

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



" ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO EN LA
AGRICULTURA DE LOS LODOS DE LAS AGUAS NEGRAS "

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A N
JOSE CASILLAS LIMON

Y

EZEQUIEL TORRES MONTES DE OCA

LAS AGUJAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO 1996



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS

COMITE DE TITULACION

OF 187080/96
OB082080/96

SOLICITUD Y DICTAMEN

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION
PRESENTE

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento interno de la División de Ciencias Agronómicas, hemos reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicitamos su autorización para realizar nuestro TRABAJO DE TITULACION, con el tema:

"ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO EN AGRICULTURA, DE LOS LODOS DE LAS AGUAS NEGRAS URBANAS"

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION
MODALIDAD: COLECTIVA

NOMBRE DE LOS SOLICITANTES	CODIGO	GENERACION	ORIENTACION O CARRERA	FIRMA
JOSE CASILLAS LIMON	078192658	1982 - 1987	ING.AGR.FIT.	
EZEQUIEL TORRES MONTES DE OCA	077602593	1977 - 1982	ING.AGR.FOR.	

Fecha de solicitud 24 de Julio 1996

DICTAMEN DE APROBACION

DIRECTOR: ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
ASESOR: ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ
ASESOR: ING. JESUS GODINEZ HERRERA

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION

~~DIRECTOR~~
~~ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA~~

ASESOR
ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

ASESOR
ING. JESUS GODINEZ HERRERA

Va. Bo. Pde. del Comité

Fecha: 04 de Septiembre 1996

INDICE.

	INTRODUCCION	5
	OBJETIVOS	6
CAPITULO 1	CARACTERISTICAS DE LOS LODOS	
	1.1.- ORGANIZACION Y DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE LAS CIUDADES.	7
	1.2.- ORIGEN DE LOS LODOS	10
	1.3.- TRATAMIENTO DEL AGUA	11
	1.4.- PROPIEDAD DE LOS LODOS	14
	1.- PROPIEDADES FISICAS	14
	2.- PROPIEDADES QUIMICAS	16
	3.- PROPIEDADES BIOLOGICAS	17
CAPITULO 2	TRATAMIENTO DE LOS LODOS	
	2.1.- PROCEDIMIENTOS DE DESHIDRATACION	20
	1.-ACONDICIONAMIENTOS PREVIOS DE LOS LODOS	20
	2.-DESHIDRATACION DE LOS LODOS	23
	2.2.- ESTABILIZACION DE LOS LODOS	25
	1.-ESTABILIZACION BIOLOGICA	25
	2.-ESTABILIZACION NO BIOLOGICA	26
	2.3.- PRODUCCION DE COMPOSTA	27
CAPITULO 3	USO AGRICOLA DE LOS LODOS	
	3.1.- APLICACION DE LOS LODOS EN EL TERRENO	30
	3.1.1.-TRANSPORTE	30
	2.-CLIMA	31
	3.-APLICACION	31
	3.2.- ACCION SOBRE EL MEDIO	31
	3.2.1.-ACCION DEL AGUA	32
	2.-ACCION FISICOQUIMICA	33
	3.-ACCION SOBRE EL MEDIO	34
	3.3.- ACCION SOBRE LOS CULTIVOS	35
	3.3.1.-NUTRIENTES	35
	2.-MICROORGANISMOS	35
	3.-MICROCONTAMINANTES	36
	3.4.- OTROS USOS AGRICOLAS	37
	3.4.1.-APLICACION DE LOS LODOS EN LOS BOSQUES	37
	2.-REVERDECIMIENTO DE LAS TIERRAS ESTERILES	37

	3.-ALIMENTACION DE LOS ANIMALES	37
CAPITULO 4	GUIA PARA LA APLICACION AGRICOLA DE LOS LODOS	
	4.1.- NORMA MEXICANA (LEGISLACION)	39
	4.2.- ESTUDIOS PREVIOS REFERENTES A LA APLICACION	39
	1.-ACUERDO ENTRE EL PROVEEDOR Y EL USUARIO	39
	2.-EL SUELO	40
	3.-LAS PLANTAS	43
	4.- LOS LODOS	43
	4.3 .- SELECCION DE UN METODO DE TRATAMIENTO	43
	1.- TRATAMIENTO DE AGUAS URBANAS DE DESECHO	44
	2.- TRATAMIENTO DE LOS LODOS	45
	3.- PRODUCCION DE COMPOSTA	49
	4.4 .- MODO DE APLICACION	50
CAPITULO 5	ENTREVISTA	
	5.2 RESULTADO DE ENTREVISTA A AGRICULTORES	55
	CONCLUSIONES	56
	GLOSARIO	57
	BIBLIOGRAFIA	60

Este trabajo se los dedico a José Manuel, Fernando y Delia, quienes contituyen lo mas hemozo que me ha pasado en la vida y son el pivote que impulsa mis actos hacia el logro de mis objetivos. ¡ La felicidad !

¡Gracias!

José Casillas Limón.

INTRODUCCION

Con el acelerado crecimiento de las grandes ciudades, es necesario dar respuestas a las demandas de los habitantes de estas urbes, equipándolas de la infraestructura necesaria para su adecuado y cada vez mas complicado funcionamiento; por ejemplo, tan solo en el rubro de tratamiento de aguas residuales en Guadalajara no se cuenta con ninguna planta de tratamiento de estos residuos urbanos, por lo que se están haciendo grandes esfuerzos para conseguir líneas de crédito para crear esta importante infraestructura, que coadyuvara al elevamiento del nivel de vida de todos los jaliscienses.

Actualmente en el estado de Jalisco existen 67 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales se generan un residuo sólido al cual le damos el nombre de lodos.

Son 37 toneladas de lodos al mes que se generan en estas plantas de tratamiento, estos, se constituyen como un problema para quien maneja estas plantas, ya que no existen una suficiente información sobre el posible aprovechamiento de estos residuos. Por lo que se tienen que almacenar, generando así un problema de espacio (fuente, SAPAJAL 1996).

En Europa estos desechos son aprovechados perfectamente en la agricultura, y se le ve como un producto industrial generador de recursos.

Como dato adicional, en Jalisco solo se trata 1,300 lt/sg de las aguas residuales que representan solo el 15% de total de las aguas que se generan en el Estado, por lo que, como ya se dijo, se están gestionando recurso para construir la infraestructura para tratar otros 2,500 lt/seg, beneficiando sobre todo la población de Guadalajara y a las poblaciones por donde pasa estas cuencas hidrológica (aguas abajo) y que vendría a aliviar en gran medida el grave problema de contaminación de estos cuerpos receptores: sin embargo la solución tendrá que ser de manera integral y tendrá que analizarse de manera detenida el destino final de aquellos desechos sólidos que se generan de estas plantas.

Por lo anterior en este documento presentamos algunas alternativas de aprovechamiento de estos residuos, que consideramos, podrían ser de gran ayuda a aquellos agricultores que se preocupan por buscar nuevos paradigmas para incrementar año con año sus cosechas sin que esto represente un costo oneroso, que les permita tener mayores ganancias económicas.

OBJETIVOS:

Dar a conocer las alternativas del uso en la agricultura de los lodos generados por el tratamiento de aguas negras.

ORGANIZACION Y DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE LAS CIUDADES.

La organización de las ciudades modernas se encuentra en tal forma que todos los materiales domésticos de desperdicio de cocina, lavaderos, baños y aposentos para evacuar excrementos, etc., así como los productos de desechos de las industrias, son eliminadas fácil y rápidamente.

- ¿ Hemos pensado a donde va a parar ?
- ¿ Donde se acumulan estos residuos ?
- ¿ Que se hace en ellos?

Sigamos su camino un poco mas allá del sumidero domestico.

La teoría por donde todos estos materiales o residuos se transportan, conectan con tuberías o conductos de mayor diámetro, situadas debajo de la tierra, donde generalmente va a parar también, toda el agua superficial que se recoge de las calles y de los desagües pluviales de los edificios.

Estas tuberías van a parar a canales subterráneos o alcantarillas, que transportan estos materiales a un río cercano o a un depósito purificador correspondiente en caso de que deban ser aprovechados. Toda esta red de canales recibe el nombre de sistema de alcantarillado, drenaje o desagüe.

En lugares primitivos o poblaciones antiguas estos materiales de desecho son o eran arrojados a la vía pública o enterrado en fosas que se abrían con este fin en las calles.

Las aguas contaminadas, algunas veces usadas para riego u otras actividades, frecuentemente producían enfermedades a los habitantes y se transmitían y extendían con facilidad ocasionando epidemias, principalmente de aquellos gérmenes que se reproducen y se desarrollan en el agua.

Las personas beben muy poca cantidad de los millones de litros de agua que son distribuidos en la ciudad en un día, nadie puede adivinar qué parte será la que beberá; por lo tanto, toda el agua debe ser pura.

Hay mucha gente que nunca se ha detenido a pensar en las muchas cosas que puede sucederle al agua. Puede contener tierra común o cloro, a tal punto que parezca sucia, ser desagradable su olor, ser limpia y transparente como el cristal y, sin embargo, con sabor a veneno. Lo peor es que puede parecer normal, con olor y sabor perfecto y, y llevar gérmenes mortíferos capaces de causar enfermedades y quizá la muerte, terribles epidemias de cólera, diarrea y sobre todo, fiebre tifoidea, han asolado a ciudades que no cuidaban suficientemente su abastecimiento del agua.

¿ Que debe hacerse para evitarlo ?

En el siglo pasado y, sobre todo, en los últimos veinte años, se han hecho asombrosas maravillas con "tanques de Sedimentación", filtros y distintas sustancias químicas purificadoras

Es peligroso el empleo de aguas contaminadas en agricultura sin previo tratamiento, pues muchos gérmenes quedan en los cultivos en forma de quistes y al ser ingeridos por los animales o el hombre ocasionan graves enfermedades.

También ciertas empresas industriales y fábricas, arrojan libremente sus materiales de desecho en ríos y arroyos, contaminando sus aguas y convirtiéndolas en focos potenciales de epidemias y graves padecimientos.

Las aguas residuales y contaminadas de las grandes ciudades situadas cerca del mar, son enviadas a las playas causando daños o infinidad de especies marinas que sirven de alimento al hombre y que ocasionan desequilibrio en el medio acuático.

Las necesidades de evitar contaminaciones y purificar las aguas residuales por medio de sistemas especiales es evidente y de mucha urgencia. Se ha considerado como asunto muy costoso, pero las técnicas modernas y actualizados con procedimientos científicos piensan que las aguas residuales son una valiosa fuente de productos y que cualquier costo invertido puede ser recuperado al incrementar, con su empleo, la producción de alimentos.

¿Tendrán razón?,

¿ Podrán recuperarse las inversiones al obtener mayor cantidad de productos?

En efecto, un adecuado tratamiento del material sólido (lodos) que se deposita, proporcionarán grandes beneficios. En México existen instalaciones para estos fines.

El lodo que se deposita en el fondo de las aguas residuales puede usarse como abono en agricultura, después de ser perfectamente tratado, constituyendo una fuente de nitrógeno y contribuyendo a aumentar el contenido de humus de los suelos de cultivo.

Las aguas de desecho de las industrias textiles contienen materiales grasosos, en cuya recuperación pueden ser utilizados como protectores contra la corrosión.

El proceso de tratamiento de aguas residuales es muy interesante; varía de acuerdo con los purificadores, con el sistema de instalaciones, maquinaria, el tipo de industria, época o estación del año y otros factores; pero demuestra siempre cómo en un medio que puede ser un medio de cultivo para gérmenes de grave peligro en aguas contaminadas, se logra una aplicación valiosa para la agricultura y la obtención de alimentos.

El proceso de purificación de aguas residuales o tratamiento puede sintetizarse en los pasos siguientes:

1. Un filtrado de partículas gruesas sólidas suspendidas.
2. Sedimentación en tanques especiales de las mismas y desinfección.
3. Oxigenación mediante procesos químicos, donde se transforman materiales de descomposición en simples y mas sencillos.
4. Separación final de las partículas posteriormente a la sedimentación.
5. Tratamiento de lodos resultante de los tanques de sedimentación de tal manera que quedan libres de contaminación.

I.2.- ORIGEN DE LOS LODOS

En los países industrializados, el número de habitantes que recibe servicios de los dispositivos de depuración de aguas negras de origen doméstico y las cantidades de aguas residuales producidas, aumentan de un año a otro por las siguientes razones:

- Incremento demográfico
- Mejoramiento de las condiciones sanitarias
- Aumento de los aparatos domésticos consumidores de agua
- Que las autoridades nacionales, regionales y locales están conscientes de los problemas de contaminación.
- Presión de las asociaciones de protección de la naturaleza.

Ahora bien, sea cual fuere el procedimiento utilizado para el tratamiento de las aguas de desecho, se obtiene una cierta cantidad de partículas sólidas decantables en las que se encuentran partículas minerales inertes y materia orgánica fermentable, sobre las cuales se absorben sales minerales insertas y materia orgánica fermentable, sobre las cuales se absorben sales minerales y algunos microorganismos (bacteria, virus, parásitos) que se encuentran inexorablemente en las aguas domésticas de desecho.

Estas sustancias se separan del agua y forman un lodo con un alto contenido de agua, biológicamente inestable, en el que está concentrada una importante proporción de la contaminación inicial. El problema se resume entonces por medio de una interrogante. "**Como deshacerse de ellas?**"; en efecto, estos lodos muy rápidamente se hacen pegajosos. La solución simple de esto, que consiste en dejarlos secar sobre el terreno de la planta de tratamiento, es por lo general conveniente para las plantas pequeñas pero no para las grandes ciudades, en donde el metro cuadrado de terreno aumenta considerablemente de valor.

- El contenido de materia orgánica y de sustancias nutrientes (nitrógeno, fósforo) favorece su utilización como fertilizante agrícola en su estado natural, tratado o en forma de composta, con desperdicios domésticos u otros desechos orgánicos.

Sin embargo la utilización de estos lodos presentan algunos obstáculos.

- Riesgo de contaminación bacteriana o parasitaria de las plantas.
- Acción nociva para la vegetación por parte de ciertos productos contenidos en los lodos (productos domésticos, aguas industriales de desecho introducidas en las alcantarillas).
- Renuncia por parte de agricultores a emplear un producto de tal origen, y a menudo sin la garantía de una composición constante. Esta actitud también puede ser compartida por los distribuidores de abonos químicos.
- Importantes inversiones para la instalación de un digestor o de un horno de incineración.
- La deshidratación de los lodos constituye una operación que requiere energía.

1.3.- TRATAMIENTO DEL AGUA.

El tratamiento de aguas negras es un proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso del tratamiento empleado. Una vez completado todo el proceso de tratamiento, es necesario disponer de los líquidos y los sólidos que se hayan separado.

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de aguas negras, todos pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes.

- 1) Tratamiento preliminar.
- 2) Tratamiento primario.
- 3) Tratamiento secundario,
- 4) Cloración.
- 5) Tratamiento de los lodos.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

En la mayoría de las plantas, el tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer mas fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento.

Los dispositivos para el tratamiento preliminar son los siguientes:

- Rejas de barras finas.
- Desmenzadores, ya sea molinos , cortadores o trituradores.
- Desarenadores.
- Tanques de preaereacion

TRATAMIENTO PRIMARIO

Por este tratamiento se eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras, o sea aproximadamente 40 a 60 %, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos elementos químicos en los tanques primarios se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, en un total de 80 a 90% de los sólidos suspendidos. La actividad biológica en las aguas negras durante este proceso, tiene escasa importancia.

El propósito fundamental de los depósitos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad del agua para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de tanques de sedimentación. Estos pueden dividirse en cuatro grupos fundamentales que son:

- Tanques sépticos.
- Tanques de doble acción, como son los de Imhoff y algunas otras unidades patentadas.
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- Clasificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

Cuando usan productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares, que son:

- Unidades alimentadoras de reactivos.
- Mezcladoras.
- Floculadoras.

En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga de efluentes a las aguas receptoras, sin que se interfiera el uso adecuado subsecuente de dichas aguas.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Este se da cuando con el tratamiento primario no se logra eliminar los sólidos de manera suficiente que permitan su adecuado uso posterior. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos estables.

Este tratamiento es comparable a la zona de recuperación de la autopurificación de una corriente.

Los dispositivos que se usan son los siguientes:

- 1.- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria
- 2.- Tanques de aireación:
 - a) Lodos activados con tanques de sedimentación simples
 - b) Aireación por contacto.
- 3.- Filtros de arena intermitentes
- 4.- Estanques de estabilización.

CLORACION

Este es un método de tratamiento que puede emplearse para muy diversos propósitos, en todos los procesos de un tratamiento de aguas negras y aun antes del tratamiento preliminar.

Propósitos:

- 1.- Desinfección o destrucción de organismos patógenos
- 2.- Prevención de la descomposición de las aguas negras para:
 - a) Controlar el olor
 - b) Protección de las estructuras de la planta.
- 3.- Como auxiliar en la operación de la planta para:
 - a) la sedimentación.

- b) En los filtros goteadores.
- c) El abatimiento de los lodos activados.

4.- Ajuste al abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno.

TRATAMIENTO DE LOS LODOS.

Los lodos de las aguas negras están constituidos de por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa de ellos. Mientras que en algunos cuantos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a tratamientos, y generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes.

Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero de ellos eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos y , en segundo lugar, para que se descompongan todos los sólidos orgánicos putrecibles transformándose en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Esto se logra con la combinación de dos o mas de los métodos siguientes:

1. Empesamiento
2. Digestión, con a sin aplicación de calor
3. Secado en lechos de arena, cubiertos o descubiertos
4. Acondicionamiento con productos químicos.
5. Elutriación
6. Filtración a vacío
7. Secado aplicando calor
8. Incineración
9. Oxidación húmeda
10. Flotación con productos químicos y aire
11. Centrifugación.

1.4.- PROPIEDAD DE LOS LODOS

1.4.1.- PROPIEDADES FISICAS.

Los lodos de origen primario o secundario se presentan en forma de un líquido que contiene partículas no homogéneas en suspensión. Su volumen representa del 0.05 al 0.5% del volumen de agua tratado para los lodos frescos, mientras que es ligeramente inferior para los lodos activados y otros

procedimientos biológicos. El agua aumenta el volumen de los lodos, sobre todo su peso, en aproximadamente un 10%.

El color de los lodos varía entre el pardo y el gris, y su olor es a menudo desagradable puesto que se trata de productos fácilmente fermentables y existe un inicio de descomposición.

Es necesario conocer para su tratamiento ulterior, varios parámetros que definirán su capacidad de deshidratación y filtración.

a).- Contenido de materia seca.

Se trata de medir el peso del residuo seco después de su calentamiento a 105 oC, hasta peso constante; se le expresa generalmente como un porcentaje, que varía de 3 a 8 % de materia seca.

b).- Contenido de materia volátil.

Se mide este valor por la diferencia entre el peso de lodo seco (a 105 oC) y el del mismo lodo después de que se caliente hasta peso constante a 550 oC. Este contenido varía de un 60 a un 85% de la materia seca.

c).- Contenido de agua intersticial.

El agua contenida en el lodo se presenta bajo dos formas:

- Agua libre que se elimina fácilmente por filtración o decantación.
- Agua ligada, contenida en las moléculas químicas, las sustancias coloidales y las células de materia orgánica que no se puede eliminar sino por el calor.

Se mide la proporción entre el agua ligada y el agua libre por la pérdida de peso a temperatura constante en función del tiempo. Así se obtiene una curva termogravimétrica que suministra la velocidad de evaporación en función de la sequedad del lodo.

d).- Viscosidad.

Los lodos no son líquidos; su viscosidad se mide en función de la contracción por sizallamiento. Esta viscosidad permite definir sus caracteres tixotrópicos (capacidad de constituirse en una masa en estado de reposo y a volverse fluido después de la mezcla), lo que es importante para su transporte.

e).- Carga específica.

Este parámetro permite la capacidad de decantación de los lodos, se expresa en Kg/m²/d; es la cantidad de materia seca decantado por unidad de superficie. Esta carga depende del contenido de materias volátiles.

f).- Resistencia específica.

Se trata aquí de medir la capacidad de filtración de los lodos bajo una presión dada.

g).- Compresibilidad.

Cuando se incrementa la presión en la parte superior de un filtro, se obtiene un aplastamiento de la torta y aumento a la resistencia a la filtración.

h).- Poder calorífico.

El contenido de materia orgánica de los lodos les proporciona a éstos una capacidad de combustión que no es despreciable, lo que permite su incineración. Se definen dos poderes caloríficos:

- El poder calorífico inferior PCI, que es la cantidad de calor desprendida en la combustión completa de un kilo de lodos.
- El poder calorífico superior PCS, que es la cantidad de calor desprendida en la combustión completa de un kilo de lodos, suponiendo que toda el agua que se desprende en la combustión se encuentra en estado condensado en los productos de la combustión.

Estos dos poderes caloríficos se expresan en kilocalorías por kg de lodo o de materia volátil; para el cálculo de los hornos de incineración, sólo se tiene en cuenta el PCI, el cual tiene un valor de 4500 a 5500 kcal/kg de MV.

1.4.2- PROPIEDADES QUIMICAS

a).- Materia orgánica.

Corresponde a la materia volátil que se acaba de describir y, habrá de 60 a 85% de la materia seca.

b).- Elementos nutrientes.

Se trata del contenido de nitrógeno total, fósforo (expresado como P₂O₅) y Potasio (expresado como K₂O). Son sustancias que favorecen el crecimiento de las plantas y que tienen por consiguiente mucha importancia para la utilización agrícola de los lodos, ya sea esparciéndolos o mezclándolos con los desperdicios domésticos

c).- Microcontaminantes orgánicos.

Son sustancias que pueden tener una acción negativa sobre el tratamiento de los lodos y sobre su utilización en la agricultura. Se trata generalmente de productos químicos de síntesis que se utilizan comúnmente y que se encuentran en las aguas domésticas de desecho. Se hallan particularmente contenidos importantes de detergentes y medicinas (especialmente antibióticos que actúan sobre la flora de los lodos).

d).- Microcontaminantes minerales.

Los lodos contienen numerosos elementos minerales, algunos de ellos tienen una acción positiva sobre las plantas o sobre el alimento de los animales; sin embargo otros tienen una acción negativa sobre el uso posterior de las aguas negras por ejemplo el boro y el cobre. Resulta, pues, indispensable conocer el contenido antes de la utilización agrícola de los lodos.

e).- Vitaminas.

El hombre consume muchas vitaminas que contienen los alimentos o las medicinas que toma, pero el organismo humano no utiliza sino una parte de ellas, el resto se elimina entonces por la orina y las materias fecales y se encuentra en las aguas de desecho.

1.4.3.- PROPIEDADES BIOLÓGICAS.

Las aguas de desecho contienen una flora y una fauna variadas que se encuentran en parte en los lodos. El tratamiento biológico de las aguas de desecho modifica la composición biológica por la multiplicación de ciertas especies en detrimento de otras.

a).- Bacterias.

Se cuentan numerosos tipos de bacterias en los lodos; una parte de ellos es de origen fecal y algunas provienen de portadores de gérmenes; por consiguiente pueden ser patógenos.

Las bacterias se pueden dividir en clases:

- **Aerobias estrictas**, que sólo se desarrollan en presencia del aire; son numerosas en los lodos activados.
- **Aerobias facultativas**, que pueden desarrollarse en anaerobiosis por el consumo de oxígeno contenido en la materia orgánica (por ejemplo, aeromonas).
- **Anaerobias estrictas**, cuyo desarrollo no se efectúa sino en anaerobiosis (por ejemplo, Clostridium).

El tratamiento biológico de los lodos favorece el desarrollo de ciertas bacterias en detrimento de las otras y su almacenamiento permite a los organismos anaerobios desarrollarse.

Los microorganismos patógenos se encuentran generalmente en los lodos y en las afluentes; por lo tanto, es preciso tener cuidado de eliminarlos de ambos elementos.

b).- Virus.

Se encuentran enterovirus, adenovirus y reovirus absorbidos sobre la materia sólida de los lodos, en una proporción no despreciable (alrededor del 30% de la muestra de lodos): No es fácil tener éxito en su eliminación; sin embargo, según la utilización ulterior de los lodos debe ser motivo de preocupación.

c).- Parásitos.

Se encuentran numerosos parásitos en los lodos, de origen fecal o telúrico; se trata de huevos de áscaris, tricocéfalos, helmintos, tenias o duelas hepáticas, o de formas enquistadas de giardia o tricomonas. Su eliminación es mucho más difícil puesto que estos parásitos toman una forma vegetativa cuando las condiciones

les son hostiles, mientras que se desarrollan cuando se encuentran en los animales de sangre caliente o en el hombre.

d).- Hongos.

Se trata especialmente de las levaduras y los saprófitos que están normalmente presentes en el aire; por lo general, no son patógenos para los animales y el hombre, con excepción de algunos que pueden llegar a serlo cuando las condiciones son desfavorables, especialmente los hongos oportunistas; por el contrario, ciertos mohos son fitopatógenos y deben ser eliminados antes de la utilización de los lodos en la agricultura, como por ejemplo, los del género *Fusarium* o los dematiáceas.

e).- Algas.

No se encuentran en gran cantidad en los lodos primarios y secundarios; por el contrario, en las lagunas naturales, gran parte de los lodos están constituidos por detritus de algas.

f).- La macrofauna.

En el párrafo "**C**" se vio que algunos parásitos son en realidad huevos de organismos nocivos para los animales y al hombre, pero también se encuentran en los lodos activados o en los lechos bacterianos, gusano, larvas de insectos, crustáceos y arañas pequeñas.

Por todo lo anterior se tendrá que realizar un análisis de los lodos físico, químico y bacteriológico antes de usarse y darle un adecuado tratamiento para eliminar todo este tipo de elementos que dañan la salud del hombre.

2.- TRATAMIENTO DE LOS LODOS.

Los lodos recolectados a la salida de los tanques de decantación de una planta de depuración contiene una gran cantidad de agua (hasta un 99%), lo que supone la manipulación de grandes cantidades de agua para toda operación de transporte; no obstante, esto tiene la ventaja de permitir la circulación en las tuberías de diámetro pequeño sin riesgo de obstrucción. El tratamiento de los lodos de origen urbano tiene un triple propósito:

- Disminución del volumen por eliminación de tanque.
- Estabilización por mineralización de la materia orgánica.
- Eliminación de los gérmenes patógenos.

Los procedimientos presentados a continuación se utilizan para uno u otro de dichos objetivos y a veces para dos de ellos.

2.1.- PROCEDIMIENTOS DE DESHIDRATACION.

Estos procedimientos permiten separar una parte del agua a fin de obtener lodos mas espesos y por lo tanto de un volumen menor. Se dispone de diversas técnicas, mecánicas o físicas que se pueden aplicar a los lodos provenientes de los decantadores, pero es preferible hacerlos proceder de un acondicionamiento químico o térmico a fin de mejorar el rendimiento o de disminuir el tiempo de retención del lodo.

2.2.1.- ACONDICIONAMIENTOS PREVIOS DE LOS LODOS.

Los lodos urbanos contienen sustancias coloidales y mucilaginosas cuyas propiedades electroquímicas favorecen la relación del agua entre las partículas sólidas, por lo que impiden la separación de los sólidos del líquido. Estos inconvenientes se contrarrestan desestabilizando los coloides por medio de procedimientos físicos (nutrición o tratamiento térmico) o químico (floculación).

a).- ELUTRIACION (PURIFICACION POR LAVADO)

Las materias coloidales se eliminan por lavado, o ELUTRIACION, DE LOS LODOS, UTILIZANDO EL AGUA LIMPIA; SI FUERA NECESARIO, ESTE PROCEDIMIENTO PERMITE TAMBIEN LLEVAR EL PH A LA NEUTRALIDAD; además, el oxígeno disuelto en el agua retarda las fermentaciones anaerobias que se podrían producir.

La separación de las materias sólidas es acelerada por este procedimiento, ya se trata de decantación o de filtración, pero si hay una buena cantidad de agua y una mala calidad de la misma, hay que recircularla antes de que pase a la planta de purificación.

La elutriación disuelve una parte de las sustancias nitrogenadas, lo cual lleva una disminución de las cualidades agrícolas de los lodos. Se supone que la elutriación con agua ligeramente pura permitiría eliminar una parte de los metales presentes en los lodos, pero no hay nada en la literatura que apoye dicha hipótesis.

b).- FLOCULACION.

La adición de productos que tengan propiedades electroquímicas favorece la desestabilización de los coloides por coagulación y formación de flóculos más fácil decantables o filtrables. Los productos usados comúnmente son sales minerales y polielectrólitos naturales o sintéticos, las sales de los metales bi o trivalentes (hierro o aluminio) bajo la forma de sulfatos, cloruros o cloruro sulfatos, dan resultados bastante buenos; no son costosos pero hacen mas pesados los lodos y no siempre dan buenos resultados en la agricultura; actualmente el sulfato ferroso se usa cada vez más como agente de floculación o coagulación y que se trata de un subproducto de la fabricación del óxido de titanio.

Los polielectrólitos naturales o sintéticos son macromoléculas cuyas propiedades electrolíticas les confieren reacciones amiónicas, catónicas o anfotóras.

Su rendimiento es mejor que el de las sales metálicas y sobre todo, las cantidades de lodos producidas no son demasiado importantes en volumen ni en peso. Para compensar las ventajas técnicas con las económicas generalmente se utiliza una sal mineral con un polielectrolito. Los polielectrólitos catiónicos dan buenos resultados con los lodos ricos en materia orgánica, como son los lodos de origen urbano.

La selección del producto que se ha de utilizar se debe hacer en función de varios factores:

- a) Influencia del producto sobre los tratamientos anteriores.
- b) Consecuencias sobre la utilización final del lodo.
- c) Costo del reactivo.
- d) Calidad del agua separada del lodo.

Los agentes de floculación también se utilizan en el tratamiento del agua. El tratamiento de los lodos con cal favorece la decantación, pero actúa esencialmente en el sentido de la estabilización de los lodos; se han utilizado ciertos productos poco costosos (que provienen a menudo de la recuperación) y que, sin poseer las propiedades electrolíticas de los coagulantes, favorece la decantación o la filtración de los lodos; se tiene, como ejemplos, las cenizas de la incineración de los lodos o de los desperdicios domésticos, los polvos de las fábricas de cemento, el aserrín o el carbón, este último producto posee propiedades absorbentes nada despreciables para la calidad del agua extraída de los lodos.

c).- TRATAMIENTOS TERMICOS.

• CONGELACION

Se trata de un procedimiento poco utilizado en los países Europeos, con poco porvenir ya que el costo de frigoríficas (unidades térmicas de frío) es mas elevado que el de las calorías; no obstante, en ciertos casos se puede disponer de gas líquido o de fluidos frigoríficos poco costos o de recuperación. Los resultados son interesantes para la centrifugación.

En la práctica, se inyecta un gas licuado (generalmente procedente del butano), y se congela el agua de los lodos bajo la forma de agujas de hielo, los cuales se desplazan al centro de una centrifuga; al elevarse la temperatura, las partículas sólidas y el agua quedan bien separadas.

d).- TRATAMIENTO CON CALOR

La acción del calor sobre los lodos tiene varios efectos:

- Coagulación de las partículas coloidales.
- Evaporación del agua, tanto más importante cuánto más se eleve la temperatura y mayor sea la superficie de contacto.
- Desinfección de los lodos.

Las partículas coloidales y la materia orgánica contenidas en los lodos sufren modificaciones: solubilización de ciertas partículas sólidas y precipitación de partículas disueltas, según el P.H. Estas transformaciones son irreversibles.

El tratamiento se lleva a cabo por inyección de vapor, por intercambio término con el vapor de agua o la cocción a presión.

La solución del procedimiento depende sobre todo de consideraciones económicas, pero también de instalaciones de los dispositivos, según el espacio disponibles.

El calor permite, por una parte, la solubilización de las sales de los metales pesados, lo que resulta interesante para el uso agrícola de los lodos, y por otra parte, como se verá posteriormente, con la eliminación de todos los microorganismos, ya no habrá riesgo alguno de infección de putrefacción y de generación de malos olores. Los lodos tratados con calor se enfrían enseguida, ya sea por intercambio de calor o por inyección de agua fría.

2.1.2.- DESHIDRATACION DE LOS LODOS.

A).- LECHOS DE SECADO.

Este es un procedimiento con amplio uso en las plantas de tratamiento de aguas residuales en jalisco ya que son plantas de poca capacidad, pero se le puede aprovechar también en plantas grandes. Por razones de higiene y para no generar malos olores, se utilizan los lechos de secado para lodos muy mineralizados procedentes de una planta de oxidación total o de un dispositivo de digestión de lodos.

Los lodos se introducen en tanques poco profundo que contienen grava y arena que están provistos de un sistema de drenaje de hecho, la deshidratación de los lodos opera de dos maneras:

1. Por infiltración del agua a través del medio filtrante y la eliminación por los drenes.
2. Por evaporación. El rendimiento de estos lechos de secado depende de la naturaleza de los lodos y de las condiciones climatológicas de lugar; este procedimiento requiere una superficie de 0.1 a 0.3 m²/ habitante. Para un tiempo de retención de un mes, el rendimiento será del orden del 0.1 kg de materia seca por metro cuadrado y por día en un clima húmedo y de 0.4 kg/ms/m²/día en un clima mediterráneo. El lodo secado de esta manera se puede palear; contiene mas del 50% de materia seca y puede usarse en la agricultura; a menudo, en el curso del secado hay crecimiento de vegetación.

A veces se reemplazan los lechos de secado por lagunas; entonces se utiliza la topografía del terreno para depositar los lodos en una hondonada. En este caso no hay drenaje, la evaporación es elevada y no se evacuan los lodos. Se desarrolla una vegetación natural cuando se añaden mas lodos.

B).- DECANTACION DE LOS LODOS.

Los lodos tienen una considerable cantidad de agua (aproximadamente 95%), la cual se puede eliminar en parte por decantación, es decir, dejando reposar el líquido o produciendo una débil agitación en la masa, o bien haciendo circular los

lodos líquidos por haces de tubo o por placas inclinadas que favorecen la separación del agua.

La decantación nos permite obtener lodos que pueden palearse; este procedimiento se utiliza a menudo antes de otro tipo de tratamiento de los lodos, como filtración e incluso la centrifugación.

C).- CENTRIFUGACION DE LOS LODOS.

El principio es el mismo que el de la decantación, pero aumenta la velocidad de caída de las partículas sólidas al aumentar la aceleración por un movimiento de rotación. Los lodos se introducen en aparato de eje horizontal o vertical; la porción deshidratada o torta se recoge por rastrillaje de las paredes, mientras que el agua se elimina por la parte central. La velocidad de rotación de las centrifugas varía entre 1,500 y 5,000 revoluciones por minuto, actualmente existe la tendencia a disminuir la velocidad, y se obtiene así una torta cuyo contenido de materia seca llega a ser de 25 a 30%.

D).- FILTRACIÓN DE LOS LODOS.

La filtración tiene por objeto retornar las partículas sólidas sobre un material poroso que el agua atraviesa. El material filtrante puede estar formado por arena o por una tela (textil o metálica).

Existen varios tipos de filtros que se pueden clasificar aproximadamente como sigue:

- Filtración simple (poco utilizada para los lodos).
- Filtración bajo presión en bolsas de tela o entre rollos de tela (se utiliza a menudo).
- Filtración al vacío; generalmente a través de las mayas de un tambor. Se obtienen tortas que contienen entre un 20% y 35% de materia seca (y a veces más) obteniéndose un producto que pueda palearse.

E).- FLOTACION DE LOS LODOS.

Este procedimiento no se utiliza mucho para concentrar la materia sólida de los lodos. Consiste en introducir aire comprimido en los lodos líquidos, ya sea por inyección de burbujas de aire o bien por adición de agua sobresaturada con aire disuelto. Las burbujas rodean las partículas sólidas y permiten que se reúnan en la superficie en forma de una costra que se elimina por desnatado.

F).- DESHIDRATACION POR CALOR.

En el párrafo anterior se vio la acción coagulante del calor, pero también se puede utilizar el calor seco para facilitar la evaporación del agua intersticial de los

lodos e incluso del agua que los forma. Los lodos líquidos se introducen en un intercambiador térmico de eje horizontal o vertical; el vapor se elimina por la parte superior, mientras que los lodos secos caen a la parte inferior.

2.2.- ESTABILIZACION DE LOS LODOS.

2.2.1- ESTABILIZACIÓN BIOLÓGICA.

La composición de los lodos y la presencia de microorganismos diversos favorecen las transformaciones bioquímicas, en el seno de las cuales se efectúan procesos muy variables según la proporción de materia orgánica, la naturaleza de la flora y la fauna, así como de las condiciones exteriores. La estabilización de los lodos consiste en una aceleración de dichos procesos que favorece las transformaciones bioquímicas de una parte de los microorganismos a expensas de los otros.

a).- Digestión aerobia.

A veces se mezclan los lodos primarios con un exceso de lodos activados; estas mezclas tienden a la fermentación y para evitar esta molestia se aérea esta mezcla con aire (de un turbina o aire comprimido) o con oxígeno puro. Se observa entonces una mineralización de la materia orgánica, para formar gas carbónico, agua y nitrato. Este proceso se parece a la oxidación total pero la carga es muy importante. Este procedimiento consume energía eléctrica y nos permite la eliminación de algunos parásitos; el costo de inversión es muy elevado.

b).- Digestión anaerobia.

Este procedimiento goza en la actualidad de una gran publicidad, ya que permite la producción de gas combustible; los periodistas lo han bautizado como biogas, o bioenergías, o hasta gas de estiércol. No obstante, se trata de un antiguo procedimiento que se utiliza en las plantas de depuración grandes, como es el caso de la planta de depuración de París, Francia. La originalidad de los procesos actualmente puestos en primer plano, se debe atribuir a la materia orgánica degradable, como los desechos digestivos de los animales, la corteza de los árboles, el aserrín o las hojas muertas.

El principio en que se basa este tipo de digestión trata de favorecer el desarrollo de bacterias metaníferas que actúan en anaerobiosis sobre la materia orgánica y la descomponen con producción de metano.

El PH del lodo aumenta con el proceso de digestión y su control permite seguir la reacción dentro del digestor. Este parámetro puede ser importante para ciertos cultivos cuando se proyecta el uso agrícola de lodos.

El desarrollo de las bacterias metaníferas se produce en detrimento de otras bacterias y de otros organismos aeróbicos, pero la propiedad mas estudiada es la eliminación de los virus por la digestión de los lodos.

Los lodos procedentes de los digestores son menos ricos en ciertos elementos propicios para su aplicación. La presencia de ciertos metales pesados, que ofrecen riesgo de contaminación de las plantas cuando son aplicados, constituye una causa del mal funcionamiento de los digestores y la toxicidad crece con el PH.

2.2.2.- ESTABILIZACION NO BIOLÓGICA.

Los tratamientos fisicoquímicos que se vieron en la sección de floculación tienen a menudo aireación estabilizante sobre los lodos, lo mismo que los tratamientos térmico (por el calor o el frío) o la filtración a presión. Sin embargo existen algunos procedimientos clásicos de desinfección de los lodos, los cuales limitan su fermentación.

a).- Pasteurización de los lodos.

Todos los procesos señalados anteriormente aseguran una completa esterilización de los lodos, pero requieren temperaturas muy elevadas, mientras que la pasteurización consiste en mantenerlas, por inyección de vapor, a una temperatura del orden de 80 °C durante media hora aproximadamente; de este modo, son desinfectados pero no esterilizados; no obstante, esto es suficiente para su uso agrícola; pero por otra parte, la estabilización no es por efecto y existen riesgos de fermentación, también se eliminan los virus por este procedimiento.

b).- Tratamiento con cal.

La cal es un hidróxido de un metal bivalente, posee propiedades coagulantes para los lodos, pero además permite una desinfección de los mismos a un PH de aproximadamente 11. La importancia de dicha estabilización reside en el hecho de que en el momento de la aplicación suministra una cantidad de calcio que puede ser benéfica para el cultivo. El mayor inconveniente de este tratamiento es su costo; en efecto, se necesitan alrededor de 100 gr de CaO por kg de materia seca; a menudo se añade cloruro férrico para disminuir el costo, lo cual mejora la floculación de los lodos y por consiguiente su capacidad para la decantación o para la filtración.

c).- Tratamiento químico de los lodos.

A veces se tratan los lodos de procedencia urbana y sobre todo los desechos digestivos de los animales, por medio de productos químicos que poseen una

acción desinfectante o que bloquean los procesos de su fermentación. Por ejemplo, se utiliza el cloro o el ozono; no obstante, el primero no conviene para la aplicación de los lodos sobre los terrenos y el segundo es muy costoso.

También se pueden utilizar los derivados xilónicos o cuya acción sobre la vegetación no es nociva.

d).- Irradiación de los lodos.

La multiplicación de las centrales nucleares y de las aplicaciones técnicas que hacen uso del átomo conducen a la formación de residuos radiactivos, cuya acción ionizante se aprovecha y propicia especialmente la desinfección de los lodos. El tratamiento se efectúa generalmente con dichos residuos o con los productos puros como el ^{60}Co , en un reactor vertical en el que se introduce el elemento activo siguiendo la dirección del eje.

Este proceso se presenta como económicamente rentable, (poco viable en México o Jalisco), pero a menudo se tiene el problema referente a la procedencia de las radiaciones; además, si bien se han estudiado ampliamente los efectos de la higienización, no parece ser que se hayan abordado con frecuencia los efectos de dicha higienización.

e).- Otros procedimientos físicos.

En los laboratorios, es objeto de estudio la acción desinfectante producida por diversos procesos físico, como son ultrasonidos y los rayos ultravioletas, pero hasta ahora los ensayos permanecen en estado anecdótico.

2.3.- PRODUCCION DE COMPOSTA.

Los desechos domésticos contienen gran cantidad de materia orgánica y son ricos en elementos nutritivos y en oligoelementos. Su composición ha evolucionado mucho en el curso de las dos últimas décadas; en efecto, el alto contenido de cenizas, sobre todo en el invierno, ha disminuido mucho debido al aumento de la calefacción por petróleo y gas (mientras que el carbón y la leña son por el momento mucho menos utilizados); por el contrario, los residuos de vidrios, plásticos y metales se han vuelto muy abundantes, debido al florecimiento de la industria del empaquetado. El consumo de legumbres y de frutos aumenta con el nivel de vida, lo mismo que la utilización del papel (periódicos, correos, empaques, etc.). El contenido de materia celulósica degradable ha aumentado considerablemente. El tratamiento de los residuos domésticos consiste a menudo

en una incineración por autocombustión, que permite la recuperación de calorías para la calefacción urbana, de metales ferrosos y escoria para las carreteras.

Por lo tanto, el tratamiento biológico de los desechos domésticos se conoce de hace tiempo en muchos países. Efectivamente, a menudo se introducen en los medios agrícolas los desechos domésticos en las fosas de abono o en los "pudrideros" junto con la paja.

En un medio urbano donde las cantidades de desecho se miden en toneladas por día, necesitan instalaciones importantes que permitan un buen rendimiento de estos procesos biológicos. La composición de los lodos de depuración y su contenido de agua, que les falta a los desechos domésticos, han llevado a un tratamiento simultáneo de estos dos tipos de desechos urbanos, el cual se conoce como producción de composta.

Desde hace algunos años se contempla una evolución a este concepto de composta con respecto al tratamiento de lodos de desechos industriales con un alto contenido de materia orgánica como los residuos de las industrias agroalimentarias o del aserrado de la madera.

La producción de composta consiste en la transformación física química de la naturaleza de las sustancias contenidas en los desechos y los lodos debido a una acción aeróbica de diversos microorganismos.

Los lodos solo puede convertirse en composta cuando están deshidratados.

Las reacciones bioquímicas conducen a un aumento natural de la temperatura en el seno de la mezcla, llegando a alcanzar 60 °C y a veces más.

La presencia del agua en una proporción del 30% favorece las transformaciones biológicas, pero un exceso de agua conduce a fermentaciones anaerobias malolientes.

Una ventaja importante de la composta proviene del hecho de que los microorganismos patógenos para el hombre y los parásitos son destruidos por la temperatura alcanzada.

Para mejorar el tratamiento mediante la producción de composta de los desechos domésticos, es conveniente macerar éstos, eliminar los materiales ferrosos y, si el costo no fuera muy elevado, proceder a separar los materiales estériles (vidrio, cerámica, materiales plásticos, etc.) que pudieran encontrarse en los campos después de la aplicación, lo cual no es conveniente para el agricultor.

Un tratamiento aeróbico requiere cierta aireación del medio; esto se puede efectuar creando vacíos en el seno de la materia que se desea mezclar, o creando un movimiento de la materia por procedimientos rústicos como el volteo con pala, o por medio de tambores giratorios. El material evoluciona realmente de

tal modo que se pueden detener compuestos de composición mas regular y estabilizados. fácilmente utilizables.

De esta manera se obtiene un producto estable con poco contenido de amoniaco y cuyo contenido de sales minerales permite que sea utilizado con la agricultura.

3.- USO AGRICOLA DE LOS LODOS

La producción de lodos de origen urbano crece junto con el desarrollo de las plantas de depuración. Por otra parte, la demanda de sustancias nutrientes para el terreno y de agua para riego aumentan constantemente. Debido a estas dos condiciones económicas, nos ha movido a sugerir el uso de los lodos, ya que el costo de los abonos se ha incrementado considerablemente y en estos tiempos de crisis. Sin embargo, no se deben utilizar indiscriminadamente los lodos en la agricultura, puesto que dichos lodos no solo contienen sustancias benéficas para las plantas y el terreno y es preciso evitar el impacto a un plazo mas o menos largo, de la distribución de los lodos sobre el terreno.

3.1- APLICACION DE LOS LODOS EN EL TERRENO

Según el tratamiento aplicado a los lodos, a la salida de las plantas de depuración se encuentran lodos líquidos, pastosos, en comprimidos o en polvo; también presentan una estabilidad mas o menos grande según que hayan sido estabilizados o no.

3.1.1.- TRANSPORTE.

El primer problema que se presenta y que hay que resolver es el de llevar los lodos a su lugar de uso; de hecho en varias entrevistas efectuadas a agricultores manifestaron la posibilidad o el agrado de usarlo, sin embargo uno de los problemas, según mencionaron era el transporte.

La solución del medio de transporte dependerá no solo de la naturaleza de los lodos sino también de la cantidad que se ha de transportar y del costo unitario del transporte. En efecto, los lodos líquidos, con igual peso de sustancias nutrientes, son mucho mas voluminosos que los que están más secos, pero se prestan mejor al llenado de los albiges de almacenamiento y al transporte por tuberías: también proporcionan una buena cantidad de agua, con lo que se ahorra el riego después de la aplicación. Los lodos secos difícilmente recuperan la humedad; esto constituye un inconveniente para el terreno.

3.1.2- CLIMA.

Hay un segundo problema que es más complejo de resolver; se trata de la irregularidad de los requerimientos. La distribución de los lodos líquidos no se puede efectuar durante todo el año, sino solo cuando los cultivos están en pie, mientras que la producción de los lodos es continua; esto supone que habrá de almacenarlos en fosas de aguas de abono o en lagunas para lodos; sino, utilizarlos de otro modo (incineración o digestión):

Es evidente que la composta en polvo presenta menos problemas de almacenamiento, ya que no requiere recipiente impermeables, y el tratamiento ha permitido una estabilización biológica de la mezcla. En el caso de los lodos no estabilizados, se debe utilizar un recipiente cerrado para evitar los malos olores.

3.1.3.- APLICACION.

Las técnicas agrícolas clásicas permiten la aplicación de los lodos con un mínimo de operación.

Si se trata de lodos líquidos, un aspersor rotatorio de riego o una tolva de abonos líquidos permite repartir con bastante regularidad el lodo sobre el terreno

En el caso de sustancias en comprimidos o en polvo, se puede utilizar un sistema de aplicación de estiércol o una tolva para sortear lodos, lo que permite la aplicación superficial o profunda de los lodos (aproximadamente 20 cm. profundidad).

El riego por aspersión, aunque se utiliza con frecuencia, presenta dos inconvenientes para la aplicación de los lodos; por una parte, los riesgos de obstrucción de los orificios de diámetro pequeño por las partículas sólidas y por la otra, la formación de aerosoles portadores de gérmenes que pudieron ser peligrosos para los agricultores y para los consumidores.

Cualquiera que sea el modo de aplicación, se aconseja siempre revolver previamente el terreno para facilitar la mezcla lodo tierra, evitar la producción de olores desagradables y favorecer la introducción de semillas y de los parásitos en el suelo.

3.2.- ACCION SOBRE EL MEDIO

3.2.1.- ACCION DEL AGUA.

Cuando se vierten lodos líquidos sobre el terreno estos contienen alrededor de 95% de agua que, como toda agua que cae sobre el suelo, puede recorrer varios caminos.

- a. Infiltración en el suelo.
- b. Evaporación.
- c. Evapotranspiración de las plantas.
- d. Escurrimiento sobre el terreno.

El porcentaje de estos cuatro caminos depende de las condiciones locales.

a).- infiltración del agua en el suelo.

El factor más importante de la infiltración es la textura del suelo. Si éste es muy permeable, la mayor parte del agua se infiltra y arrastra consigo gran parte de las sales disueltas. Si, por el contrario, el suelo presenta cierta impermeabilidad, el agua se estanca sobre el suelo o se escurre; en el primer caso, se corre el riesgo de una fermentación anaerobia y el desprendimiento de gases nauseabundos; en el segundo caso, una parte de las sustancias útiles era eliminada. En general, la capa de la tierra que cubre el terreno asimila gran parte del agua, sobre todo si ha sido arada.

b).- Evaporación.

El viento, la débil humedad de aire y el calor favorecen la evaporación.

c).- Evapotranspiración.

Se trata del consumo de agua por parte de la planta y su restitución a la atmósfera. Este fenómeno es muy importante durante el período vegetativo del cultivo de que se trate. La aplicación de lodos líquidos durante este período permite devolver al suelo la totalidad, o cuando menos una gran parte, de esta agua consumida por la planta.

En el caso de los lodos deshidratados o en polvo, será necesario el riego complementario.

d).- Esguerrimiento.

La aplicación de lodos líquidos sobre terrenos en pendiente favorece el esguerrimiento de estos lodos. Se aconseja no utilizar este modo de distribución en pendientes de más del 5%. El esguerrimiento implica el arrastre de las sales contenidas en el agua, de las materias en suspensión de menor granulometría y en ocasiones la erosión del suelo.

Con las condiciones meteorológicas lluviosas aumentan aún más los riesgos de esguerrimiento desde el momento en que el terreno no está en pendiente por débil que sea o de estancamiento en el caso de un terreno lleno.

El drenaje de los suelos puede resultar necesario para las condiciones pedagógicas y climáticas.

3.2.2.- ACCION FISICOQUIMICA

Los pedagogos indican que el suelo asimila bien los lodos por el solo hecho de sus propiedades físicas (granulometría, filtración de los líquidos, etc.), pero también por sus propiedades físico químicas.

a).- Intercambio de iones.

Los suelos poseen la propiedad de intercambiar los cationes, lo cual tiene gran importancia en la retención de los metales contenidos en los lodos; estos metales se intercambian con iones más libres, como el sodio, el calcio o el aluminio por el contrario, los aniones no experimentan apenas intercambio y se encuentran en las capas inferiores, como los nitratos no utilizados por las plantas.

b).- El efecto amortiguador.

El carácter aleatorio de los suelos les confiere un poder de amortiguación; esto implica un cambio en el PH de los lodos, y la solubilidad de los metales pesados se inhibe en el caso de un PH neutro casi neutro. Se recomienda evitar la aplicación de los lodos en suelos cuyo PH sea inferior a 6.

c).- Presencia del aire en el suelo.

El aire introducido por la labranza de los suelos o por capilaridad permite las reacciones de oxidación de sustancias contenidas en los lodos, por acción de los microorganismos aerobios contenidos en el terreno.

d).- Nitrificación-desnitrificación.

Las sustancias nitrogenadas proporcionadas por los lodos representan del 2 al 6 % de la materia seca; se trata esencialmente de materia orgánica. Las bacterias del suelo utilizan el nitrógeno asimilable para desarrollarse y por medio de mecanismos complejos aseguran la mineralización de los compuestos nitrogenados: primero a amoníaco, después a nitratos y a veces hasta nitrógeno gaseoso. Es el fenómeno de nitrificación-desnitrificación que ya se ha realizado parcialmente durante el tratamiento de los lodos, en particular en la digestión de los mismos y en menor proporción en el proceso de lodos activados.

Estas reacciones tienen la ventaja de reducir la proporción de materia orgánica en los lodos y por consiguiente en el terreno, pero incrementan el contenido de nitritos, nitratos y amoníaco en el terreno, así como los riesgos de contaminación por infiltración en las capas acuíferas y de los cauces de agua por erosión.

No obstante, el nitrógeno mineral es más asimilable por las plantas, las cuales consumen gran parte de él en el transcurso de su vida vegetativa.

3.2.3.- ACCIÓN SOBRE EL MEDIO

A continuación se hace un resumen de los principales riesgos que presenta la aplicación de los lodos para el medio natural.

a).- Atmósfera.

Se trata esencialmente de la proliferación de los malos olores en el caso de condiciones anaerobias. El transporte de aerosoles que contienen gérmenes patógenos afecta principalmente el ambiente inmediato del trabajador que efectúa la aplicación por aspersión.

b).- Suelo.

El suministro de nitrógeno, fósforo y sustancias extrañas (contaminantes minerales u orgánicos) y la presencia de microorganismos patógenos e inofensivos así como de parásitos, modifican las condiciones biológicas del suelo. Por lo general se afirma que el suelo constituye un buen filtro pero en su superficie retiene contaminantes y microorganismo.

c).- Agua.

El arrastre por percolación a través del terreno, o por escurrimiento produce una contaminación nada despreciable de las aguas subterráneas y superficiales, especialmente en el caso del nitrógeno y los microcontaminantes minerales. El riesgo de arrastre de microorganismos es evidente en las aguas superficiales pero es prácticamente inexistente en el caso de aguas subterráneas.

3.3.- ACCION SOBRE LOS CULTIVOS

3.3.1- NUTRIENTES.

Los lodos tienen ciertos nutrientes que son útiles para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Las cantidades varían según el lodo, su origen y su modo de tratamiento.

Parece ser que las plantas de cultivo más favorecidas por la presencia del nitrógeno son las herbáceas y el maíz después los cereales.

El fósforo, presenta en menor cantidad que el nitrógeno.

En cuanto a los otros tres elementos (potasio, calcio y magnesio), se puede decir que las plantas los utilizan mas bien como oligoelementos que como elementos de desarrollo.

3.3.2.- MICROORGANISMOS.

Los suecos, como los lodos, contienen un número muy elevado de gérmenes inofensivos, pero junto con éstos están concentrados los de origen fecal, que son, desde luego, dañinos para el hombre y los animales.

Estudios han revelado que las aguas de los desechos de los hospitales y de los mataderos y hasta las de inyecciones de los animales, constituyen un factor de transmisión de enfermedades vírales y bacteriales y que algunas de ellas están consideradas como enfermedades de profesión de los obreros que manipulan los efluentes y los lodos (brucelosis, leptospirosisictero - hemorrágica o tétano).

La mayoría de los estudios efectuados sobre la evaluación de los riesgos para el hombre y los animales se han encontrado en la supervivencia de los organismos patógenos del suelo.

Quedan dos problemas difíciles de resolver: los parásitos, algunos de los cuales permanecen en el suelo durante algunos años y los virus cuyos estudios en el laboratorio no presentan actualmente más que un enfoque parcial debido a la dificultad de realizar las observaciones.

Se dispone de dos procedimientos para disminuir los riesgos:

1. La estabilización de los lodos por digestión, pasteurización o irradiación.
2. La desinfección de los suelos, que consiste en introducir vapor de agua en el terreno antes de sembrar o después de cosechar.

En algunos países, no está autorizado cultivar sobre lodos de origen urbano legumbres y frutas que se consumen sin previa cocción, como los vegetales para ensalada. Los riesgos no parecen tener igual importancia en el caso de los lodos digeridos y la composta.

3.3.3.- MICROCONTAMINANTES.

Los lodos contienen, en poca cantidad, varios productos que pueden ser tóxicos para las plantas (el boro, por ejemplo) o presentar inconvenientes o hasta ser peligrosos para el hombre, a través de las plantas (el cadmio por ejemplo).

a).- MICROCONTAMINANTES ORGANICOS.

Los análisis de las plantas indican, la mayoría de los casos, un cierto contenido de plaguicidas; su origen no se debe a los lodos aplicados sino al tratamiento intensivo de algunos cultivos.

Los detergentes tienen amplio uso en las tareas domésticas y presentan algunos inconvenientes en el caso de los lodos. Primeramente, los tensoactivos perturban la digestión anaerobia de los lodos, influyen en las propiedades de intercambio de iones del terreno y finalmente ejercen una acción letal sobre microorganismos y las plantas. Los productos comerciales contienen aditivos tales como el fósforo, al que se le han atribuido dichas propiedades; además se tiene el boro.

Los polielectrolitos, muy utilizados en la deshidratación de los lodos, presentan propiedades electroquímicas que podrían influir en las propiedades fisicoquímicas del suelo, pero en la literatura no se indican efectos negativos en el uso de lodos coagulados por los polielectrolitos.

b).- MICROCONTAMINANTES MINERALES.

Se trata esencialmente de los llamados metales pesados; estos metales se han estudiado ampliamente en el laboratorio y en el terreno debido a su papel en el desarrollo de los cultivos irrigados por los lodos, sean o no líquidos.

Algunos de estos elementos se encuentran naturalmente en el suelo como el cobre, hierro, zinc, etc., y son indispensables para el crecimiento de las plantas, mientras que otros son introducidos por el hombre y pueden tener consecuencias desfavorables.

3.4.- OTROS USOS AGRICOLAS

3.4.1.- APLICACION DE LODOS EN LOS BOSQUES

Propiamente los bosques no son cultivos y sus productos, (madera, follaje) no se incluyen por lo general en la cadena alimenticia de los mamíferos y del hombre y sus necesidades de agua son diferentes a la de las plantas. Algunos artículos señalan la valorización de los lodos de origen urbano y las compostas, como abono para los bosques, pero no se señalan ningún resultado.

3.4.2.- REVERDECIMIENTO DE LAS TIERRAS ESTERILES. (RELLENO DE BASUREROS).

La industria causa daños graves al medio; tanto en la literatura como a simple vista hay ejemplos de contaminación de ríos, montes friáticos, suelos y más, pero existe otro daño que, aunque menos peligroso, no es menos desagradable; los depósitos antiestéticos. En este sentido los lodos pueden cubrir áreas que en otros tiempos fueron usados para desechos, por lo que se convertiría un suelo inútil y fértil, listo para la agricultura, (rellenado de basureros).

3.4.3.- ALIMENTACION DE LOS ANIMALES

Ciertos alimentos útiles a la alimentación del ganado, como el calcio, fósforo y algunas vitaminas, se encuentran en lodos de origen urbano, durante los últimos veinte años se han realizado ensayos que demuestran que las gallinas alimentadas parcialmente con lodos crecen con mayor rapidez y ponen más huevos que las otras. (tema de tesis).

Sin embargo, parece ser que no se ha realizado ningún estudio concerniente a los riesgos de contaminación bacteriana y viral para los animales y, por lo tanto, para el hombre.

El costo de los alimentos industriales para los animales ha aumentado en una excesiva proporción desde hace algunos años, pero eso no parece ser suficiente

para vencer la resistencia de los criadores al uso de los lodos como alimento... y menos aún la de los consumidores.

4.- GUÍA PARA LA APLICACION AGRICOLA DE LOS LODOS

4.1.- NORMA MEXICANA (LEGISLACION)

Los serios problemas involucrados en la disposición de las aguas negras y otros desperdicios por medios adecuados y eficaces que eliminen toda molestia, sin violar los derechos y bienestar de los individuos y de las comunidades, ha dado lugar a que se establezcan leyes y reglamentos que gobiernan tal disposición. (ver tabla de parametros).

4.2.- ESTUDIOS PREVIOS REFERENTES A LA APLICACION

4.2.1.- ACUERDO ENTRE EL PROVEEDOR Y EL USUARIO.

El agricultor necesita abonos para mejorar la producción de los cultivos y desde hace algunas décadas se han puesto a su disposición productos químicos de composición constante, sin riesgos sanitarios y de una gran facilidad de empleo. Desde hace mucho tiempo el agricultor ha abandonado a menudo el uso de estiércol y no siempre se preocupa de utilizar los residuos animales o humanos para abonar sus campos. Sin embargo, dos factores han venido desde hace algún tiempo a abogar en favor de los llamados abonos "**orgánicos**": por una parte, el costo de los abonos ha aumentado considerablemente, al punto de ser incosteable su utilización y por otra parte el temor de que ocurra un empobrecimiento de los suelos a largo plazo por falta de humus.

El abono orgánico producido cerca del lugar de utilización parecería ser por consiguiente, una buena solución para el usuario, pero hay que tener en cuenta unos cuantos factores:

- La composición de los lodos.
- Su grado de estabilización.
- Los medios sanitarios (desinfección).
- Las condiciones de empleo (líquidas o comprimidas, puesta en sacos).
- El costo de adquisición y de utilización.

Para el administrador de la planta de depuración los lodos son un producto del que debe deshacerse a un costo mínimo; además, a menudo olvida hacer un inventario y no conoce el producto que quiere entregar. En estas condiciones, no es nada sorprendente que el agricultor dude de un producto que se le asegura ser benéfico para los cultivos, pero que para la administración de la planta parece ser más importantes deshacer de él.

Lo anterior podría tener de entrada ventajas para el agricultor ya que le permitiría adquirirlo sin gran costo.

Por ejemplo en algunos lugares de Francia (donde se han hecho los estudios más importantes), los lodos se deshidratan y se almacenan en un lugar accesible donde los agricultores pueden ir a buscarlo cuando lo necesiten; y parece ser que ésta es una propuesta aceptada por todos.

Por consiguiente, se necesita que haya voluntad tanto de productos como del agricultor, pero sobre todo es necesario ofrecer un producto aceptable por los agricultores, es decir:

- De composición conocida.
- De fácil empleo.
- Sin riesgos patógenos.

4.2.2.- EL SUELO

Esta fase de estudio preliminar es muy importante para el acondicionamiento posterior de los lodos y para las condiciones de aplicación.

El primer punto que se debe estudiar con ésta técnica es, evidentemente, la composición del suelo, a fin de conocer su valor agronómico y sus carencias; en el caso de un suelo ácido, por ejemplo, se podrán utilizar lodos tratados con cal. Esta es la función de los laboratorios especializados en agricultura como es el de la facultad de agronomía de la Universidad de Guadalajara.

Requerimiento de los cultivos

Elementos más importantes:	Nitrógeno	(N)	50 - 200 kg/ha
	ácido fosfórico	(P ₂ O ₃)	30 - 80
	potasa	(K ₂ O)	60 - 300
Elementos secundarios:	calcio	(Ca)	20 - 200 kg/ha
	magnesio	(Mg)	9 - 24
	azufre	(S)	5 - 27
Oligoelementos: (elementos menores)	hierro	(Fe)	1000 - 2000 g/ha
	manganeso	(Mn)	50 - 700
	cobre	(Cu)	25 - 125
	cinc	(Zn)	80 - 500
	boro	(B)	20 - 350
	molibdeno	(Mo)	5 - 20

Normas de los abonos

<u>Cultivos</u>	<u>Producción (q/ha)</u>	<u>Normas del abono (kg/ha)</u>		
		<u>N</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>
1. Prados de siega (4 a 5 cortes)	125 MS	150-220	100	300
2. Prados de heno	100 MS	hasta 120	80	240
3. Cereales 120	40-50 granos 40-70 de paja	+ 40 - 110		70
4. Cultivos intermedios	35 MS	hasta 60	40	110
5. Maíz	600 materia fresca	00-150	100	210
6. Colza	30 granos + la paja	100-150	90	150
7. Papa	400 tubérculos x 100 hojas.	hasta 140	100	300

Remolacha 500 raíces + 400 hojas

Reglas generales para la utilización de los lodos

A. Cantidad que hay que aportar para cada aplicación (física del suelo - protección de las aguas)

<u>Suelo</u>	<u>m3/ha</u>
ligero y permeable	25
mediano	40
pesado	60

Respetar las instrucciones del documento de abonos y medio ambiente (suelos helados, suelos en pendiente, suelos saturados de agua, fuentes etc.)

- B. 1. Calcular el aporte de los lodos en función de las necesidades de los cultivos. Evitar los excesos de N y P2 O5, los cuales se encontrarían en las aguas de drenaje y escurrimiento.
2. Los abonos por rotación no se practican en la Suiza de lengua francesa (grandes aportes cada 2, 3 a 4 años).
3. Por el gran contenido de calcio de los lodos se aconseja tener cuidado al utilizarlos en suelos calcáreos.
4. El alto contenido de elementos finos puede llevar a contrariedades por estancamiento en terrenos pesados.

El segundo punto será el de determinar la vulnerabilidad del nivel freático o de las aguas superficiales. En efecto, la textura del suelo puede favorecer una infiltración rápida, del agua contenida en los lodos, y de las sales minerales en caso de que los lodos no estén deshidratados; la pendiente del terreno favorece el escurrimiento del agua y de los lodos y conduce a la erosión del suelo y al arrastre de partículas sólidas y sales minerales hacia los puntos bajos donde se encuentran por lo general las corrientes de agua, una laguna o un lago.

La exposición del suelo al sol o al viento podrá favorecer la aplicación bastante líquida para compensar la evaporación que acompaña a la evapotranspiración de las plantas

4.2.3.- LAS PLANTAS

Los requerimientos de nitrógeno y fósforo por las plantas varían de una y otras, y el uso de lodos pobres en fósforo pueden ser convenientes para ellas; asimismo, el contenido de ciertos oligoelementos tendrá o no efectos benéficos según las plantas consideradas.

La utilización de las plantas reviste también gran importancia: la aportación de metales pesados o la presencia de microorganismos patógenos, no son dañinos para la aplicación de los lodos en los bosques, pero resulta peligroso para las plantas de cultivo.

Es preciso prever los fenómenos de acumulación presentados anteriormente en este documento

Lodo-----hierva-----animal-----hombre.

4.2.4.- LOS LODOS

No se debe olvidar que las plantas de depuración de las poblaciones de pequeña o media importancia también reciben aguas industriales de desechos (Cd. Guzmán, Sn Juan de los Lagos, Lagos de Moreno, Tepatitlán, etc.) que acarrearán contaminaciones complementarias y especialmente ciertos metales pesados, nocivos para los vegetales como el boro, o para los consumidores de las mismas, como el Cadmio. Es preferible limitar al máximo el aporte de microcontaminantes, ya que es fácil remediar una carencia por medio de un abono específico. Por consiguiente, es importante saber lo que forma parte de la red de desinfección, cuáles son las consecuencias del uso de los lodos y tratar de encontrar una solución para evitar la introducción de elementos letales en las aguas de desecho; dicha solución se puede lograr exigiendo a la o las industrias responsable que afecte un tratamiento preliminar de sus aguas.

4.3.- SELECCION DE UN METODO DE TRATAMIENTO.

El estudio previo del terreno permite determinar la cantidad de agua que se debe aportar junto con los lodos y, en consecuencia, el grado de espesamiento o deshidratación necesaria.

A continuación se revisarán las diferentes fases de la depuración del agua y del tratamiento de los lodos, desde el punto de vista particular del uso futuro de los mismos sobre un terreno cultivado.

4.3.1.- TRATAMIENTO DE AGUAS URBANAS DE DESECHO

a). EL tratamiento preliminar.

Las partículas sólidas de grandes dimensiones (superiores a 5 mm) que se encuentran generalmente en aguas de desecho (residuos de metales, materiales, plásticos, trapos...) y las sustancias flotantes como los aceites o las grasas, se deben separar de los lodos primarios producidos cuando se efectúe el tratamiento preliminar y el tratamiento mecánico de las aguas de desecho. Se pueden mezclar con los desechos domésticos.

Esta precaución impide que se introduzcan en los campos de cultivo diversos objetos que son difícilmente degradables y que hacen que los lodos sean poco apreciables por los usuarios.

b). Floculación.

Para facilitar la decantación de las partículas en suspensión de los afluentes urbanos, por lo general se añade una sustancia que tenga propiedades electroquímicas que favorezcan la aglomeración y aumenten la velocidad de precipitación.

La selección de estos productos reviste una gran importancia para las cualidades agronómicas de los lodos. En efecto, el aporte de hidróxidos metálicos o de sales de metal di o trivalentes, sin ser peligrosos, modifican los intercambios agua, suelo, planta y aumentan el volumen de los lodos. La adición de la cal aumenta el PH de los lodos decantados e impide su uso en suelos neutros o básicos; por el contrario, el aporte de calcio puede resultar interesante en algunos casos. Los polielectrólitos disminuyen considerablemente el volumen producido de los lodos, y no parece producir grandes perturbaciones a nivel de los suelos y de las plantas. Estos productos poseen otra ventaja: nada despreciable; si los lodos se transportan por una tubería, reducen la fuerza de fricción y favorecen el flujo.

En algunas plantas de depuración se utilizan sales o hidróxidos metálicos junto con los polielectrólitos, lo que reduce el volumen de los lodos y trae consigo un costo de explotación menos elevado.

c) Tratamiento biológico.

Los lodos activados, los lechos bacterianos y los discos biológicos proporcionan lodos que contienen elementos minerales y materia orgánica que el suelo necesita; sin embargo, los lodos así producidos dan lugar a fermentaciones, por su fuerte contenido de elementos biodegradables y la presencia de numerosos microorganismos. El procedimiento por aireación prolongada proporciona lodos más estables que se pueden depositar directamente en los lechos de secados después del empesamiento. Este procedimiento se usa a menudo en las pequeñas plantas de depuración.

d) Tratamiento terciario.

La eliminación del nitrógeno y del fósforo por la vía fisicoquímica o biológica permite obtener lodos de buena calidad agronómica, ya que contienen sales nutrientes, pero generalmente en cantidades muy bajas.

4.3.2.- TRATAMIENTO DE LOS LODOS

Los lodos pasan por tratamientos de deshidratación y estabilización antes de ser devueltos al medio natural, o ser utilizados con fines agrícolas o energéticos.

a).- Estabilización de los lodos.

Esta forma de tratamiento ya vista en capítulos anteriores, consiste ya sea en forzar la evolución de los lodos hasta llegar a una mineralización muy avanzada, es decir, la digestión; o bien en una interrupción de la vida en el seno de los lodos, es decir, la estabilización fisicoquímica.

DIGESTION DE LOS LODOS.

Se puede estimular la vida de los microorganismos presentes en los lodos mediante una aireación que favorezca la mineralización de las materias orgánicas y la proliferación de los organismos aerobios, hasta obtener lodos con un contenido no despreciable de oxígeno y biológicamente estable. El consumo de energía de este procedimiento no permite contemplar su utilización de manera sistemática para los lodos de origen urbano.

La digestión anaerobia de los lodos se utiliza mucho en las plantas de depuración de mediano o gran tamaño: consiste en una descomposición de la materia orgánica bajo techo, a fin de obtener metano. Desde el punto de vista teórico, esta operación luce muy atractiva puesto que permite que se establezcan los lodos y además genera un gas combustible; sin embargo, su uso presenta algunos problemas, de los cuales unos son más difíciles de resolver cuando la instalación es pequeña.

En efecto, una vez que los microorganismos hayan degradado la materia orgánica, la composición de los lodos evoluciona y su aporte en sustancias activas disminuye; la calidad del gas producido no es constante, lo que limita la utilización; finalmente, la digestión anaerobia de los lodos es muy sensible a los microorganismos minerales (metales pesados) y orgánicas (detergentes).

DESINFECCION DE LOS LODOS

Como se indica en la figura los lodos contienen numerosos gérmenes y microorganismos patógenos, los cuales representan un riesgo importante en el uso de los lodos en los cultivos destinados a la alimentación del hombre o de los animales.

Se puede eliminar gran parte de los organismos vivos por procedimientos físicos y químicos:

- Adición de cal.
- Cloración.
- Ozonación.
- Pasteurización.
- Tratamiento térmico por vapor de agua a presión (Porteous o Zimpro).
- Acción de los ultrasonidos.
- Electrólisis en medio salino (Electrochem).
- Irradiación con rayos Gamma.

Microorganismos patógenos que pueden encontrarse en las aguas de desecho y en los lodos.

<u>Grupo</u>	<u>Género</u>	<u>Enfermedades que causan</u>
Bacterias	Salmonella	Tifoidea - Paratifoidea - Enteritis
	Shigella	Disentería - Paradiesentria
	Escherichia	Enteritis (familias patógenas)
	Vibrio	Cólera - Paracólera - Enteritis
	Clostridium	Grangrena - Tétanos - Botulismo
	Leptospira	Leptospirosis
	Mycobacterium	Tuberculosis - Tuberculosis atípica Granuloma de la piel
Virus	Poliovirus	Poliomelitis - Enteritis
	Coxsackievirus A	Dolores de cabeza - Dolores musculares
	Coxsackievirus B	Náuseas - Meningitis
	Echovirus	Diarreas - Hepatitis
	Adenovirus	Fiebres - Infecciones respiratorias Enteritis - Conjuntivitis - Afecciones nerviosas
	Rotavirus	Gastroenteritis infantil
	Reovirus	Gripe - Diarreas - Hepatitis
	Hepatitis virus A	Hepatitis agudas o crónicas
Protozoarios	Entamoeba	Disentería causada por amibas
	Giardia	Amibiasis

Trematodos	Schistosoma	Esquistosomiasis (bilharziasis)
Cestodos	Tenia	Teniasis - infección en el hombre y los animales Cisicercosis - Boisis
Nematodos	Ascaris Anchyloctomum Heterodera	Ascaridosis Anquilostomiasis Gusanos de la papa

Con respecto a la calidad de los lodos para su uso en suelos cultivados, solo la cloración y la electrólisis aportan iones dañinos para las plantas, y el aporte de cal puede tener graves consecuencias en suelos calcáreos o básicos, pero los otros procedimientos, que no tienen efecto sobre la composición química de los lodos, son costosos al nivel de la inversión, de la explotación o de ambas, ya que son procesos que consumen energía.

En Suiza, el uso de los lodos líquidos en los pastos no se puede hacer sino con lodos pasteurizados. Parece ser que en Francia se quiere impulsar la estabilización por radiación, lo que sería una salida para los residuos radiactivos, pero la gente no está todavía preparada para este tipo de tratamiento; se tiene un temor a veces poco racional a todo lo que concierne a "lo nuclear".

h).- Deshidratación de los lodos

La selección del procedimiento de deshidratación depende del uso de los lodos y, en el caso de la aplicación, del modo de transporte y del material agrícola utilizado para el mejoramiento del suelo.

Los transportes por tuberías y la aplicación mediante tanques de abono líquido no implican forzosamente una deshidratación de los lodos.

Con los otros tipos de transporte se tiene la ventaja de concentrar los lodos al máximo para disminuir el peso y para poder ser palpables.

ACONDICIONAMIENTO PRELIMINAR

Para facilitar la decantación o la filtración de los lodos, se añaden productos químicos minerales (sales metálicas, cal) u orgánicos (polielectrólitos). La selección de estos aditivos dependerá de su acción ulterior sobre el suelo y las plantas y del costo del tratamiento. Se podrá hacer referencia al párrafo sobre la floculación de las aguas de desecho, en este mismo capítulo.

PROCEDIMIENTOS MECANICOS DE DESHIDRATACION

La decantación y la filtración se utilizan a menudo para concentrar los lodos. El rendimiento de la decantación se mejora por medio de la floculación y la utilización de decantadores laminares.

La filtración al vacío o bajo presión produce lodos cuyo contenido de agua varía de 50 a 85%, según el acondicionamiento preliminar y el material utilizado. El único criterio de selección para un procedimiento mecánico es de orden económico: el costo de la inversión y de la explotación respecto al resultado obtenido en cuanto a la sequedad de los lodos.

Para las pequeñas colectividades, los lechos de secado representan el tratamiento más económico.

PROCEDIMIENTOS TERMICOS DE DESHIDRACION

La congelación de los lodos no se usa en la práctica porque el costo resulta elevado. Por el contrario, el tratamiento de los lodos por calor se puede considerar cuando se dispone de calorías que se puedan obtener de un lugar cercano y, en los años venideros, se puede pensar que las bombas calóricas permitirán un secado económico de los lodos.

La acción del calor húmedo o seco favorece la coagulación de las partículas coloidales y permite la desinfección de los lodos, como se vio anteriormente.

DISPOSITIVOS CENTRALIZADOS DE DESHIDRACION.

Cuando se desea deshidratar los lodos en pequeñas plantas de depuración con un rendimiento mejor que el de los lechos de secado, y sobre todo con menores costos de inversión, puesto que éstos se comparten, la deshidratación de los lodos se puede efectuar en una unidad central o sobre una plataforma móvil que se desplaza dentro de un radio relativamente pequeño, con filtros rotativos o filtros de presión con bandas. El personal necesario para la operación de la unidad móvil puede ser reducido: uno o dos encargados para la conducción del camión y la operación de la unidad de deshidratación.

4.3.3.- PRODUCCION DE COMPOSTA.

Este es el procedimiento que deba ser impulsado, tanto desde el punto de vista de la estabilización de la materia orgánica como de la calidad del producto obtenido. Este procedimiento utiliza esencialmente los desechos domésticos triturados y a veces cribados (esto se hace con el fin de evitar que se introduzcan

al campo de cultivo objetos no biodegradables). a dichos desperdicios se les añaden cantidades variables de lodos que aumentan la humedad de la mezcla.

Al aire libre y sin mucha vigilancia la mezcla sufre una fermentación lenta (de 2 a 3 meses) aunque se puede acelerar la descomposición (algunos días) introduciendo la composta en un depósito donde la temperatura se eleva naturalmente hasta 50 a 60 °C. La composta puede ser entonces tamizada, si no lo han sido los desperdicios.

Las "**basuras verdes**", así obtenidas se apilan sobre una superficie plana durante unos cuantos meses, después de lo cual se ponen a la disposición de los agricultores. El precio de venta de la composta no representa más que una parte del costo de operación, pero constituye una disminución nada despreciable del volumen de los desechos domésticos y de los lodos producidos por una planta.

La práctica de la producción de composta se puede aplicar a todos los desperdicios y muy en especial a los desechos agrícolas cuyo tonelaje en Francia es cinco veces mayor que el de los desperdicios domésticos.

4.4.- MODO DE APLICACION

La selección del método de tratamiento de los lodos y especialmente el grado de desecación de los mismos, indican el modo de transporte y el procedimiento de aplicación.

Para los lodos líquidos, el transporte por línea de tuberías será más ventajoso mientras mayor sea la cantidad de lodos: para volúmenes menores y distancias cortas, será preferible el camión cisterna.

Cuando se trate de un producto paleable, el transporte por camión es el único procedimiento posible, a menos que se desee poner en sacos, lo que resulta costoso para un producto cuyo precio de venta es inferior al precio de fabricación.

En lo que concierne a la aplicación, no se dispone de ningún, equipo especial, pero las máquinas agrícolas utilizadas para la aplicación de abonos líquidos y del tipo de tanques de abonos líquidos, además de las empleadas para esparcir los abonos sólidos o la paja sobre el terreno, encuentran aquí otro uso.

La dosis del producto destinada a la aplicación depende de diversos factores estudiados anteriormente.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Con el crecimiento de la población se ha puesto en relieve la necesidad de valorizar mejor los desechos domésticos y los lodos urbanos, de diversas maneras.

ELEMENTOS ESENCIALES PARA LA VIDA DE LAS PLANTAS

Estas sustancias pueden estar constituidas por aniones o por cationes; se les encuentra frecuentemente en el suelo. Estos son, como ya se menciono, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, y azufre. El exceso de estos elementos no es nocivo salvo, quizá, en lo que concierne al último, el cual en medio aerobio produce el ion sulfato y puede disminuir el PH del suelo.

El cobre esta presente en las plantas (de 5 a 20 ppm). Se le encuentra en el terreno bajo la forma de Cu^{++} Cu^{+} , formando complejos con los óxidos metálicos; cuando se solubiliza en proporciones importantes (más de 50 p.p.m en el terreno), resulta peligroso para ciertas plantas. El consumo de forrajes con alto contenido de cobre puede ser nocivo para el ganado.

El zinc, como el cobre, es necesario para la vida de las plantas y se le encuentran en gran cantidad en las mismas; su toxicidad es muy débil; es necesario que alcance 100 p.p.m en el forraje para observar los efectos sobre los animales; pero, a partir de 5000 ppm la cosecha baja mucho). La presencia de otros iones como el níquel y el cobre tienen un efecto enérgico sobre la toxicidad del zinc.

El hierro y el manganeso están presentes en todos los suelos y ejercen una acción enzimática importante sobre las plantas; al parecer, aún no se ha establecido su toxicidad sobre las plantas, pero cuando el PH es demasiado bajo o demasiado alto, se bloquean los dimensiones.

El boro no es un metal, pero es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, aún cuando no se conozca con exactitud su mecanismo de acción; por otra parte, es tóxico para las plantas (marchitez) a bajas dosis del orden de ppm; ahora bien, el boro se utiliza a menudo en los trabajos domésticos en forma de boratos o perboratos.

El molibdeno es necesario para las plantas en dosis muy bajas (0.1 a 1 ppm), pero cuando éstas contienen 5 ppm de dicho elemento son tóxicos para los rumiantes, entonces se observa una carencia de cobre en estos elementos.

ELEMENTOS TOXICOS

Estos elementos no son utilizados por la planta para su desarrollo, pero se pueden encontrar en las mismas por acumulación.

El aluminio es poco soluble a valores del PH cercanos a la neutralidad y su contenido en las plantas es muy variables; resulta importante para las plantas que crecen en medio húmedo, la toxicidad del aluminio no ha sido puesta de manifiesto ni para los animales ni para los hombres.

El arsénico es tóxico tanto para las plantas como para los animales y hombres, en estado de sal (arseniatos o arsenitos), pero parece que es menos dañino en la forma orgánica. Este elemento proviene sobre todo de los plaguicidas y muy poco de los lodos.

El cadmio es llevado al suelo por la atmósfera (lluvia), el lavado de las carreteras y las aguas de desecho o los lodos que contienen afluentes de la galvanoplastia. Ciertamente, es el microcontaminante mas estudiado en el caso de la aplicación de los lodos, ya que es asimilado por las plantas y acumulado por los mamíferos y por el hombre (la cantidad tolerable para el hombre es de 0.3 ppm por día).

El cadmio no tienen una toxicidad muy grande para las plantas, pero se acumula por lo general en las partes verdes de éstas (sobre todo en las hojas), y las cantidades almacenadas dependen del PH del suelo.

El cromo está considerado como un tóxico para el hombre y los animales superiores, pero para estos últimos la falta de cromo puede tener efectos desastrosos. El cromo se encuentra a menudo en los lodos, pero parece ser que en el suelo se transforma en un elemento poco saludable y por lo tanto poco asimilable. Los ensayos de adición de grandes cantidades de cromo han permitido comprobar que éste no presenta ningún inconveniente para el rendimiento de las plantas.

El mercurio constituye un tóxico importante para el hombre y para los animales; se encuentra en el suelo al que se le han aplicado insecticidas o fungicidas, o bien proviene de las aguas de lluvia y de escurrimiento y por la aplicación de lodos sobre el terreno. Cuando el PH del suelo es superior a 6.5, el mercurio aparece en la forma de hidróxidos o carbonatos poco solubles. El mercurio puede provocar perturbaciones en el desarrollo de las plantas, pero el principal peligro lo constituye su introducción en la cadena alimenticia del hombre; ya que se acumula en los animales, cuya carne es ingerida por el hombre; ahora bien, no parece que exista una acumulación preferencial en alguna de las partes de la planta, como se ha visto para el cadmio.

El níquel, que se halla en el humo de las industrias y en las aguas de desecho de la galvanoplastia, se encuentra en el suelo, proveniente del agua de lluvia o de las aguas de desecho que se aplican al suelo. Se conoce la acción del níquel solo sobre las plantas; parece ser que es suficiente una concentración del 1 ppm para perturbar el crecimiento de éstas. Por otra parte, la toxicidad de níquel

para los mamíferos parece ser relativamente débil con respecto a otros microcontaminantes.

El plomo es tóxico para los animales y su introducción a la cadena alimenticia, con el riesgo de acumulación, representa un riesgo. Por el contrario, la presencia del plomo en el suelo conduce a una acumulación sobre la capa superficial. El oxígeno del plomo es esencialmente atmosférico, ya que gran parte de él proviene de los gases de escape de vehículos automotores. Penetra en la planta por las raíces cuando se encuentra en el suelo y por las hojas cuando se haya en la atmósfera, pero su presencia no parece perturbar el desarrollo de las plantas.

En resumen, se puede decir que ciertos microcontaminantes son nocivos para las plantas, ya sea favoreciendo la marchitez o disminuyendo su producción, y que otros son nocivos para los consumidores de vegetales y pueden ser peligrosos para el hombre al acumularse en las plantas animales que ingiera. Su presencia en los lodos rara vez constituye la única fuente, pero se trata de un riesgo adicional que el hombre aporta al nivel de la producción agrícola. No obstante, se han determinado los valores del contenido máximo admisible (norma mexicana).

Cabe señalar que existen ciertos lineamientos para la aplicación de estos lodos en los terrenos de cultivo; por lo que no es permitido aplicarlos al libre criterio del agricultor u operador de plantas de tratamiento. Esta normatividad está establecida en el diario oficial de la federación emitido el 18 de octubre de 1993 y, que a continuación lo señalamos dichos parámetros permisibles de compuestos químicos:

PARAMETROS PERMISIBLES	LIMITES MAXIMOS
Ph (Unidades de pH)	6.5 a 8.5
Conductividad Eléctrica (micromhos/cm)	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	120
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	120
Aluminio (mg/L)	5.0
Arsénico(mg/L)	0.1
Boro (mg/L)	1.5
Cadmio (mg/L)	0.01
Cromo Total (mg/L)	0.02
Fierro (mg/L)	0.2
Fluoruros (mg/L)	0.1
Manganeso (mg/L)	5.0
Níquel (mg/L)	3.0
Plomo (mg/L)	0.2

Selenio (mg/L)	0.2
Zinc (mg/L)	5.0

En el caso de que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor (entendiéndose a éste como el terreno de cultivo), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua, fijará condiciones particulares de descarga para señalar límites máximos permisibles más estrictos de los parámetros de la tabla 1; además podrá establecerse límites máximos permisibles si lo considera necesario, en los siguientes parámetros:

- Demanda química de oxígeno
- Fósforo total
- Grasas y aceites
- Nitrógeno total
- Metales pesados que no se incluyan en la tabla 1
- Relación de adsorción de sodio
- Sustancias activas al azul de metileno
- Temperatura
- Tóxicos orgánicos
- Unidades de toxicidad aguda con *Daphnia magna*.

5.- ENTREVISTAS

5.1.- ENTREVISTAS A AGRICULTORES.

De las encuestas aplicadas a los agricultores (30), en diferentes regiones del estado, prevaleciendo en la de Guadalajara, los resultados fueron los siguientes:

Conoce usted los lodos?	SI	NO	NO
CONTESTO			

11	19
----	----

Le ve alguna ventaja como mejorador del suelo?	SI	NO
	11	

Le gustaría conocer opciones más baratas para el mejoramiento del suelo ?	SI	NO
	30	

De los encuestados el 60% contestó desconocer la aplicación que tienen estos lodos aunque les pareció lógico los comentarios del entrevistador respecto al uso.

De los que contestaron que si conocían la aplicación de los lodos, ninguno dijo haberlos usado antes.

Lo interesante de este caso es que todos los entrevistados, se mostraron optimistas en cuanto al futuro de este residuo y la necesidad de buscar opciones más baratas.

6.- CONCLUSIONES

El uso de los lodos puede traer graves consecuencias si no se le da un uso adecuado, es decir es necesario que se practique un análisis a estos para determinar que tipo de tratamiento requiere. Pero una vez establecido este tratamiento junto con el análisis de requerimientos para el suelo es muy sencillo y barato la desinfección de los lodos, con grandes beneficios para el terreno de cultivo y por ende para el agricultor.

Entonces por lo que ya se mencionó en este documento es necesario buscar más y mejores alternativas para el mejoramiento de suelos, por supuesto alternativas económicamente redituables.

Los lodos podrían ser esa alternativa que buscan los agricultores, ya que es un producto bastante barato y deja bastantes beneficios para el agricultor; por otro lado tienen varios usos en la agricultura como son los siguientes:

- Se puede usar para la elaboración de composta agrícola, junto con otros desechos orgánicos y, se puede usar como rehabilitador de espacios para el cultivo, se usa también para los bosques, se puede usar, incluso para el simple jardín del hogar.

¿Qué es lo que tenemos que hacer?

Tenemos que darle una mayor difusión a estos lodos dentro de los agricultores y, hablarles de los beneficios de estos en sus terrenos, sin pasar por alto, también los problemas de su inadecuado uso.

Así también debe haber acuerdos preestablecidos entre agricultores y productores de lodos (manejadores de plantas de tratamiento), con el objeto de crear canales de comercialización que no represente problemas para la adquisición de dichos lodos.

GLOSARIO.

Aerobia.	Que vive solo en la presencia de oxígeno.
Aguas combinadas	Son las domésticas o sanitarias y pluviales.
Aguas negras domésticas	Contienen desechos humanos animales y caseros, también aguas subterráneas.
Aguas negras	Las provenientes de las zonas urbanas y/o industriales después de haber sido usadas.
Aguas negras industriales	Son aguas de desecho provenientes de los procesos industriales.
Anaerobio	Que vive solo en ausencia de oxígeno libre.
Bacterias constan	Organismos vivos de tamaño microscópicos que de una sola célula.
Bacterias aerobias	Las que viven en presencia del oxígeno.
Bacterias aerobias ausencia facultativas	Se adaptan por si mismas a vivir y funcionar en de oxígeno disuelto.
Bacterias anaerobias facultativas	Pueden llegar a adaptarse a vivir y desarrollarse en presencia oxígeno disuelto
Bacterias parásitas	Son las que viven normalmente a expensas de un organismo vivo.
Bacterias saprófitas temperaturas, de termofilicas 130 a 140 °F).	Son aquellas que viven mejor a altas 55 a 60 grados centigrados (de
Bacterias saprófitas muerta, obtener el	Son las que se alimentan de materia organica descomponiendo los solidos organicos para sustento necesario.
Bacterias saprófitas mesofilicas	Son aquellas que prosperan mejor a temperaturas que varian de 20° a 40° centigrados (68 a 104 °F.)

Bacteris anaerobias sisuelto, sino oxigeno de los	No pueden vivir en presencia del oxigeno que tienen que obtenerlo del contenido de solidos orgánicos.
Coloidal	Materia con un tamaño de partícula muy fina de 10^{-5} a 10^{-7} cm. de diámetro.
Decantación capa	Separación de un líquido sólidos o de otro líquido de mayor densidad, derramando cuidadosamente la superior una vez que se ha asentado el material más pesado.
Digestión reacción	Solución prolongada de un sólido en un líquido ó lenta del primero con el segundo.
Efluente	Producto líquido, sólido o gaseoso, casi siempre un desecho que se descarga o emerge de un proceso.
Electrolitos o	Sustancia que al disolverse en agua se disocia en dos más iones.
Evapotranspiración atmósfera.	Transferencia de humedad de las plantas a la que se debe a los procesos de evaporación y fotosíntesis.
Gérmenes	Principio simple y primitivo del que deriva todo ser viviente.
Gravimétrico	Medido mediante el peso.
Isotrópico	Que sus propiedades ópticas son iguales en todas direcciones.
Lixiviación	Disolución, mediante una acción de lavado lento de algunos de los constituyentes de una masa grande.
Lodos	Sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se elimina con ellos.
Paradigma	Dícese de lo establecido.
Sólidos inorgánicos	Sustancias inertes que no están sujetas a degradación.

Sólidos orgánicos

Son de origen animal o vegetal, que contienen carbono, hidrogeno y oxigeno.

BIBLIOGRAFIA**APROVECHAMIENTO AGRICOLA DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

M.A. GAMSASNI.

1985.

**"Aspect agronomique de l'utilisation des boues dépuration en
agriculture"**

ALEXANDRE Bulletin de GRESE, No. 4, pág. 27-35

1978.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION

GOBIERNO DE MEXICO.

1993.

EL RIEGO.

REYNOSO R. EMMA.

1983.

EL SUELO

J.H. STALLING

1984.

**EL DESARROLLO ECONOMICO Y EL IMPACTO AMBIENTAL EN
JALISCO.**

LIC. MARIA GUADALUPE CASILLAS LIMON.

1993.

FERTILIDAD DE LOS SUELOS Y FERTILIZANTES
TISDALE Y NELSON.
1984.

MANUAL DE AGUAS PARA USOS INDUSTRIALES
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
1982

MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.
DPTO. DE SANIDAD DEL EDO. DE NUEVA YORK, USA.
1986.

MANUAL DE FERTILIZANTES
NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE
1973.

PEQUEÑO LAROUSSE ILUSTRADO.
RAMON GARCIA - PELAYO Y GROSS.
1985.

"Valorisation des boues - Utilisation en Agriculture"
La Tribune du CEBEDEAU, No. 424, págs. 99-107
1979.

"43 Engrais Amendements et Terreaux"
50 Millions de consommateurs, No. 105, págs. 21-35.
1979.

UN PANORAMA DE LA AGRICULTURA EN MEXICO.
ANTONIO TOURRENT FERNANDEZ.
1983.