

Lodos residuales: estabilización y manejo

Norma Oropeza García

noropeza@correo.uqroo.mx

Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo
Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort, Col. del Bosque
Chetumal, Quintana Roo, México C.P. 77019

Resumen

Hoy en día la necesidad de minimizar residuos, así como su disposición adecuada y segura, son aspectos de suma importancia mundialmente, lo que ha llevado a la búsqueda de alternativas tecnológicas y cambios en las políticas de manejo que permitan generar residuos no peligrosos y estables para su correcta disposición o reaprovechamiento. En México, el manejo de lodos residuales municipales e industriales es un aspecto descuidado y son pocas las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que cuentan con un sistema de tratamiento de lodos, además, no existen cifras exactas referentes a la cantidad de lodos generados a nivel municipal y mucho menos por giro industrial. El problema no termina aquí, ya que los lodos residuales deben disponerse de forma ambientalmente segura. El presente artículo da un panorama general de las diferentes líneas en el tratamiento y tendencias existentes en el manejo de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: Lodos residuales – tratamiento de lodos – tratamiento de agua residual.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas residuales, tanto municipales como industriales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes con el fin de hacerlas aptas para otros usos o bien para evitar daños al ambiente (figura 1). Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subpro-

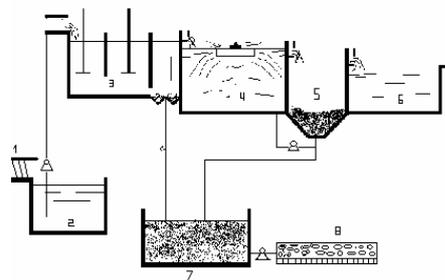


Figura 1. Arreglo de un sistema de lodos activados.

Lodos Residuales

ductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición.

Equipo de bombeo

1. Cribado.
2. Tanque de homogenización.
3. Sedimentador primario (floculación-coagulación).
4. Sistema de lodos activados.
5. Sedimentador secundario.
6. Tanque de desinfección.
7. Cárcamo de bombeo de lodos.
8. Sistema de deshidratación.

Los contaminantes contenidos en las aguas residuales pasan a las plantas de tratamiento donde se eliminan en gran medida por la absorción en el lodo producto de un tratamiento fisicoquímico o biológico. El lodo re-

sultante de estos procesos debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas (análisis CRETIB), lo que permitirá precisar si el lodo es considerado como un residuo peligroso o como un residuo no peligroso (NOM052-ECOL-1993) y con base en esto, plantear las alternativas para el manejo y disposición del mismo (figura 2). La composición de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas se muestra en la tabla 1, observándose que sus características varían en función del proceso que da origen a los lodos.

En muchos casos gran parte de los lodos generados en una PTAR son descargados en sistemas de alcantarillado, en cuerpos de agua o dispuestos

Tabla 1. Caracterización y composición de lodos

| <i>Parámetros</i> | <i>Lodos primarios</i> | <i>Lodos secundarios (mezcla)</i> | <i>Lodos digeridos</i> |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| pH | 5.5-6.5 | 6.5-7.5 | 6.8-7.6 |
| Contenido de agua (%) | 92-96 | 97.5-98 | 94-97 |
| ssv (%ss) | 70-80 | 80-90 | 55-65 |
| Grasas (%ss) | 12-14 | 3-5 | 4-12 |
| Proteínas (%ss) | 4-14 | 20-30 | 10-20 |
| Carbohidratos (%ss) | 8-10 | 6-8 | 5-8 |
| Nitrógeno (%ss) | 2-5 | 1-6 | 3-7 |
| Fósforo (%ss) | 0.5-1.5 | 1.5-2.5 | 0.5-1.5 |
| Bacterias patógenas (NMP/100ml) | 10 ³ -10 ⁵ | 100-1000 | 10-100 |
| Metales pesados (%ss) (Zn, Cu, Pb) | 0.2-2 | 0.2-2 | 0.2-2 |

Fuente: Hernández M. A, 1992.

ssv: Sólidos Suspendidos Volátiles, NMP: Número Más Probable, ss: Sólidos Suspendidos.

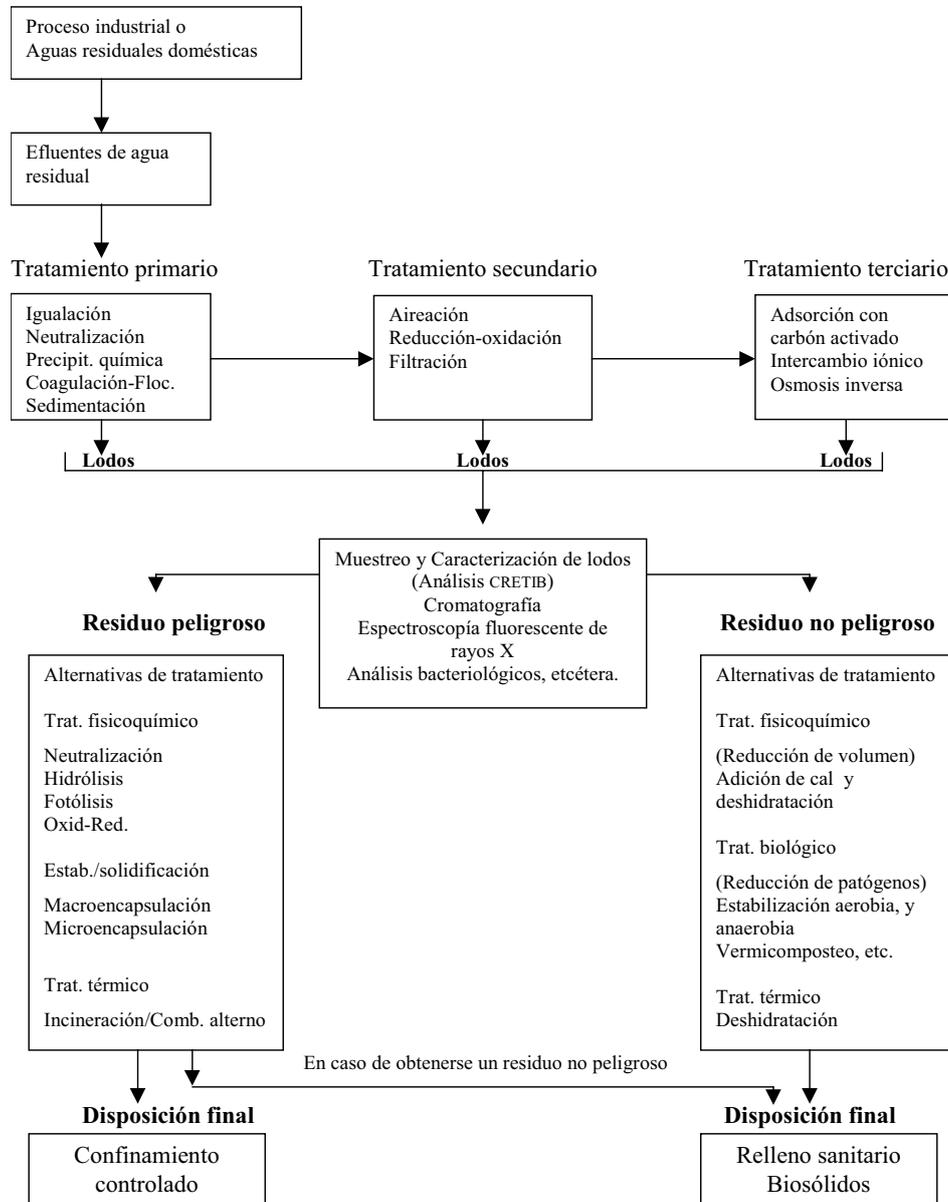


Figura 2. Alternativas planteadas para tratamiento y disposición de lodos.

Lodos Residuales

en tiraderos a cielo abierto sin ningún tratamiento previo que permita tomar las medidas de protección adecuadas para evitar la contaminación del suelo, agua subterránea o la atracción de vectores (insectos, ratas, carroñeros, etc.), generando problemas de contaminación de los mantos freáticos y de salud pública.

TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

La tecnología de tratamiento para lodos residuales generados en las PTAR en Estados Unidos y Europa se realiza utilizando alguno de los siguientes cuatro procesos:

- *Digestión anaerobia*: Comprende dos fases, en la primera se forman ácidos volátiles y en la segunda las bacterias anaerobias producen gas metano a partir de dichos ácidos, todo esto en ausencia de oxígeno molecular (O_2).
- *Digestión aerobia*: Proceso de aireación prolongada (dotando al sistema de O_2) para provocar el desarrollo de microorganismos aerobios hasta sobrepasar el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación, reduciendo así el material celular.
- *Tratamiento químico*: Realiza principalmente una acción bactericida, llevando al bloqueo temporal de fermentaciones ácidas. Por su reducido costo y

alcalinidad, la cal es el reactivo que más se utiliza.

- *Incineración*: Conduce a la combustión de materias orgánicas de los lodos, y es el proceso con el que se consigue un producto residual de menor masa, las cenizas constituidas únicamente por materias minerales del lodo.

En general, las líneas de tratamiento de lodos residuales se encuentran enfocadas a dos aspectos fundamentales, que son (Dégremont, 1980):

- a) Reducción de volumen: pueden obtenerse por un simple espesamiento (con el que la sequedad del producto podrá alcanzar en algunos casos el 10 o muy excepcionalmente, el 20%, sin que, por ello, pueda manejarse con pala), deshidratación por drenaje natural, escurrido mecánico, secado térmico, o también y como continuación de una deshidratación, por una incineración.
- b) Reducción del poder de fermentación o estabilización: Consiste en reducir su actividad biológica (tendencia a la putrefacción) y su contenido de microorganismos causantes de enfermedades. La estabilización puede obtenerse mediante procesos tales como: digestión anaerobia o aerobia, estabilización química, pasteurización, cocción, etc. En la figura 3 se muestran las líneas de tratamiento más usuales.

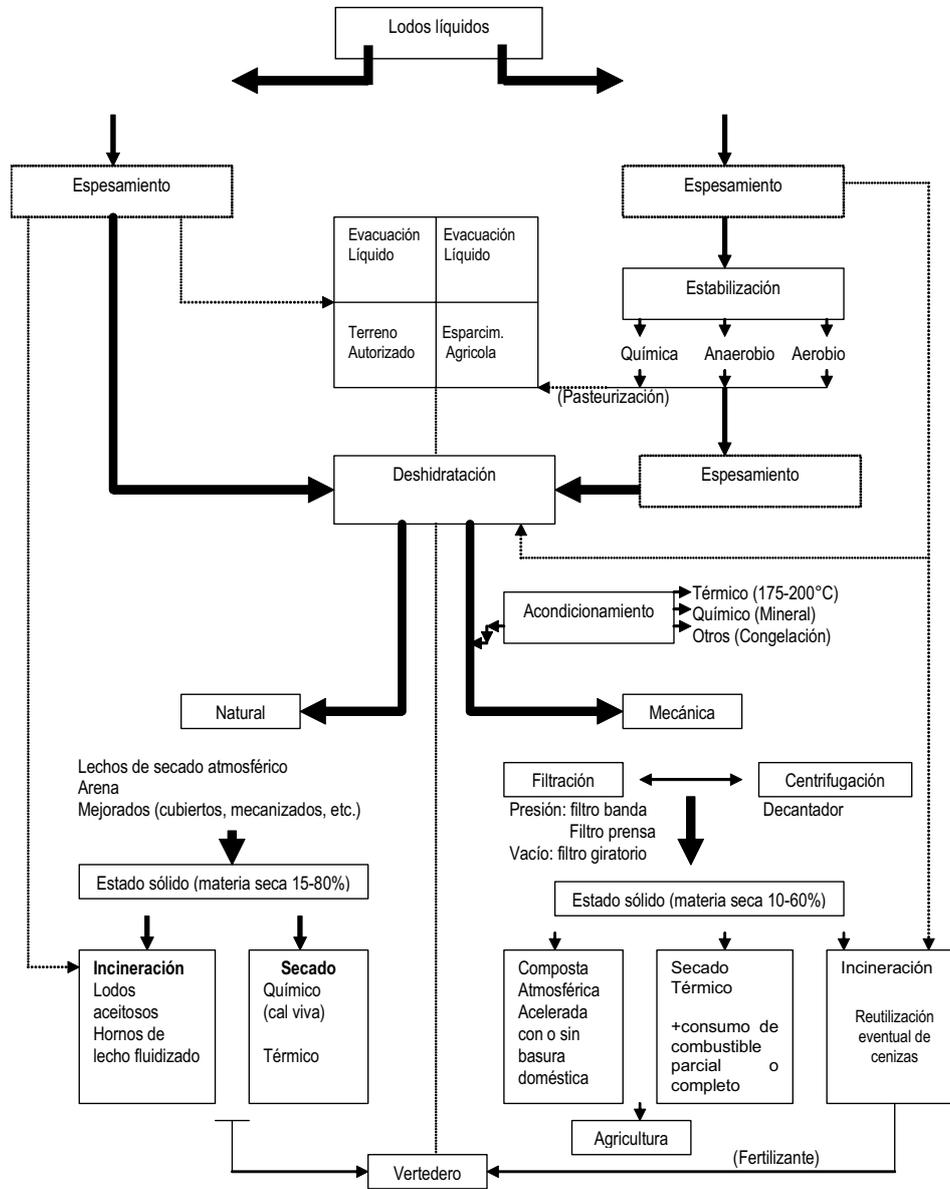


Figura 3. Líneas más comunes en el tratamiento de lodos (Dégremont, 1980).

MANEJO DE LODOS RESIDUALES

La selección de alguno de estos procesos para la estabilización de un lodo en particular depende de varios factores, tales como: la cantidad y calidad de lodos a tratar, las condiciones particulares del sitio y, la situación financiera en cada caso. En muchos países, la utilización del lodo requiere de una infraestructura costosa pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos naturales; además de convertir un residuo peligroso en un recurso aprovechable y no peligroso. Así, la denominada gestión de excelencia destina cada residuo a su tratamiento: reciclaje, composteo, incineración y vertedero.

Como ejemplo, el Plan de Residuos de Holanda, fija objetivos del 30% de reciclaje, 30% de compostaje, 30% de recuperación de energía y el 10% de vertido como residuos no aprovechables.

En Viena, el esquema es de 50% de valorización energética, 29% de reciclaje, 12% de compostaje y 9% a vertedero (www.emision.com/161.htm). La tabla 2, expone el manejo que se le da a los lodos residuales en algunos países.

LODOS RESIDUALES EN MÉXICO

En México no existe una cifra oficial reportada sobre la producción de lodos generados en el país y son muy

pocas las plantas que realizan algún proceso de estabilización, ya que generalmente, carecen de las instalaciones para llevar a cabo el tratamiento necesario y la disposición final adecuada a los lodos generados. Los procesos más utilizados para la estabilización son la digestión aerobia y el tratamiento con cal, procesos adoptados probablemente por su facilidad de operación. En menor proporción son usados el composteo y muy rara vez, la digestión anaerobia (Moeller, 1997).

Recientemente se han realizado estudios que reportan que los lodos residuales que en México han significado un grave problema pueden ser reutilizados sin riesgos a la salud y al ambiente, demostrado que incrementan del 10 al 85% el rendimiento de los cultivos en relación con fertilizantes comunes, así, estos desechos podrían ser aprovechados después de ser sometidos a diversos procesos de estabilización, generando biosólidos que podrían aplicarse como fertilizante dependiendo de las características del suelo, el problema es la alta concentración bacteriana que presentan ya que esto los vuelve residuos peligrosos creando la necesidad de mandarlos a confinamientos o incinerarlos, en vez de aprovecharse para mejorar el suelo de dos terceras partes del territorio nacional que presentan problemas de salinidad y alcalinidad, es decir, altos contenidos de sales y sodio (www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/2000_432.html).

Un hecho que aún no ha podido controlarse totalmente en países como México y que atenta contra las apli-

Tabla 2. Manejo de lodos residuales en diferentes países

| <i>País</i> | <i>Manejo de lodos</i> |
|--|---|
| Europa, Australia, Estados Unidos y otros países | Actualmente se realizan investigaciones para utilizar los lodos especialmente tratados, como freno a la contaminación de los acuíferos por productos fitosanitarios y sus impurezas, además servirán para acelerar la descontaminación de suelos que ya estén afectados. También se aplican como fertilizantes en tierras agrícolas. |
| España | Los residuos de materias orgánicas procedentes de la recolección de residuos separados de origen urbano, así como de la industria, aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento pretenden ser utilizados en la agricultura ya que se considera que es el destino más adecuado para este tipo de materias desde el punto de vista ambiental y económico. Se estudia la aplicación de lodos residuales en el control de filtraciones de productos fitosanitarios al acuífero. |
| Dinamarca | La gran parte de los lodos estabilizados se usan como fertilizante en tierras laborales. El porcentaje de reutilización de los lodos de aguas residuales es de 72%, el 20% se destina a la incineración, y 8% se dispone. |
| Chile | En 1999 fue aprobado el anteproyecto del “Reglamento para manejo de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de aguas” estableciendo que la operación de plantas de tratamiento de agua potable, agua residual urbana y residuos industriales líquidos genera gran cantidad de lodos, los cuales deben ser tratados y dispuestos de manera adecuada para prevenir impactos negativos en el ambiente. |
| Argentina | Se han instrumentado plantas de compostaje de lodos residuales, para su posterior aplicación como biosólidos en la agricultura. |
| México | Recientemente se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final. |

Fuente: www.emision.com/161.htm, 2000.

caciones del biosólido, es la descarga de desechos industriales a la red domiciliaria urbana, mientras en países como Francia y Estados Unidos, la utilización de biosólidos es una práctica habitual, en donde las empresas encargadas del sistema de drenaje pagan a intermediarios para transportar el residuo hasta el campo del agricultor.

Manejo ambientalmente adecuado de lodos

Con lo planteado, la estrategia general que guíe el manejo correcto de lodos debe contener acciones de: prevención, reuso o revalorización y disposición ambientalmente adecuada de los mismos. La prevención consiste en

Lodos Residuales

reducir potencialmente la generación de lodos al reducir la contaminación y uso del agua. El reuso o revalorización del agua y/o contaminantes como de los lodos generados se puede lograr reciclando el agua, metales u otros materiales residuales generados en los procesos de producción, sin embargo; lo que no pueda ser revalorizado debe ser dispuesto finalmente de manera ambientalmente adecuada y segura.

Dependiendo de los diferentes procesos, pueden presentarse las siguientes alternativas generales:

- a) *Lodo peligroso* por la presencia de contaminantes tóxicos de acuerdo a lo establecido en México por la norma NOM-052-ECOL-1993.
- b) *Lodo no peligroso*, porque las concentraciones de sus componentes son inferiores a los valores establecidos por la NOM-

052-ECOL-1993 o bien por lo que establece la NOM-004-SEMARNAT-2002 en la que se definen la clasificación de los biosólidos como excelente o bueno en función de su contenido de metales pesados como muestra la tabla 3, en clase A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos como se observa en la tabla 4 y por último el aprovechamiento de los mismos en la tabla 5.

CONCLUSIONES

Un punto importante que debe remarcar en el problema de la generación de lodos es la necesidad de una gestión que promueva, entre los sectores industriales, procesos de producción más limpios que minimicen la generación de lodos desde el pro-

Tabla 3. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos

| <i>Contaminante (determinados en forma total)</i> | <i>Excelentes mg/kg en base seca</i> | <i>Buenos mg/kg en base seca</i> |
|---|--|--|
| Arsénico | 41 | 75 |
| Cadmio | 39 | 85 |
| Cromo | 1 200 | 3 000 |
| Cobre | 1 500 | 4 300 |
| Plomo | 300 | 840 |
| Mercurio | 17 | 57 |
| Níquel | 420 | 420 |
| Zinc | 2 800 | 7 500 |

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002.

Tabla 4. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos

| <i>Clase</i> | <i>Indicador bacteriológico de contaminación</i> | <i>Patógenos</i> | <i>Parásitos</i> |
|--------------|--|---|--------------------------------------|
| | Coliformes fecales NMP/g en base seca | Salmonella s.p.p. NMP/g en base seca | Huevos de helminto/g en base seca |
| A | Menor de 1000 | Menor de 3 | Menor de 1 (a) |
| B | Menor de 1000 | Menor de 3 | Menor de 10 |
| C | Menor de 2 000 000 | Menor de 300 | Menor de 35 |

NMP: número más probable, (a) Huevos helminto viable.

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002.

Tabla 5. Aprovechamiento de biosólidos

| <i>Tipo</i> | <i>Clase</i> | <i>Aprovechamiento</i> |
|-------------------|--------------|---|
| Excelente | A | Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación. Los establecidos para la clase B y C. |
| Excelente o bueno | B | Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación. Los establecidos para la clase C. |
| Excelente o bueno | C | Usos forestales. Mejoramiento de suelos. Usos agrícolas. |

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002.

ceso, la recuperación de materiales reutilizables de éstos, y las descargas clandestinas y sin tratamiento a la red de drenaje municipal. Por parte de la población, también se requiere el uso eficiente del agua y productos de limpieza, estos últimos utilizados casi siempre de forma excesiva (detergentes, desinfectantes, solventes, etc.) creando al llegar a las PTAR problemas por formación de espumas y

por la desestabilización de sistemas biológicos de tratamiento.

Por otro lado, es necesario determinar cuáles son las características particulares de los lodos generados en las PTAR municipales en México (que pudieran usarse como formadores de biosólidos), ya que, si bien se tiene como antecedente desde hace muchos años la aplicación de diferentes tecnologías en la solución de este proble-

Lodos Residuales

ma en otros países, debe considerarse que en México se tienen usos y costumbres distintas y por tanto las características de los lodos residuales no son exactamente las mismas. Lo anterior también debe aplicarse para el caso de las tecnologías utilizadas, evaluando principalmente las condiciones de operación, la tecnología particular empleada y el personal capacitado en la operación.

BIBLIOGRAFÍA

- CEPIS/REPAMAR (1999), *Manejo ambientalmente adecuado de lodos provenientes de plantas de tratamiento*, Dirección de Medio Ambiente, Quito, Ecuador, agosto.
www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/lodos.html
- Dégremont (1980), *Manual técnico del agua*, Bilbao, pp 105-473, 749-781.
- EPA (1994), *A Plain English Guide to the Environmental Protection Agency, part. 503 Rule*, Environmental Protection Agency, Washington.
- EPA (1995), *A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA, part 503*, Environmental Protection Agency, Washington.
- Hernández, M. A. (1992), *Depuración de aguas residuales. Servicio de publicaciones de la escuela de ingenieros de caminos de Madrid*, España, p. 713.
- Moeller, G. (1997), *Biological Treatment of Municipal Sludge. Biotechnology for Water Use and Conservation The Mexico 96 Workshop*, OECD, Cedex, París, Francia.
www.emision.com/161.htm
www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/2000_432.html