos a los suelos agrícolas. En España el Real Decreto 1310/1990 del 29 de Octubre regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

No obstante, la gran necesidad de materia orgánica en los suelos de nuestro país justifica que se continúe estudiando la sustitución total o parcial de los abonados tradicionales por los lodos y RSU, así como su efecto residual sobre cultivos.

OBJETIVOS

El grado de peligrosidad de los metales pesados va ligado a dos propiedades principales: su toxicidad y su persistencia lo que provoca un fuerte impacto sobre el medio ambiente, produciendo un efecto a largo plazo sobre los eslabones más expuestos de la cadena alimentaria, incluido el hombre, y por las gravísimas y difíciles implicaciones que comporta el intentar remediar la contaminación que originan.

El objetivo principal de este estudio consiste en intentar minimizar en lo posible el contenido de metales pesados en el lodo procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Burgos y el residuo sólido urbano (RSU) procedente del Vertedero Municipal de Burgos, obteniendo un residuo que sea más adecuado para su utilización como abono orgánico en la agricultura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Método para la extracción de metales pesado en el lodo y RSU.

La extracción de metales pesados en el lodo y en el RSU se realizó, según la [figura 1](#), con disodio dihidrógeno pirofosfato ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$), obteniendo de esta forma los cationes ligados a materia orgánica (Elliot, H.A., Dempsey, B.A., Mille, P.I.; J. Environ. Anal, 19, 330-334, 1990).

Se mezclan 10 g de enmienda orgánica (lodo y RSU en cada caso) con 100 ml de extractante $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, 0.1 M. a diferentes pHs (2 a 11) en un bote de centrifuga de 250 ml.

Esta mezcla se agita oscilatoriamente (Incubator Shaker model 625) a intensidad media de 250 r.p.m. durante 30 min. a T^a ambiente, centrifugándose a continuación durante otros 30 min a 12.000x (Centrífuga Kubota KR, refrigerada a 4°C). Obteniendo tras este proceso un residuo y un extracto.

Método para la digestión de las muestras.

Ciertos autores (Charlon, 1977) preconizan la obtención de cationes móviles por ataque con ácido nítrico, otros por ataque con ácido clorhídrico, (Agemian et Chan, 1976; Arnoux et Coll, 1980; Loring, 1976) o por ataque con ácido sulfúrico.

Estos métodos liberan, según los autores, la fracción de metales fácilmente movilizables, es decir potencialmente tóxicos.

Para residuos procedentes de las extracciones de los lodos y RSU se trabajó con muestras secas a 110°C en estufa, (modelo 204 P. SELECTA), una vez pulverizadas (bien en mortero o molinillo eléctrico, dependiendo de la cantidad), se pesan 0.5 g de muestra en botes de teflón en una microbalanza (modelo PRECISA 405M-200PA, sensibilidad 0.0001 mg), y se añaden 10 ml de HNO_3 70%, introduciéndose en el Microondas (modelo MDS-81D), para su digestión. Los ensayos se realizaron por triplicado con blancos paralelos. Una vez finalizado el proceso se enrasaron las muestras a 50 ml con agua destilada.

Método para la medida de elementos en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Tras la digestión ácida de las muestras, se evaluó el contenido de metales en un espectrofotómetro de Absorción Atómica Modelo 11003 de Perkin Elmer.

Los metales se midieron por absorción utilizando para Zn, Cd, Mn, Ni, Pb, Fe, y Cu mechero aire-acetileno, mientras que para la determinación de Cr y Al se empleó mechero nitroso-acetileno, evitando de esta forma las interferencias producidas por la presencia de Fe y Ni. Las medidas se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores correspondientes a los metales presentes en el lodo EDAR y en el RSU están recogidos en la [tabla 1](#).

Los valores obtenidos para los porcentajes de reducción en el residuo con respecto al total, para lodo y RSU, se reflejan en las tablas siguientes y en sus respectivas representaciones gráficas.

De la [figura 2](#) se deduce que la eficacia de extracción que posee el $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ para el plomo en el lodo no varía a lo largo del barrido de pHs, al igual que ocurre con el RSU. Obteniendo un porcentaje de reducción óptimo para el lodo a pH 5 y para el RSU a pH 3.

En general, para el Ni, los porcentajes de reducción obtenidos (en torno al 40 %) son mayores en el RSU que en el lodo, en el barrido de pHs estudiado. Mientras en el lodo destaca ampliamente la reducción de Ni a pH 2, para luego decrecer a medida que aumenta el pH, en el RSU los valores son más parecidos en todo el intervalo de pHs y alcanza porcentajes ligeramente más altos en torno a la neutralidad. Los máximos rendimientos del extractante, conseguidos para el Zn son a pH 2 para el lodo y a pH 7 para RSU ([figura 3](#)).

Un comportamiento análogo aparece para el Al ([figura 4](#)), la capacidad extractiva del disodio dihidrógeno pirofosfato muestra mayores rendimientos sobre el RSU a pHs de 5 a 9 frente al lodo, el cual presenta mejores porcentajes de reducción que el RSU a pHs 2. En este elemento aparecen los óptimos a pH 2 para el lodo y 5 para el RSU.

A la vista de los resultados expresados en la [figura 5](#) se puede deducir que la presencia de Cd en el RSU se consigue disminuir en un porcentaje mayor (alcanzando casi el 60 %) que en el lodo para todo el rango de pHs. Siendo 2 y 3 los niveles más altos conseguidos para el lodo.

El Cr mantiene el mismo comportamiento que Ni y Cd, así se obtienen mejores rendimientos de extracción en el RSU (se consigue hasta un 40% a lo largo de todo el

barrido de pHs) e inferiores en el lodo donde casi el rendimiento es nulo con excepción de pH 2, donde se encuentra su óptimo de reducción ([figura 6](#)).

Tal y como reflejan Ila [figura 7](#) se observa como se mantiene la misma tónica que en los anteriores elementos, pero no con tan notables diferencias entre ambas enmiendas orgánicas. Los porcentajes que se alcanzan en el RSU son entorno al 20 % y los mejores valores de disminución de Zn en el residuo con respecto al total coincide con la neutralidad de extractante y para el lodo aparece un máximo a pH 2 para disminuir el porcentaje de reducción en el resto de los pHs.

El Cu ([figura 8](#)) coincide con el Cd, tanto en los mejores resultados que se obtienen en el RSU frente al lodo como en los porcentajes alcanzados (60 %). Para esta primera enmienda y a lo largo de todo el barrido de pHs.

Con el $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ no se consigue reducir el contenido de Cu en el lodo, con excepción de a pH 8 (2.54%).

En el caso del Mn ([figura 9](#)) los resultados obtenidos se invierten con respecto a los anteriores metales, en el lodo se logran porcentajes de reducción superiores al RSU. Así, se consigue reducir casi un 70 % a pH 2. El RSU encuentra su óptimo a pH 7, pero sin alcanzar más del 10%.

Similar comportamiento presenta el Fe ([figura 10](#)) en cuanto a los niveles de reducción alcanzados en el residuo, procedente de la extracción en el lodo/RSU. En el lodo, a pH 2 presenta un máximo (40%), disminuyendo a medida que aumenta el pH, mientras que para el RSU los valores obtenidos son muy poco significativos (giran en torno al 3 %), siendo una constante a lo largo de todo el barrido de pHs.

CONCLUSIONES

La máxima reducción de metales en el residuo se consigue para lodo como a pH 2 de extractante, resultando el pH de mezcla, lodo más extractante 2,5. Para el RSU los valores de reducción varían poco a lo largo del pH, siendo algo mayores en torno a la neutralidad.

Mejor eficacia extractiva se alcanza en el RSU para Ni, Cd, Cr, Zn, Cu, Pb y Al que en lodo, ocurriendo lo contrario para Mn y Fe.

REFERENCIAS

Alloway, B.J., (1995).

Elliot, H.A.; Dempsey , B.A.; P.I. (1990). *J. Environ. Anal.* 19, 330-334 .

Grove, J.H. and Ellis, B.G., (1980) *Soil Sci. Sco. Am. J.* 44 , 238-242.

Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

Reuter, D.J., Alston, A.M., and Mc Farlane, J.D., (1988) *Manganese in Soils and Plants*. eds. Graham , R.D., Hannam, R.J., and Uren, N.C., Kluwer , Dordrecht , Chapter 14.

Walter, I. and Bigeriego, M. (1987). *Agricultural Waste management and Enviromental protection*. International CIES Symposium,.. Braunschweig. Fed. Rep. of Germany.4th ed.

Walter, I. et al.(1990). *Symposium on Treatment and use of Sewage Sludge and Liquid Agricultural Wastes"*. ed. Athens. Greece.

Walter, I., Miralles, R., (I) (1990) *Environmental Contamination*. 4th ed. International Conference, Barcelona, Spain.

Figuras y Tablas.

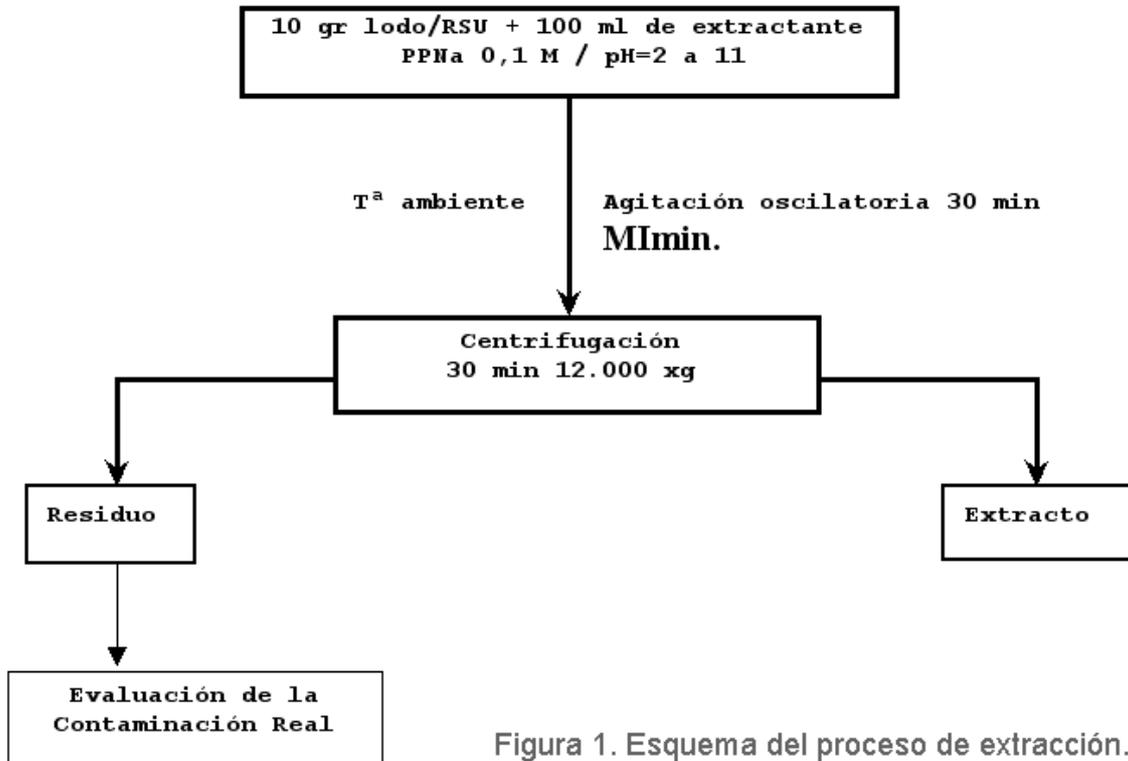


Figura 1. Esquema del proceso de extracción.

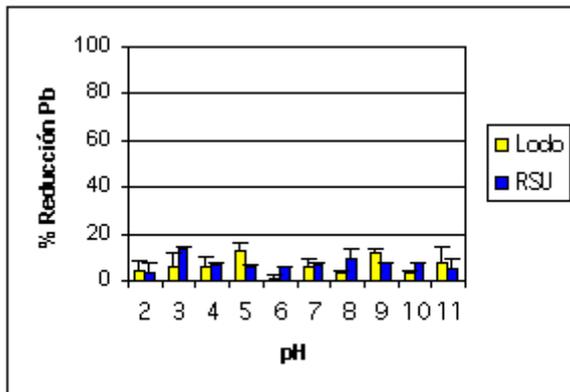


Figura 2. Porcentajes de reducción conseguidos para el Pb. (Valores medios y desviación estándar).

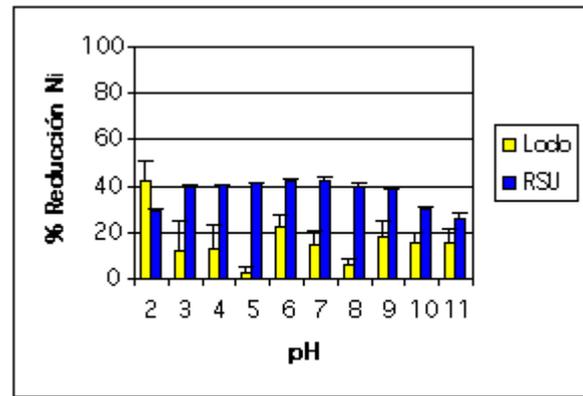


Figura 3. Porcentajes de reducción conseguidos para el Ni. (Valores medios y desviación estándar).

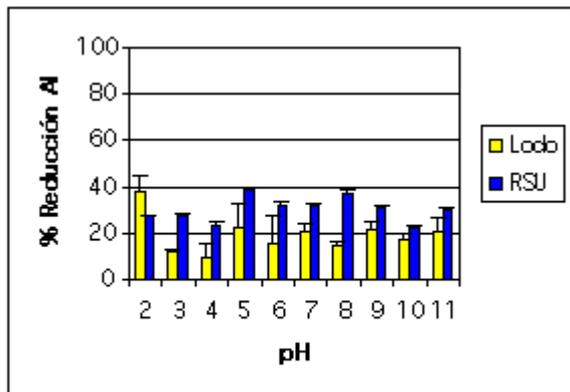


Figura 4. Porcentajes de reducción conseguidos para el Al. (Valores medios y desviación estándar).

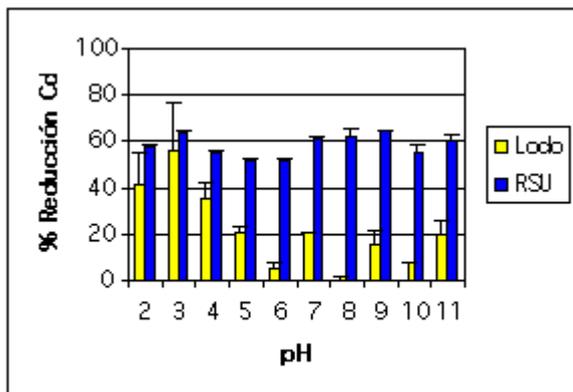


Figura 5. Porcentajes de reducción conseguidos para el Cd. (Valores medios y desviación estándar).

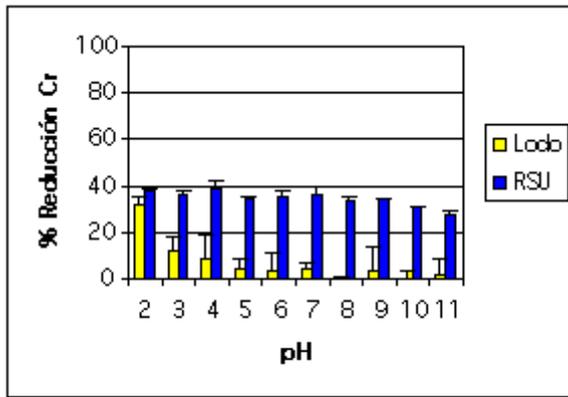


Figura 6. Porcentajes de reducción conseguidos para el Cr (Valores medios y desviación estándar).

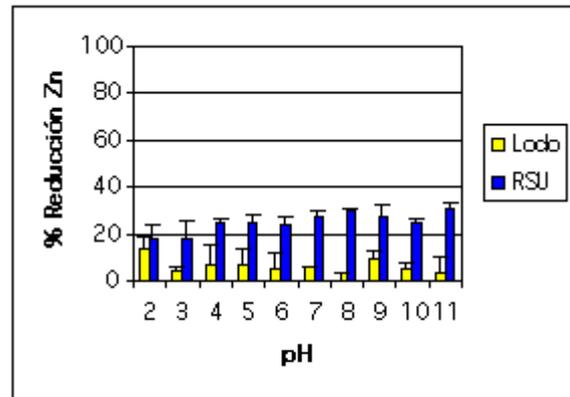


Figura 7. Porcentajes de reducción conseguidos para el Zn (Valores medios y desviación estándar).

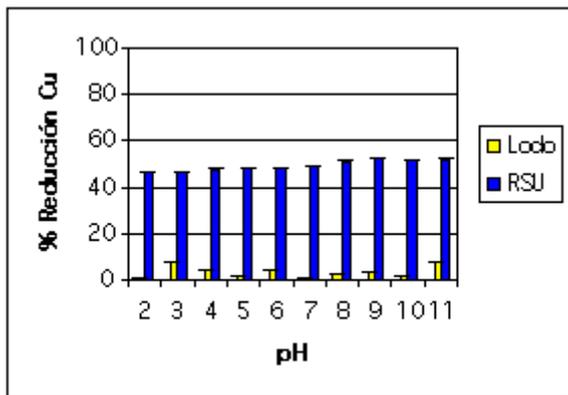


Figura 8. Porcentajes de reducción conseguidos para el Cu (Valores medios y desviación estándar).

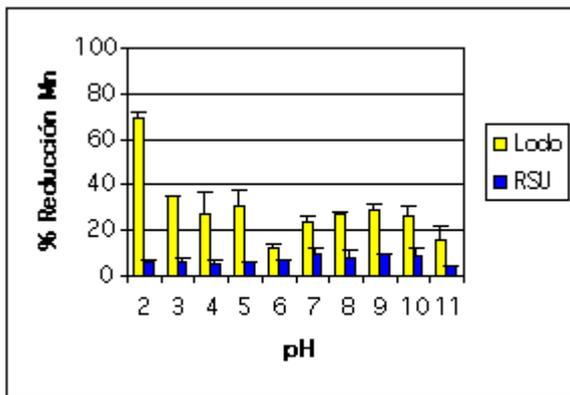


Figura 9. Porcentajes de reducción conseguidos para el Mn (Valores medios y desviación estándar).

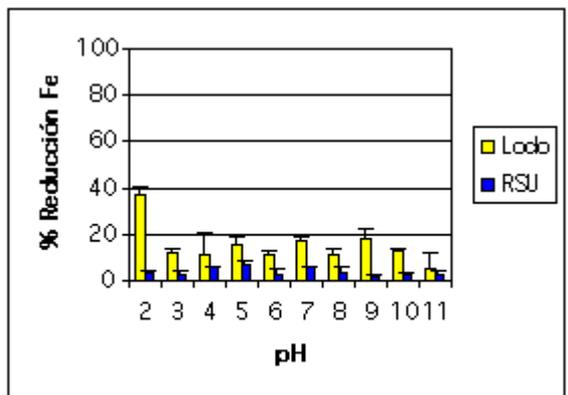


Figura 10. Porcentajes de reducción conseguidos para el Fe. (Valores medios y desviación estándar).

Tabla 1. Metales presentes en el lodo EDAR y en el RSU.

PARAMETRO	LODO	RSU
Plomo (ppm)	158.52	626,56
Niquel (ppm)	46.91	87,81
Manganeso (ppm)	87.34	353,06
Hierro (ppm)	5877.33	20725,86
Cromo (ppm)	477.84	130,66
Zinc (ppm)	1023.37	716,65
Aluminio (ppm)	9892.28	17404,29
Cadmio (ppm)	4.84	5,48
Cobre (ppm)	148.27	251,80