

APROVECHAMIENTO de lodos de aguas residuales

Lesly Patricia Tejada Benítez
Ingeniera Química
Magíster en Ingeniería Ambiental
Docente Universidad de Cartagena,
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

Angel Villabona Ortiz
Ingeniero Químico
Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Docente Universidad de Cartagena,
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

Candelaria Tejada Tovar
Ingeniera Química
Especialista en Química Analítica
Docente Universidad de Cartagena



RESUMEN: El manejo y disposición de los lodos generados en el tratamiento de las aguas residuales ha sido un problema ambiental, económico y tecnológico para municipios e industrias. En este artículo se muestran los conceptos más importantes relacionados con el tema de los lodos y la forma de aprovechar sus propiedades en múltiples aplicaciones.

Palabras Clave: lodos, tratamiento de aguas residuales, compostaje.

Introducción

La implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales en municipios e industrias ha permitido obtener aguas de mejor calidad, pero se han generado también lodos residuales en altos volúmenes, y elevado contenido de materia orgánica, humedad y patógenos.

El manejo, transporte y disposición de estos lodos se hace engorroso e implica costos elevados. Por otro lado, la gran variedad de industrias y procesos genera variedad en las propiedades de los lodos dificultando la estandarización de su tratamiento y manejo.

Los lodos están constituidos principalmente por la materia orgánica removida del agua residual, la cual causa los mismos efectos indeseables del agua residual sin tratar. El tratamiento de lodos busca disminuir su volumen mediante la remoción de agua, y estabilizar el contenido orgánico de los sólidos.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales el costo del tratamiento y disposición de lodos puede representar hasta un 50% del valor del tratamiento total. (Romero, 2000)

LODOS RESIDUALES

De acuerdo al Decreto 1594 de 1984 se denomina lodo a la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares. Un lodo se considera como una masa de sólidos en suspensión dentro de un volumen de agua con la particularidad de que la concentración de sólidos en dicho volumen es tal, que la densidad del lodo es mayor que la del agua.

Producción de lodos

Los lodos se generan en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, plantas de potabilización de agua y en estaciones de bombeo de aguas residuales. En las plantas, los sitios de generación son los desarenadores, sedimentadores y rejillas.

El volumen de lodos que se produce debe estimarse para cuantificar los diferentes componentes del sistema de tratamiento y disposición. La cantidad de lodos producidos depende de la remoción de materia orgánica en el proceso, la masa de microorganismos, los sólidos suspendidos biológicamente inertes en el afluente y de la pérdida de sólidos suspendidos en el efluente. (Metcalf & Eddy, 2001)

Características

Las propiedades de los lodos dependen del agua residual que lo originó, y del tipo de tratamiento. La caracterización es el primer paso para definir el tipo de tratamiento, posibilidad de aprovechamiento o disposición final. El lodo sin deshidratar se asemeja a agua de color gris a café. Cuando se ha secado hasta menos del 70% de humedad, su apariencia es de tierra aglomerada o tierra seca cuando su humedad es menor. Cuando el lodo está estabilizado, no debe tener malos olores ni atraer moscas ni roedores.

El análisis elemental típico de lodos de aguas domésticas se muestra en la figura 1:



Figura 1. Análisis elemental de lodos

Las características indispensables para el diseño de un tratamiento de lodos adecuado son: humedad, sólidos volátiles, carbono orgánico total (COT), nitrógeno, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), densidad y coliformes totales. La Tabla 1 presenta los resultados de la caracterización de lodos de una de las lagunas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Barranquilla por la empresa AAA.

Tabla 1. Caracterización lodos PTAR AAA (Barranquilla, 2006)

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------|-------|--------|
| Humedad | 88,68 | % |
| Sólidos volátiles | 63,38 | %ST |
| COT | 34,85 | % |
| Nitrógeno | 1,16 | % |
| DBO5 | 93153 | mg/lt |
| Coliformes totales | 3400 | UFC |
| Peso específico | 1010 | Kg/m3 |

Tratamiento de lodos

Los objetivos del tratamiento de lodos son reducir el volumen, estabilizar la materia orgánica, eliminar patógenos y lograr una textura que permita su manejo.

Las fases del tratamiento de lodos se muestran en la Figura 2. En el espesamiento se elimina la mayor cantidad posible de agua para reducir el volumen. En la estabilización se eliminan patógenos y se reduce la materia orgánica y la deshidratación permite obtener un lodo más manejable. (Romero, 2000)



Figura 2. Etapas del tratamiento de lodos

APROVECHAMIENTO DE LODOS

Las características que poseen los lodos han llevado a que se desarrollen investigaciones en aras de aprovechar su potencial energético, fertilizante o como material de construcción.

Aprovechamiento como fertilizante y Compostaje

Los procesos de estabilización del lodo permiten su empleo en agricultura con el fin de aprovechar sus características ya que los lodos puede utilizarse como acondicionadores de suelos, fertilizantes, en la recuperación de suelos erosionados, en parques, áreas forestales y jardines, así como en viveros. Los lodos mejoran las propiedades del suelo, proporcionan nutrientes, facilitan el transporte de los mismos e incrementan la retención de agua.

Su efecto fertilizante supera el de abonos químicos comúnmente usados. Para este propósito se han usado lodos crudos, lodos deshidratados, lodos incinerados, lodo seco, lodo digerido y lodo compostado. Antes de la aplicación al suelo, debe asegurarse que este material no sea un residuo peligroso, que sea estable y no produzca ningún riesgo para la salud ni para el ecosistema en general. (Suematsu, 1995)

El aprovechamiento de los lodos como fertilizante ha sido ampliamente desarrollado en muchos países. En Ciudad de México el 22% de los lodos generados se utilizan como mejoradores de suelo o como cubierta de rellenos superficiales. (Castrejón, 2001)

En Santafé de Bogotá, en la Universidad Nacional se evaluó el uso potencial en la agricultura de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los municipios. (Lozano, 2002) y de aguas residuales de la industria de mariscos (Tejeda, 2005)

La figura 3 muestra una imagen del proceso de compostaje de lodos.



Figura 3. Celdas de compostaje (Tejeda, 2005)

Aprovechamiento como material de construcción

Una alternativa para el destino final de los lodos lo constituye el sector de la construcción por sus grandes necesidades de materias primas. La inertización de los mismos en matrices cerámicas permite obtener materiales aptos para la construcción. Los productos finales han demostrado una perfecta adecuación a las normativas técnicas para su uso en la construcción.

Los lodos residuales de la producción del sulfato de manganeso se han usado en la fabricación de ladrillos con excelentes propiedades mecánicas y estéticas. (Acuña, 2007)

Restauración de espacios

Una alternativa para el destino final de los lodos es el empleo en la restauración y acondicionamiento de espacios afectados por actividades extractivas. Se realiza la recuperación de minas a prados y terreno forestal. Sólo es necesaria una aplicación inicial, el lodo se descompone rápidamente, se forman colonias de lombrices y al cabo de aproximadamente un año la vegetación es uniforme. Con este mismo fin puede usarse en taludes de carreteras y autopistas. (Felipo, 2003)

Obtención de carbón activado

Los lodos con alto contenido de carbono se pueden aprovechar en la obtención de carbón activado. El carbón activado es un sólido poroso utilizado en procesos de adsorción como la purificación de aguas y aire. Los lodos son secados, carbonizados en una atmósfera inerte, y luego activados a temperaturas entre 66 y 1100°C y utilizando CO₂ como gas de arrastre para darle una estructura porosa. (Uribe, 2001)

Lombricultura

La lombricultura es una forma especial de hacer compostaje basada en la actividad descomponedora de la materia orgánica de algunas especies de lombrices de tierra. La lombriz, a través de un proceso de bio-oxidación y estabilización, composta pequeñas cantidades diarias de restos orgánicos a gran velocidad, evitando problemas indeseables como el mal olor. Las lombrices de tierra consumen residuos orgánicos en proceso de descomposición, es decir, pre-digeridos por bacterias y hongos, y el producto

final es el humus de lombriz, usado como fertilizante de excelentes cualidades. En Brasil se han tratado lodos con lombricultura y lirio acuático (Cardoso, 2001).

Aprovechamiento energético

El aprovechamiento de lodos como combustible requiere bajo contenido de humedad (inferior al 5%), alto contenido energético (superior a 2,500 kcal/kg) y libre de metales pesados (mercurio y plomo). El valor energético del lodo depende del contenido de material inorgánico presente en el agua residual. La disminución del contenido de humedad interfiere en el aprovechamiento energético, debido al gasto energético del proceso de secado. Se puede realizar por diferentes medios:

Digestión anaerobia: La digestión anaerobia de lodos es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno y a una temperatura de 35°C. El producto de la digestión una mezcla de metano y dióxido de carbono llamada biogás. (Sánchez, 2005). Este gas posee un alto poder calorífico, y es usado en muchas plantas para el suministro propio de energía. (Ros, 2004).

Gasificación: Es un proceso relativamente nuevo y en fase de investigación. Permite una elevada producción de energía. (Reed, 2005). Consiste en la conversión termoquímica del lodo en un gas portador de energía por medio de una oxidación parcial a elevadas temperaturas. El poder calorífico del gas generado varía entre 850 y 1200 KJ/m³. (Murat, 2002)

Pirólisis: Es la descomposición térmica de compuestos orgánicos en ausencia de O₂ y a temperaturas entre los 300-650°C. Durante la pirólisis de lodos se producen una serie de complejas reacciones químicas que llevan a la obtención de tres

fracciones: gas, combustible líquido y sólido (alquitrán). El combustible producido es similar a un combustible destilado medio del petróleo y se puede utilizar para motores de combustión, tanto interna como externa. El alquitrán y el gas se queman para secar el lodo, antes del tratamiento en el reactor de conversión. Esta tecnología se ha usado en España y se ha experimentado con diferentes tipos de lodos y temperaturas, se han obtenido variedad de productos químicos como aldehídos, ésteres, ácidos, cetonas y carbones adsorbentes. (Gascó, 2005). Adicionalmente se ha estudiado la cinética de la pirólisis. (Arauzo, 2005)

Aprovechamiento en biotecnología

Recientemente se han utilizado los lodos como sustrato biotecnológico en la obtención de bioinsecticidas del tipo *Bacillus thuringiensis* (Abdessalem, 2005) y de plásticos biodegradables como los PHA (polihidroxialcanoatos). (Coats, 2006)

Conclusiones

Los lodos residuales se generan en grandes volúmenes en plantas de tratamiento municipales e industriales, y su manejo conduce a grandes inversiones y costos de operación. Por tal motivo es importante buscar opciones para su aprovechamiento y valorización de manera que permita la recuperación de capital. Dentro de las alternativas de aprovechamiento cabe destacar la valorización energética, porque es una opción de sustitución de los combustibles fósiles que causan el efecto invernadero.

En Colombia ya existen plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, sin embargo, el tema de los lodos es reciente, y aun muchas plantas no han tomado medidas para su

disposición, por lo tanto, es el momento de buscar soluciones ambiental y económicamente factibles que puedan implementarse y es ahí donde los ingenieros ambientales tienen la posibilidad de encontrar un campo de acción.

Referencias bibliográficas

1. Abdessalem Y., Rajeshwar, D., Valero Rao Y. Wastewater Sludge Pre-treatment for Enhancing Entomotoxicity Produced by *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Vol 21, 2005
2. Acuña, N., Valorización de lodos residuales de la producción de sulfato de manganeso en Quintal, Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, 2007.
3. Arauzo, J., Gonzalo, A., Sánchez, J., Resende, F., Rocha, J, Mesa, P, Pérez, P., Estudio cinético de la pirolisis de fangos mediante estudios dinámicos, Universidad de Zaragoza, España.2005.
4. Cardoso, L., Vermiestabilización de Lodos y Lirio acuático, XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
5. Castrejón, A., Barrios, J., Jiménez, B., Maya, C., Rodríguez, A., y González, A., Evaluación de la Calidad de Lodos Residuales en México, Instituto de Ingeniería. Grupo de Tratamiento y Reúso. Universidad Nacional Autónoma de México. CEPIS OPS OMS, 2001.
6. Coats, E., Loge, F., Smith, W., Thompson, D., Wolcott, M., Functional, Stability of a Mixed Microbial Consortium Producing PHA From Waste Carbon Sources, 28th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, Idaho National Laboratory, 2006.
7. Felipo, O., Boixadera, L., Normativa sobre gestión, protección y uso del suelo en Cataluña, *Edafología*, Vol 10, 2003.
8. Gascó, G. Blanco, G., Guerrero, F., Méndez, M. The influence of organic matter on sewage sludge pyrolysis, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Vol 74, 2005.
9. Lozano, A., Aprovechamiento agrícola de los biosólidos de las plantas de tratamiento de El Salitre, Cota y Guatavita In: XI Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 2002, Cali.
10. Llamas, A., Aprovechamiento de biosólidos como una fuente de energía ecológica, *Revista Transferencias*, No. 68, 2004.
11. Metcalf and Eddy, *Ingeniería de Aguas Residuales*, Editorial Mac Graw Hill, 2001.
12. Murat Dogru, Adnan Midilli, Gasification of sewage sludge using a throated downdraft gasifier and uncertainty analysis, *Fuel Processing Technology*, Vol 75, 2002, Pag 55-82.
13. Reed, G., Paterson, N., Zhuo, Y., Dugwell, D., Kandiyoti, R. Trace Element Distribution in Sewage Sludge Gasification: Source and Temperature Effects, *Energy Fuels*, Vol 19, 2005.
14. Romero Rojas, J., *Tratamiento de Aguas Residuales*, Editorial Escuela Colombiana de Ingenierías, 2000.
15. Ros, M., Zupanic, G., Two-Stage Thermophilic Anaerobic-Aerobic Digestion of Waste Activated Sludge, *Environmental Engineering Science*, Vol 21, 2004.
16. Sánchez, F., Muñoz, E., Aprovechamiento energético del biogás producido en la digestión anaerobia de los lodos de EDAR, *Residuos: Revista Técnica*, Vol, 82, 2005.
17. Suematsu, G., Protección sanitaria en el uso de aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento, CEPIS, OPS, 2005.
18. Tejeda, L. Estudio de alternativas de compostaje de lodos de depuradora, Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, 2005.
19. Uribe T., Lodos industriales, basura utilizable, Hipótesis, *Apuntes Científicos Uniandinos*, No. 5, Junio, 2005