

2ej. 13



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**"CONTAMINACION DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA"**

Trabajo Monográfico de Actualización

Que para obtener el Título de

Químico Farmacéutico Biólogo

p r e s e n t a:

REBECA MARGARITA BASILIO GUTIERREZ



México, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Introducción	I
Objetivos	IV

Capítulo I.

Clasificación de la Industria Farmacéutica y sus desechos	2
1.- Selección y aplicación de criterio de desechos peligrosos	6
2.- Información acerca de las principales categorías de la Industria Farmacéutica	32

Capítulo II.

Estudio en una Industria tipo	61
(Productora de compuestos químicos orgánicos medicinales)	
1.- Ventajas de los filtros anaeróbicos	70
2.- Descripción de los desechos	72
3.- Resumen	74
4.- Resultados	76

Capítulo III.

Metodología	80
1.- Tratamiento y tecnología de adaptación	80
2.- Desechos líquidos	87

3.- Operaciones de tratamiento y distribución . . .	96
4.- Teoría del tratamiento biológico de Resechos	99
5.- Métodos basados en el metabolismo aeróbico	102
6.- Métodos basados en el metabolismo anaeróbico	108
7.- Técnicas biológicas experimentales	114

Conclusiones	116
------------------------	-----

Bibliografía	119
------------------------	-----

INTRODUCCION

Los peligros que pueden provocar los desechos al ser arrojados al medio ambiente han sido y seguirán siendo -- una de las principales preocupaciones de la humanidad. Es importante la colaboración de la sociedad para afrontarlo, pero especialmente del profesional universitario.

Una forma de contaminación es la descarga de aguas -- que contienen desechos solubles que conlleva el riesgo de inducir a nuestros semejantes a sufrir consecuencias lamentables.

El agua es uno de los compuestos primordiales para el desarrollo de la vida. Pero si ésta no cumple con los requisitos mínimos de pureza, los trastornos causados son innumerables.

La calidad del agua depende directamente del tipo de desechos solubles que llegan a los ríos, y de éstos los más importantes son los que se producen en la industria. Este es el problema que me motivó a la realización del -- presente estudio en el que se pretende detallar en forma breve, el tipo de contaminación por aguas residuales que tienen desechos solubles, enfocado directamente a la industria farmacéutica. En las aguas descargadas por la industria farmacéutica se encuentran frecuentemente componentes que, ya sea por sí solos, o al entrar en contacto con otros pueden ser nocivos para el hombre y su medio -- ambiente.

Para evitar cualquier lesión directa o indirecta a --

la ecología es necesario realizar un tratamiento, que disminuya, hasta donde sea posible, los perjuicios que se presentan en mayor o menor nivel cuando el agua se encuentra contaminada.

La variedad de desechos encontrados en el agua hace que los métodos de tratamiento sean diferentes y específicos para cada caso. Pero antes de elegir cualquier método de tratamiento es necesario caracterizar el tipo de desecho presente y posteriormente elegir el proceso más efectivo.

La industria farmacéutica se clasifica de acuerdo al tipo de actividad que desempeña. Así tenemos que existen industrias que se dedican a la investigación y desarrollo, otras a las síntesis de materias primas - de diversos tipos - y algunas otras a la mezcla de fármacos (formulación). Cada una de ellas produce diferentes tipos de desechos y éstos a su vez deben ser caracterizados de acuerdo al peligro que representan. Es necesario mencionar todos los tipos de desechos y problemas que representan, aunque para los propósitos de este trabajo los que nos interesan son aquellos que provocan alteraciones en las características del agua.

Una vez que los desechos son caracterizados, se procede a la elección del método de tratamiento, que es la parte central de esta investigación y que se presenta dividida en tres capítulos intitulados: Clasificación de la industria farmacéutica, Estudio en una industria tipo y Metodología para llevar al final a conclusiones objetivas.

El estudio en una industria tipo nos da una idea más real y cercana de los puntos importantes a seguir en un caso específico, y la metodología más efectiva para obtener una agua libre de compuestos tóxicos con buenas características para entrar en contacto con el medio ambiente.

Quizá el hablar de contaminación del agua es demasiado general al referirse a desechos orgánicos producidos por la industria farmacéutica, sin embargo, es importante, pues a través de ésta recopilación se observa que si se realizan los métodos primarios de tratamiento el agua saldrá generalmente de las plantas de producción con una cantidad mínima de componentes tóxicos.

La tercera parte de éste trabajo se ocupa de la metodología de los procesos de tratamiento. Es una metodología variada que puede ser aplicada para la resolución de problemas de contaminación del agua por aguas residuales de la industria farmacéutica.

OBJETIVOS

El presente estudio tiene tres objetivos básicos :

- 1) Determinar la naturaleza y las cantidades peligrosas de desechos originados por la industria farmacéutica.
- 2) Determinar el tratamiento y la posibilidad de reusar el agua de desecho en la industria.
- 3) Examinar las técnicas probables de control que se puedan aplicar a la reducción de desechos peligrosos presentes.

Se realizó una revisión de artículos referentes al tema a partir del año de 1974, ya que se consideró que desde esa fecha no se había llevado a cabo ningún trabajo similar.

CAPITULO I

Clasificación de la Industria Farmacéutica y sus desechos.

1.- Selección y aplicación de criterio de desechos peligrosos.

1.1 Información para selección de desechos peligrosos.

1.2 Selección del criterio para clasificación de sustancias peligrosas para la industria farmacéutica.

1.3 Aplicación de esquemas para clasificar a los desechos de la industria farmacéutica.

2.- Información acerca de las principales categorías de la industria farmacéutica.

2.1 Desechos provenientes de investigación y desarrollo.

2.2 Desechos de la producción de principios activos.

a) Químicos orgánicos medicinales sintéticos.

b) Químicos medicinales inorgánicos.

c) Productos de fermentación.

d) Botánicos.

e) Compuestos medicinales provenientes de glándulas de animales.

f) Biológicos.

2.3 Preparaciones farmacéuticas.

Clasificación de la Industria Farmacéutica.

La industria farmacéutica puede ser descrita ó clasificada de diferentes formas, dependiendo de las necesidades o propósitos que persiga cualquier estudio particular. Para fines propios se utilizarán funciones lineales que - la relacionen.

La función de la industria farmacéutica es proveer - de sustancias terapéuticas activas en formas farmacéuticas estables, dosificadas para ser administradas fácilmente. - Pero debe distinguirse de la industria química, pues la - función de sintetizar compuestos químicos puede ser usada en una gran variedad de aplicaciones. Es verdad que la - industria farmacéutica puede integrarse en la producción - y síntesis de ingredientes activos, sin embargo, la fun- ción más importante de ésta es la preparación de tabletas, inyectables, ungüentos, cápsulas y desarrollar lo que es - necesario, cuando es necesario y donde es necesario.

La producción y venta de productos farmacéuticos es- tá caracterizada por cuatro etapas :

- 1.- Investigación y desarrollo : Con frecuencia son - descubiertos y desarrollados, por laboratorios - de investigación, nuevos fármacos (principalmen- te por la industria farmacéutica, pero también, - por algunas instituciones de gobierno y educación). Después de estudiar clínicamente y obtener la aproba

ción del Gobierno, los fármacos pueden utilizarse para producción general y venta.

2.-Producción de ingredientes activos: En esta etapa, los principios activos usados en medicina son producidos por lotes. Estos fármacos pueden clasificarse de acuerdo a su ingrediente principal como a continuación se indica:

a) Químicos medicinales orgánicos (como aspirina), químicos medicinales inorgánicos (como sulfato de magnesio), productos de fermentación (como penicilina y tetraciclina), botánicos (como quinina), y fármacos de origen animal (como insulina); y

b) Productos biológicos, incluyendo vacunas, toxoides (como toxoide tetánico), sueros (como antitoxina tetánica), y productos provenientes de sangre humana (como el plasma).

3.- Formulación y acondicionamiento: Los fármacos básicos, que son manufacturados por lotes, son formulados en varias formas farmacéuticas como tabletas, ungüentos, jarabes, lociones, soluciones inyectables que pueden administrarse fácilmente. Los productos formulados son acondicionados en envases apropiados que facilitan su uso y transporte.

- 4.- **Venta y distribución de productos farmacéuticos:** Los productos farmacéuticos se distribuyen a dogtores, hospitales, farmacias y finalmente a pacientes o consumidores, son promovidos por las compañías y distribuidos directamente por ellas o por distribuidores autorizados. Los productos farmacéuticos cuya promoción es dirigida al consumidor son llamados " medicamentos de patente " y aquellos que son promovidos directamente hacia los profesionistas médicos, dentales y veterinarios son denominados " medicamentos éticos ".

Las empresas farmacéuticas establecidas de mayor importancia realizan las cuatro etapas - investigación, - - producción, formulación y venta - sin embargo, éstas pueden realizarse por separado en divisiones localizadas en lugares distantes. Otras compañías, se especializan en una sola fase, como producir compuestos químicos medicinales, en lotes, o productos farmacéuticos formulados apartir de materias primas.

La industria productora de fármacos actualmente consiste de tres industrias principales: elaboradora de productos biológicos, compuestos químicos medicinales y productos botánicos, y preparaciones farmacéuticas, A continuación se especifican los compuestos que forman parte de cada grupo :

Productos biológicos : La producción de vacunas bac-

terianas y víricas, toxoides y productos análogos, sueros, plasma y otros derivados de sangre para uso humano y veterinario.

Compuestos químicos medicinales y botánicos : Manufactura de lotes de compuestos medicinales químicos orgánicos e inorgánicos y sus derivados, y procesos de lotes de fármacos botánicos o de hierbas. También incluye productos similares de origen natural, productos endocrinos, manufactura de vitaminas básicas y aislamiento de principios activos como los alcaloides de fuentes botánicas y hierbas.

Preparaciones farmacéuticas : Manufactura, fabricación o procesamiento de preparaciones farmacéuticas para uso humano o veterinario. La mayoría de los productos son terminados en la forma adecuada para su consumo final y sea como ampollitas, tabletas, cápsulas, viales, ungüentos, polvos medicinales, soluciones o suspensiones. Los productos de esta industria consisten de dos líneas importantes nombradas, (1) preparaciones promovidas principalmente hacia las profesiones dental, médica o veterinaria y (2) preparaciones promovidas directamente al público.

Caracterización de los desechos en la Industria Farmacéutica.

1.- Selección y aplicación de criterio de desechos - peligrosos.

1.1 Información para la selección de desechos peligrosos.

En estudios realizados que cubrieron varias industrias se comentó lo que a continuación se indica:

"... es muy importante identificar y describir a los desechos generados por las industrias que poseen un peligro potencial para la salud o el medio ambiente. De acuerdo a este análisis, se requiere una atención especial para los desechos que contienen ciertas sustancias específicas o tipos de sustancias como : asbesto, arsénico, berilio, cadmio, cromo, cianuros, - plomo, mercurio, hidrocarburos halogenados, pesticidas, selenio y zinc. Después de un análisis inicial se puede definir si estas sustancias tienen la capacidad de producir serios problemas públicos de salud o afectar al medio ambiente, o bien representar un - peligro potencial cuando se encuentran contenidos en algún desecho que posteriormente será tratado. Otros desechos, por ser de naturaleza peligrosa, como los - carcinógenos, deben ser también identificados."

Para identificar a los desechos que poseen un peligro

potencial después de su tratamiento, se tiene que desarrollar un criterio para seleccionar a los desechos peligrosos generados por la industria farmacéutica. Algunas industrias tienen clasificadas a muy pocas sustancias inorgánicas. La industria farmacéutica de manufactura se calcula que produce 15 000 compuestos químicos orgánicos e inorgánicos para su utilización posterior en la producción de productos farmacéuticos formulados. Los peligros potenciales de algunos compuestos químicos se pueden encontrar en un rango, desde esencialmente no peligrosos, hasta altamente peligrosos, de acuerdo a sus características, por ejemplo, inflamabilidad o toxicidad.

Han sido estudiadas otras clasificaciones para determinar la peligrosidad, y se desarrollan criterios para seleccionar desechos potencialmente peligrosos o altamente peligrosos generados por la industria farmacéutica, pero no existe un esquema universal aplicable para clasificar los tipos de peligro y el grado en que pueden ser peligrosos.

Cada clasificación es desarrollada en base a necesidades específicas. Los toxicólogos industriales seleccionan criterios de acuerdo a los elementos que tienen a mano, como son el conocimiento de los materiales tóxicos producidos por la industria, y las posibilidades que los físicos en tratamiento de desechos muestran para el proceso de modificación a que será sometido el producto químico y comercial. Los esquemas de clasificación designados-

generalmente por los físicos en tratamiento, son desarrollados usualmente en base a la LD₅₀, sin embargo, los higienistas industriales consideran más importante todo lo que concierne a toxicidad de vapores inhalados, irritación de la piel, reacciones alérgicas y flammabilidad de los productos.

Para definir de una forma más clara los efectos que pueden producir los desechos industriales y crear grupos en los que se puedan incluir a todos los compuestos que se manejan en la industria farmacéutica se hace la siguiente clasificación, con base a los daños que pueden producir las sustancias :

- Fuego.
- Piel y ojos.
- Inhalación de vapores.
- Inhalación de gases.
- Inhalación repetida.
- Toxicidad humana.
- Toxicidad acuática.
- Reacción con el agua.
- Reacción por sí misma.

1.2 Selección del criterio para la clasificación de - sustancias potencialmente peligrosas de la Industria Far- macéutica.

La clasificación de materiales por su peligrosidad, -
es un proceso arbitrario, pues el riesgo depende de la --
concentración, cantidad, localización y el tipo de especie
afectada. En algunos casos el aire y el agua pueden ser pe-
ligrosos. Por ejemplo, el aire inyectado en una vena puede -
causar un problema de fatales consecuencias. Así mismo el
agua, puede ser fatal si se acumula en grandes cantidades
dentro de los pulmones, pues bloquea el acceso de aire a -
éstos y rompe el balance iónico de la sangre. Por otro la-
do, una sustancia como el ácido clorhídrico, es fatal si es
ingerida en forma concentrada, pero puede ser benéfica si
se administra en soluciones diluidas a pacientes que tie-
nen deficiencias en las secreciones normales ácidas del -
estómago.

A pesar de las dificultades de desarrollar un esque-
ma aplicable universalmente para evaluar a los materiales
peligrosos, los materiales que poseen un alto peligro po-
tencial para el medio ambiente y los humanos pueden ser -
identificados por varios métodos o técnicas de adaptación.
Teóricamente, tal esquema de clasificación debe mostrar to-
dos los peligros posibles.

Un resumen de los criterios de clasificación es pre-

sentado en la Tabla No. I (pag. 11 a 13) con los límites entre las tres clasificaciones de peligrosidad (altamente peligrosos, moderadamente peligrosos, y esencialmente no peligrosos) delineados por clases más importantes. Una explicación más detallada del criterio para definir grados de peligrosidad en cada una de las nueve categorías mencionadas con anterioridad, se dará en la Tabla No. II (pag. 14 a 19).

Cuando se ha intentado aplicar un esquema desarrollado con anterioridad a una situación industrial específica, se deben observar otros factores. Los problemas de cantidad y concentración aparecen inmediatamente cuando son considerados compuestos químicos inorgánicos (metales pesados y fluoruros, por ejemplo) que son usualmente considerados como tóxicos. El asumir que la exposición a un químico tóxico es nociva de acuerdo a la dosis es erróneo ya que para muchas sustancias químicas una deficiencia es tan dañina como un exceso.

En la Tabla No. III (pag. 21 a 23), se ilustran varios ejemplos de sustancias que pueden ser nutritivas en un nivel y tóxicas en otro. Por ejemplo, el fluor es esencial para la vida y ha demostrado ser un factor de crecimiento en ratas. Una deficiencia de fluor en los primeros años de vida, desgasta los dientes, pero un ligero exceso del mismo elemento produce un repugnante moteado en el esmalte de los dientes. En excesos grandes es un veneno muy poderoso - el ingrediente activo, real, en algunos insecticidas y venenos para ratas.

(sigue en la pag. 20)

	Desechos esencialmente no peligrosos.	Prioridad II Desechos moderadamente peligrosos.	PRIORIDAD I Desechos altamente peligrosos.		
Grado --	0	1	2	3	4
I Fuego	No combustibles.	Punto de inflamación mayor a 60°C .	Punto de inflamación menor 37.8°C .	Punto de inflamación menor a 37.8°C .	Punto de inflamación menor a 37.8°C .
S II Contacto con piel y ojos.	Todos los líquidos no descritos.	Líquidos corrosivos en los ojos.	Líquidos corrosivos para la piel.	L7 50- de más de 20mg/ Kg, 24 hrs. en contacto con piel.	L7 50- menor a 20mg -- 24 hrs. en contacto con piel.
O III Inhalación de vapores.	Todas las sustancias no descritos.	Depresores asfian-tes.	L750 - 2000 ppm.	L7 50- 50 - 200ppm	L7 50- menor a 50 ppm.

C
A
T
E
G
O
R
I
A

S
A
L
U
D

TABLA I (continuación)

Grado	Desechos esencialmente no peligrosos	Prioridad II Desechos moderadamente peligrosos		Prioridad I Desechos altamente peligrosos		
		0	1	2	3	
IV Inhalación de gas.	No es aplicable	Todas las sustancias-- cristalinas-- no-- cristalinas.	Lc 50 200-- 2000 ppm.	Lc 50 50-200 ppm.	Lc 50 menor a 50 ppm.	3 A L U D
V Inhalación repetida.	Inhalación repetida hasta dosis mayor a 1000 ppm.	100-- 1000 ppm	10-100 ppm.	1-10 ppm.	menor a a 1.0 ppm.	
VI Toxicidad Humana	L0 50 - Mayor a 5000 - mg/Kg.	L0 50 500- 5000 mg/Kg.	L0 50 50- 500 - mg/Kg.	L0 50 5-50 mg/Kg.	L0 50 menor a 5 mg/Kg.	3 O N T D A E M L
VII Toxicidad acuática	Peligro insignificante Tlm mayor a 1000 -- 1000 -- mg/l.	Tlm 100 a 1000 mg/l.	Tlm 10-100 mg/l.	Tlm 1-10 mg/l.	Tlm menor a mg/l.	1 N A G E J E I A O D

TABLA I (continuación)

C A T E G O R I A S D E P E L I G R O	Desechos esencialmente no peligrosos.		Prioridad II Desechos moderadamente peligrosos.		Prioridad I Desechos altamente peligrosos.	
	Grado --	0	1	2	3	4
VIII	Reacción con el agua.	No se conoce su reacción con el agua.	Puede tener reacción con Cl, Br, óxido de etileno.	Reacción más violenta con NH_3 , H_2 , HCl .	Reacción violenta con Oleum, H_2SO_4 .	Reacción más violenta con SO_3 .
IX	Reacción por sí sola.	Reacción por sí sola no apreciable.	Polimerización con temperatura baja.	Contaminación causada por polimerización no requiere inhibidores.	Polimerización requiere estabilizadores.	La reacción por sí sola puede causar explosión o detonación.

LD 50 Dosis letal en 50% probada en ratones.

LC 50 Concentración letal 50%

TLD Toxicidad letal media

Punto de inflamación. Temperatura más baja a la que los vapores volátiles pueden incendiarse en el aire cuando son expuestos a la flama.

TABLA II

FUEGO

GRADO

0	Peligro insignificante.	Incluye químicos esencialmente no combustibles.
1	Poco peligrosos.	Compuestos químicos -- con punto de inflamación de 60°C . Temperatura mínima a la que los vapores volátiles pueden incendiarse en el aire cuando son expuestos a la flama.
2	Peligrosos.	Incluye químicos que tienen punto de inflamación de 37.8°C . a 60°C .
3	Altamente peligrosos.	Líquidos flamables cuyo punto de inflamación es de 37.8°C y el punto de ebullición en condiciones normales es alrededor de 37.8°C .
4	Extremadamente peligro	Líquidos volátiles o gases licuados cuyo -- punto de inflamación es menor a 37.8°C . y el punto de ebullición es menor a 37.8°C .

TABLA II (continuación)

CONTACTO CON OJOS Y PIEL

GRADO		
0	Peligro insignificante.	Incluye a todos los líquidos no descritos.
1	Poco peligrosos.	Líquidos que producen corrosión en la piel.
2	Peligrosos.	Gases licuados que son capaces de generar vapores.
3	Altamente peligrosos.	Son aquellos que tienen una LD50 de más de 20 mg/Kg administrada por 24 hrs. o menos a conejos.
4	Extremadamente peligrosos.	Son aquellos que tienen una LD50 de 20 mg/Kg. o menor a ella administrada por 24 hrs. o menos a conejos.

INHALACION DE VAPORES

GRADO		
0	Peligro insignificante.	Incluye a todos los líquidos no descritos.
1	Poco peligrosos.	Líquidos que provocan problemas después de 30 min. o menos de exposición a una atmósfera saturada con vapor a 50 °C.

TABLA II (continuación)

GRADO

2	Moderadamente peligrosos	Líquidos que tienen -- L3 50 en aire, de más-- de 200 ppm. pero no <u>mg</u> -- por a 2000 ppm.
3	Altamente peligrosos	Líquidos que tienen -- L3 50 en el aire de -- más de 50 ppm. pero no más de 200 ppm. Admi-- nistrada por inhalación por una hora o menos a ratas.
4	Extremadamente peligro-- sos	Líquidos que tienen -- L3 50 en el aire de -- 50 ppm. o menos.

CONTAMINACION DEL AGUA

TOXICIDAD HUMANA

0	Peligro insignificante	Sustancias contenidas - en el agua cuya dosis - letal al 50% es de - - 5000 mg/Kg.
1	Poco peligrosos	Sustancias contenidas-- en el agua cuya dosis-- letal al 50% adminis-- trada en ratas es de - 500 a 5000 mg/Kg.
2	Moderadamente peligrosos	Sustancias contenidas - en el agua que al ser - administradas en ratas, en dosis de 50 - 500 - mg/Kg., producen la -- muerte al 50% de ellas.

TABLA II (continuación)

GRADO		
3	Altamente peligrosos	LD 50 5 - 30 mg/Kg.
4	Extremadamente peligrosos	LD 50 menor a 5 mg/Kg.

TOXICIDAD AGUATICA

GRADO		
0	Peligro insignificante	El agua que contiene - sustancias tóxicas en - concentraciones mayo- - res a 1000 mg/l. sin - provocar problemas.
1	Poco peligrosos o tóxicos.	Agua que contiene 100-1000 mg/l de sustan- - cias disueltas.
2	Moderadamente tóxicos	Agua cuya TIm toxici- - dad letal media es - - - provocada en dosis de - 10-100 mg/l.
3	Altamente tóxicos	Agua cuya TIm es provo- - cada en dosis de 1-10- - mg/l.
4	Extremadamente tóxicos	Agua cuya TIm es provo- - cada en dosis menores - a 1 mg/l.

REACCION CON AGUA

GRADO		
0	Peligro insignificante	Todas las sustancias -

TABLA II (continuación)

GRADO

		químicas cuya reacción con el agua no es conocida.
1	Poco peligrosos	Todas las sustancias que pueden producir -- reacción química con -- el agua. Cloro, Bromo, óxido de etileno, anhídrido acético.
2	Moderadamente peligrosos	amoníaco anhidro, HF.-- HCl. que producen reacción con el agua.
3	Altamente peligrosos	Sustancias que producen reacciones vigorosas -- con el agua. Olores -- H ₂ SO ₄ , cloruro de cloroacético.
4	Extremadamente peligrosos	Sustancias químicas que producen reacciones vig lentas con el agua. SO ₂

REACCIONES POR SI MISMAS

GRADO

0	Peligro insignificante	Sustancias cuyas reacciones no son apreciables.
1	Poco peligrosos	Sustancias químicas que polimerizan bajo ciertas condiciones.

TABLA II (continuación)

GRADO		
2	Moderadamente peligrosos	Sustancias que al polimerizar producen compuestos contaminantes.
3	Altamente peligrosos	Sustancias que requieren de manejo especial y la adición de inhibidores de polimerización.
4	Extremadamente peligrosos	Sustancias que al polimerizarse causan explosión o detonaciones.

Los grados de peligrosidad provocados por Inhalación de gases son los mismos que los de Inhalación de vapores.

Otro ejemplo, es el zinc. Muchas enzimas requieren - de este elemento, pero a nivel de desecho industrial en - concentraciones elevadas, puede representar un peligro pa - ra la salud, pues se ha observado que con frecuencia pro - voca la muerte de peces. Una lista de elementos químicos - esenciales para la vida que incluye a otros ocho " metales pesado tóxicos" - vanadio, cromo, manganeso, fierro, cobal - to, cobre, molibdeno y estaño - se presenta en la tabla No. III (pag. 21 a 23).

1.3 Aplicación del esquema para clasificar a los dese - chos de la Industria Farmacéutica dentro de las - Prioridades I o II.

Desechos potencialmente peligrosos.

La toxicidad o grado de peligrosidad presentado por - un desecho dado depende de muchos factores. Se requiere - de información básica sobre las características de la plan - ta productora para evaluar el problema específicamente. -- Para clasificar dentro de categorías más definidas a los - desperdicios, podemos denominarlos como:

Desechos peligrosos de Prioridad I. Materiales poten - cialmente muy peligrosos.

Desechos peligrosos de Prioridad II. Materiales poten - cialmente peligrosos moderados.

La Prioridad I de desechos peligrosos incluye en sus - listas a todos los materiales tóxicos elementales, materig

(sigue en la par.24)

TABLA No. III.

Funciones biológicas y toxicidades de algunos elementos.

Elemento	Función biológica	Toxicidad
Flúor	Factor de crecimiento en ratas, posible constituyente de los dientes.	Usado en insecticidas y venenos para ratas. Los fluoruros son venenos protoplásmicos que remueven el calcio esencial del cuerpo causando problemas respiratorios y fallas cardíacas.
Magnesio	Es necesario para la actividad de varias enzimas.	Niveles altos en la sangre pueden provocar depresión respiratoria y muerte.
Cromo	Esencial en animales superiores, relacionado con la insulina.	Carcinogénico en ratas y ratones. La exposición industrial produce dermatitis, úlceras en la piel y en algunos casos cáncer.

TABLA No. III (continuación)

Elemento	Función biológica	Toxicidad
Manganeso	Se requiere para la actividad de varias enzimas.	La exposición industrial provoca síndromes neurológicos y -neumonías.
Hierro	Es el más importante - metal de transición esencial para la hemoglobina y varias enzimas.	En dosis excesivas - puede presentar síntomas severos y altas proporciones de muertes. Especialmente en niños por acidosis, colapso cardíaco vascular y hemorragia de tejidos del tracto gastrointestinal.
Cobalto	Se requiere para la actividad de varias enzimas y en la vitamina -- B₁₂ .	Efectos nefríticos.
Cobre	Esencial en enzimas oxidantes.	En dosis excesivas - produce problemas en el sistema nervioso central.

Tabla No. III. (continuación)

Elemento	Función biológica	Toxicidad
Zinc	Se requiere para la actividad de varias enzimas; su deficiencia causa anemia.	La inhalación prolongada de compuestos de zinc puede provocar problemas respiratorios.
Selenio	Esencial para funciones vitales.	Alta toxicidad semejante a la del arsénico, inhibe la función de las enzimas.
Yodo	Constituyente esencial de las hormonas de la tiroides.	Irritación en las membranas mucosas y tracto gastrointestinal.

les que pueden ser perjudiciales, por sí mismos o combi-
dos químicamente. También incluye materiales que deben -
sus propiedades peligrosas a su arreglo molecular. En la
Tabla No. I se presentan en los grados de peligrosidad -
3 o 4 (pag. No. 11 a 13).

En la Prioridad II de los desechos peligrosos se in-
cluyen aquellos que tienen propiedades peligrosas que se
derivan del arreglo molecular del compuesto y en la Ta-
bla No. I podemos observar que se clasifican dentro de -
los grados 1 y 2 de peligrosidad.

Los desechos producidos en algunos tipos de indus-
trias son considerados no peligrosos, en la Tabla No. I -
se encuentran clasificados en la sección de compuestos -
esencialmente no peligrosos.

En la Tabla No. IV (pag. No. 25) se pueden encontrar
algunos de los elementos químicos inorgánicos que se desg-
chan con frecuencia en concentraciones significativas. -
No es posible realizar una lista semejante con los com-
puestos químicos orgánicos, pues en la industria farma-
céutica se utilizan alrededor de 15 000 ingredientes ac-
tivos diferentes de origen orgánico (12).

La industria también usa ciertas cantidades de sol-
ventes orgánicos, como se describirá más tarde los sol-
ventes de desecho son incinerados.

Tabla No.IV

Resechos peligrosos

Prioridad I

Elementos inorgánicos y compuestos.

Mercurio

Cadmio

Cianuro

Antimonio

Arsénico

Bario

Berilio

Cromo(cromatos)

Cobalto

Cobre

Fluoruros

Plomo

Molibdeno(molibdatos)

Níquel

Nitritos

Selenio

Plata

Talio

Estafío

Uranio

Vanadio

Zinc

Elementos radiactivos

Los solventes más representativos o los fluidos que los contienen se encuentran en la Tabla No. V.

Por otra parte y considerando que los ingredientes - activos de los productos farmacéuticos, por medio de tratamientos adecuados, pueden reusarse, es importante tomar en cuenta, que estos pueden presentar propiedades peligrosas. Los productos farmacéuticos formulados y la mayoría de los principios activos medicinales no son peligrosos - ya que no presentan inflamabilidad, reactividad con el agua, reactividad por sí solos, o corrosión en los ojos o piel. Usualmente estos productos no producen vapores tóxicos - que sean dañinos por inhalación. Los parámetros principales para clasificar a los productos farmacéuticos o a los principios activos y determinar su peligrosidad son :

- Toxicidad acuática. (TLm)
- Toxicidad oral. (LD50)
- Bio-concentración y carcinogénesis.

Generalmente los productos farmacéuticos que se encuentran en el mercado para uso general no son conocidos como carcinógenos. No existen datos precisos de los valores de toxicidad acuática de estos compuestos ni de su bioconcentración en flora y fauna. Sin embargo, hay bastantes datos, sobre la toxicidad oral de estos compuestos, obtenidos en pruebas con animales. (28).

Al evaluar de acuerdo a su toxicidad a las categorías farmacéuticas de más venta, se obtuvieron datos interesan-

(sigue en la Pág.26)

TABLA No. V

Caracterización de solventes o fluidos de desecho --
que los contienen.

Prioridad I**(Altamente peligrosos)**

Acetona

Acetonitrilo

Acetato de amilo

Benceno

Butanol

Acetato de butilo

Cloroformo⁺

Etanol

Dicloruro de etileno

Alcohol isopropílico

Metanol

Isobutil metil cetona

Tolueno

Xileno

Prioridad II**(Moderadamente peligrosos)**

Heptano

Cloruro de metileno

Nafta

- + El cloroformo normalmente se clasifica dentro de la Prioridad II, pero posiblemente tenga acción carcinogénica por lo que se ha introducido en la Prioridad-I.

tes. Las categorías son : analgésicos, antibióticos, - - cardiovasculares y hormonas. Los valores de la dosis oral (LD_{50}) de compuestos típicos dentro de cada una de las -- categorías farmacéuticas son listados en la Tabla No. VI. (pag. 29 a 31). Como se indica en el resumen, al final de la mencionada tabla, 26 de 38 compuestos presentan toxicidad en grado 1 (LD_{50} de 500 a 5000 mg/kg--esencialmente no peligrosos), 11 de 38 se encuentran en el grado 2 (50 a -- 500 mg/kg moderadamente peligrosos), y solamente 1 se clasifica en el grado 3 (5 a 50 mg/kg--altamente peligrosos). Algunas veces los ingredientes farmacéuticos pueden tener actividad alta para el hombre cuando son ingeridos o in--yectados, los más activos usualmente son utilizados en -- formas muy diluidas y solo un porcentaje muy pequeño del principio activo está presente en la forma farmacéutica - dosificada. Aunque algunos de los principios activos pueden ser calificados como moderadamente peligrosos, es posible considerar que las mezclas típicas después de tratamiento y absorción en la tierra cambien sus propiedades y presente peligros potenciales. No obstante, algunas compañías tienen productos (como ungüentos mercuriales) cuyos desechos después de su tratamiento presentan características óptimas para ser descargados en los arroyos sin provocar problemas al medio ambiente.

Si una compañía toma posición conservadora todos los flujos retornables y los productos descargados son considerados moderadamente peligrosos, y hasta que sean examinados, el manejo y tratamiento de estos compuestos debe realizarse sin ningún peligro para el personal o el medio ambiente (12).

Tabla No. VI

Toxicidades típicas de principios activos y medida de LD₅₀ oral en ratas y ratones.

Clase de fármaco	Compuesto	LD ₅₀ Oral (mg/kg)	
		Ratón	Rata
Analgésicos	A	-	2404
	B	815	1500
	C	-	4029
	D	-	748
	E	-	542
	F	18	-
	G	-	170
	H	-	95
	I	-	887
	J	693	-
	K	-	1650
	L	84	-
	M	-	1890
	N	-	1600
Antibióticos	A	3750	-
	B	-	1188
	J	2618	-
	D	-	2000
	E	4600	-
	F	-	1467
	G	2880	-

Tabla No. VI (continuación)

Clase de fármaco	Compuesto	LD ₅₀	Oral (mg/kg)
		Ratón	Rata
	H	-	300
	I	808	-
	J	-	702
Cardiovasculares	A	-	56
	B	-	2600
	C	213	-
	D	-	1750
	E	292	-
	F	-	80
	G	300	440
	H	680	300
	I	890	-
	J	-	1000
Hormonas	A	-	300
	B	2500	-
	C	1737	2952
	D	950	-

LD₅₀ Oral. Resumen de clases típicas de fármacos.
(Clasificación de acuerdo a valores
de toxicidad.)

Grado de toxicidad.	4(0-5)	3(5-50)	2(50-50)	1(500-5000)
Analgésicos	0	1	3	10
Antibióticos	0	0	1	9
Cardiovasculares	0	0	6	4
Hormonas	0	0	1	3
Total	0	1	11	26

Los datos de esta tabla fueron tomados de la literatura, y nos ilustran para determinar que los desechos de principios activos de la industria farmacéutica, son en su mayoría poco tóxicos. (Toxic Substances List 1973).

2.- Información acerca de las principales categorías de la industria farmacéutica.

La información existente relacionada con las divisiones funcionales de la industria farmacéutica se refiere principalmente a : (1) Investigación y desarrollo, (2) — Producción de principios activos, y (3) Formulación y empaque. La cuarta división funcional, venta y distribución, no contiene cantidades significativas de residuos de procesos o desechos peligrosos. La mayoría de los productos que sufren algún daño durante su transporte generalmente pueden ser retornados a las plantas de formulación para su reacondicionamiento.

2.1 Desechos procedentes de las instalaciones de investigación y desarrollo.

Depende del tipo de investigación desarrollada que unas actividades puedan involucrar el uso de grandes cantidades de solventes en una instalación, mientras en otra el trabajo primordial sea las pruebas con animales, por lo que el tipo de desecho varía. En el primer caso se deberán tratar los solventes de desecho para su reuso, y en el otro los desechos son incinerados.

Los desechos de metales pesados, como el mercurio -- o sus sales, pueden ser almacenados hasta que se reuna -- una cantidad suficiente para ser reprocesada.

2.2 Desechos de la Producción de principios activos.

En adición a la producción de principios activos, la Industria Farmacéutica, produce muchos ingredientes activos para las industrias químicas, que no son realmente -- farmacéuticas.

En la siguiente parte, se comentarán algunos métodos de la producción de principios activos y la regeneración en los procesos de desechos peligrosos. Se han elegido los -- procesos de la literatura y estos son típicos de la industria y no se hace referencia a una instalación específica de una compañía.

a) Químicos orgánicos medicinales sintéticos.

La producción de químicos orgánicos medicinales puede involucrar modificaciones químicas (o biológicas) de -- un antibiótico, a botánicos, a drogas de origen animal, o realizar la síntesis química completa de un complejo químico, como la vitamina A. Algunos productos después de -- ser sintetizados requieren de extracciones con solventes -- como acetona, éter acético, acetileno, y metil vinil cetona.

En algunos casos, la producción de sustancias químicas se

lleva a cabo en grandes cantidades, este tipo de proceso es continuo y genera una descarga de desechos uniforme, pero muchos principios activos son producidos en lotes pequeños que causan variación en la composición de las descargas de desechos (56).

La cantidad de desechos generados en un proceso varía con frecuencia, dependiendo del número de etapas de la síntesis, el rendimiento en cada etapa, y los solventes usados. La síntesis química puede requerir de dos etapas y el aprovechamiento de materias primas sin reaccionar, como en la producción de aspirina, o de muchas más, alrededor de 13, en la producción de vitamina A. Con un rendimiento de 80%, se obtiene solo 0.2 kg de residuos orgánicos generados por kg de aspirina, mientras que en la producción de vitamina A el rendimiento del proceso es de 15-20%, la generación de desechos es de 7 kg por kg de producto. El residuo de desecho orgánico es separado del producto final por numerosos métodos como extracción, destilación, precipitación, cristalización o filtración, y pueden ser recuperados en cilindros o en solución con solventes adecuados. Este residuo puede contener productos químicos peligrosos como hidroquinona, piridina o ácido oxálico (59).

Los desechos acuosos provenientes de la producción de principios medicinales orgánicos, que contienen compuestos orgánicos biodegradables como isopropanol, acetona, etanol o ácido acético, deben ser tratados antes de descargar

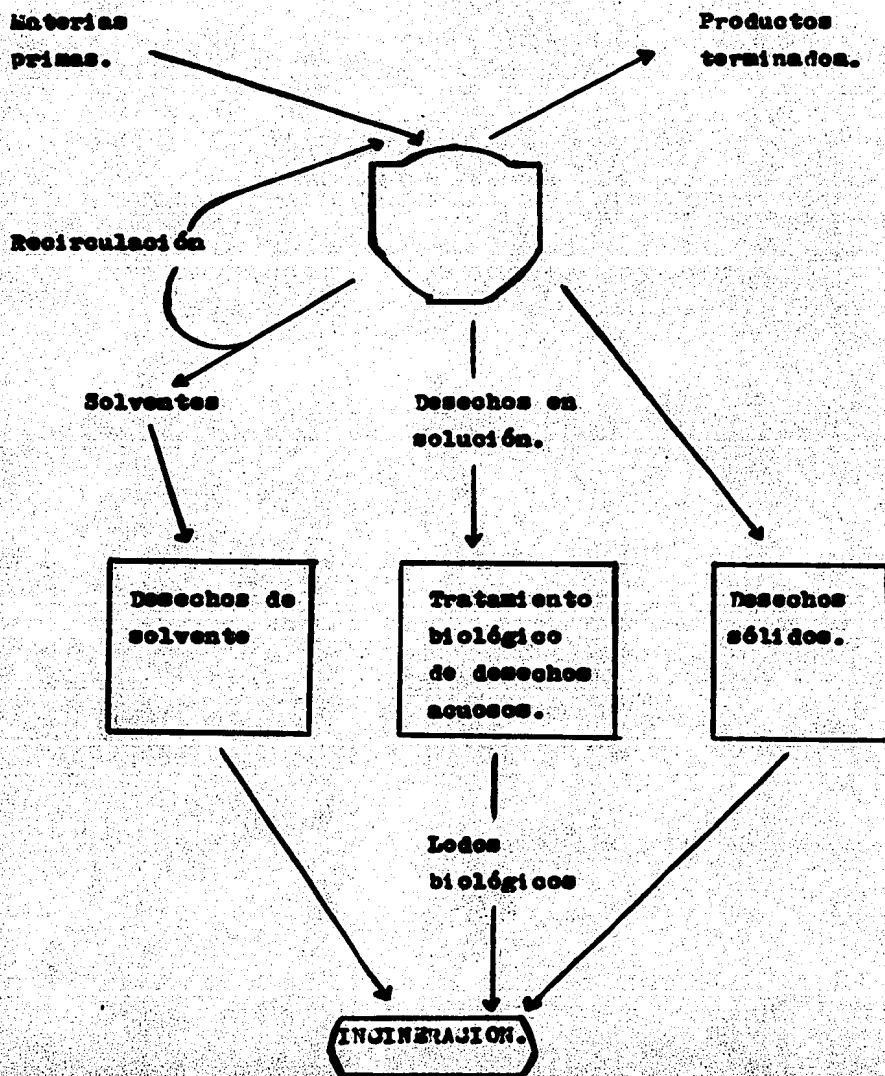
se al efluente. Este tipo de desecho es tratado, usualmente, por métodos biológicos, como el de lodos activados, ya sea en el sitio de obtención o en el sistema municipal de tratamiento local. El tratamiento biológico genera 0.3 a 0.7 Kg. de lodo biológico por Kg. de sólidos orgánicos-removidos, el remanente es convertido en dióxido de carbono y agua por los organismos del lodo activado.

El volumen de solvente de desecho depende del grado en que el solvente contamina, de las prácticas de recuperación realizadas, y el tipo de reacción y solvente requerido. Algunas reacciones, como la hidrogenación, no requieren solventes. Algunos procesos pueden usar etanol o ácido acético que pueden ser diluidos y descargados para tratamiento biológico, mientras algunos otros pueden usar tolueno o benceno que pueden ser recuperados o incinerados. Un proceso típico de producción de químicos orgánicos medicinales sintéticos se resume como se muestra en la figura I (pag. 36).

Los desechos están contenidos en solventes, residuos orgánicos, lodos biológicos y desechos sólidos inorgánicos que contienen carbón o metales pesados en algunos casos.

La mayoría de los desechos peligrosos generados en la síntesis de químicos orgánicos medicinales son de naturaleza orgánica (compuestos de hidrógeno, oxígeno, carbón, y nitrógeno) y generalmente son tratados por incineración. Una cantidad limitada de desechos de metales pesados, como

FIGURA I.



algunos conteniendo mercurio, cromo, cobre, arsénico y zinc son generados en algunas ocasiones (65).

Los desechos con zinc, generalmente aparecen en la producción química farmacéutica como zinc metálico, óxido de zinc o cloruro de zinc. El zinc metálico es usado como un agente reductor y sus sales como catalizadores. Es usualmente recuperable (para tratamiento o recirculación) de la mezcla de reacción por filtración. Los desechos conteniendo sales de zinc son recuperables por precipitación o evaporación de solvente.

Los desechos con arsénico son generados en la industria farmacéutica en la producción de arsenicales y donde los compuestos de arsénico son usados como catalizadores o agentes oxidantes.

No se conocen desechos de cromo o sus sales producidos por la industria farmacéutica. El óxido es usado en la industria química pesada como uno de muchos catalizadores para hidrogenación y oxidación, y como agente oxidante en algunas síntesis químicas orgánicas. Sin embargo, muchas de estas oxidaciones pueden ser activadas, usando otros agentes oxidantes, como cloratos, peróxidos o permanganatos. En los casos raros, en que el cromo se usa en la industria farmacéutica, los desechos de cromo son recuperables por precipitación y filtración y en soldaduras (75).

Se ha estimado que los principales desechos que se producen en la industria farmacéutica que poseen un peligro potencial, son los que contienen mercurio, pues son los que se presentan en mayor cantidad relativa. Un número limitado de compañías producen productos mercuriales incluyendo nitrouersol y timerosal. Estas compañías tienen cudados considerables para remover el mercurio del efluente de la planta.

Existen varios procesos útiles para la remoción del mercurio de los desechos acuosos. Intercambio de iones, extracción con solventes, adsorción en carbón, precipitación con sulfuro y reducción/precipitación. Todos estos métodos pueden ser usados con variaciones debiendo analizarse antes de ser usados para una aplicación específica, considerando los siguientes puntos :

- Concentración de mercurio en el desechos acuoso.
- Máxima concentración encontrada de mercurio en el efluente.
- Forma química del mercurio que será removido.
- Tipo y cantidad de otros constituyentes químicos en el desecho acuoso; e
- Interés por recuperar mercurio metálico (77).

De acuerdo a investigaciones realizadas, el proceso-reducción/precipitación es usado cuando las cantidades de mercurio en el flujo son relativamente pequeñas e inter

tentes. El mercurio es recuperado como mercurio metálico-puro o como una amalgama.

En el proceso más común de reducción/precipitación, una solución caústica de boro hidruro de sodio (NaBH_4) es mezclada con el desecho contaminante del agua donde el mercurio iónico es reducido directamente a mercurio metálico que rápidamente precipita en la solución. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente :



Si la solución de mercurio esta en forma de complejo orgánico, las fuerzas que manejan la reacción de reducción no son suficientes para romper el complejo. En este caso, el desecho en solución debe ser clorado antes de la etapa de reducción para romper el enlace órgano-metálico.

Quando el mercurio elemental recuperado no es deseado, el proceso de reducción puede ser usado para formar a amalgamas mercuríicas para disminuir el peligro del desecho para su tratamiento final por encapsulación (11).

b) Químicos medicinales inorgánicos.

Los antiácidos son los compuestos más importantes -- producidos por las compañías que fabrican químicos medicinales inorgánicos. Generalmente estas substancias tienen-

hidróxido de magnesio o hidróxido de aluminio como principal ingrediente activo. Algunos antiácidos son producidos por precipitación de compuestos insolubles en agua de soluciones de aluminio soluble o sales de magnesio de una sal de sodio. Algunas formulaciones incluyen también trisilicato de magnesio, carbonato de calcio, bicarbonato de sodio, gel de aluminio y aluminato de bismuto. Los desechos producidos que son descargados en el efluente no contienen metales tóxicos, ni a sus sales. Usualmente es una solución de cloruro de sodio o sulfato de sodio. Ocasionalmente algunos lotes de principios activos antiácidos son mal fabricados y algunos son reprocesados o tratados, pero de todas formas no deben ser considerados peligrosos.

La industria farmacéutica produce varios laxantes de origen botánico como la sena, y un compuesto orgánico sintético, fenolftaleína. Sin embargo, la leche de magnesia (suspensión de hidróxido de magnesio) es el principal laxante inorgánico. La producción de hidróxido de magnesio para este uso también genera únicamente soluciones acuosas de sulfato de sodio o cloruro de sodio (29).

Otros principios activos producidos por la industria farmacéutica, de tipo inorgánico, son utilizados para preparar productos como enjuagues bucales y medicamentos tópicos, como los mercuriales, el óxido de zinc en ungüentos y polvos para los pies. La mayoría de los ingredientes ac

tivos para estos propósitos son producidos por la industria química (en mayor cantidad que por la industria farmacéutica). El único desecho conteniendo estos compuestos — que se puede encontrar en un efluente será el que provenga de la composición y empaque de las preparaciones farmacéuticas.

e) Productos de fermentación (Antibióticos).

Los antibióticos comerciales son productos de organismos vivos, tales como hongos y bacterias. Los antibióticos crudos producidos por microorganismos son recuperados del fermentador (una solución acuosa conteniendo nutrientes) por extracción, precipitación, o absorción, dependiendo del tipo de antibiótico. La bacitracina, las penicilinas, cefalosporinas y eritromicina son usualmente recuperados del filtro por extracción con solventes. La estreptomicina es recuperada del filtro por intercambio de iones. La oxitetraciclina es recuperada del filtro por precipitación con compuestos cuaternarios de amonio.

Siguiendo a la recuperación del fermentador, los antibióticos son purificados, en muchos casos, por varias etapas de recristalización. Otros antibióticos, tales como las penicilinas semi-sintéticas y los derivados de cefalosporinas, son producidos por modificaciones químicas de los antibióticos producidos por fermentación. En la producción de antibióticos se generan varios desechos; los micro

organismos del filtrado, el filtrado, la extracción, el caldo del fermentador y el solvente contaminado generado en la operación de recuperación de solvente. En la mayoría de los casos el caldo del fermentador y otros desechos acuosos son tratados biológicamente (27).

La penicilina comercial es producida por la fermentación en un medio de cultivo mediante un proceso de fermentación en el que el Penicillium se hace crecer en el aerogador, en el tanque de agitación y en el fermentador, en un medio acuoso. Este medio contiene carbohidratos (almidones, azúcares) como fuente de energía, nitrógeno en forma de sales de amonio y trazas de minerales, como magnesio, - que son necesarios para el crecimiento del microorganismo. El crecimiento rápido del micelio se lleva a cabo durante las primeras 24 a 48 hrs. y la producción de penicilina - se da durante 24 a 120 hrs.

Los carbohidratos actúan en el fermentador durante - el curso de la fermentación como una fuente de energía para el micelio. Después de la fase inicial de crecimiento del micelio, un precursor, tal como el ácido fenilacético o sus sales, es adicionado para incrementar la producción de un tipo específico de penicilina. El moho utiliza este precursor directamente en la producción de penicilina. - Con ácido fenilacético se incrementa el rendimiento de la penicilina G.

La clase de penicillium, la composición exacta del medio de crecimiento, el rendimiento de la penicilina y algunos detalles de la purificación de la penicilina son secretos de los fabricantes. La penicilina producida y recuperada de la fermentación puede también ser modificada químicamente para producir alguna de las muchas penicilinas comerciales, pero el proceso de fermentación para iniciar la producción de penicilina básica es generalmente el mismo.

Un proceso típico de producción de penicilina consiste en la fermentación inicial en donde el antibiótico es producido por el microorganismo, la recuperación del antibiótico crudo del tanque de fermentación por extracción - en varias etapas con solventes y soluciones acuosas reguladoras, cristalización del antibiótico crudo, y finalmente la esterilización del antibiótico. Las mismas etapas del proceso son usadas por muchos fabricantes, pero las condiciones exactas de pH y temperatura y los procedimientos de extracción (tipo de extractor, tipo de solvente, etc.) - varía de productor a productor (15)

Los nutrientes necesarios para el crecimiento del micelio y la producción de penicilina son disueltos en agua para formar el medio de fermentación que es esterilizado por medio de calor, antes o después de ser adicionado al fermentador. El medio de cultivo se enfría a temperatura ambiente ($20-24^{\circ}$ C) y es inoculado con un cultivo con

centrado de Penicillium, aproximadamente 5% en volumen. El medio de cultivo inoculado es agitado por una propela y se le inyecta aire estéril comprimido en dosis adecuadas para el crecimiento del micelio. Después de 24 hrs. el micelio presenta un crecimiento máximo en el fermentador y la producción de penicilina, por el incremento del micelio, se acelera. La producción de penicilina continúa con adiciones subsecuentes de carbohidratos y un precursor al final del ciclo de fermentación, alrededor de 5 días, cuando la penicilina presenta su máxima concentración. En este punto el fermento es colectado y el micelio se filtra del medio de crecimiento. El caldo filtrado es enfriado para prevenir el deterioro de la penicilina y acidificado para liberar al ácido penicílico que es extraído por un solvente no miscible en agua como el acetato de amilo o de butilo. El desecho del caldo de la extracción puede ser neutralizado y descargado a un sistema de tratamiento biológico o concentrado para ser vendido como suplemento alimenticio para animales. El solvente conteniendo la penicilina es extraído con una solución amortiguadora alcalina para formar la sal de sodio o potasio y remover el solvente de la solución. En este punto la sal cruda de sodio o potasio puede precipitarse directamente con un solvente, o ser acidulada y extraída con un solvente inmiscible en agua seguida de neutralización y cristalización. Finalmente, la sal cruda es redisoluelta en agua pasada por un filtro estéril y colocada en un tanque mezclador donde es combinada con un agente precipitante estéril,

y la sal insoluble estéril es recuperada por centrifugación y es secada en un secador a vacío. Existe la alternativa de recuperar la sal de potasio o de procaína. La penicilina puede ser modificada químicamente a otros derivados de penicilina antes de la esterilización. La modificación química de los antibióticos es considerada como una parte de los compuestos químicos medicinales de tipo orgánico. Un esquema del proceso representativo de la producción de antibióticos se muestra en la Figura No. II (pag. 46).

El medio en el que crece el microorganismo, micelio, no es tóxico al organismo. El micelio del caldo del fermentador es generalmente incinerado o usado como constituyente del suelo. En algunos casos se requiere que el micelio tenga un contenido mayor a 30% de sólidos antes de ser tratado. La cantidad de sólidos es importante pues se requiere para realizar la filtración de los micelios gelatinosos que se producen en algunas fermentaciones, esto incrementa la concentración de sólidos a un nivel aceptable (81).

La extracción y la fermentación acidulada deben ser neutralizadas antes de poderse tratar por uno de los varios métodos tales como incineración, tratamiento biológico o concentración y venta como complemento alimenticio para animales. En el caso de tratamiento biológico, el lodo resultante debe también ser tratado por incineración. En la Figura No. II (pag. 46) se asume un tratamiento bio

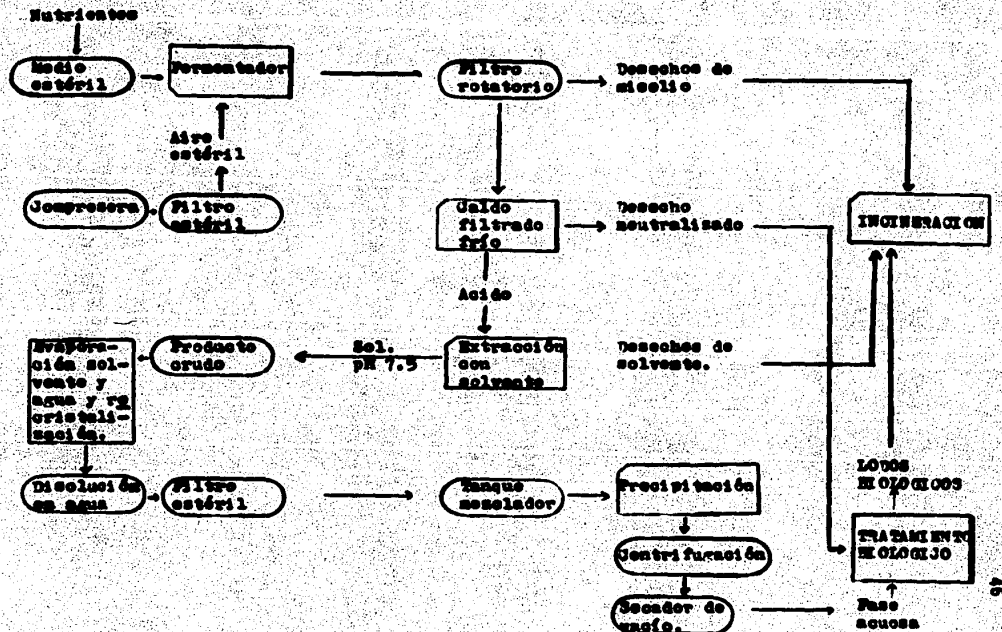


FIGURA II

lógico al caldo del fermentador y a otros aguas de la -
descarga (5) (15).

Los únicos desechos peligrosos que resultan de la --
producción de antibióticos son los solventes de desecho --
que contienen al material orgánico de la extracción del --
caldo del fermentador y son generados en la recuperación--
de la mayoría de los solventes usados en el proceso (82).

d) Botánicos.

Los principios activos producidos a partir de plan--
tas, hojas, tallos y raíces, incluyen a los alcaloides ta--
les como la quinina y reserpina, plantas conteniendo este--
roides para síntesis química de cortisonas y anticonsepti--
vos orales, y laxantes como la cáscara sagrada.

- Producción de alcaloides a partir de plantas.

Los alcaloides son usualmente definidos como compues--
tos de origen botánico que contienen nitrógeno y producen
una marcada acción fisiológica cuando son administrados a
animales. Los alcaloides comerciales incluyen a la quini--
na, reserpina y vincristina (un nuevo principio anticán--
cer). El contenido de alcaloides en las plantas puede va--
riar en un gran rango. Por ejemplo, la quinina se encuen--
tra en cantidades arriba del 10%, y la vincristina solo --
aparece en las hojas de Vinca Rosea en una concentración:-

de alrededor a 0.02%.

En la Figura No. III (pag.49) se muestra el proceso que se realiza para producir alcaloides a partir de material vegetal. El material vegetal seco (raíces, tallos y hojas) es generalmente extraído con un solvente miscible en agua acidulada, tal como el alcohol. Esta lechada, es extraída con un solvente inmiscible en agua, tal como el cloruro de etileno. Las variaciones en este procedimiento incluye: (1) usar una mezcla del solvente con agua y alcohol para la extracción inicial, y (2) concentración del extracto alcohólico inicial antes de la segunda extracción (líquido-líquido), transfiriendo el alcaloide dentro del solvente inmiscible con agua.

El equipo usado para la extracción inicial puede estar formado por tanques de agitación colocados en serie, cada uno conteniendo un filtro para remover el material vegetal grueso.

El alcaloide crudo es recuperado del segundo solvente (inmiscible con agua) por evaporación al vacío y purificado por cristalización, precipitación, intercambio de iones o cromatografía.

El solvente de desecho, conteniendo extracto de la planta es el desecho peligroso generado en la extracción del alcaloide crudo de las plantas. Las subsecuentes con-

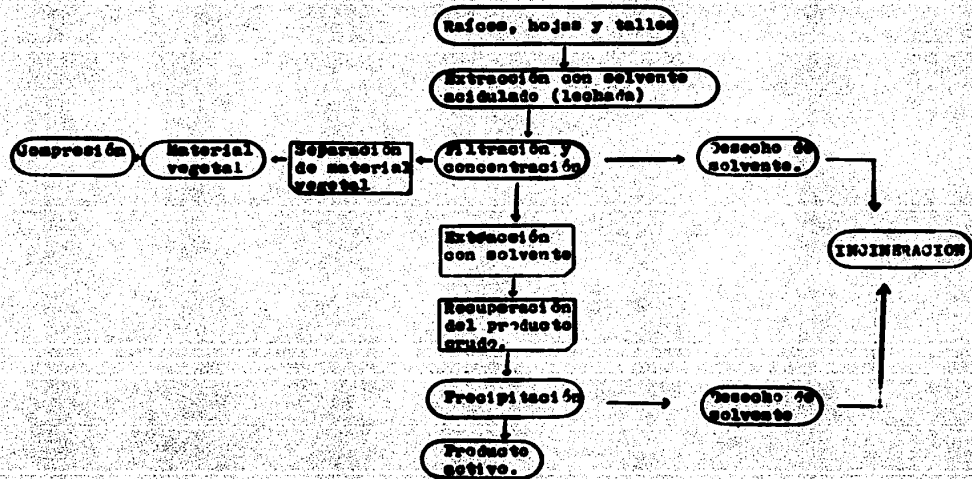


FIGURA III

versiones de algunos alcaloides a otros derivados puede crear desechos peligrosos adicionales, pero estos desechos pueden ser incluidos en la producción de productos químicos medicinales orgánicos. Los desechos de las plantas extraídas deben ser evaporados, para remover el solvente residual, de lo contrario el residuo puede provocar fuego al entrar en contacto con el medio ambiente (1).

Los solventes de desecho generados en la extracción inicial pueden contener alcohol, agua, y extractos de la planta disueltos (resinas, grasas, etc.). En la segunda etapa de la obtención de los alcaloides—la extracción del alcaloide de la emulsión lechosa que forman el agua con el solvente dentro de un solvente inmiscible con agua—mucha de la materia orgánica soluble en agua es arrastrada en el solvente acuoso. Consecuentemente, no se encuentran gran cantidad de este segundo solvente de desecho en este proceso (42).

En la etapa final de purificación (cristalización, precipitación) de los alcaloides, se genera un solvente de desecho adicional.

- Producción de esteroides a partir de plantas.

La mayoría de los productos esteroides que ahora se producen comercialmente fueron originalmente extraídos de órganos animales, requiriendo toneladas de órganos anima-

les para producir pocos gramos de hormona. Cuando fueron determinadas las estructuras de varias hormonas y otros esteroides y se desarrollaron métodos de síntesis para los mismos, fue posible producir muchas de estas hormonas comercialmente en gran escala de esteroides presentes en materiales vegetales. El frijol de soya y la batata mexicana ahora suplen a los esteroides estigmasterol y diosgenina, respectivamente, usados en la producción comercial de derivados de cortisona y anticonceptivos orales.

La mayoría de las hormonas corticoides han sido producidas a partir de diosgenina proveniente de batatas mexicanas. El estigmasterol se produce por extracción con algún solvente, del residuo de la destilación del aceite de soya. En la Figura No. IV (pag. 52) se muestra un diagrama de flujo representativo para el proceso de síntesis de hormonas.

Resumiendo el proceso que se realiza podemos decir que las etapas principales son las que a continuación se indican: disolución de la materia prima en una mezcla de solventes, en caliente; cristalizaciones en serie en una mezcla de solventes; recuperación por filtración de los cristales formados; disolución en un segundo solvente para una próxima cristalización y al final del proceso los cristales son secados al vacío hasta quedar con sólo alrededor de 0.6% de solvente.

La producción de materias primas para la obtención -

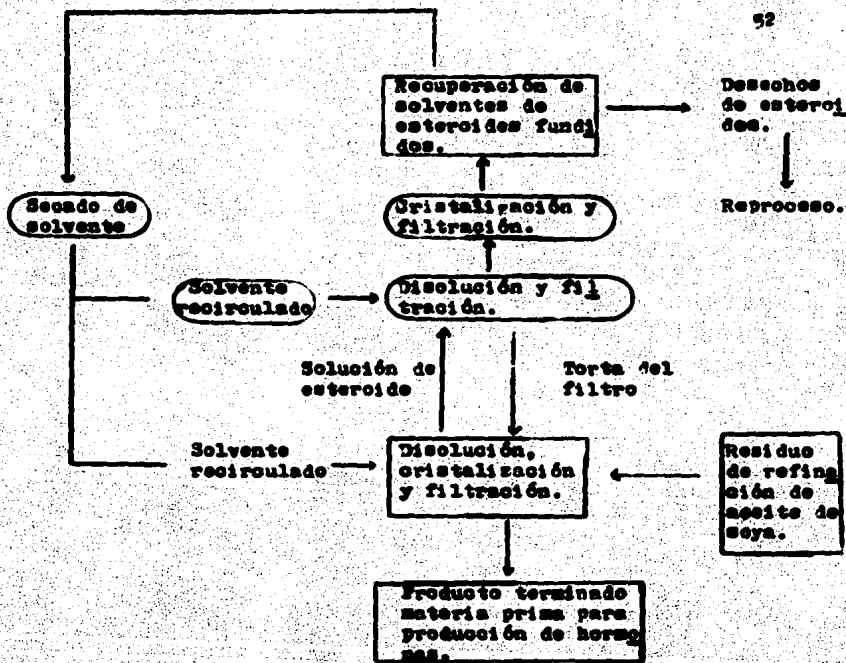


FIGURA IV

de esteroides no genera residuos peligrosos. El residuo del material vegetal, genera un desecho sólido que puede ser fundido y posteriormente enfriado y almacenado, que puede ser reprocesado para recuperar algún otro principio útil para la obtención de esteroides.

La conversión de esteroides a cortisona y anticonceptivos orales se realiza utilizando una combinación de fermentación y etapas químicas de síntesis. Los desechos generados en las etapas de conversión se incluyen como parte de la producción de compuestos químicos orgánicos medicinales sintéticos.

e) Compuestos medicinales provenientes de glándulas de animales.

Los productos medicinales que en mayor cantidad se obtienen de glándulas de animales son la insulina de hígado y páncreas y la heparina de tejidos. El proceso de extracción de ambos compuestos es semejante y por tanto se dará como ejemplo la producción de insulina. Las glándulas son puestas en contacto con metanol o etanol acidulado, y el extracto recuperado se separa de las glándulas por centrifugación o filtración. El extracto es neutralizado con amoníaco concentrado hasta obtener un pH de 8.0 para precipitar las proteínas extrañas. Un álcali muy fuerte, como el hidróxido de sodio, o un pH muy alto pue-

den descomponer a la insulina. Las proteínas precipitadas son filtradas, y el filtrado es acidulado y concentrado hasta tener alrededor del 70% del volumen original por evaporación a vacío a 20°J. El extracto concentrado es fermentado rápidamente a 50°J. para solubilizar las grasas y se enfría a 20°J. Las grasas son tomadas de la superficie y recuperadas para la manufactura de jabones y el extracto filtrado se remueve para dejarlo libre de proteínas precipitadas adicionales. La insulina cruda es precipitada por disolución de cloruro de sodio en el extracto concentrado clarificado.

La insulina cruda es purificada adicionalmente por disolución de la insulina en agua ácida y precipitación isoelectrica a pH 5.2 y 4°C de temperatura. En la etapa final, se prepara el compuesto sinc-insulina por redisolución de la insulina en agua ácida y adición de acetato de zinc para precipitar el producto, o la insulina natural puede precipitarse con el uso de acetona. La solución de cloruro de sodio en agua y alcohol es removida para recuperar el solvente (42).

El extracto de glándulas es derretido para recuperar las grasas (y remover el alcohol) y entonces son agotados produciendo alimentos proteínicos para animales.

Los desechos peligrosos generados en este proceso son el concentrado de solvente (conteniendo grasas y acei

tes) resagado cuando el alcohol acuoso es recuperado en el sistema de recuperación de solventes y el desecho acuoso de la precipitación de la insulina contiene trazas de sales de zinc. (El tratamiento de este desecho acuoso con álcali precipita al zinc como hidróxido que es removido por filtración).

f) Biológicos.

Los productos biológicos incluyen vacunas, toxoides, sueros y fracciones de sangre humana. Las vacunas (tales como la vacuna de la influenza) son producidas por crecimiento de virus mutantes en embriones de pollo, extraídas del huevo con una solución salina, y precipitando el antígeno activo con sulfato de amonio para la producción de la vacuna. La producción de la mayoría de los toxoides es efectuada en cultivos de células de tejidos de los virus, siguiendo del tratamiento con formaldehído del medio de cultivo para dar el toxoide. El toxoide de la poliomielitis tipo Salk es producido por este método.

El suero antitetánico es producido de la sangre de caballo infectada con el microorganismo del tétano. Cuando el caballo permanece sano y activo, los anticuerpos del tétano son producidos en el torrente sanguíneo.

El plasma sanguíneo humano contiene una serie de fracciones que tienen uso medicinal comercial.

En estas fracciones proteínicas están incluidas las globulinas antiheмоfílicas (para evitar hemorragias severas), gamma-globulinas (para prevención de hepatitis, sarampión, viruelas y tétanos), trombina (para la coagulación de la sangre), y albúmina (para tratamiento de shock).

Las dos grandes clases de productos biológicos manufacturados en la actualidad son vacunas provenientes de virus, preparadas en embriones de pollo y fracciones de sangre humana. A continuación se describirá un proceso típico para la producción de fracciones de sangre humana. La sangre es recibida de donadores u obtenida de placentas, y las células son removidas por centrifugación del plasma. El plasma estéril puede ser usado tal cual, o procesado para producir fracciones proteicas sanguíneas. Algunas fracciones proteicas son precipitadas del plasma a 5°C. por adición de etanol conteniendo solución reguladora de acetatos en varias etapas para incrementar la concentración de etanol y bajar el pH. El número de etapas y el pH de cada una de ellas dependen de cada método particular y de la fracción que se desea. La etapa final es la precipitación de albúmina a pH 5.2 y 40% de etanol.

Las células de la sangre pueden ser removidas o desechadas. Se remueven para recuperar eritrocitos para tratamiento terapéutico o, como en recientes prácticas, son retornados al donador.

Después de la precipitación final, el plasma diluido contiene alrededor de 40% de etanol, menos del 1% de sales (acetato de sodio, cloruros, fosfatos, carbonatos) y cerca de 0.03% de proteínas. Esto genera un desecho conteniendo 40% de etanol.

Este desecho puede ser (1) diluido y tratado biológicamente, (2) el etanol puede ser recuperado y el licor residual tratado biológicamente (3) concentrado e incinerado. Si se usan placentas, cuando se desechan deben ser incineradas. Los otros desechos sólidos o líquidos son usualmente descargados al drenaje y tratados como desechos líquidos, en el sistema normal de tratamiento.

2.3 Preparaciones farmacéuticas.

Los preparados farmacéuticos son formas dosificadas tales como tabletas, cápsulas, líquidos o ungüentos. El método general para la producción de estas formas farmacéuticas se describirá a continuación:

-Tabletas-El ingrediente activo es pesado, tamizado y granulado. Los ingredientes adicionales son añadidos y las tabletas son producidas en una máquina especial tipo prensa. Algunas tabletas son cubiertas por rotación con algún material especial. El excipiente, (usualmente almidón, lacto

sa, etc.) se requiere para diluir el principio activo a la concentración adecuada, y el aglutinante (usualmente almidón) es necesario para darles mayor tamaño a las partículas. Un lubricante, como estearato de magnesio, se adiciona para facilitar el trabajo de la máquina. El polvo generado durante la mezcla de polvos y la operación de tableteo es colectado y recirculado directamente en el mismo lote. Las tabletas rotas son generalmente colectadas y utilizadas posteriormente en la operación de granulación en lotes subsiguientes.

-Cápsulas- Las cápsulas de gelatina dura son producidas en máquinas que introducen un molde en gelatina en solución y después se enfrían y solidifican. Las cápsulas imperfectas son fundidas y reusadas, si es posible.

En la operación de llenado y empaque, el principio activo y un excipiente son mezclados y en algunas ocasiones granulados antes de ser introducidos en las cápsulas por medio de máquinas. Las cápsulas llenas son empaquetadas. Como en el caso de las tabletas se generan algunos polvos. Estos son recirculados. En la operación de empaque se obtienen trozos de vidrio de algunas botellas rotas y cartones.

-Preparaciones líquidas- La primera etapa de la preparación de soluciones es pesar los ingredientes y la disolución en agua. Las soluciones inyectables son empaquetadas en ampollitas o frascos viales y calentados o esteriliza-

dos por filtración estéril y luego transferidos al envase original previamente esterilizado. Las preparaciones líquidas orales son envasadas directamente sin ser esterilizadas. Existen pequeñas cantidades de desechos líquidos generados en este proceso que se tiran al desagüe. Los desechos sólidos no son peligrosos y consisten de frascos rotos y algunos materiales de empaque de desecho.

-Ungüentos-La producción de unguentos se realiza en forma sencilla; los ingredientes activos (óxido de zinc, antibiótico, cortisona o algún otro) son mezclados y agregados a algún agente como petrolato o lanolina. El unguento es introducido en tubos o frascos anchos y posteriormente empacado (29).

JAPITULO II

**Estudio en una industria tipo (productora de compuestos -
químicos orgánicos medicinales).**

- 1.- Ventajas de los filtros anaeróbicos.**
- 2.- Descripción de los desechos.**
- 3.- Resumen.**
- 4.- Resultados.**

Estudio en una Industria Tipo.

La producción de sustancias químicas orgánicas para uso medicinal crea desechos de solventes, aceites químicos y residuos de ellos, filtros auxiliares húmedos o carbón, desechos conteniendo metales pesados, y lodos biológicos utilizados en tratamientos realizados a desechos de compuestos orgánicos solubles en agua, como el ácido acético o alcohol. Los filtros auxiliares húmedos o el carbón pueden ser considerados como desechos no peligrosos o pueden contener materiales contaminantes como solventes, sustancias corrosivas o metales pesados que pueden volverse peligrosos. Los metales pesados contenidos en desechos fueron mencionados en el capítulo anterior. En la Tabla No. VII se enlistan los desechos farmacéuticos típicos que presentan peligro.

Las compañías farmacéuticas manufacturan en un 75% - productos químicos medicinales. Los desechos de estas operaciones incluyen :

- desechos de solventes, halogenados y no halogenados.
- residuos orgánicos químicos.
- lodos biológicos. (del tratamiento de sustancias químicas solubles en agua).
- metales pesados, y
- desechos inertes como tortas de filtros.

Tabla No. VII

Resechos peligrosos típicos de la Industria Farmacéutica.

Compuestos químicos medicinales.

- Solventes típicos.

Acetona

Tolueno

Xileno

Benceno

Alcohol isopropílico

Metanol

Cloruro de etileno

Acetonitrilo

- Residuos orgánicos
(sedimentos de de
tilación, lodos, -
polímeros).

Terpenos

Esteroides

Vitaminas

Tranquilizantes

- Sólidos inertes. (Generall
mente no peligrosos).

Carbón activado

Filtros auxiliares

Filtros de tela

- Metales pesados.

Cobre

Mercurio

Arsénico

Selenio

Zinc

Yodo

Con excepción de los lechos activados y parte de los desechos inertes, todos los desechos citados con anterioridad son peligrosos.

La industria farmacéutica recupera una gran cantidad de solventes para reuso. Aquellos solventes que son considerados desechos provienen de las operaciones de recuperación de solventes. Esencialmente los solventes son incinerados ya sea por empleados en el lugar de trabajo o por contratistas que incineran en lugares alejados. Los residuos químicos orgánicos son usualmente incinerados, sin embargo, algunos son enviados para rellenar terrenos fuera del domicilio de la compañía.

Los metales pesados son usados como catalizadores, reductores e ingredientes en la producción de compuestos químicos orgánicos medicinales. Sólo una cantidad limitada de estos elementos es usada en la industria farmacéutica. Los metales pesados encontrados en los desechos son tratados por varios métodos, incluyendo recuperación y encapsulación y relleno de terrenos en una sección especial.

Cuando la industria farmacéutica era muy pequeña, la mayoría de las empresas farmacéuticas descargaban los desechos de solventes y residuos de destilación en el lecho de los ríos o en terrenos abandonados. Con el incremento en la producción de ingredientes activos, crecieron las dificultades para dar un destino final a los desechos, y las legisla-

ciones y controles del gobierno establecieron nuevas normas que provocaron el uso masivo de la incineración como un método efectivo para el tratamiento de solventes de desecho (70).

Se ha estimado que todos los solventes recuperados - en la producción de sustancias químicas orgánicas medicinales son adaptados por incineración. Aproximadamente la mitad de las grandes compañías farmacéuticas tienen capacidad para incinerar sus desechos en sus terrenos, empero, - en algunas ocasiones tienen que enviar sus desechos problemáticos, como algunos solventes halogenados, con contratistas que los incineren en lugares lejanos. En vista de - que la producción de principios activos se centra en compañías farmacéuticas grandes, los métodos para transformación de desechos deben hacerse extensivos a otros tipos - de industria.

No todos los incineradores tienen la capacidad adecuada para manejar los solventes de desecho y dejarlos - transformados en sustancias que no produzcan contaminación ni al aire, ni al agua. Frecuentemente, porque pueden - producir corrosión en el equipo, los solventes halogenados no son manejados en incineradores propios. Tomando en cuenta que los incineradores son relativamente nuevos en la industria farmacéutica, los solventes de desecho potencialmente peligrosos son con frecuencia enviados con contratistas para su incineración.

Las técnicas para incineración utilizadas por los contratistas pueden ser calificadas desde excelentes hasta deficientes. Existen numerosos contratistas que realizan sus actividades y operaciones de recirculación en el campo con muy buenos resultados.

En muchos casos, se conoce muy poco acerca de los constituyentes de los residuos químicos orgánicos. Las operaciones de recuperación pueden producir muchos de aquellos que son usados en productos. Los residuos tienen algunos contaminantes que pueden ser removidos de los productos. Como aquellos residuos son variados la industria farmacéutica tiende a incinerarlos. En pruebas extensivas se ha observado la necesidad de que estos residuos después de incinerados, sean depositados en huecos profundos preparados en la tierra.

Los residuos orgánicos químicos de la investigación y desarrollo son tratados con los solventes de desecho. Por este medio se pueden incinerar por fuera o son incinerados en la compañía asociados con las operaciones de manufactura.

Los residuos químicos orgánicos de la producción de compuestos para uso medicinal son generalmente incinerados. Aproximadamente el 40% de los productores de principios activos cuentan con incineradores propios. Esto se ha visto -

incrementado porque los residuos que se obtienen presentan serios peligros potenciales. Otro 25% a 50% utiliza empleados externos que realicen la operación de incineración fuera de la planta de producción. La última adaptación de los materiales es difícil. Algunos son incinerados por contratistas, en otros casos son enterrados en terrenos especiales. Para completar, alrededor del 10% utiliza otros métodos de adaptación, como mezclar los residuos con desechos-solubles en agua antes de proceder al tratamiento final (6).

En algunos casos los desechos producidos en la industria farmacéutica contienen gran cantidad de inertes, generalmente manejados de la misma manera que los ingredientes activos producidos. La mayoría son utilizados para rellenar terrenos, pero un porcentaje elevado es incinerado para remover la fracción orgánica. Las cenizas obtenidas son enterradas.

Aproximadamente el 75% de los materiales sólidos, como las tortas obtenidas en filtros y el papel filtro utilizado en la producción de compuestos orgánicos, son adaptados -- enterrándolos. Algunas veces en tiraderos oficiales, municipales o en terrenos privados que comercian con esta actividad, y son generalmente manejados sanitariamente. La industria debe evitar las técnicas deficientes para desechar sus residuos ya que estas pueden generar una publicidad negativa. Otro 25% de los sólidos de este tipo son incinerados dentro o fuera de las empresas.

La industria productora de ingredientes activos produce de 20 a 40% de desechos conteniendo metales pesados.

Con excepción de los desechos recuperables y algunas cantidades de zinc y cromo presentes en los desechos, todos los restantes son enviados a centros externos para su recuperación. Los desechos de metales pesados son usualmente diluidos o contaminados para recuperarse. Las facilidades prestadas a las industrias que usan metales pesados son limitadas. La producción se realiza unicamente en compañías grandes. La mayoría de los metales pesados presentes en los desechos que no se pueden recuperar son - - enterrados. El óxido de zinc es relativamente estable e - insoluble en forma de zinc, y muchos de los desechos presentes en esta forma son enterrados.

El arsénico es depositado en cubietes envueltos con - cal para inhibir el cambio a una forma soluble en caso de surgir una fuga en el cubiete. El depósito del selenio se realiza después de ser diluido éste. Los desechos de mercurio son adaptados para evitar peligros en forma de - - amalgamas.

En la primera parte de este capítulo se mostraron a grandes rasgos; los tipos de desechos más comunes que provienen de la producción de principios activos utilizados en la industria farmacéutica y en forma muy breve la adaptación que se hace de ellos para evitar, hasta donde sea posible, el surgimiento de peligros para el medio ambiente y las personas que puedan estar en contacto directo con ellos. También se comentó que existen lodos biológicos — que resultan de los tratamientos realizados a desechos — orgánicos (en agua y que contienen compuestos como ácido acético o alcohol). Precisamente de este tipo de tratamientos empleados en la industria farmacéutica se hará una breve reseña a continuación.

A manera de introducción se puede decir que el tratamiento de desechos líquidos industriales por procesos anaeróbicos se ha incrementado en los últimos años. Los tratamientos convencionales son limitados pues la cantidad de desechos orgánicos es elevada y la producción de metano por microorganismos es mínima.

Estos procesos requieren una gran residencia del desecho en el filtro y, volúmenes de digestión muy altos para tratar pequeñas cantidades. Esto es una de las ventajas que presentan los métodos anaeróbicos modernos sobre los métodos convencionales. El proceso puede ser una medida de la producción de energía más que del consumo, y — además el proceso produce menor cantidad de lodo por unidad de masa orgánica que un sistema aeróbico (24).

Entre los procesos anaeróbicos es el filtro anaeróbi

co, el principal elemento de estos estudios. Consiste de una cama de medio similar a la de un filtro aeróbico operado en ausencia de oxígeno libre. El desecho por tratar es distribuido a través del fondo del filtro y fluye hacia arriba hasta que el filtro se llena completamente. Los organismos anaeróbicos se dirigen al medio y son atrapados en los espacios vacíos. El desecho se pone en contacto con la masa biológica que al pasar por el filtro se estabiliza por la actividad metabólica de aquellos organismos. Los productos finales primarios de este proceso son CO_2 , metano, y una cantidad relativamente pequeña de masa biológica celular.

Otros estudios con lodos anaeróbicos activados, también incrementan el contacto entre los desechos y la masa microbiana y eliminan muchos de los problemas asociados a la digestión anaeróbica. Los procesos pueden dar resultados favorables para concentraciones altas o bajas de desechos, porque puede mantenerse una gran propagación por recirculación del lodo. En estudios realizados con filtros anaeróbicos se indica que la efectividad es comparable con el tratamiento de desechos orgánicos solubles sin necesidad de recirculación de lodos. La sucesión del proceso de tratamiento biológico de desechos, depende de la capacidad del desecho para entrar en contacto con la masa biológica activa en un lapso de tiempo adecuado para convertir el desecho en un compuesto estable. Esto se logra en un proceso anaeróbico convencional a través de un prolongado periodo-

de estancia en el proceso anaeróbico de contacto por recirculación de sólidos, y en filtro anaeróbico por retención de sólidos.

En algunos estudios un parámetro importante de operación en los sistemas es la retención de sólidos en un tiempo definido. A altos tiempos de retención de sólidos, la masa microbiana crece es suficiente para un buen tratamiento. Con el proceso de contacto anaeróbico, se requiere la separación total de los sólidos y proveer de un tiempo de retención de sólidos adecuado para un tratamiento efectivo.

En estudios exploratorios con filtros anaeróbicos se sugiere el paso del desecho a través de una cama de piedrecillas de grava. Los sólidos biológicos quedan atrapadas en la superficie de la grava o son detenidas en los huecos y, en consecuencia no son acarreadas a la salida en el efluente (61).

1.- Ventajas de los filtros anaeróbicos.

Comparando los filtros anaeróbicos con otros procesos biológicos existentes podemos enumerar diferentes ventajas, incluyendo las siguientes :

- Los filtros anaeróbicos son ideales para usarlos en el tratamiento de desechos solubles.

- No se requiere recircular efluentes o sólidos con el filtro anaeróbico porque los sólidos biológicos permanecen

necen en el filtro y no se pierden con el efluente.

- La acumulación de concentraciones altas de sólidos activos en el filtro permite el tratamiento de desechos diluidos.

- Se producen muy bajos volúmenes de lodos en el filtro anaeróbico. El efluente se encuentra libre de sólidos suspendidos, y los lodos de desecho en algunos casos son prácticamente inexistentes. (61).

El concepto de crecimiento biológico de retención sobre un medio de soporte o un material de empaque no es nuevo en el desarrollo de tratamientos de desechos. Los filtros aeróbicos usados funcionan en base al principio de una cama fija.

La parte más interesante de estos estudios fue la aplicación del filtro anaeróbicos a los desechos farmacéuticos.

La industria farmacéutica esta dividida en cinco categorías : fermentación, químicos orgánicos sintéticos, fermentación/síntesis química, biológicos, y plantas de mezcla de fármacos (formulación). (65).

Muchos de los materiales como alcohol, ácidos orgánicos de cadena corta, desechos que contienen altas cantidades de proteínas y carbohidratos en desechos solubles en agua de tipo farmacéutico, son fácilmente degradables en un medio ambiente anaeróbico.

Las revisiones a la literatura y las investigaciones sobre el tratamiento de desechos farmacéuticos con filtros anaeróbicos se han realizado por numerosos investigadores. Los propósitos de estas investigaciones fueron:

(1) estudios de las características físicas, composición química, y variaciones de los desechos solubles en agua - provenientes de la producción de productos farmacéuticos-químicos sintéticos; (2) aplicación del filtro anaeróbico en desechos y determinar su efectividad; (3) comparar los desechos en términos de composición y facilidad de tratamiento con otros examinados en estudios previos; (4) investigar la posible toxicidad del desecho, y determinar las condiciones a que se sujeta el filtro para efectos óptimos.

Los estudios realizados con filtros anaeróbicos llevados a cabo a nivel laboratorio, se basaron en la construcción de filtros de acrílico transparente. La base de la columna fue construida de tal forma que el desecho fuera distribuido uniformemente a través del filtro. Las soluciones nutritivas para el filtro fueron bombeadas a través de él. Los filtros se mantuvieron a una temperatura de 35°C. para reducir el crecimiento biológico excesivo. La presencia de líquidos volátiles se detectó realizando una separación cromatográfica. Los análisis de laboratorio que se realizaron fueron: determinación de COD^{a} , alcalinidad total, volatilidad total, sólidos suspendidos y disueltos ácidos volátiles, sulfatos y sulfuros. La producción total de gases fue medida volumétricamente.

^a COD - Oxígeno disuelto requerido por una muestra dada.

2.- Descripción de los desechos.

Los desechos orgánicos producidos en la industria -- farmacéutica al sintetizar fármacos fueron elegidos para estos estudios porque satisfacen los prerequisites para tratamiento con filtros anaeróbicos por tener una relativamente alta UOD y baja cantidad de sólidos suspendidos.- El desecho soluble en agua empleado en éstos estudios viene de una planta de manufactura de compuestos químicos -- orgánicos sintéticos y fue almacenada en un refrigerador -- manteniendo la temperatura a 4^oJ. para inhibir la actividad biológica.

Los experimentos preliminares se realizaron para determinar las características generales del desecho y establecer un esquema de tratamiento.

Con el objeto de proveer de nutrientes suficientes -- al crecimiento anaeróbico se adicionaron nitrógeno y fósforo a las soluciones nutritivas.

Se pudo notar que el pH de estos desechos es bajo, el UOD alto, los sólidos suspendidos bajos y los sólidos disueltos altos. Otros parámetros varían de muestra en muestra. Los valores de BOD indican que aumenta la toxicidad al incrementar la dilución.

Un objetivo de estos estudios fue determinar la efectividad del filtro usando un bombeo constante del desecho orgánico que consistía de metanol y desecho, variando el porcentaje de desecho en la prueba para determinar efectos tóxico (60).

En resumen, de los estudios realizados se utilizó un filtro anaeróbico, que se mantuvo húmedo por la presencia de una solución nutritiva por la que se hicieron pasar -- desechos solubles en agua mezclados con metanol en diferentes proporciones, el efluente obtenido fue analizado -- determinando principalmente el COD.

3.- Resumen.

Los filtros anaeróbicos han sido usados a nivel de laboratorio para tratar una gran cantidad de desechos industriales. Estos procesos fueron calificados como efectivos en el tratamiento de desechos farmacéuticos de fermentación, sin embargo, en el caso de desechos de compuestos químicos orgánicos sintéticos éstos demostraron ser más propicios para este tipo de tratamiento. En estudios preliminares se ha encontrado que los desechos primarios muestran toxicidad provocada por organismos aeróbicos y anaeróbicos. En estas investigaciones se han analizado las variaciones físicas y químicas en los constituyentes de los desechos farmacéuticos. Usando en el laboratorio modelos a escala bajo condiciones controladas de temperatura, crecimiento microbiano y usando un compuesto nutritivo variando las proporciones de metanol y desecho a un 10% constante, ha sido posible investigar los efectos tóxicos del desecho en una digestión anaeróbica. El desecho encontrado mostró ser tóxico pero los filtros pudieron transformarlo. Los resultados finales indicaron que un filtro anaeróbico puede tratar a un desecho más rápido que los sistemas de aereación existentes produciendo un buen efluente y en algunos casos óptimo. El metano generado puede producir energía más que consumirla (66).

4.- Resultados.

4.1 0% de desecho y 100% de metanol, se produjo un incremento en la producción de gas con un efluente con bajo OD. El OD sufrió una reducción alrededor del 94%. La alcalinidad en el efluente fue más alta que en el influente. La cantidad total de sólidos suspendidos en efluente fue muy baja cuando el influente consistió de 100% de metanol.

4.2 25% de desecho y 75% de metanol, la producción de gas decreció notablemente con concentraciones en el efluente de OD incrementadas levemente. Los niveles de ácidos volátiles en el efluente permanecieron semejantes a las del experimento anterior. La reducción del OD fue hasta alrededor del 86%. La alcalinidad del influente fue más baja que la del efluente. El pH en el filtro permanece constante. Al pasar el tiempo se incrementa la cantidad de sólidos suspendidos en el efluente. En este período el filtro se cierra. Posteriormente los sólidos suspendidos en el efluente decrece, indicando aclimatación a los constituyentes de la solución nutritiva.

4.3 50% desecho y 50% metanol, en este período el filtro mostró un incremento gradual en la producción de gas. Cuando la producción de gas decreció hubo un incremento de OD en el efluente. Las concentraciones de ácidos volátiles en el influente se incrementaron. Durante el --

período de operación todos los filtros produjeron efluentes con baja cantidad de sólidos suspendidos.

La alcalinidad del efluente permaneció semejante y el pH-también.

4.4 75% de desecho y 25% de metanol, la reducción del JOD fue aproximadamente del 75% del influente. La cantidad de ácidos volátiles en el efluente permaneció baja. Los sólidos suspendidos en el efluente aumentaron, pero las concentraciones de ácidos volátiles permanecen bajas, indicando actividad microbiana. En el efluente el pH decreció pero la alcalinidad se incrementó.

4.5 100% de desecho, la alcalinidad del efluente y el pH se mantuvieron constantes. El JOD tuvo una reducción de 73%. La cantidad de sólidos suspendidos en el efluente permanecen bajos. En los casos en que se usaron muestras con 100% de desecho se produjo una reducción del BOD de 94% aunque en algunos casos solo se produce el 25% de reducción (61).

Los efluentes obtenidos fueron normalmente líquidos ligeramente amarillentos con olor desagradable atribuido a la reducción de sulfatos presentes en el desecho. A los efluentes se les realizaron pruebas para determinar la cantidad de sulfitos pero ésta fué muy baja, lo más probable para explicar éste fenómeno es que existan sulfuros o sulfatos que son precipitados por algún componente de los desechos posiblemente cationes de metales pesados.

Las observaciones de las características físicas de -

Los sólidos dentro del filtro indican que estos sólidos -- son primero atrapados en la superficie del filtro, pero -- también en los huecos que forma el medio. Los sólidos aparecen flocculados. Es posible ver que las concentraciones de sólidos en la columna pueden variar.

Comparación entre tratamientos existentes y tratamiento anaeróbico. Los desechos usados en éstos estudios son actualmente tratados en plantas aeróbicas, utilizando un tiempo de retención de ocho días. Utilizando los filtros anaeróbicos se utiliza un tiempo de retención de 1.5 días, y requiere 20% del tiempo de retención hidráulica por lo que podemos ver que los filtros anaeróbicos son 33% más -- eficientes que los tratamientos existentes.

Los filtros anaeróbicos también producen cambios en el color del efluente. El efluente de una planta aeróbica es de color amarillo intenso mientras que el del filtro -- anaeróbico es muy ligeramente amarillo.

En suma, los filtros anaeróbicos pueden ser fácilmente usados como un tratamiento de los desechos de plantas farmacéuticas que producen sustancias químicas sintéticas. Por otra parte, el factor más importante cuando se comparan los filtros anaeróbicos con otros procesos es el bajo tiempo de retención para remover los sólidos.

Los filtros anaeróbicos utilizan 36 horas de retención hidráulica y modifican el COD en un 94%.

JAPITULO III

Metodología.

- 1.- Tratamiento y tecnología de adaptación.
- 2.- Desechos líquidos.
 - 2.1 Desechos domésticos.
 - 2.2 Desechos industriales.
- 3.- Operaciones de tratamiento y distribución.
 - 3.1 Igualación.
 - 3.2 Neutralización.
 - 3.3 Clarificación.
- 4.- Teoría del tratamiento biológico de desechos.
 - 4.1 Metabolismo aeróbico.
 - 4.2 Metabolismo anaeróbico.
- 5.- Métodos basados en el metabolismo aeróbico.
 - 5.1 Lodos activados.
 - 5.2 Filtros.
 - 5.3 Pozos de oxidación.
- 6.- Métodos basados en el metabolismo anaeróbico.
 - 6.1 Reactores de contacto.
 - 6.2 Filtros.
 - 6.3 Lagunas.
- 7.- Técnicas biológicas experimentales.

TECNOLOGIA

1.- Tratamiento y tecnologías de adaptación.

Los procesos de tratamiento deben reducir el volumen, separar los componentes, detoxificar, y recuperar todo lo posible para su reuso. En general, un proceso simple no puede cumplir adecuadamente con estas funciones. En la tabla No. VIII (pag. 81) se presentan algunos tratamientos y tecnologías de adaptación utilizadas en la industria farmacéutica.

Descripción y utilidad de los tratamientos usados en desechos peligrosos.

- Tratamiento químico: oxidación de lodos con el objeto de detoxificar, utilizados en químicos orgánicos con o sin metales pesados.

- Tratamiento térmico : incineración de solventes o incineración de sólidos, con objeto de reducir el volumen o detoxificar, utilizados en químicos orgánicos sin metales pesados.

- Tratamiento biológico : lodos activados u otro tratamiento biológico, con objeto de detoxificar, utilizados en químicos orgánicos sin metales pesados.

- Distribución/almacenaje : distribución en terrenos o almacenaje, utilizado para químicos orgánicos con o sin metales pesados.

TABLA VIII

Procesos de tratamiento de desechos usados para separar un desecho destinado a distribución en un terreno.

PROCESO	FUNCIÓN
-Tratamiento físico :	
Absorción con carbón	Segregación
Diálisis	Segregación
Electrodialisis	Segregación
Osmosis inversa	Segregación
-Tratamiento químico :	
Intercambio de iones	Segregación
Neutralización	Detoxificación
Oxidación	Detoxificación
Frecipitación	Segregación
-Tratamiento térmico :	
Pirólisis	Reducción de volumen
Incineración	Detoxificación
-Tratamiento biológico :	
Lodos activados	Detoxificación
Lagos de aereación	Detoxificación
Posos de estabilización de desechos	Detoxificación
Filtros	Detoxificación

Para sobrevivir, todos los animales y plantas deben tener a su alcance agua libre de materiales tóxicos y microorganismos patógenos. Como la gente se congrega en áreas metropolitanas es un grave problema suministrar una cantidad de agua pura. Una de las principales funciones de la ingeniería sanitaria, es precisamente la de proveer de agua segura y potable.

Toda el agua viene en forma de precipitación y es evaporada en los océanos, condensada para formar nubes y precipitarse nuevamente. La primer agua de precipitación contiene gran cantidad de contaminantes, después de un corto período, la precipitación está relativamente libre de microorganismos.

El agua corre a través de la superficie de la tierra y forma lagos y lagunas ricos en nutrientes que son un medio perfecto para el crecimiento de todo tipo de microorganismos. El número y tipo de microorganismos se encuentra en relación directa a las condiciones en el agua. Si el agua está libre de minerales, existen pocas posibilidades de crecimiento biológico. Si tiene materia orgánica y minerales se encontrarán bacterias, algas y protozoarios. Si el agua es pura encontraremos pocos microorganismos pero relativamente diversas especies. Si es muy grande el número de contaminantes, el número total de microorganismos se incrementa y el número de especies decrece. Si el agua es rica en compuestos inorgánicos muestra excelente crecimiento de algas. Si predomina la materia orgánica, se encontrará gran crecimiento de bacterias.

Existen aguas que se filtran a través de la tierra, - estas están libres de microorganismos. Algunas de esas aguas contienen muy bajas cantidades de contaminantes orgánicos - e inorgánicos. Estas aguas subterráneas son preferidas para beber comparadas con las aguas superficiales de lagos y lagunas.

El agua se ha manejado como un medio para transmitir infecciones. Los microorganismos productores de infecciones no pueden crecer en agua relativamente pura, pero pueden sobrevivir varios días en ellas.

Las esporas y los quistes pueden persistir en estas - aguas por extensos períodos de tiempo. Por otro lado los - virus son frecuentemente encontrados en el agua. El tamaño pequeño de los virus y sus características de crecimiento - hacen que escapen a la detección, algunas epidemias mayores pueden ser atribuidas a los virus presentes en sistemas públicos de aguas.

Los microbiólogos sanitarios deben conocer si existen en el agua microorganismos patógenos. Desafortunadamente - los procedimientos analíticos son poco confiables pues éstos no pueden detectarse por técnicas bacteriológicas normales. Por ésto los microbiólogos sanitarios han encontrado un grupo de bacterias no patógenas cuyo origen es la materia fecal que sirven como indicadores de la presencia de contaminación fecal, las bacterias coliformes.

Las bacterias coliformes son miembros de la familia - de Enterobacteriaceae. Estas incluyen el género Escherichia

y Aerobacter. Los coliformes son originalmente provenientes de materia fecal, pero se ha demostrado que pueden crecer en la tierra. Por lo que se puede decir que la presencia de coliformes no siempre se debe a contaminación fecal. Por ésto es necesario distinguir entre coliformes fecales y no fecales y se ha determinado que *E. coli* es de origen fecal. Sin embargo el control de la pureza del agua está basada en la presencia o ausencia de coliformes de origen terrestre o fecal.

Los coliformes son aceptados como indicadores primarios como un resultado de la facilidad con que la bacteria es detectada. Los coliformes son unas de las pocas bacterias que fermentan a los disacáridos, lactosas, con producción de gases.

Después de determinar la presencia de bacterias coliformes es esencial determinar cuantos coliformes están en una muestra de agua y así evaluar el tamaño de la contaminación.

Cuando la producción de agua segura es la función primaria de los microbiólogos sanitarios, ellos deben tratar de proveer de agua libre de sabores y olores extraños. Algunos sabores y olores son estrictamente de origen químico pero algunos pueden tener origen microbiológico. Es esencial conocer su origen para poder controlar el sabor y olor. Las algas son los proveedores de alimentos de los actinomicetos que producen ciertos compuestos que dan olor y sabor, como productos finales de su metabolismo. En las aguas naturales el contenido de fósforo es muy bajo y el crecimiento de las algas es limitado. Pero en las aguas cercanas a lu-

gares en los que se han empleado fertilizantes existe un gran crecimiento de algas que se manifiesta en forma proporcional. El algacida más común es el sulfato de cobre, las aguas que tienen materia orgánica también reaccionan con el cobre : existen casos en los que no es posible controlar el sabor y olor en su origen. En este caso se usan métodos como :

Jarbón activado : tiene un gran poder de absorción para cantidades pequeñas de materia orgánica y es usado después de utilizar coagulación química.

Cloración : es empleada cuando la cantidad de materia orgánica en el agua es pequeña. Por este método es posible oxidar químicamente a las sustancias que producen sabor y olor.

Aereación : es el método más simple para controlar olor, pero trabaja solo en sustancias que imparten sabor y olor que son altamente volátiles a la temperatura normal del agua.

No existe una solución simple para los problemas de sabor y olor. Cada problema es independiente y debe evaluarse de acuerdo a la economía.

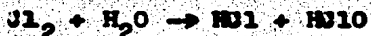
El tratamiento del agua está determinado por las características de ella. Aguas con gran cantidad de sólidos pueden ser almacenadas en depósitos hasta que los sólidos se sedimenten. Aguas con gran intensidad de color o sólidos coloidales necesitan tratamiento químico, coagulación, floculación y sedimentación seguida de filtración.

Uno de los métodos más simples para tratamiento de --

agua es el almacenamiento en grandes depósitos. En estas condiciones, algunas partículas positivas son suspendidas, - las bacterias son absorbidas por estas partículas y removidas por sedimentación. Este método puede ser usado para -- reducir definitivamente a los coliformes.

Otro de los métodos usados con más frecuencia es el - tratamiento químico con aluminio. En el agua natural se -- encuentran partículas coloidales provenientes de bacterias u orgánicas, el aluminio (hidróxido) forma un precipitado - insoluble con una carga eléctrica positiva. Las partículas coloidales tienen una carga eléctrica negativa a niveles - de pH normales y son atraídas a la carga positiva del aluminio. La combinación de las partículas cargadas bajo la - carga neta y la partícula crece cuando es agitada en el -- floculador. Por este método es posible remover una porción considerable de bacterias.

La etapa final del tratamiento convencional del agua - es la cloración. La efectividad de la cloración es función del tiempo, pH, temperatura, población bacteriana y cloro-residual. Con el objeto de dar al cloro tiempo para destruy - ir a la bacteria, el cloro es usualmente añadido después - de la filtración y antes de almacenar el agua clora. La -- efectividad de dosis fada de cloro es mayor a pH7 que a -- pH9. La reacción que se efectua es la siguiente :



El ácido hipocloroso es el material que posee toxicidad bacterial. A medida que el pH aumenta el ácido hipoclo

roso se disocia :



La forma no disociada del ácido hipocloroso es más efectiva que la forma disociada. Es por esto que cuando el pH se incrementa, la forma disociada se incrementa con un detrimento de la eficiencia bactericida.

2.- Desechos líquidos.

El agua remueve con frecuencia los materiales de desecho. En ciudades y en pequeñas áreas suburbanas son removidos los desechos domésticos e industriales con agua en sistemas colectores. Una de las funciones más importantes de la microbiología sanitaria, es designar satisfactoriamente los sistemas en que los desechos sean colectados en forma segura y adecuada. Existen dos grupos principales de desechos líquidos, desperdicios domésticos y desperdicios industriales cuyas características son diferentes.

2.1 Desechos domésticos.- los desechos que provienen de zonas puramente residenciales son definidos como desperdicios domésticos. Estos desperdicios contienen materia inorgánicos y orgánicos. De la materia orgánica que aparece en los desechos, entre 20%-40% no es biológicamente degradable. Una porción de orgánicos no degradables son solubles y pueden separarse en la fase líquida. Los desechos son un medio microbiológico perfecto con todos los materiales orgánicos e inorgánicos necesarios para un buen crecimiento microbiano. El número y la variedad de éstos es una función del medio ambiente.

2.2 Desechos industriales.- Los desechos de industrias consisten de desechos sanitarios, desechos de procesos y aguas frescas. Estos desechos no son como los desechos domésticos y presentan problemas especiales. La composición de los desechos industriales varía considerablemente de los domésticos pues son diferentes de industria a industria. Esta variación en desechos industriales ha creado muchos problemas para la ingeniería sanitaria la que normalmente puede tratar con uniformidad a los desechos domésticos.

El problema mayor de contaminación por desechos industriales es creado por los desechos orgánicos del proceso.- La fuente mayor de desechos orgánicos son las industrias procesadoras de alimentos, la industria del papel, la industria textil, la industria del petróleo y la industria química. Esta última se tratará en especial. Es imposible discutir todos los tipos producidos por la industria química. Estos desechos contemplan las materias primas usadas, los productos intermedios y los productos finales. Los compuestos orgánicos producidos por la industria química orgánica pueden ser metabolizados biológicamente, pero muchos de ellos requieren adaptarse antes de la degradación. Actualmente la resistencia a la degradación biológica es uno de los grandes problemas de la industria química. Los compuestos resistentes destruyen la acción biológica, persisten por largos periodos de tiempo en el agua corriente y pueden crear problemas si el agua es reusada.

Muchos tóxicos o compuestos orgánicos no degradables pueden ser degradados si los microorganismos son adaptados durante largos periodos de tiempo. Compuestos tales como -

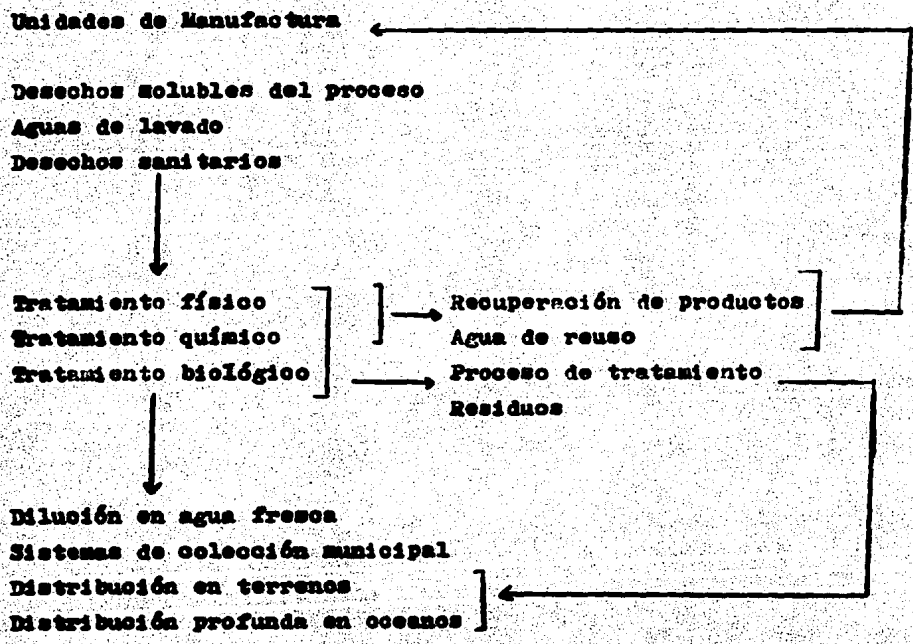
formaldehído, acetona, dietileter y anilina no son tratables por medios biológicos, pero pueden ser completamente tratados utilizando lodos activados.

Muchos desechos industriales no forman un buen sustrato para crecimiento microbial. Cuando descargan los desechos industriales al curso del agua, la deficiencia nutricional puede presentar una ventaja pues el metabolismo es retardado. En tratamientos biológicos de desechos una deficiencia nutricional puede ser positiva. Si un desecho es estabilizado biológicamente es esencial que los elementos químicos sean evaluables para un óptimo crecimiento celular. Los dos elementos críticos son nitrógeno y fósforo. Por tanto el proceso de desmineralizar el agua con desechos puede tener otras deficiencias químicas. El tratamiento de desechos de procesos industriales es el problema real de la ingeniería sanitaria. Como en el caso de los desperdicios domésticos, los desperdicios industriales no pueden tratarse estereotípicamente y cada nuevo problema requiere imaginación y conocimientos reales de ingeniería (35).

Existen diversas alternativas para el tratamiento de desechos líquidos. En la tabla número IX (pag.90) se presenta un punto de vista general sobre las estrategias de tratamiento de desechos líquidos. A continuación se presenta un resumen de los tratamientos alternativos para los desechos líquidos :

(sigue en la pag. 91)

TABLA No. IX



a) Físicos.

Iguelación de pH

Adsorción

Cambio de fase - destilación/evaporación, sublimación

Intercambio de iones

Procesos de membrana - osmosis inversa, diálisis

Separación por fuerzas - centrifugación, sedimentación por gravedad

Métodos de superficie - flotación

b) Biológicos.

Lechos activados - estabilización por contacto

Estabilización por aereación

Anaeróbicos - lagunas, estabilización por contacto

c) Químicos.

Tratamiento ácido-base

Precipitación química, coagulación, floculación

Oxidación : cloración, ozonación, peróxidos, permanganatos, incineración

Reacciones de reducción

Complejación

Descomposición térmica

d) Eléctricos y electromagnéticos.

Irradiación ultravioleta

Electrólisis

Separación magnética

Electrodialisis

e) Acústicos.

Ultrasonido

f) Nuclear Irradiación

La selección del tratamiento adecuado depende de la composición del desecho, los niveles de descarga permisibles y la facilidad de los contaminantes a ser tratados.

En la figura V (pag.93) se hace un diseño de un tratamiento típico para desechos diluidos solubles en agua provenientes de una planta química orgánica.

La etapa inicial del desarrollo de un esquema de tratamiento es la caracterización del desecho soluble en agua o el residuo en relación con su origen, medida de generación, propiedades físicas, composición química y efectos biológicos. Los parámetros básicos de caracterización son enlistados en la tabla No. X (pag. 94-95). El énfasis que se muestra sobre cada faceta es dictado por la naturaleza general del desecho y los niveles permisibles de descarga. Dos puntos importantes para la elección de un buen método son los problemas que pueda crear el desecho al medio ambiente y los análisis de las muestras por tratar.

Una vez que el desecho ha sido caracterizado, los requerimientos de tratamiento pueden ser establecidos comparando la cantidad de contaminantes de la descarga con los niveles del influente.

Los estudios típicos a descargas directas incluyen -- observaciones en arroyos para definir el uso del oxígeno -- y bioensayos para efectos en peces.

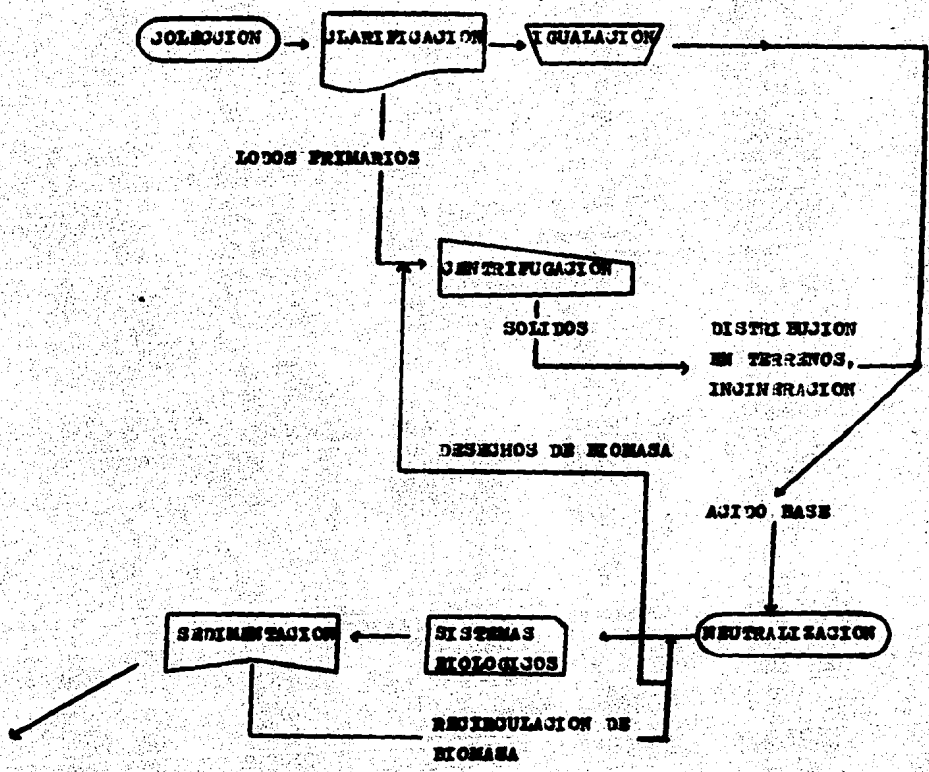


FIGURA No. V

TABLA No. X

Parámetros básicos en la caracterización de desechos-solubles.

1.- Fuente de información sobre los puntos individuales de origen.

Componentes del desecho, individualmente o por grupo de clases.

Medida de la descarga durante la producción.

Descargas periódicas por operación de lotes.

Duración y frecuencia de producción.

2.- Composición química.

Componentes orgánicos e inorgánicos por compuestos o clases.

Demanda química de oxígeno (COD), demanda bioquímica de oxígeno (BOD).

Iones específicos de As, Ba, Cd, Cr, Sn, Hg, Pb, Se, Ag y NO_3^- .

Orgánicos específicos, por ejemplo feno, ciertos pesticidas, bencidina, bifenilos.

Sales totales disueltas.

pH, acidez, alcalinidad.

Nitrógeno y fósforo.

Aceites y grasas (extraíbles).

Agentes oxidantes o reductores (por ejemplo sulfuros).

TABLA No. X (continuación)

Tensoactivos
Demanda de cloro

3.- Efectos biológicos.

Demanda bioquímica de oxígeno

**Toxicidad (vida acuática, bacterias, mariferos, -
 plantas).**

Bacterias patógenas

4.- Propiedades físicas.

Rango de temperatura y distribución

Componentes insolubles : coloides, flotantes

Color

Olor

Corrosión

Radioactividad

5.- Datos de flujo para descarga total.

Promedio de la medida de flujo diario

Duración y niveles de la medida máxima de flujo

Medida máxima de cambio de la medida de flujo

3.- Operaciones de tratamiento y distribución.

Las medidas comunes para remover los contaminantes en exceso y distribuirlos finalmente serán mencionadas a continuación : tratamiento primario, tratamiento biológico, lodos y estabilización, adsorción, separaciones especiales y reacciones y disposición final de residuos solubles.

Una consideración final para tratamiento industrial de desechos solubles es determinar la estabilidad en calidad y cantidad. Esta igualación incrementa la efectividad de procesos subsecuentes. Neutralizar el exceso de acidez o alcalinidad es la siguiente etapa para preparar los desechos para tratamientos subsecuentes; sin embargo, cuando no hay otros contaminantes presentes, esto puede servir como una etapa de tratamiento, la clarificación remueve los sólidos suspendidos y los líquidos inmiscibles y es la tercera etapa en una secuencia típica antes de que los constituyentes solubles sean localizados.

A continuación se mencionarán las bases y aplicaciones de éstos métodos :

3.1 Igualación. Antes de designar las facilidades de operación de un tratamiento se debe definir la composición y la medida del flujo. Las técnicas de igualación son utilizadas por su bajo costo y por basarse en condiciones cercanas al promedio, además de reducir las variaciones. De particular importancia son : niveles de concentración de contaminantes, neutralización por sí misma, igualación de flujo, tratamientos concurrentes. Una alternativa para ---

aprovechar éste método es la duración de las operaciones cíclicas de la planta para determinar el tiempo de retención. La flotación del flujo inducido, los agitadores y aeradores son los más empleados. Las fuerzas naturales como la difusión son muy importantes en este método. La agitación constante mezcla y previene la estratificación térmica. Para la igualación hidráulica es necesario igualar la variación de volúmenes.

3.2 Neutralización. La distribución de los niveles de pH de desechos solubles usualmente es tomada como un instrumento. Es importante, por la capacidad amortiguadora y la medida del flujo, que son factores determinantes. La medida de flujo es usada para convertir concentraciones de exceso de ácido o alcalinidad a una medida de peso de ácido-base neutralizante. El rango de flujo y la medida de cambio de flujo son también importantes en los casos de la igualación del desecho donde éste no dió resultados prácticos.

a) Selección de reactivos. Ácidos. La utilización de reactivos para neutralización de desechos solubles ácidos o alcalinos se elige entre ácido sulfúrico y ácido clorhídrico. El ácido sulfúrico es usado normalmente por su bajo costo. Sin embargo, si posteriormente el proceso de tratamiento requiere de un tratamiento biológico anaeróbico, la producción de ácido sulfúrico puede ser un problema. El ácido clorhídrico tiene la ventaja de que los productos finales son totalmente solubles, la descarga de cloruros de

tro del agua fresca puede ser controlada por regulación. - El ácido nítrico es usado cuando al evaluar el material de desecho, éste puede servir como una fuente de oxígeno para un tratamiento biológico posterior.

Bases. La selección de un reactivo caústico usualmente se hace entre sosa y ocasionalmente hidróxido de amonio. Los factores que deben considerarse en la elección de este reactivo son : propósitos, capacidad de neutralización, -- medio de reacción y productos de neutralización. Frecuentemente es usado el hidróxido de sodio por su facilidad de almacenaje, rapidez de reacción y solubilidad de sus productos finales. El tiempo de reacción puede ser minimizado.

b) Reactores. Los sistemas más comunes para neutralización de desechos básicos o ácidos utilizan un compartimiento múltiple construido de concreto cubierto con un material resistente al medio ambiente, para reducir el volumen requerido de neutralización, diferentes mezclas son instaladas en cada compartimiento y se hace contacto entre el desecho y el reactivo neutralizante.

c) Control. La operación del proceso de neutralización generalmente es controlado midiendo el pH del influente y del efluente, y ajustando el reactivo cuando sea necesario. Cuando el flujo del desecho de los niveles de pH -- son relativamente estables la medida del influente puede -- indicarnos las cantidades necesarias para llevar a cabo la

reacción. Cuando hay cambios importantes en el flujo y pH se mide éste en el efluente y se hacen los cambios necesarios.

3.3 Clarificación. Generalmente el requisito mínimo en una descarga de desechos solubles para regular la contaminación es remover los sólidos suspendidos y los líquidos inmiscibles. Algunos materiales solubles no solo constituyen una visible indicación de contaminación sino también pueden producir efectos en los arroyos. Medir la cantidad y carácter de estos materiales es la primera etapa para seleccionar el proceso más económico.

Existen diferentes equipos de clarificación como son: clarificadores circulares, rectangulares, de tubo y placa, medios granulares de filtración.

La parte más importante del desarrollo de este trabajo es explicar la importancia y las bases de los tratamientos biológicos de desechos que son los más usados en el tratamiento de desechos químicos orgánicos sintéticos producidos por la industria farmacéutica.

4.- Teoría del tratamiento biológico de desechos.

La microbiología fundamental ofrece las medidas para que el ingeniero sanitario tenga bases para crear sistemas de tratamiento biológico de desechos. Es importante para el ingeniero desarrollar todos éstos sistemas microbianos-

operando sobre los mismos principios bioquímicos generales y conocer las diferencias entre varios sistemas biológicos.

Los microorganismos pueden remover continuamente los desechos líquidos por un sólo método, síntesis del nuevo protoplasma. Es posible que los microorganismos absorban grandes cantidades de materia orgánica por la superficie de sus células, pero sólo una pequeña cantidad es asimilada en el protoplasma. Si es requerida una cantidad de materia orgánica para formar protoplasma de la célula microbiana y una cantidad definida de materia orgánica debe ser oxidada para formar la energía necesaria para síntesis. Existe una relación entre la materia orgánica y las células formadas, ésto adicionado al oxígeno consumido.

4.1 Metabolismo aeróbico. Los sistemas aeróbicos son sistemas primarios para tratamiento de desechos e incluyen lodos activados, filtros, lagos de oxidación.

Existen patrones básicos en un sistema biológico. El incremento y el decremento de la velocidad de crecimiento. La velocidad de la reacción aumenta logarítmicamente durante la fase de crecimiento y decrece en la fase de crecimiento declinante tanto como en la fase endógena.

Fase logarítmica de crecimiento. Los ingenieros sanitarios rara vez utilizan esta fase para estabilizar los desechos. Se tiene gran cantidad de materia orgánica inestable. Con gran cantidad de alimentos los microorganismos no forman flóculos y permanecen dispersos en el líquido. -

El efluente en esta fase es alto en materia orgánica inestable y en bacterias dispersas.

Fase de crecimiento declinante. Se presenta al final del crecimiento logarítmico, cuando la concentración de materia orgánica es el factor limitante para el crecimiento de nuevas células. La velocidad del metabolismo en esta fase del crecimiento no puede ser determinada porque no es constante, pero varía continuamente en relación a la concentración de materia orgánica. La mayoría de los sistemas biológicos de tratamiento son operados entre esta fase y la fase endógena y la relación alimento-microorganismo puede ser usada para determinar la concentración orgánica final. La materia orgánica es estabilizada, removida de la solución y convertida dentro de la célula en protoplasma al final de esta fase.

Fase endógena. Aunque el crecimiento no cesa durante esta fase, la degradación celular aumenta, y existe un decremento de masas activas. La poca síntesis que ocurre en la fase endógena provoca baja remoción de materia orgánica a muy baja velocidad.

4.2 Metabolismo anaeróbico.— Las reacciones anaeróbicas deben ser consideradas en dos etapas : 1) formación de ácidos y 2) formación de metano. En ambas el oxígeno utilizado proviene del agua. La formación de ácido resulta de la degradación de carbohidratos y proteínas. Los carbohidratos se descomponen generalmente en ácidos volátiles, fórmico, acético, y propiónico. La degradación anaeróbica-

de proteínas da como resultado la formación de aminoácidos que son desanimados hidrolíticamente para formar el equivalente al hidroxiaácido. Este es reducido hasta obtener ácido fórmico. No todos los aminoácidos forman ácidos volátiles, por esto no se pueden usar directamente como una medida de degradación de proteínas.

La formación de metano resulta del metabolismo de los ácidos volátiles formados por la degradación de ácido de los carbohidratos y las proteínas así como de los ácidos grasos. Se puede observar que el metabolismo anaeróbico -- no es eficiente en la producción de protoplasma celular, -- pero que la producción de protoplasma celular no es la base de los sistemas biológicos de tratamientos de desechos. El sistema de tratamiento de desechos anaeróbico típico se mide por la formación de ácido y metano. El metano es soluble sólo en 17mg/l. El metabolismo anaeróbico completo produce un efluente bajo en materia orgánica con un mínimo de lodo para tratamiento.

5.- Métodos basados en el metabolismo aeróbico.

5.1 Lodos activados.- El proceso básico es la aereación de un desecho biológicamente degradable, por un período de tiempo útil para formar una gran masa sólida. Los sedimentos sólidos son masas activas de microorganismos, nombrados lodos activados. El o los desechos entran al tanque de aereación y posteriormente se mezclan con lodo recirculado. La aereación difusa a través de uno de los lados del tanque produce agitación y mezcla los desechos y el --

fluido a través del tanque. Los microorganismos estabilizan orgánicamente la materia orgánica en el tanque de aeración y el fluido dentro del tanque de sedimentación. La sedimentación del lodo activado y la floculación producen un afluente claro de bajo contenido orgánico.

Los lodos activados se forman por aeración simple del desecho líquido en presencia de la bacteria útil para estabilizar a la materia orgánica. Pueden formarse por desechos sólidos, coloides o por desechos completamente solubles como los desperdicios industriales de la manufactura de químicos sintéticos.

La formación de lodos activados es exactamente la misma en los extremos que en los residuos nutricionalmente estables. Contienen todos los elementos necesarios para el crecimiento bacteriano normal.

Algunos residuos contienen suficientes microorganismos para producir lodos activados espontáneos. Estos microorganismos provienen de la contaminación de la tierra.

Los procesos biológicos de tratamiento más versátiles son los lodos activados. Estos producen un efluente con características óptimas en cuanto a concentración orgánica. Ningún otro tratamiento tiene tantas ventajas como el de los lodos activados. El método de lodos activados es un proceso biológico puro.

Los puntos importantes para tomarse en cuenta son :

- Requerimientos de oxígeno.
- Requerimientos nutricionales.
- Factores importantes del medio. (pH, temperatura).

La elección biológica de un lodo activado depende del entendimiento de la microbiología y bioquímica del proceso. El propósito de los lodos activados es remover la materia orgánica tan completamente como sea posible. La naturaleza de los desechos y sus características darán una idea del proceso para tratamiento a seguir. Uno de los problemas principales es la variación en la predominación de los microorganismos. La materia orgánica estimula el crecimiento de ciertas especies de bacterias en el tanque de aeración.

Por medio de observaciones repetidas podemos reconocer el enlace de operación característico y evaluar varios tipos de lodos activados. Es posible analizar un lodo activado con un examen microscópico y un conocimiento rutinario del sistema operado. La importancia de esta técnica es muy grande.

5.2 Filtros.— Es el método más usado. Es muy popular en ingeniería. Inicialmente los filtros se utilizaron en purificación de aguas pero la variación es la presencia de microorganismos que remueven la materia orgánica.

Los filtros se pueden definir como una pila de rocas con agua de albañal o desechos orgánicos lentamente goteados.

El agua es introducida en el filtro por un distribuidor rotatorio que es movido por un motor eléctrico o por impulso hidráulico que descarga un volumen uniforme por unidad de superficie del filtro. Los desechos se posan sobre las rocas por gravedad. Todo el líquido es colectado en un canal efluente al final del tanque de sedimentación.

El depósito de rocas en el filtro es variable así como

el tamaño de éstas, que son seleccionadas cuidadosamente - de forma esférica. El cambio de tamaño de las piedras del filtro depende de las características del desecho. Con una alta concentración orgánica, es esencial tener piedras - grandes. Una función importante en el sistema es tener aire suficiente que circule en el filtro. Los canales del sistema deben acarrear la máxima cantidad de aire disuelto, y permitir al filtro operar con una máxima eficiencia. El tanque de sedimentación final es una parte integral del filtro. Su función es remover las grandes masas de crecimiento biológico.

Los filtros no son un sistema aeróbico verdadero, - pero pueden ser considerados como sistemas facultativos. - La operación del filtro es primero aeróbica. Posteriormente los microorganismos crean una fase anaeróbica en los huecos de las piedras - que es la base esencial de la operación de los filtros - y la actividad aeróbica se realiza en la superficie microbiana superior. Los microorganismos reflejan en el filtro su naturaleza facultativa. Los microorganismos predominantes son bacterias : aeróbicas facultativas e anaeróbicas. Los hongos también están presentes en los filtros, dado que son organismos aeróbicos, los hongos viven en aquellas regiones donde existe oxígeno disuelto. - Los hongos deben competir por los alimentos con las bacterias por lo que su crecimiento es limitado. Con algunos desechos industriales o a un pH bajo los niveles de hongos pueden dominar sobre las bacterias, pero esto es una excepción que confirma la regla.

En la superficie del filtro pueden encontrarse algas y protozoarios. Estos contribuyen poco a la acción del filtro, sólo remueven algunas de las formas inferiores de microorganismos.

Los desechos contienen una cantidad de materia orgánica que es removida por los filtros en función de la reducción que los microorganismos hagan de ésta. Una porción de materia orgánica es convertida en nuevas células, otra es oxidada para obtener energía para síntesis. La velocidad de la actividad microbiana es directamente proporcional a la concentración orgánica. La remoción de materia orgánica por los filtros es esencialmente una función de los microorganismos presente, la concentración orgánica, el tamaño de las rocas, el área microbiana de superficie el tiempo de retención del líquido en el filtro y la temperatura. Es más fácil remover una alta concentración orgánica que una baja. Una concentración alta estimula la actividad de los microorganismos, hace que la concentración de oxígeno baje y el filtro presente características anaeróbicas. Con el objeto de tener un filtro aeróbico, las concentraciones altas de materia orgánica son usualmente diluidas por recirculación. El tiempo de retención es un factor importante pues un tiempo corto impide que los microorganismos establezcan la materia orgánica, la renueven y la refuercen. El metabolismo bacteriano es el factor que determina el movimiento de materia orgánica de los desechos. Como la materia orgánica es metabolizada por las bacterias una por-

ción es oxidada para obtener energía.

La temperatura es un factor importante para incrementar el metabolismo con aumento de temperatura y decrecerlo con disminución de ésta.

Las masas microbianas adheridas a las superficies de las rocas no son capaces de separarse por sí solas. La población microbiana se expande en una sola dirección.

La eficiencia de un filtro es mínimo cuando el crecimiento microbiano se deposita entre las rocas y se incrementa al máximo cuando las rocas son cubiertas por una capa fina de microorganismos.

5.3 Pozos de oxidación.- Al contrario de los métodos biológicos, es muy poco conocida su microbiología y bioquímica. Un pozo de oxidación es un gran tanque con desechos añadidos en la mitad de él. Originalmente son usado como un método secundario de tratamiento. Uno de los temas más confusos en tratamientos biológicos de desechos es la teoría de los pozos de oxidación. Por el nombre se pueden catalogar como un tratamiento aeróbico. Pero tiene sus zonas anaeróbicas, por lo que se puede decir que son facultativos a semejanza de los filtros. La estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo por las bacterias, aunque cientos protozoarios también ayudan. Estas bacterias producen ácidos orgánicos bajo condiciones anaeróbicas o bióxido de carbono y agua bajo condiciones aeróbicas.

Las algas obtienen energía de la luz del sol y de los compuestos inorgánicos presentes en el agua para sintetizar

su protoplasma Uno de los elementos producidos por las algas es el oxígeno, necesario para la estabilización aeróbica de la materia orgánica por las bacterias. Actualmente las algas no producen el oxígeno necesario para que éste se lleve a cabo, pero una fuente adicional de nutrientes puede hacer que las bacterias metabolizan los desechos.

En aguas duras existen considerables cantidades de bicarbonatos y carbonatos que sirven a las algas como una fuente de carbono no relacionada con el metabolismo de los desechos. La utilización de los carbonatos y bicarbonatos puede provocar un exceso considerable de oxígeno. La demanda de oxígeno del protoplasma en formación es mayor que la demanda de las células formadas.

El tamaño de los pozos de oxidación debe ser grande para provocar la sedimentación. Los sólidos inertes no son biológicamente metabolizados y muchos microorganismos sedimentan con ellos evitando que pasen al efluente.

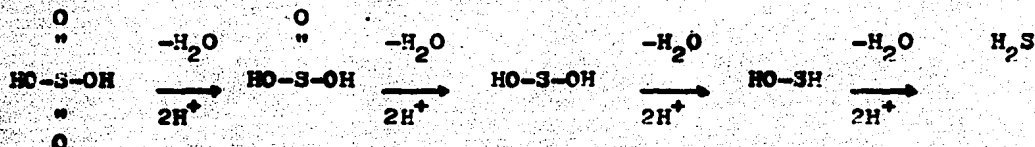
Los microorganismos presentes en los pozos de oxidación son los mismos que se encuentran en otros procesos de tratamiento biológico.

6.- Los métodos de tratamiento anaeróbico más comunes son los reactores anaeróbicos, los filtros y las lagunas. Antes de dar una explicación de cada uno de ellos mencionaremos los puntos más importantes del metabolismo anaeróbico.

Existen tres grupos de organismos anaeróbicos estrictos :

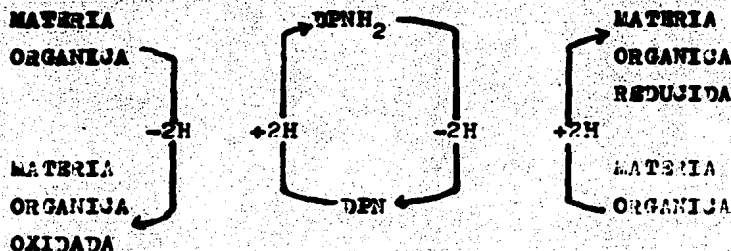
a) Reductores de sulfatos. Es de gran importancia para la microbiología sanitaria pues a pesar de ser un grupo altamente específico de bacterias es el causante de la co-

rosión y olor en las pipas y depósitos. Poco se sabe de esta reacción, sólo que los sulfatos son reducidos a sulfuros. Esta reducción ocurre probablemente en una serie de reacciones. Las reacciones postuladas son las siguientes:



b) Las bacterias productoras de metano son también altamente específicas. Su habilidad para utilizar carbono es única. Se conoce muy poco acerca del mecanismo exacto de formación del metano, pero se ha podido señalar que el metano es producido por cadenas cortas de ácidos grasos así como de ácido fórmico y acético.

c) Reductores orgánicos. La mayoría de las bacterias anaeróbicas regeneran DENH_2 por reacción directa con el oxígeno contenido en la materia orgánica. Los productos finales del metabolismo anaeróbico son ácidos, aldehídos, acetonas y alcoholes. El balance de los productos finales es el resultado de la regeneración de DENH_2 .



Los métodos básicos de sistemas anaeróbicos usados en tratamiento industrial de desechos solubles y residuos están descritos en la tabla No. XI (pag. 111).

6.1 Reactores de contacto.— Los reactores de contacto empleados en la separación de sólidos y recirculación incrementan la concentración de los organismos y el tiempo de retención de la biomasa en el sistema de digestión. El tiempo de retención incrementado produce un gran tiempo de generación de las bacterias. La separación de los sólidos es usualmente acompañada por una sedimentación por gravedad. Otras medidas para incrementar la eficiencia en la separación de los organismos es la adición de floculantes.

6.2 Filtros.— Los filtros anaeróbicos se utilizan cuando las bacterias tienden a formar metano y a crecer en la superficie del filtro. La baja producción de sólidos del sistema anaeróbico disminuye la eficiencia del filtro si es usada una solución nutriente con baja concentración de sólidos.

6.3 Lagunas.— Las lagunas anaeróbicas operan cuando la concentración de microorganismos suspendidos es baja y requiere un tiempo de retención relativamente alto para una reducción adecuada de los constituyentes del desecho. El tiempo de retención requerido en un sistema es una función de la temperatura y de la facilidad del material de desecho a transformarse por los diferentes tipos de microorga-

(sigue en la pag. 112)

TABLA No. XI

TIPO DE SISTEMA	FILTROS	DIGESTORES DE CONTACTO	LAGUNAS
Reactor	Columna empacada	Mezcla completa	Masas con estratifica <u>ción</u> conside <u>rable</u>
Flujos	Flujos	Mezclas	Algunas me <u>g</u> clas térmicas
Niveles de biosólidos	Biomasa <u>s</u> grandes	Biomasa <u>s</u> grandes que sedimentan	Bajas concen <u>traciones</u> de sólidos sus <u>pendidos</u>
Caminos metabó <u>licos</u>	Fermenta <u>ción</u> y res <u>piración</u> - anaeróbica	Fermentación y respiración anaeróbica	Fermentación respiración anaeróbica, oxidación de azufre, foto <u>síntesis</u> , al <u>guna</u> respira <u>ción</u> aeróbica
Tiempos de retención	Uno a tres días	Uno a diez días	Días a cien días
Colección de gases	Normalmente colectados	Colectados	El gas es re <u>colectado</u> en una cubierta plás <u>tica</u>

mismos involucrados.

Las lagunas anaeróbicas tienen un potencial para utilizar la materia orgánica removida que no es posible encontrar en otros procesos anaeróbicos.

Otros procesos importantes que se deben llevar a cabo en una laguna es la reoxidación de formas reducidas de sulfuros. En el digestor convencional, los sulfatos son reducidos a sulfuros. En un tiempo específico dentro del sistema anaeróbico, los sulfuros se pierden en parte como ácido sulfhídrico en el gas desalojado o pueden precipitar con metales pesados. En las lagunas anaeróbicas, algunos sulfuros se pierden en el gas producido y esto usualmente constituye un problema de contaminación en el aire.

Afortunadamente los procesos biológicos adicionales existentes en una laguna oxidan los sulfuros producidos. Las bacterias anaeróbicas que sintetizan azufre utilizan la luz como una fuente de energía para oxidar los sulfuros. Las bacterias anaeróbicas pueden oxidar sulfuros cuando viven en la capa superficial de las lagunas. La oxidación directa de sulfuros por oxígeno molecular en la superficie aeróbica de las lagunas es también una posibilidad.

Los digestores anaeróbicos pueden ser definidos de una manera análoga a la descrita para sistemas aeróbicos.

Las diferentes reacciones químicas para el metabolismo de la materia orgánica por bacterias aeróbicas o anaeróbicas son complicadas, las más simples se pueden explicar de acuerdo a los reactivos y los productos finales. Las reacciones anaeróbicas como la fermentación y la respiración anaeróbica se llevan a cabo en reactores cerrados o en el lecho de lagunas abiertas, y típicamente envuelve la reducción de sulfatos, nitratos, y moléculas orgánicas.

Existen varias ventajas económicas y técnicas inherentes a los procesos de tratamiento anaeróbico y algunos problemas potenciales que son los siguientes :

Ventajas.- No se requiere de equipo de aeración para la reducción orgánica. Los costos de mantenimiento son bajos. El sistema no es limitado por transferencia de oxígeno. El material celular es producido en baja cantidad y en forma más estable. Algunos problemas para degradar aeróbicamente sustancias químicas orgánicas pueden ser resueltos anaeróbicamente. El oxígeno de los iones de sulfato y nitrato puede ser utilizado para oxidación orgánica. El metano en el gas producido puede ser utilizado.

Problemas potenciales.- Son necesarias altas temperaturas. Es necesaria una concentración alta de biomasa para tener velocidades aceptables de crecimiento en tiempos cortos de retención. El tiempo de generación de metano es largo (2 a 11 días a 37^oC) por lo que requiere largos tiempos de retención y aclimatación. Las bacterias productoras de metano son muy sensibles a materiales tóxicos y a condi

ciones del medio ambiente.

7.- Técnicas biológicas experimentales.

Los programas experimentales para desarrollar un proceso biológico de tratamiento deben ser realizados individualmente de acuerdo a las características del desecho soluble, la facilidad del tratamiento y los requisitos necesarios de calidad del efluente.

Los factores básicos para elegir un sistema de lodos-activados son los siguientes :

Variables Independientes	Variables Dependientes
Tiempo de retención hidráulica	Eficiencia de remoción orgánica
Concentración biológica de sólidos	Velocidad de síntesis de sólidos
Nivel de temperatura	Características de transferencia de oxígeno
Nivel de pH	Velocidad de asentamiento de los lodos
Oxígeno residual	
Suplencia de nutrientes	

La complejidad de los trabajos experimentales puede ser reducida controlando algunas variables independientes durante el período inicial de la prueba. Por ejemplo, la temperatura puede ser controlada de 16°C a 35°C dependiendo de las condiciones extremas, el pH de 6 a 8, el oxígeno

residual de 0.5 a 2 mg/l o 5 a 8 mg/l dependiendo del aire de la temperatura o el oxígeno usado. El sistema es operado a 2 o 3 tiempos de retención diferentes y la concentración de sólidos biológicos son una medida de las variables dependientes.

En estudios de laboratorio de procesos de lodos activados éstos se realizan en forma continua o discontinua. Para estudios más refinados se utiliza una clarificación externa y un bombeo de lodo para retornarlo. Las técnicas para evaluar un sistema muestran que los procesos pueden ser mejorados usando un filtro de tubo rotatorio. Un aparato de utilidad general en evaluación de medidas metabólicas de microorganismos bajo un rango de alimentación y condiciones de medio ambiente es el respirómetro de Warburg.

Al realizar los análisis de la eficiencia de un sistema biológico es esencial en la primera etapa medir el BOD removido del sistema. Esta medida refleja solo una porción de material biodegradable. Frecuentemente, la medida de compuestos orgánicos específicos removidos es esencial para entender la transformación involucrada. La suerte de los metales pesados debe ser chequeada. Las formas de remover los materiales por procesos metabólicos, volatilización o por incorporación en la biomasa de desecho deben ser examinados.

CONCLUSIONES

1.- La caracterización de la industria farmacéutica es un factor de primordial importancia en las operaciones de tratamiento de aguas residuales de la misma.

2.- La industria farmacéutica, no importa la actividad que desempeñe, provee de desechos solubles al medio ambiente. Las características de estos desechos nos auxiliaban en la elección de un método de tratamiento adecuado.

3.- De acuerdo a las características del desecho y la cantidad en que estén presentes, se determina su peligrosidad.

4.- No existe un esquema universal aplicable para clasificar los tipos de peligro y el grado en que los desechos pueden ser peligrosos.

5.- Es necesario crear grupos para incluir a todos los compuestos que se manejan en la industria farmacéutica de acuerdo a los efectos que puedan producir al ser desechados.

6.- La clasificación de materiales por su peligrosidad es un proceso arbitrario pues el riesgo depende de la concentración, localización y tipo de especie afectada.

7.- La toxicidad o grado de peligrosidad presentado por un desecho dado depende de muchos factores, se requiere de información sobre las características de una planta productora para evaluar el problema específicamente.

8.- Considerando que los principios activos de los

productos farmacéuticos, por medio de tratamientos adecuados, pueden ser reusados, es importante tomar en cuenta -- que éstos pueden presentar propiedades peligrosas.

9.- Los parámetros principales para clasificar a los productos farmacéuticos o a los principios activos y determinar su peligrosidad son : toxicidad acuática, toxicidad oral y bioconcentración o carcinogénesis.

10.- La producción de sustancias químicas orgánicas para uso medicinal crea desechos de solventes, filtros húmedos, desechos conteniendo metales pesados y lodos biológicos. Con excepción de los lodos activados y los filtros -- húmedos, todos son considerados peligrosos.

11.- Los métodos de tratamiento anaeróbico se han desarrollado en la actualidad por presentar una mejor eficiencia en la remoción de desechos. Abaten el tiempo de contacto entre la masa orgánica y el lodo activado, y son útiles aún en concentraciones bajas de desechos.

12.- La efectividad de los filtros anaeróbicos es comparable a la de los procesos aeróbicos sin necesidad de -- recirculación de los lodos.

13.- El efluente obtenido se encuentra libre de sólidos suspendidos y los lodos de desecho en algunos casos -- son insignificantes. Los efluentes obtenidos presentan -- mejores características que los que se producen utilizando algún método aeróbico.

14.- Los procesos de tratamiento deben producir un -- agua libre de riesgos para el medio ambiente.

15.- Si se realizan los procesos de tratamiento adecuado a los efluentes antes de ser descargados a los colectores municipales, el peligro de contaminación del agua por desechos peligrosos es mínimo.

16.- Los sólidos también deben ser separados antes de tratar a los desechos acuosos para reducir los problemas de contaminación de agua.

17.- Para descargar a colectores generales los desechos de la industria farmacéutica es necesario separar los desechos sólidos y tratar posteriormente los desechos líquidos por un medio adecuado determinado para cada caso específico, y el efluente descargado no producirá problemas al medio ambiente y la humanidad.

- 1.- Andersen, D. R., "Pharmaceutical Wastewater Treatment: A Case Study." Proc. 35th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., (Ann Arbor Science Publishers, Inc., Woburn, Mass.), 1980, 456 (1981).
- 2.- Annual Book of ASTM Standards, Part 31 Water, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1977.
- 3.- Argaman, Y., "Single Sludge Nitrogen Removal from -- Industrial Wastewater." Water Sci. Technol. (G.B.), - 14, 7 (1982).
- 4.- Atlas, E., et al., "Chemical Characterization of Ocean-Dumped Waste Materials." Mar. Sci., 12, 275 (1981). Chem. Abs., 95, 85664 (1981).
- 5.- Barnett, J. W., et al., "Anaerobic Filtration of a - Yeast Plant Effluent." Proc. 9th Austral. Chem. Eng. Conf., 1981, 501 (1981); Chem. Abstr., 96 91059 - -- (1982).
- 6.- Bauer, A., et al., "Use of Activated Carbon in the - BIOLOGICAL Reactor. Improving Degradation Capacity when Treating Problem Wastewater." Chem. Tech. (W. Ger.), 11, 611 (1982); Chem. Abstr., 97, 187605 (1982).
- 7.- Brandl, J. S., "Pharmaceutical Company's Aeration -- System Saves Energy." Ind. Wastes, 26 (2), 16, 19 -- (1980); Chem. Abs., 93, 101000 (1980).
- 8.- Code of Federal Regulations. Washington D.C., 1975.
- 9.- Chuang, Y. T., et al., "Treatment of Concentrated - Yeast Waste." Taiwan Sugar, 24, 26^A (1977). Chem. -- Abs., 87, 57978a (1977).

- 10.- Dahab, M. P., and Young, J.J., "Energy Recovery - - from Alcohol Stillage Using Anaerobic Filters." Chem. Abstr., 96, 109545 (1982).
- 11.- Danielson, C. N., W. G. Robrecht. "Deep-well Disposal of Chemical Wastes: Solid Backbone of a Total Waste-Control Program."
- 12.- Delaine, J. and Gough, D. H., "An Evaluation of Processes for Treatment of Pharmaceutical Effluents." - Effluent Treat. Biochem. Inds., Conf. Pap., Process - Biochem. Int. Conf., 3rd (Watford, Engl.: Wheatland), 1979, Paper No. 15 (1980).
- 13.- "Drinking Water and Health, Recommendations of the - National Academy of Sciences," Fed. Regis. 42, 132,- pp. 35761-35779, July 11, 1977.
- 14.- Evaluation of the Hazard of Bulk Water Transportation of Industrial Chemicals.
- 15.- Paingol'd Z., et al., "Purification of Very Concentrated Waste from Penicillin and Streptomycin Production." Khim.-Po Zh. (USSR), 15, 92 (1981); Chem. Abs. 95, 155878 (1981).
- 16.- Paingold, Z. L., et al., "Effectiveness of Hydrogen-Peroxide Use for Purification of Industrial Wastewaters." Khim.-Farm. Zh. (USSR). 16, 986 (1982), Chem. Abstr., 97, 187620 (1982).
- 17.- Gol'd, Z. G., and Grigor'eva, I. K., "Effect of Pharmaceutical Industry Waste Waters on Some Algae." - - Eksp. Vodn. Toksikol. (USSR), 6, 74 (1976); Chem. -- Abs., 88, 165054a (1978).

- 18.- Grover, P., "Aqueous Waste Management," presented at Symposium New Techniques in Pilot Plants, American - Institute of Chemical Engineers Meeting, Houston, -- Texas, March 20, 1977.
- 19.- Handbook of Industrial Loss Prevention - Factory Mutual Engineering. U.S.A. 1976.
- 20.- "Hazardous Waste, Proposed Guidelines and Regulations and Proposal on Identification and Listing", Federal Register, 43, 235, 58945-59028, December 16, 1978.
- 21.- Hernandez, J. W., "Underground Injection Program Set Under Safe Drinking Water Act," Water Sewage Works, - pp. 67-69, October 1977.
- 22.- Howe, R. H. L., "Treating Spent Monensic Acid Antibiotic Fermentation Broth Containing Relatively High Concentrations of Fatty and Proteinaceous Residues." U. S. Patent Office, Off. Gaz., 4,007,115 (1977).
- 23.- Industrial Safety Data Sheets. Chicago Ills. 1976.
- 24.- Jennett, J. C., and Rand, M. J., "A Comparison of -- Anaerobic vs. Aerobic Treatment of Pharmaceutical -- Waste." Chem. Abs. 94, 180167 (1981).
- 25.- Karpov, A. M., et al., "Wastewater from Concerns of the Microbiological Industry and Drug-manufacturing-Plants." Chem. Abstr., 96, 40384 (1982).
- 26.- Karpukhin, V. F. y Dormidoshina, T. A., Benzylpenicillin and Streptomycin Production." Khim-Farm. Zh. -- (U.S.S.R.), 8, 4, 44 (1974); Jhem. Abs., 81, 140526- (1974).

- 27.- Karpukhin, V. P., et al., "Biological Purification - of Municipal and Antibiotic Production Industrial -- Wastewaters." *Khim-Farm. Zh. (USSR)*, 15, 9, 97 (1981) *Chem Abstr.*, 96, 24273 (1982).
- 28.- Katou, T., et al., "Organic Pollutants in Wastewaters from Pharmaceutical Plants." *Yokohama Kokurisu Daigaku Kankyo Kagaku Kenkyu Senta Kiyo (Jap.)*, 8, 1, 63- (1982); *Chem. Abstr.*, 97, 60411 (1982).
- 29.- Kharlamova, L. P., et al., "Purification of Industrial Wastewaters from Pharmaceutical Manufacture." *Khim.-Farm. Zh. (U.S.S.R.)*, 16, 984 (1982) ; *Chem. Abstr.*-97, 168302 (1982).
- 30.- King, G. D., "Producing Clean Water and Energy from Pharmaceutical Wastewater." *Proc. 36th Ind., Waste -- Conf. 1981 Purdue Univ., Ann Arbor Science Publishers, Inc. Woburn, Mass*, 56 (1982).
- 31.- Kincaannon, D. F. and Safandi, A., "Performance Comparison of Activated Sludge, PAC Activated Sludge, - - Granular Activated Carbon and a Resin Column for -- Removing Priority Pollutants from a Pharmaceutical - Wastewater." *Proc. 35th Ind. Waste Conf. Purdue Univ. (Ann Arbor Science Publishers, Inc., Woburn, Mass)*, -1980, 476 (1981).
- 32.- Koike, T., "The Treatment of Fermentation Wastewater." *Nikkakyo Geppo (Jap.)*, 30, 11, 4 (1977); *Chem. Abs.*, 88, 176582x (1978).
- 33.- Kothari, D. J., et al., "Fermentor Exhaust Air for - Industrial Waste Water Treatment." *Indian J. Environ*

- Health, 23, 1, 60 (1981); Chem. Abst., 96, 40309 -- (1982).
- 34.- Kukushkin, M. I. "Closed-cycle Utilization of Fermentation Industry Effluents." *Gidroliz. Lesokhim. Prom. (USSR)*, 1976, 7, 22 (1976); *Sci. Water Res. Abs.*, -- 10, 5689 (1977).
- 35.- Lange, B. S., and Feile, H. D., "Residuals Generation and Management in Selected Chemical Industries." *Environ. Prog.*, 1, 8 (1982).
- 36.- Keesker, J. A., Malcolm, R. L., and White, W. R., - "Investigation of the Reactivity and Fate of Certain Organic Components of an Industrial Waste after Deep Well Injection," *Environ. Sci. Technol.*, 10, 5, pp.- 445-51, 1976.
- 37.- Labrissi, W., "TEJA-An EPA View," *Chem. Tech.*, 405-- 411, July 1977.
- 38.- Loewenschuss, H., and Theiler, G., "The Decontamination of Liquid Waste Containing Tellurium." *Radioactive Waste Manage.*, 2, 101 (1981).
- 39.- Lyan, P. M., et al., "Sorption of Ammonium Ions from Wastewaters By Natural Zeolite." *Khim.-Farm. Zh* -- (USSR), 15, 89 (1981); *Chem. Abs.*, 95, 66990 (1981).
- 40.- Mack, K., "Biological Waste Water Purification with Commercial Oxygen in the Chemical-pharmaceutical Industry." *Muench Beitr. Abwasser, Fisch. Flussbiol.* -- (Ger.) 28, 136 (1977); *Chem. Abs.*, 88, 78501a (1978)
- 41.- *Manufacturers' Technical Bulletins. U.S.A.* 1975.

- 42.- Marton, G., et al., "Removal of Organic Solvents --- from Pharmaceutical Wastewaters By Liquid-Phase Adsorption." *Magy. Kem. Lapja (Hung.)*, 36, 322 (1981); *Chem. Abs.*, 95, 191772 (1981).
- 43.- Masters, K., and Vestergaard, I., "Spray Drying Techniques for By-Product Recovery." *Process Biochem.* -- (G. B.), 13, 1, 3 (1978).
- 44.- Material Safety Data Sheets. U.S.A. 1977.
- 45.- McJallum, D. F., et al., "Wastewater Management in the Pharmaceutical Industry." *Effluents Treat. Biochem.- Ind. Conf. Pap., Process Bioche. Int. Conf., 3rd* -- (Watford, Engl.: Wheatland), 1979, Paper No. 14 (1980)
- 46.- Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, - U.S. Environmental Protection Agency, Washington, -- D. U., 1978.
- 47.- Middleton, A. J. and Lawrence, A. W., "Least Cost -- Design of Activated Sludge System," *J. Water Pollu.- Control Fed.*, 48, 5, pp.883-905, 1976.
- 48.- Minier, A., et al., "On Line Control of Pharmaceutical Influent Loads to a Biological Wastewater Treatment Plant." *Water Sci. Technol. (G.B.)*, 13, 523 -- (1981); *Chem. Abstr.*, 96, 57195 (1982).
- 49.- Mulloney, J. A., et al. "Environmental Characterisation of Cornbased Fuel Ethanol Plants." *Energy Biomass Wastes*, 6, 945 (1982); *Chem. Abstr.*, 97, 132535- (1982).
- 50.- Municipal Sludge Management: Environmental Factors, - Technical Bulletin, U. S. Environmental Protection -

- Agency, Fe. Reg., pp. 57420-57427, November 2, 1977.
- 51.- Natural Resources Defense Council, et al. v. Train, -
8 SJ2120 (D. D. C. 1976).
- 52.- News Quarterly, Sanitary Eng. Research Laboratory, -
Richmond Field Station, Univ. of California, Berke-
ley, California, April, 1979.
- 53.- Peelle, B. R., et al., "Effects of Pharmaceutical Wag
tes on Microbial Populations in Surface Waters at --
the Puerto Rico Dump Site in the Atlantic Ocean." --
Appl. Environ. Microbiol. 41, 873 (1981).
- 54.- Proc.: Workshop Toward an Oxygen Transfer Standard, -
Pacific Grove California, April 11-14, 1978, W. J. -
Boyle, ed., EPA-600/9-78-021, MERL, ORD, U.S. Environ-
mental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 45268, -
April 1979.
- 55.- Quality Criteria for Water, U. S. Environmental Pro-
tection Agency Washington, D. C. 20460, 1976.
- 56.- Reus, N., and Ruffer, H., "Waste Water from a Chemi-
cal-Pharmaceutical Works." Prog. Water Technol. - -
(G. B.), 12 (3), 153 (1980).
- 57.- Roberts, T. E., Witt, E. R. and Humphreys, W. J., --
"Full-Scale Anaerobic Filter Treats High Strength --
Wastes", 34th Purdue Industrial Waste Conference, --
Lafayette, Indiana, 1979.
- 58.- Romagnoli, R. J. and Berglund, R. L., "Polyurethane-
Foam Filtration", Proc. 33rd Industrial Waste Conf.,
May 9-11, 1978, Purdue Univ., p.343, Ann Arbor Scien-
ce, Ann Arbor, Mich., 1979.

- 59.- Ross, W. R., "Anaerobic Treatment of Soluble Organic Wastes." S. Afr. Food Rev., 9, 2, S113 (1982). Chem. Abstr., 97, 72165 (1982).
- 60.- Sachs, E. F., "Evaluation of the Anaerobic Filter as a Device for Treating a Chemically Synthesized Pharmaceutical Waste." thesis presented to Syracuse University, at Syracuse, N. Y. in 1978.
- 61.- Sachs, E. F., et al. "Pharmaceutical Waste Treatment by Anaerobic Filter." J. Environ. Eng. Div., Proc.— Am. Soc. Civ. Eng., 108, 382, 297 (1982).
- 62.- Samejima, H., et al., "Treatment of Fermentation Waste." Taiwan Sugar, 24, 268 (1977); Chem. Abs., 87, 57978a (1977).
- 63.- Sawada, H., et al., "Photosynthetic Bacteria in Waste Treatment. Role of Rhodospirillum rubrum with Agricultural/Industrial Effluents." J. Ferment. Technol. 55, 326 (1977), Chem. Abs., 87, 172318x (1977).
- 64.- "Secondary Regulations for Drinking Water," Per. Regis. 42, 62, p. 17143, March 31, 1977.
- 65.- Seeler, T. A., "Treatment of a Chemically Synthesized Pharmaceutical Manufacturing Process with the Anaerobic Filter," thesis presented to Syracuse University, at Syracuse N. Y., in 1977.
- 66.- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th ed., American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, D. J., -- 1976.

- 67.- Stikute, I., et al., "Effectiveness of Biochemical - Oxidation of Industrial Wastewater with Different -- Temperature Conditions and Aeration Periods." *Vodosnatch. Sanit. Tekh. (USSR)*, 11, 6 (1979); *Chem. Abs.* 94,162244 (1981).
- 68.- Stuckey, D. G., Parkin, G. G., Owen, W.F. and Mc --- Carty, P. L., "Comparative Evaluation of Anaerobic - Toxicity by Batch and Semi-Continued Assays", 51st - Conf., of Water Pollution Control Federation, Anaheim California, October, 1978.
- 69.- System for Evaluation of the Hazards of Bulk Water - Transportation of Industrial Chemicals. National Academy of Sciences. Washington D.J. 1974.
- 70.- Toxic Substances - Annual List, U.S. Department of - Health, Education, and Welfare, Superintendent of -- Documents, Washington D. F.
- 71.- Tucek, F., et al., "Biodegradability of Some Substances from Drug Production." *Sh. Vys. Sk. Chem-Technol. Praxe. (Oddil) P. Technol. Vody Prostredi (Czech.)*, - P 23, 181 (1979); *Chem. Abs.* 93, 191435 (1980).
- 72.- U.S. Environmental Protection Agency Proposed Regulations on State Underground Injection Control Programs; *Fed. Reg.*, 41, p. 36730, August 31, 1976.
- 73.- U.S. Environ. Prot. Agency, "Pharmaceutical Manufacturing Point Source Category Effluent Limitations, - Guidelines, Pretreatment Standards, and New Source-Performance Standards." *Fed. Regist.*, 47, 53584 (1982).
- 74.- Vcelak, L., et al., "A Combustion Plant for the Disposal of Waste Waters from Antibiotics Manufacture"

- Sb. Vys. Sk. Chem Technol. Praze, Technol. Paliiv - - (Czech.), 41, 71 (1980); Chem. Abs. 95,85707 (1981).
- 75.- Verne, S. R., et al., "Studies on the Characteristics and Disposal Problems of Industrial Effluents with - Reference to ISI Standards." Indian J. Environ, Health, 19, 165 (1977); Chem. Abs., 89, 9449d (1978).
- 76.- Wang, L. H., et al., "Treatment of a Waste Stream -- from a Yeast Plant. II. Experiment of the Reuse of - the Waste Stream on a Jar Fermenter Scale." T'ai-wan T'ang Yeh Yen Chiu So Yen Chiu Hui Pao (Taiwan), 70, 37 (1975); Chem. Abs., 86,8356s (1977).
- 77.- Water Quality Characteristics of Hazardous Materials, 4 Volumes, - R. W. Hann, Jr. and Paul A. Jensen, - - Environmental Engineering Division, Civil Engineering Department, Texas University, College Station, Texas, 1974.
- 78.- "Water, Hill-A Reasonable Compromise," Chem Week, 15-16, November 23, 1977.
- 79.- Wilson, D. N., "Treatment of Highly Polluting Effluents." Impianti (It.), 15, 3, 166 (1982); Chem. - - Abstr. 97, 168249 (1982).
- 80.- Yakubova, A. R., and Karnukhin, V. P., "Effect of -- Formaldehyde on the Biochemical Purification of Wastewater From Benzylpenicillin and Streptomycin Production." Khim.-Farm. Zh. (USSR) 1,13,(10), 82 - - - (1979); Chem. Abs., 92, 134665 (1980).
- 81.- Yoshino, Y., "Treatment of Wastes Discharged From -- Fermentation Plants." Japan, Kokai, 74, 24, 758 (1974) Chem. Abs., 81, 68187 (1974).

- 82.- Zakrzewski, J., and Jedrzejowska, K., "Treatment of -
Sewage Containing Antibiotics." *Gas. Woda Tech. Sanit*
(Pol.), 52, 3, 87 (1978); *Chem. Abs.* 89, 135080j ---
(1978).