

Alternativas de uso del lodo en Nicaragua

L. Korsak^{1*} y L. Moreno²

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
PO Box 5595, Managua, Nicaragua
e-mail: larisak@ket.kth.se

²Dept. of Chemical Engineering and Technology, Royal Institute of Technology (KTH)
S-100 44 Stockholm, Sweden
e-mail: lm@ket.kth.se

RESUMEN

El lodo generado en las plantas de tratamiento de aguas residuales presenta un serio problema para las empresas de purificación, ya que este material no se puede acumular dadas sus características de olor, aspecto y una posible peligrosidad debido a su contenido. Las alternativas de uso de lodo son muy variadas dependiendo de la calidad de este, y deben ser adecuadas a las condiciones del país. Nicaragua, un país agrícola, necesita soluciones que permitan aprovechar el biosólido como un posible producto mejorador del suelo. La composición química del lodo es determinante para decidir sobre su posible aprovechamiento. El presente trabajo está dirigido a evaluar la calidad de los lodos de tres plantas de tratamiento de agua residual en cuanto a su contenido nutricional y presencia de metales pesados que limitan el uso de los biosólidos en la agricultura. Resultados de este estudio, indican que el lodo generado en las plantas de tratamiento de agua residual municipal es apto para el uso en los suelos agrícolas, dado que la concentración de metales pesados encontrada en él es muy inferior a las normas y/o recomendaciones establecidas en otros países para tal propósito. Los nutrientes presentes en el lodo favorecen la calidad del suelo.

Palabras claves: disposición de lodo, lodo municipal, metales pesados, tratamiento de agua residual

ABSTRACT

The sludge generated in the wastewater treatment plants presents a serious problem for the purification companies, since this material cannot be accumulated given its characteristics of odour, aspect and a possible danger due to its composition. The alternatives of sludge use are quite varied depending on the quality of this, and must be selected according to the conditions of the country. Nicaragua, an agricultural country, needs solutions that allow taking advantage of the biosolids as a possible agent for soil improvement. The chemical composition of sludge determines its possible application. The present work is directed to evaluate the sludge quality of three residual water treatment plants as far as its nutritional content and heavy metal presence that limits the use of the biosolids in agriculture. Results of this study indicate that the sludge generated in the municipal wastewater treatment plants is adequate for the use in agricultural, since the heavy metal concentration found in it is far below to the norms and/or recommendations established in different countries. The nutrients present in sludge favours the quality of the soil.

Keywords: disposition of sludge, municipal sludge, heavy metals, wastewater treatment

INTRODUCCIÓN

En Nicaragua existen, entre pequeñas y medianas, más de 20 plantas de tratamiento de agua residual municipal atendidas por la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL). La mayoría de ellas son lagunas de oxidación, sin embargo se cuentan también con Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, Tanques Imhoff, etc., entre otras. Las plantas de tratamiento se localizan principalmente en las ciudades pequeñas y medianas como Masaya, Jinotepe, La Paz Centro, etc. A nivel nacional el 56 % de la población dispone de un apropiado sistema de eliminación de excrementos (OPS-OMS, 2000), sin embargo es lamentable que en la actualidad no exista un sistema de tratamiento del agua municipal en la capital.

Después que el agua residual ha sido purificada en la planta de tratamiento, queda una materia semisólida de color negro llamada lodo, que requiere de algún tipo de manejo: disposición, reutilización etc. Últimamente lo acostumbran llamar "biosólido" ya que este material potencialmente peligroso en su estado crudo puede ser aprovechado después de algún tipo de tratamiento. Puede ser usado directamente o como materia prima para la obtención de otros productos. Igualmente, puede ser adecuado para fertilizar pastos y cultivos debido a que proviene de desechos humanos conteniendo fosfatos y nitratos. Muchos estudios indican la posibilidad de obtener grandes beneficios de diferentes usos de lodo. Sin embargo, dado que su uso está limitado por su composición química cada propuesta de uso debe ser analizada detenidamente. Lo que es muy importante, entre otros, es el contenido de metales pesados y la toxicidad del lodo.

Debido a la gran variedad de fuentes y agentes, el problema con los metales pesados es muy complejo, lo que dificulta su control. El origen de los metales pesados encontrados en el agua residual es variado. En parte, provienen de las pequeñas industrias establecidas en las zonas urbanas, de talleres automotrices, gasolineras, áreas comerciales, etc., también ocurren descargas de lubricantes o aceites usados

directamente en la red del alcantarillado municipal. Los agentes contaminantes igualmente son muy diversos: plomo, proveniente de algunos colorantes, cinc de los techos de las casas construidos con este material, níquel, cadmio o mercurio. El plomo de la combustión de los gases se deposita en las zonas urbanas y luego es arrastrado por las aguas pluviales.

Los metales pesados en altas concentraciones, son todos tóxicos, aunque algunos de ellos como el cobre, zinc y molibdeno, son esenciales a los organismos vivos. El mercurio, cadmio y plomo son, en general, tóxicos y reciben gran atención por ser elementos que se magnifican biológicamente en el medio natural a través de la cadena alimenticia (Romero y Jairo, 2002).

Entre las principales alternativas para el manejo de lodo municipal se encuentran: incineración, descarga al mar, la disposición en sus diversas formas y el re uso de los biosólidos.

La incineración permite el aprovechamiento energético de los lodos, aunque este procedimiento presenta el inconveniente de requerir instalaciones que exigen una fuerte inversión económica y personal altamente especializado (Chicon, 2000). La incineración no resuelve completamente el problema de disposición, porque será todavía necesario disponer de la ceniza residual descargándola sobre el suelo o en el mar. Aunque ceniza, se puede aún aprovechar en el acondicionamiento de lodos y como un auxiliar filtrante en la desecación (Winkler, 1998). Las cenizas generadas en la incineración de lodos puede ser combinada con otros materiales para producir ladrillos, briquetas, pavimento de carreteras o como materia prima del cemento Portland.

Respecto a la descarga del lodo al mar, esta práctica está siendo cada vez menos aceptada en los países desarrollados que han hecho uso de este método.

La disposición de lodos tiene varias opciones. Una de ellas es colocar el lodo tratado en basureros municipales autorizados, rellenos sanitarios, etc., con la consecuencia de que

aumente el volumen total de los desechos y el nivel de metales pesados. Esta alternativa es la menos atractiva ya que no permite aprovechar el valor potencial que posee el residuo. Otra opción es la aplicación del lodo al suelo, lo que resulta ser benéfico desde varios puntos de vista. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, puede hacer la tierra cultivable, aumentar la capacidad de retención del agua disminuyendo la infiltración y aumentando la aireación del suelo. La materia orgánica de lodos también contribuye a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, permitiendo retener el potasio, el calcio y el magnesio (Ferreira *et al.*, 2002). Los macro nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y micro nutrientes (hierro, manganeso, cobre, cromo, selenio y zinc) presentes en los lodos, ayudan a mejorar la diversidad biológica del suelo. Sin embargo, el uso de biosólidos en el suelo esta condicionado por la presencia de metales pesados.

Japón es probablemente el primer país en confrontar la dificultad del manejo de lodos, por ende es el país más avanzado en la industria de re uso de lodos. Japón ha logrado desarrollar distintos procesos de solidificación térmica de lodos. El producto final de estos procesos son: conglomerados ligeros, ladrillos, baldosas, carbón y escoria (Okuno *et al.*, 2004), vea Fig. 1 y 2.

Otra alternativa para la eliminación de lodos es la utilización de estos como materia prima del cemento Pórtland. La utilización de ya sea la torta deshidratada o la ceniza depende de las facilidades de transporte.

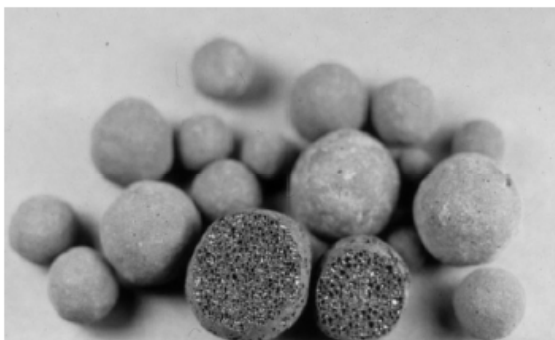


Fig. 1 Conglomerados ligeros a partir de lodos.

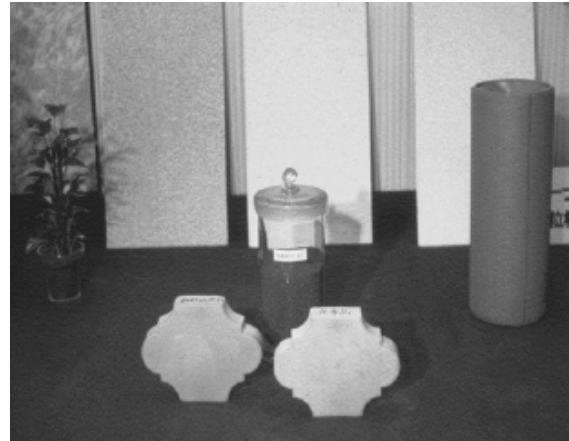


Fig. 2 Adoquines fabricados con conglomerados ligeros.

Se ha comprobado que la calidad del producto final de estos procesos es mejor que la de los productos tradicionales, y que todos son técnicamente factible pero no económicamente. Sus precios de manufactura son siempre altos en comparación con los precios del mercado; además, consumen gran cantidad de energía. Sin embargo, si representan una opción de disposición de lodos, todos estos productos son considerablemente valiosos para una ciudad grande donde no hay lugar para evacuar los lodos.

Nicaragua es un país agrícola, como la mejor alternativa para el uso del lodo se puede considerar la aplicación de este en los suelos, ya que es una opción barata y trae grandes beneficios.

METODOLOGÍA

El estudio fue realizado en el periodo de abril a noviembre del 2003. El lodo utilizado en la experimentación fue extraído de tres plantas de tratamiento de agua residual municipal, dos de ellas son lagunas de oxidación (Masaya y Granada) y otra opera con el tanque Imhoff (El Viejo). Vea Fig. 3.

Las tres plantas han sido diseñadas para el equivalente poblacional menor de 5,000. Las muestras fueron analizadas en laboratorio de Biomasa en la Universidad Nacional de

Ingeniería (UNI) (contenido orgánico y parámetros físico-químicos) y en el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) de la UNAN (metales pesados). El contenido de metales pesados fue determinado por el método de Espectroscopia de llama. El contenido de humedad y orgánico, como sólidos volátiles, fueron determinados por la pérdida de peso después de 24 horas a 105 °C y 3 horas de incineración a 550 °C respectivamente. El procedimiento del análisis del contenido de nitrógeno esta descrito en el “Standard Methods”4500-N.



Fig. 3 Vista general del Imhoff, El Viejo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis del contenido de elementos orgánicos e inorgánicos están resumidos en la Tabla 1.

En Nicaragua no existen normas que describan las características del lodo permitido en el uso agrícola. Por esta razón, los resultados de análisis obtenidos en este estudio fueron comparados con las normas usadas para este fin en un país europeo (España), vea la Tabla 2, y con los “Estándares para el uso y disposición de lodos de aguas residuales” de Estados Unidos (EPA), Tabla 3. Como se puede observar, la concentración de todos los metales pesados en las muestras del lodo analizado es más baja que los límites propuestos para el uso agrícola de estos en Europa y Estados Unidos, en dependencia del pH del suelo.

En vista de que el contenido de metales pesados en las tres plantas se encuentra a niveles aproximadamente cercanos, para la comparación grafica, se escogieron los resultados obtenidos con los lodos de una de ellas, la laguna de Granada. El cuadro comparativo se encuentra en la Fig. 4.

Tabla 1 Características del lodo y el contenido de metales pesados (base seca).

Parámetros	Valores		
	Laguna de Masaya	Laguna de Granada	Tanque Imhoff El Viejo
pH	7.4	7.9	7.5
Materia orgánica, %	41.8	56.7	50.3
Humedad, %	88.8	90.3	85.1
mg/kg base seca			
Nitrógeno	2 800	2 040	3 010
Fósforo	-	-	-
Arsénico	0.42	0.66	0.95
Cadmio	1.84	1.28	2.03
Zinc	1 092.0	961.4	812.1
Cobre	115.3	121.1	146.2
Cromo	28.5	37.9	12.2
Mercurio	9.4	12.8	1.2
Níquel	18.7	14.9	13.7
Plomo	78.2	66.6	47.3

Tabla 2 Límites de metales pesados permitidos en el lodo para el uso agrícola en España (Chicon, 2000).

Metal	Concentración en el lodo, mg/kg, base seca	
	Suelo pH < 7	Suelo pH > 7
Cadmio	20	40
Cobre	1 000	1 750
Níquel	300	400
Plomo	750	1 200
Zinc	2 500	4 000

Tabla 3 Estándares para el uso y disposición de lodos de aguas residuales, EPA.

Metal	Concentración en el lodo, mg/kg, base seca
Arsénico	75
Cadmio	85
Cobre	4 300

Mercurio	57
Níquel	420
Plomo	840
Selenio	100
Zinc	7 500

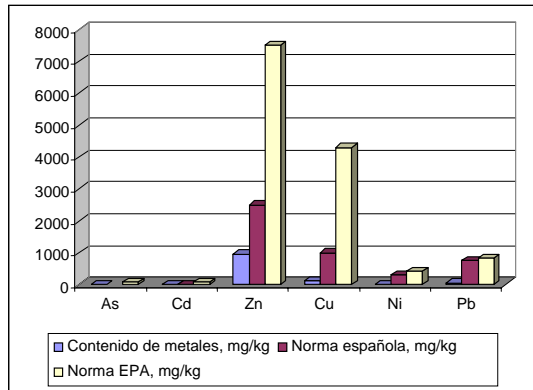


Fig. 4 Comparación del contenido de metales pesados en el lodo de laguna de Granada con normas existentes.

CONCLUSIONES

La calidad de lodos en cuanto a su composición físico-química, resulto ser muy similar en las tres plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

La concentración de nitrógeno en las plantas de estudio representa de 0.204 a 0.301 % de nitrógeno en lodos calculada en base seca, lo que significa que el lodo tiene la posibilidad de ser utilizado como acondicionador del suelo.

El contenido de metales pesados en el lodo proveniente de las plantas de tratamiento de agua residual seleccionadas, resulto ser inferior a los límites permitidos en España y Estados Unidos (EPA) para la aplicación de dicho lodo en el suelo agrícola. Por lo tanto, en cuando a la composición físico-química se refiere, este lodo puede ser usado en las tierras agrícolas de Nicaragua, incrementando así el contenido de nutrientes y la capacidad de retención del agua, lo que por ende mejorará la calidad del suelo. También puede ser aplicado para la recuperación de suelos estériles, así como para mejorar la cubierta vegetal de los suelos forestales y como

consecuencia, aumentar la capacidad de infiltración del suelo (Marx *et al.*, 1995).

Sin embargo, la aplicación de los lodos en agricultura debe ser controlada, porque además de la contribución positiva de nutrientes (carbón, nitrógeno, azufre y fósforo) y micro nutrientes (zinc, hierro y cobre), existe el riesgo de adición de metales no beneficiosos como cadmio, mercurio, y plomo. Dichos metales pueden resultar altamente tóxicos para vegetación y animales. A largo plazo, debido a la acumulación de dichos metales, la contaminación puede alcanzar niveles significativos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado y apoyado técnicamente con los fondos del Programa UNI-Asdi/SAREC-FIQ. La Dirección de Medio Ambiente de la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) brindo un apoyo incondicional para realizar los muestreos en las plantas de tratamiento estudiadas.

REFERENCIAS

- CEPIS-OPS-OMS (2000). *Evaluación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en las Americas*. Pan-American Centre of Sanitary Engineering and Environmental Science (CEPIS). Lima, Perú.
- Chicon, L (2000). *Metales Pesados en Lodos de Aguas Residuales Urbanas*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. Málaga, España.
- Crites y Tchobanoglous (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A. México.
- ENACAL (2003). *Situación Actual de los Sistemas Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL). Managua, Nicaragua.

Ferreira, E. *et al.* (2002). *Nitrogen Contribution of Sewage Sludge to Nutrition of Crops, using Nuclear Techniques*. In Proceedings 17th WCSS 14-21 August 2002, Thailand.

Marx, D.H. *et al.* (1995). *Application of Municipal Sewage Sludge to Forest and Degraded Land*. "Agricultural utilisation. Urban and Industrial By -products". ASA, special publication No.58, USA.

Okuno, N. *et al.* (2004). *Utilization of Sludge in Building Material*. Water Science and Technology, Vol. 49, No. 10, pp. 225-232.

Environmental Protection Agency (1995). *Process Design Manual, Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage EPA/625/K-95/001*. USA.

Romero, J. A. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.

Environmental Protection Agency (1986). *Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods*. EPA Publication SW-846, Third edition. USA.

Winkler, M. A. (1998). *Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho*. Editorial Limusa, México.



Larisa Korsak se graduó de Ingeniera Química en el Instituto Tecnológico de Belarus (BTI) en 1984. Obtuvo su *Master of Science* en Ingeniería Sanitaria en el Instituto Internacional de Ingeniería para la Infraestructura, Hidráulica y el Medio Ambiente (IHE) en 1998, Holanda. Actualmente es estudiante de Doctorado en el Real Instituto Tecnológico (KTH), Suecia. Su área de investigación es Medio Ambiente con énfasis en el tratamiento de agua residuales industriales por métodos anaerobios. Profesora Titular de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería.