



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

147

**PROYECTO PARA LA ELABORACION DE UN  
PROGRAMA DE LA MATERIA OPTATIVA  
" CONTAMINACION "**

**TOMO I**

**Irma González Leal y**  
**JOSE L. MURILLO LEON**  
**Químico**  
**FLORENTINO M. OLIVERA ALBITER**  
**CARLOS A. D. LA PARRA S. DOMIN**

**1975**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



CLAS Tesis  
AÑO 1975  
FECHA Mit - 14/3 U.I.  
B \_\_\_\_\_



QUÍMICA

PRESIDENTE: PROF. RAMON VILCHIS ZIMBRON  
VOCAL: PROF. EDUARDO ROJO Y DE REGIL  
JURADO ASIGNADO SECRETARIO: PROF. JUAN FRITZ CORONA  
1er. SUPLENTE: PROF. JORGE MARTINEZ MONTES  
2o. SUPLENTE: PROF. RODOLFO SAMANO IBAÑEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE  
QUIMICA.

SUSTENTANTES:

IRMA GONZALEZ LEAL

JORGE LUIS MURILLO LEON

FLOR DE MARIA OLVERA ALBITER

CARLOS ARTURO DE LA PARRA SANROMAN

ASESOR DEL TEMA: I.Q. JUAN FRITZ CORONA

A mis padres  
con cariño  
y profundo  
agradecimiento

A mis hermanos  
con cariño

Para Alfonso  
con cariño  
y admiración

A mi hijo Darwing

con cariño

Al Ing. Juan Fritz Corona  
con agradecimiento,  
por el entusiasmo  
y dedicación  
que nos marcó  
durante la dirección de esta Tesis

PROYECTO PARA LA ELABORACION DE UN PROGRAMA

DE LA MATERIA OPTATIVA " CONTAMINACION "

INTRODUCCION.

CAPITULO UNO.- Necesidad de la existencia de la materia	3
CAPITULO DOS.- Ecología	
2.1    Introducción y definiciones	6
2.2    Concepto de ecosistemas	8
2.3    Equilibrio ecológico	16
2.4    Ecología de las poblaciones	20
CAPITULO TRES.- Contaminación	
3.1    Conceptos de contaminación	39
3.2    Contaminación del aire	40
3.3    Contaminación de aguas	41
3.4    Contaminación de los suelos	42
3.5    Contaminación por ruido	43
3.6    Contaminación por radiación	46
CAPITULO CUATRO.- Contaminación del aire	
4.1    Fuentes de contaminación	51
4.1.1    Inventario de emisores	51
4.1.2    Inventario de emisiones	52



4.1.3	Fuentes de contaminación móviles	54
4.1.4	Fuentes de contaminación naturales	55
4.1.5	Fuentes de contaminación fijas	57
4.2	Principales contaminantes	58
4.2.1	Clasificación	58
4.2.2	Efectos	63
4.2.2.1	Efectos químicos	63
4.2.2.2	Efectos físicos de los principales contaminantes	66
4.2.2.3	Efectos sobre la salud del hombre	69
4.3.1	Determinación del grado de contaminación	72
4.3.2	Equipos y métodos de control	81
4.3.3	Costos de equipo de colección	111
CAPITULO CINCO.- Contaminación de aguas		120
5.1	Clases de contaminación de aguas	121
5.1.1	Contaminación de primer orden	121
5.1.2	Contaminación de segundo orden	122
5.2	Clasificación de los contaminantes	123
5.2.1	Por su origen	123
5.2.2	Por el estado de la materia	124

5.2.3	Por su composición	131
5.2.4	Por su efecto biológico	135
5.2.5	Contaminantes térmicos	136
5.3	Fuentes de contaminación	139
5.3.1	Fuentes de la contaminación de primer orden	139
5.3.2	Fuentes de la contaminación de segundo orden	141
5.4	Efecto de los contaminantes	142
5.4.1	Efecto de la temperatura	147
5.4.2	Efecto de los principales contaminantes en el hombre y los ecosistemas acuáticos	152
5.4.3	Eutroficación	156
5.5	Autopurificación de las corrientes	160
5.5.1	Degradación de los compuestos orgánicos	164
5.5.2	Descomposición anaerobia	167
5.6	Moléculas conservativas	170
5.6.1	Isoalcanos	170
5.6.2	Detergentes aniónicos sintéticos	171
5.6.3	Hidrocarburos halogenados	174

5.7	Métodos de control	176
5.7.1	Tratamiento preliminar	176
5.7.2	Tratamiento primario	181
5.7.3	Tratamiento secundario	199
5.7.4	Tratamiento terciario	212
5.7.5	Tratamiento de lodos	226
5.8	Tratamiento de aguas residuales industriales	243
5.8.1	Industria química	245
5.8.2	Industria textil	246
5.8.3	Industria empacadora de alimentos	247
5.8.4	Industria productora de metales	250
5.8.5	Industria del papel	250
5.8.6	Industria del acero	256
5.8.7	Industria del petróleo	257
5.8.8	Industria de galvanoplastia	258
5.9	Calidad del agua	268
CAPITULO SEIS.-	Contaminación de suelos	
6.1	Por desechos sólidos	271
6.1.1	Generalidades	271
6.1.2	Clasificación y efectos	272
6.1.3	Métodos de control	274

6.1.3.1	Reciclo. Generalidades. Costos	275
6.1.3.2	Pulverización - composta. Generalidades. Costos	281
6.1.3.3	Relleno sanitario. Generalidades	284
6.1.3.4	Compactación. Generalidades	286
6.1.3.5	Pulverización - relleno. Generalidades. Costos	287
6.1.3.6	Incineración. Generalidades	289
6.1.3.7	Pirólisis. Generalidades	292
6.1.3.8	Conclusiones	292
6.2	Por empleo de aguas negras	294
6.2.1	Generalidades	294
6.2.2	Efectos	294
6.2.3	Método de control	296
6.3	Erosión	297
6.3.1	Generalidades	297
6.3.2	Efectos en el medio ambiente	298
6.3.3	Métodos de control	300
6.4	Por fertilizantes	302
6.4.1	Generalidades	302
6.4.2	Efectos	303
6.4.3	Método de control	303
6.5	Por plaguicidas	306
6.5.1	Generalidades	306
6.5.2	Clasificación	308

6.5.3	Fuentes y efectos en los suelos	316
6.5.4	Efectos en plantas y animales	319
6.5.5	Efectos en animales y en el hombre	324
6.5.6	Método de control	334
6.6	Por metales pesados	339
6.6.1	Generalidades	339
6.6.2	Plomo	343
6.6.2.1	Generalidades	343
6.6.2.2	Fuentes	345
6.6.2.3	Efectos en los suelos	346
6.6.2.4	Efectos en las plantas	349
6.6.2.5	Efectos en el hombre	350
6.6.2.6	Método de control	354
6.6.3	Mercurio	355
6.6.3.1	Generalidades	355
6.6.3.2	Fuentes	357
6.6.3.3	Efectos en suelos	360
6.6.3.4	Efectos en plantas y alimentos	363
6.6.3.5	Efectos en el hombre	366
6.6.3.6	Métodos de control	369
6.6.4	Cadmio	371
6.6.4.1	Generalidades	371
6.6.4.2	Fuentes	374
6.6.4.3	Efectos en suelos y plantas	377

6.6.4.4	Efectos en el hombre	379
6.6.4.5	Métodos de control	382
CAPITULO SIETE.- Aspectos legales		
7.1	Existentes en México	383
7.1.1	Tesis de Mejoramiento del Ambiente	383
7.1.2	Organismos encargados de mejoramiento del ambiente en México	386
7.1.2.1	Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente	386
7.1.2.2	Comité Central Coordinador de Programas para el Mejoramiento del Ambiente	389
7.1.3	Legislaciones existentes	
7.1.3.1	Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental	391
7.1.3.2	Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por Humos y Polvos	393
7.1.3.3	Reglamento para la Prevención y	

Control de la Contaminación de Aguas	395
7.1.3.4 Código Sanitario	397
7.1.3.5 Ley de Ingeniería Sanitaria	414
7.1.3.6 Principales disposiciones legales referentes a la prevención y control de la contaminación ambiental y temas conexos	415
7.2 Aspectos legales necesarios en México	421
7.2.1 Aire	421
7.2.2 Agua	422
7.2.3 Suelo	423
7.2.4 Ruido	425
7.2.5 Radiación	425
7.3 Aspectos legales existentes en otros países	426
7.3.1 Japón	426
7.3.2 Italia	430
7.3.3 Holanda	432
7.3.4 Austria	434
7.3.5 Bélgica	436
7.3.6 Brasil	440
7.3.7 Canadá	443

7.3.8	Inglaterra	448
7.3.9	Francia	452
7.3.10	Estados Unidos	454
CAPITULO OCHO.- Principales factores externos y sus efectos por la contaminación		
8.1	Generalidades	462
8.2	Principales aspectos geográficos	463
8.3	Principales aspectos meteorológicos	463
8.4	La Ciudad de México y su problemática	476
8.5	Aumento en el costo de producción por el control de la contaminación	478
CAPITULO NUEVE.- Prácticas de laboratorio		
	Método para la determinación de la densidad aparente visual del humo mediante la Carta de Ringelmann	483
	Determinación de grasas y aceites en aguas residuales	488
	Determinación del valor del pH de las aguas residuales	493
	Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales	500
	Método de muestreo de aguas residuales	504



	Determinación de la temperatura	
	en aguas residuales	521
CONCLUSIONES		528
APENDICE UNO		535
APENDICE DOS		555
BIBLIOGRAFIA		560

## Introducción:

El desarrollo de la tecnología moderna aunado a la creciente población ha originado una acumulación desproporcionada de elementos en el medio ambiente, fuera del sitio a que corresponden, los cuales al encontrarse en una concentración superior afectan la capacidad de la naturaleza para reintegrarlos a su ciclo natural, alteran las características del agua, tierra y aire y consecuentemente modifican el ecosistema total tierra.

El objetivo de esta tesis es presentar a los futuros profesionales un panorama general sobre el efecto que ocasiona el desarrollo industrial en el medio.

La contaminación ambiental engloba a los tres elementos, agua, tierra y aire, por lo cual se mencionan las vías de contaminación y métodos de control a cada uno de ellos, así como la forma en que las condiciones naturales de cada región en algunos casos agudizan las proporciones de este problema.

El mejoramiento y preservación del medio ambiente es multidisciplinario, siendo necesaria la colaboración de los profesionales de todos los campos, ya que la contaminación ambiental afecta a todos los seres vivos.

En la época actual con el ritmo acelerado que guarda el crecimiento de la población, es un imperativo el trabajar en el mejoramiento del medio ambiente, ya que estamos acelerando el agotamiento de los recursos naturales y a este paso la crisis no se hará esperar mucho tiempo, de aquí la importancia de aprender a resolver el problema y conocer la magnitud del mismo.

## CAPITULO UNO.

### NECESIDAD DE EXISTENCIA DE LA MATERIA.

Los conocimientos ecológicos y sobre contaminación a nivel general, serán un instrumento tan necesario como la historia o la Economía, para el ciudadano culto del futuro. A ese respecto todos los países tienen mucho camino que andar. Los estudios del medio ambiente han llegado a ser, de la noche a la mañana, los favoritos de muchas universidades, como se puede observar en el apéndice No. 1 en el cual indicamos algunas instituciones educativas, de los principales países del mundo, que tienen este tipo de estudios.

A continuación hacemos mención de las causas, que consideramos han hecho al fenómeno de la contaminación, un problema importante en nuestro país:

1. Ha habido un inmenso aumento en la producción industrial, conversión de la energía, en el flujo asociado de materiales de su estado concentrado natural a un estado degradado y diluido en el medio ambiente, que ha empezado a alterar la calidad física, química y biológica de la hidrósfera y de la atmósfera a una escala verdaderamen-

te masiva. Además, ahora tenemos los medios para registrar los cambios más pequeños, que se verifiquen en estos sistemas.

2. Los avances de la física y la química moderna están sometiendo a los sistemas biológicos a condiciones extrañas, a las que no se pueden acondicionar con suficiente rapidez y la adaptación que se lleva a cabo, se limita a unas cuantas especies.
3. La gente ha llegado al punto en que espera como derecho propio, patrones de limpieza, seguridad y salubridad de su medio ambiente.
4. Tenemos plena conciencia del tremendo aumento de población de nuestro país en los últimos años, en la mente de muchas personas se suscitan dudas acerca de cómo se puede mantener a toda esta gente.

Por lo tanto consideramos que mientras más se pospongan las soluciones verdaderas a estos problemas, más difícil será luchar contra todo esto.

Con esta tesis, tenemos el deseo y estamos convencidos, de que se debe considerar una necesidad educativa en nuestro país, el impartir diversos temas sobre protección y conservación del medio ambiente.

## CAPITULO DOS

### ECOLOGIA.

#### 2.1. Introducción y definiciones.

Como un resultado del creciente conocimiento de las relaciones biológicas nace la Ecología, que podemos conceptualarla como la Ciencia que se ocupa de las relaciones e interdependencias entre los seres vivos y su medio ambiente, que estudia las comunidades vivientes y su espacio vital.

Ernest Haeckel en 1869 ya usa el término Ecología, proveniente de la raíz Griega OIKOS en el sentido de hogar, de relación de vida, y que Haeckel la define de la manera siguiente:<sup>(4)</sup>

"Entendemos por Ecología al conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza, la investigación de todas las relaciones del animal tanto con su medio orgánico como inorgánico, incluyendo su relación amistosa y hostil con aquellos animales y plantas con los que se relaciona directa o indirectamente. "

El inglés Charles Elton la define como la historia natural científica que se ocupa de la sociología y economía de los animales.

Frederick Clements dice que es la Ciencia de la comunidad. Y aún más ampliamente la define Eugene Odum como el estudio de la estructura y función de la naturaleza. (6)

Independientemente de la definición precisa, la esencia de la Ecología se encuentra en la infinidad de mecanismos bióticos y abióticos, así como de las interrelaciones que son consecuencia del movimiento de la energía y de los nutrientes, que constituyen los reguladores de la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Se considera que la Ecología es multidisciplinaria y que su campo se puede decir que es casi ilimitado.

En forma general, podemos decir que se ocupa en especial de la biología de los grupos de organismos, así como de los procesos funcionales inherentes en el agua, tierra y aire. Es decir, estudia la estructura y funcionamiento de la naturaleza de la cual el hombre forma parte de ella.

En la actualidad se considera que las ciencias ambientales constituyen instrumentos indispensables para crear y mantener la calidad de la civilización humana. (14)

Para tener un mejor entendimiento de la Ecología, ésta se puede conceptuar en términos de Niveles de Organización explicada en



forma de un espectro biológico dentro del cual la materia y la energía se producen en cada nivel de sistemas funcionales característicos. (9) (Fig. 2.1.)

La distribución de los niveles está descrito en cuanto a una jerarquía de tamaños, considerando a cada uno de estos niveles como sistemas biológicos o biosistemas. Sin embargo, la Ecología está ligada más exclusivamente a los niveles del extremo derecho en el espectro, abarcando de este modo las poblaciones en el sentido de que incluyen grupo de individuos de cualquier clase de organismos, y comunidades o comunidad biótica en el sentido de todas las poblaciones que habitan en una área determinada. En estos sistemas Ecológicos funcionan conjuntamente la comunidad y el medio ambiente.

## 2.2 Ecosistemas.

Existe una relación común que todos los organismos comparten por razón de su evolución histórica y así mismo, afinidades que son consecuencia de la satisfacción de los requisitos para el mantenimiento de la vida y de la estirpe. Estas relaciones ecológicas se manifiestan en cambios físico-químicos, conjunto de sustancias ambientales no vivas o abióticas que incluyen elementos y compuestos inorgánicos como el agua, bióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, calcio, carbonatos,

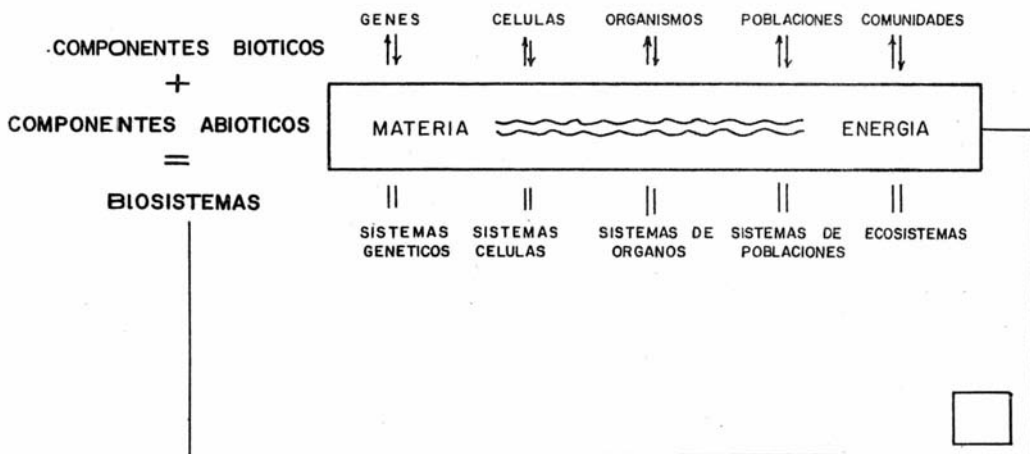


Figura 2.1

fosfatos y toda una serie de compuestos que son subproductos de los procesos de descomposición y de la actividad orgánica. De igual manera tienen ingerencia factores físicos y gradientes tales como la humedad de los vientos, las corrientes y la radiación solar con sus efectos concomitantes de luz y calor.

El conjunto del medio abiótico, físico-químico y del medio biótico de las plantas, animales y microorganismos constituyen un sistema ecológico o ecosistema, sistema en el cual la afinidad ecológica se pone de manifiesto. (2, 4)

En su proceso evolutivo la biósfera se ha ido modificando en función del clima, del sustrato geológico, de la información genética disponible y la acción de los organismos vivos hasta convertirse en sistemas complejos, que son los ecosistemas.

Sistemas que son conceptuados como entes reales, como lo es una laguna, un bosque, un océano y también como entes abstractos en el sentido de que son esquemas conceptuales elaborados a partir del conocimiento de sistemas reales.

Estos sistemas pueden ser concebidos y así mismo, ser estudiados en diversos tamaños de acuerdo a proporcionar una unidad apropiada para su estudio, es así como tenemos una laguna, un charco o un cultivo de laboratorio, considerado este último

como un microsistema.

Los ecosistemas son unidades funcionales básicas y necesarias para la conservación de la vida en nuestro Planeta. Desde el punto de vista funcional podemos analizar un ecosistema en base a lo siguiente:

- a los ciclos de energía
- a los ciclos de los nutrientes llamados biogeoquímicos
- a la diversidad de tipos en el tiempo y en el espacio
- a la cadena alimenticia o trófica
- al desarrollo y evolución
- y al control

La comunidad no puede existir sin la circulación tanto de la energía como de materiales, de la misma manera que el organismo en forma individual no puede sobrevivir por mucho tiempo sin su población e igualmente no lo haría un órgano sin su organismo. (3)(4)(8)

El flujo de energía y el ciclo mineral, dos procesos ecológicos que implican interacción entre el medio físico-químico y el conjunto biótico, constituyen la dinámica de los ecosistemas es decir, son la razón de ser de los ecosistemas como lo

son de la gran variedad de complejos procesos que dentro de ellos se desarrollan.

El estudio de la naturaleza de los sistemas ecológicos bien puede empezarse a partir de la captación de energía por los vegetales, puestos que son esencialmente energéticos. La energía radiante en forma de energía solar es la principal fuente de energía para un ecosistema, la que es absorbida por los productores, organismos que llevan a cabo la función vital de asimilación de bióxido de carbono y su transformación a compuestos orgánicos ricos en energía, proceso llamado fotosíntesis. Entre estos organismos se tienen las plantas que contienen clorofila y bacterias purpúreas que contienen pigmentos carotenoides, que en presencia de compuestos orgánicos formados originalmente en el proceso de fotosíntesis, asimilan bióxido de carbono con la energía solar. En el agua específicamente se tienen productores de dos clases: plantas enraizadas o grandes plantas flotantes y pequeñas plantas flotantes que por lo general son algas llamadas fitoplancton que se encuentran hasta una profundidad donde penetra la luz. Estos últimos productores son de una gran importancia en cuanto a la producción de alimentos básicos.

En realidad la función del productor es la de transformar la energía radiante en energía química en forma de hidratos de carbono, y puesto que estos últimos son sintetizados posteriormente en otros compuestos que satisfacen las necesidades nutritivas del crecimiento y metabolismo del propio productor podemos decir, que estos organismos son autótrofos (que se alimentan por sí mismos) y que aquellos organismos que se alimentan de otros son heterótrofos, predominando en ellos el empleo, la readaptación y descomposición de materiales complejos. Una característica universal de todos los sistemas ecológicos es la acción recíproca de los elementos autótrofos y heterótrofos.

Un herbívoro es un consumidor primario por lo tanto, es heterótrofo cuya alimentación depende directamente de las plantas, un carnívoro o consumidor secundario es un heterótrofo que obtiene su energía indirectamente por medio de un herbívoro. Existen también en algunos ecosistemas el consumidor terciario, carnívoro que se alimenta de otro carnívoro. Es de esta manera como se constituye la Cadena Alimenticia o Cadena Trófica que es inherente a los ecosistemas.

En la relación:

autótrofo → heterótrofo

productor → consumidor

productor → herbívoro → carnívoro

se encuentra implícito el sentido de la circulación de la energía en el ecosistema que es unidireccional y no cíclica. La explicación de este sentido se encuentra en las pérdidas de energía que se producen en cada transferencia a lo largo de la cadena trófica, así como en la eficiencia de su utilización en cada uno de sus eslabones. (2)(4)(8)(9)

Existe otro grupo esencial en estos sistemas, los descomponedores, microorganismos generalmente inmóviles, ya que se encuentran enterrados en el medio que se está descomponiendo, correspondientes a los heterótrofos. y que están constituidos esencialmente por bacterias y hongos que poseen la característica de tomar su alimento por absorción y no por ingestión como lo hacen los herbívoros y carnívoros. Las enzimas que producen en su interior son liberadas sobre restos vegetales o animales, siendo de este modo absorbidos parte de los productos degradados y posteriormente digeridos, es decir, liberan al medio ciertos elementos químicos que se encuentran combinados con el protoplasma, quedando de este modo dispuestos para volver a ser usados. Así es como al mismo tiempo que se satisfacen necesidades metabólicas y de crecimiento, los descomponedores efectúan la mineralización de la materia orgánica, haciendo que esta última tenga un sentido cíclico.

Además del proceso de la fotosíntesis, la planta verde introduce a su protoplasma compuestos y elementos inorgánicos como el agua, bióxido de azufre, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio y otros nutrientes. Tanto los elementos vitales (C, H, N, P, etc.) y los compuestos orgánicos como los carbohidratos, proteínas, lípidos, etc. se encuentran no solamente dentro y fuera de los organismos vivos, sino que se encuentran en un estado de flujo constante entre estados no vivos y vivos.

En la actualidad estos dos procesos son de gran importancia, ya que para satisfacer la gran demanda alimenticia de la población humana en acelerado crecimiento, hace indispensable un conocimiento cada vez más profundo de la eficiencia y rendimiento de los productores, así como de la eficiencia del flujo de la energía en los ecosistemas, que desde luego están orientados hacia el hombre y la dependencia de los ecosistemas respecto a la disponibilidad y abundancia de los nutrientes esenciales. Además, se debe considerar la introducción al medio de los compuestos radiactivos como nutrientes, y también sustancias tóxicas como los pesticidas, detergentes sintéticos, etc. que dan como consecuencia su incorporación a las cadenas tróficas cuyo eslabón final es el hombre debido a los procesos de ciclaje natural, representando de este modo uno de los principales problemas con que se enfrenta el hombre en la actualidad. (7)



### 2.3. Equilibrio Ecológico:

El conjunto de todos los ecosistemas constituye el espacio vital de nuestro Planeta. Pero además, como todo crecimiento depende de la radiación solar, el espacio vital Tierra se encuentra íntimamente ligado con el acontecer del Universo. Y, no obstante que cada ecosistema es distinto y tiene características propias que lo hacen ser diferente de otros, se encuentran íntimamente hilados entre sí por una gran red de relaciones que hacen a cada uno dependiente de los demás.

A todo ecosistema va unido una comunidad viviente denominada biocenosis, que en cada caso está constituida en un número y una selección de especies características de animales y vegetales que se pueden alimentar en un determinado espacio vital en forma especialmente favorable. La biocenosis de un lago y de un bosque son de diferente constitución como lo son de la biocenosis de un océano.

El fundamento de una biocenosis se encuentra en las características climáticas y geológicas básicas para el desarrollo de las comunidades vivientes, por ejemplo, en un clima cálido y húmedo, una gran variedad de especies animales y vegetales integran las comunidades vivientes; mientras que un clima de sértico y seco implica un número menor de especies.

En base a las observaciones y estudios hechos acerca de las comunidades vivientes los ecólogos han descubierto la Ley del Equilibrio Ecológico, enunciada de la manera siguiente:

"Las especies que existen en una comunidad viviente, el número de individuos de cada especie, la forma en que están repartidas, el modo en que viven y pueden reproducirse, todo esto se encuentra en un equilibrio biológico. Este equilibrio es lábil y oscila en torno a una situación media en tanto cuanto no se modifiquen por completo las condiciones del medio ambiente". (9)

Básicamente esta idea de equilibrio explica como en muchas especies de animales y plantas, no obstante de ser altamente fecundas, el número total de individuos permanece casi constante. El ecólogo enuncia así el problema: todo ser viviente procrea una descendencia mucho mayor de la que puede sobrevivir, el equilibrio se logra porque el excedente producido de cada especie lo consumen otras especies para subsistir. De este modo, cuanto más amenazada se encuentra una especie de animales, más fecunda debe de ser si quiere conservar su número. Es decir, el exceso de descendencia dentro de los límites del equilibrio se mantiene bajo las condiciones del espacio vital.

Sin embargo existe el hombre, señor de todos los espacios vitales de este mundo, que no se encuentra actualmente sometido a estas limitaciones; el hombre no tiene ningún enemigo aparte de los virus, enfermedades y desde luego el hombre mismo.

La población mundial se incrementa aceleradamente debido a que no existe una compensación entre los índices de natalidad y mortalidad. El hombre para obtener su alimento y para crear el espacio vital que necesita, se ve obligado a transformar incesantemente el equilibrio ecológico de los espacios vitales y de las comunidades vivientes. De este modo la biocenosis de la naturaleza se transforma en biocenosis humana o antropocenosis, el espacio natural en paisaje civilizado o lo que es peor en estepa civilizada.

La naturaleza y la intensidad de los efectos de la intervención humana en un ecosistema depende de varios factores como lo son la proximidad, concentración y el estilo de vida de las poblaciones humanas, la manera de explotar el suelo y la intensidad de explotación.

Pero el hombre al modificar la biosfera, de la que es parte integrante, produce situaciones nuevas, que a su vez pueden ejercer alguna influencia sobre él. Debe de considerarse que

el hombre está en asociación con la naturaleza, lo que implica tomar y dar mutuamente es decir, utilización y conservación a la vez. Y que esta asociación reúne los valores cualitativos que el hombre necesita para su bienestar físico y mental, además es la expresión del respeto y la responsabilidad del hombre por los demás seres vivos de la tierra. El hombre al modelar su medio, modela en realidad su propio futuro.

Podemos concluir de todo lo anteriormente expuesto que el deterioro de los ecosistemas y de la alteración del equilibrio ecológico han sido la causa de la creciente población humana, es decir es una consecuencia ya sea de la búsqueda de su alimento o de su habitat, encaminados por supuesto a la conservación de la especie humana. Cualquiera que sean las causas se está produciendo el desastre de nuestro Planeta, en el que se originó la vida, creció un sinnúmero de especies y en el que quizá en un tiempo no muy remoto, termine la existencia de nuestra propia vida, la del hombre. (1)(4)

Bien, si la causa es el inmesurado aumento de la población, es por lo tanto menester conocer algunos conceptos básicos referentes al tema.

#### 2.4. Ecológica de las poblaciones:

Sobre el crecimiento y desarrollo de las poblaciones se encuentran actuando dos fuerzas opuestas entre sí, una que es inherente y específica para cada población: la capacidad de reproducción a un determinado ritmo; y la segunda, que es como ya mencionamos, opuesta al crecimiento: la mortalidad, pudiendo decir asimismo, la longevidad fisiológica.

La oposición biológica al crecimiento de las poblaciones proviene de igual modo, de todas las fuerzas del ambiente físico y biológico en que se encuentra un organismo.

Royal Chapman hace referencia a estas fuerzas como el Potencial Biótico y la Resistencia del Ambiente respectivamente, términos empleados en el estudio del crecimiento y regulación de las poblaciones.

Analizando los resultados del experimento de Raymond Pearl acerca de una población de levaduras podemos entender la interacción entre el potencial biótico y la resistencia al ambiente. Pearl basándose en los datos obtenidos por T. Carlson, quien determinó el crecimiento de las levaduras centrifugando periódicamente el cultivo y determinando su número y masa; hace una transformación de éstos a número de células.

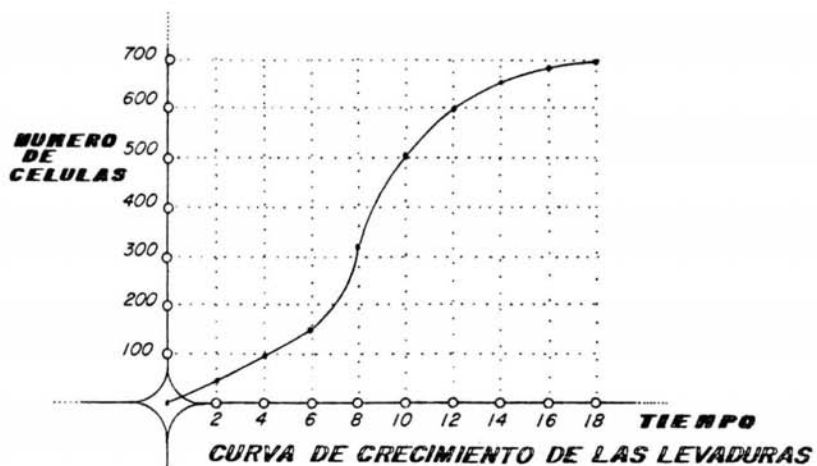
Datos que se resumen en la tabla 2.1. (4)

TABLA 2.1.

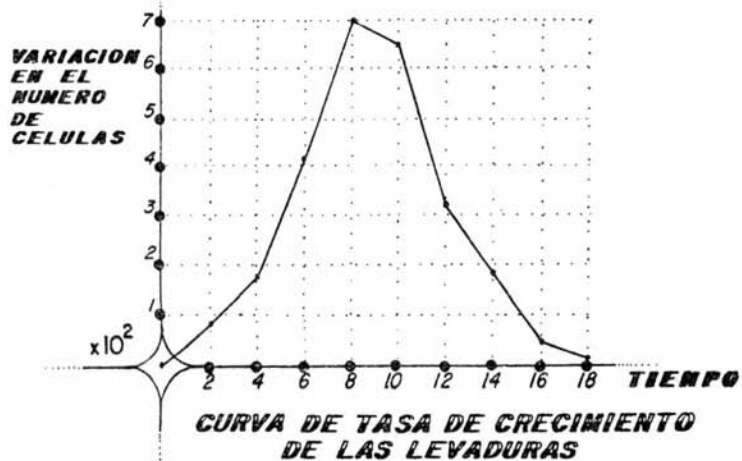
TIEMPO (t) hr.	Número de Individuos (N)	Incremento $\Delta N/\Delta t$
0	9.6	0
2	29.0	19.4
4	71.1	42.1
6	174.6	103.5
8	350.7	176.1
10	513.3	162.6
12	594.4	81.1
14	640.8	46.4
16	655.9	15.1
18	661.8	5.9

Pearl, R. The Biology of Population growth (1925).

Graficando el tiempo contra el número de individuos: (Curva 2.1) Se obtiene una Curva de Crecimiento de la Población cuya forma es de una "S" o Sigmoidea, cuya interpretación es la siguiente:



Curva 2.1



Curva 2.2

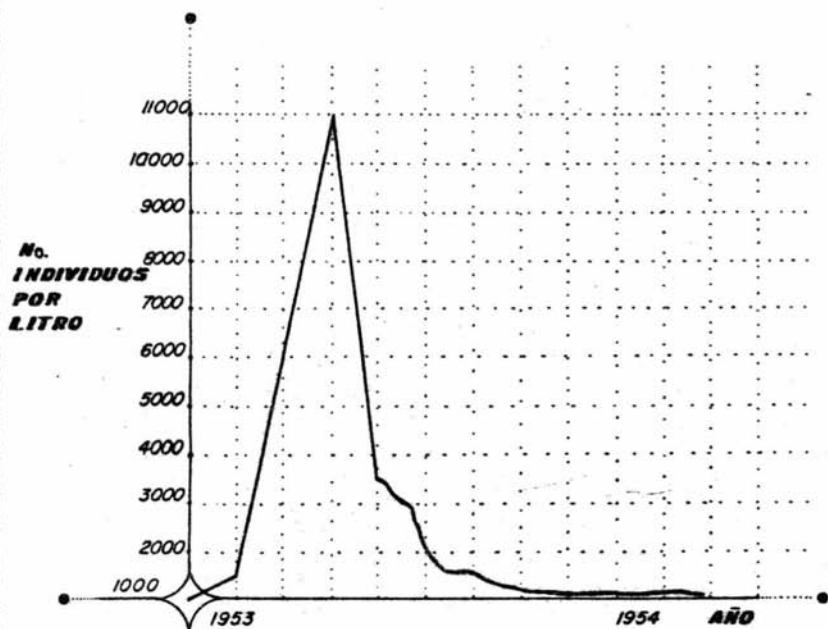
El período de crecimiento inicial es lento, después viene un período de aumento acelerado, y por último se hace lento en el nivel superior. No es fácil determinar a simple vista el período en el que el aumento es mayor y la relación existente entre las velocidades de crecimiento y de decrecimiento; en cambio sí se tiene un incremento en el número de individuos ( $\Delta N$ ) en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  y se deriva  $\Delta N$  respecto  $\Delta t$ , al graficar se obtiene una Curva Tasa de Crecimiento. (Curva 2.2.) Con ayuda de esta curva se puede interpretar de la manera siguiente la Curva de Crecimiento: se observan dos períodos, el de crecimiento y el de equilibrio. De acuerdo al experimento y hablando en términos de números absolutos, se aprecia que en el primer período de crecimiento, que es de las 0 a las 18 hrs., existe una aceleración lenta en el intervalo de las 0 a las 4 hrs. y posteriormente un crecimiento rápido de las 4 a las 10 hrs. Es en este intervalo donde el crecimiento de la población se ha ido acelerando hasta alcanzar la tasa máxima. Después de este período se observa una disminución rápida de la tasa de las 10 a las 12 hrs., posteriormente a cero, no existiendo en este último punto, un incremento neto de la población puesto que se encuentra en equilibrio con el medio; es decir, ha alcanzado el límite de población que el medio puede sostener, al que se le llama Capacidad de Carga del Medio.



El nivel de equilibrio se encuentra desde luego, sujeto a las condiciones del medio, así es que si éste cambia, cambiará el nivel de equilibrio. Estos cambios pueden ser de aspecto químico, como lo son la presencia en el medio de desechos tóxicos, de aspecto físico, como el cambio de la temperatura, y otros.

Es en este período de equilibrio donde las tasas de natalidad y mortalidad se encuentran compensadas, cuando la natalidad aumenta, la curva presenta un desequilibrio, ya que ésta supera a la mortalidad, elevando por lo tanto, la curva del crecimiento. Mientras que la curva disminuye en el caso de que la mortalidad supera a la natalidad.

De una gran variedad de estudios en diversas poblaciones, principalmente en plantas y animales, se ha observado que la mayoría de las especies en las primeras etapas de crecimiento de la población presentan una curva sigmoideal, sin embargo, existen casos en lo que algunas poblaciones crecen a una velocidad determinada y que en lugar de presentar un nivel de equilibrio, decrece rápidamente hacia cero, debido a la alta mortalidad que se presenta, y la curva de crecimiento tiene la forma de "J". (Curva 2.3) Las plantas anuales tienen este tipo de crecimiento, que mueren al cambiar el fotoperíodo, o al llegar las heladas. Crecimiento seguido también por los cultivos anuales e



**EXPERIMENTOS EN ESPECIES  
DE ALGAS**

Curva 2.3

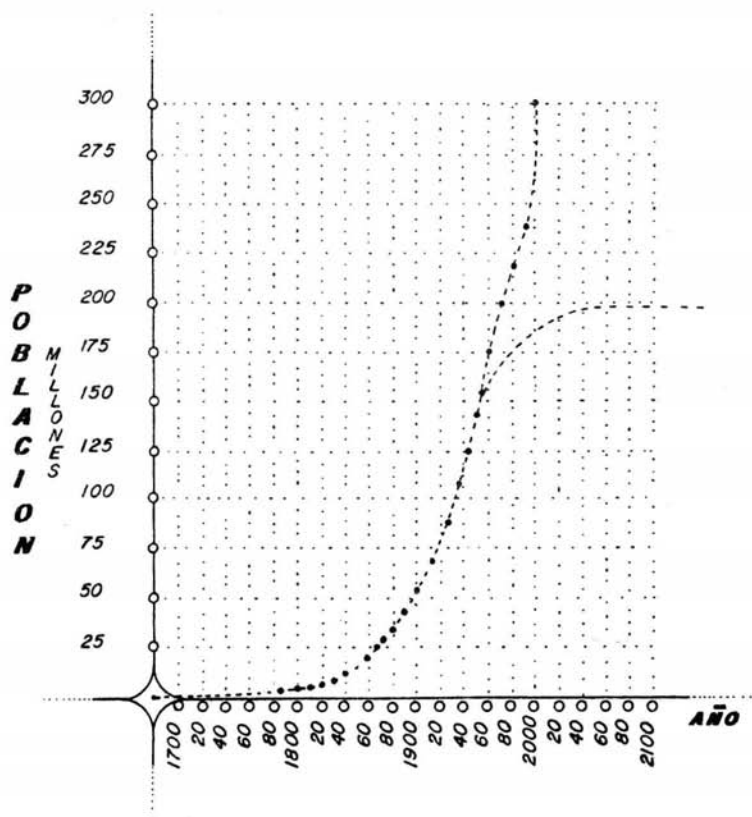
insectos que tienen una sola generación anual. Así, el crecimiento es rápido en forma exponencial hasta los límites del ambiente y que al ser agotados, la población muere.

Con el fin de tener un conocimiento teórico acerca del crecimiento de las poblaciones en un tiempo futuro es muy valioso disponer, al menos, de una descripción matemática que tenga una aplicación general.

La "Ley" del Crecimiento de Poblaciones, establecida en 1838 por P. F. Verhulst, comprende una ecuación diferencial, en la que se tiene que la velocidad instantánea ( $dN/dt$ ) en un ambiente limitado, se ve retardada por el número de habitantes. Al ser graficada esta ecuación se obtiene una curva Logística o Sigmoidea.

Cuando esta ecuación fué aplicada a los censos de poblaciones de los Estados Unidos se observó una concordancia entre los resultados teóricos y los reales. (Curva 2.4)

Si tomamos como ejemplo una población de la mosca doméstica, se podrá explicar este enunciado matemático. Cada mosca hembra tiene la capacidad de producir 120 huevos, por lo tanto, el número total potencial de descendientes que una población



Curva 2.4

de hembras fertilizadas puede generar es igual al número de huevos capaces de producir por el número de hembras, o sea  $120 N$ .

Entonces la tasa de variación de la población  $dN/dt$  en cualquier generación estaría dada por:

$$\frac{dN}{dt} = 120 N \quad \dots\dots(1)$$

esta tasa de variación depende tanto de la capacidad de reproducción como del potencial biótico de cada individuo.

Si se designa al número de individuos presentes en ese momento como  $r$ , y se substituye en la ecuación (1) tenemos:

$$\frac{dN}{dt} = rN \quad \dots\dots (2)$$

La ecuación (2) representa un aumento geométrico o exponencial de crecimiento, el cual se mantendrá si:

- $r$  se mantiene constante o varía ligeramente
- si  $N$  sigue en aumento
- si el ambiente es ilimitado o se mantiene casi ilimitado.

Por lo que respecta a este último punto, diremos que el ambiente es siempre limitado ya sea en un mayor o menor grado, existiendo por lo tanto, una población máxima que es capaz de existir en él, que representa como  $k$ , en donde la diferencia entre la población máxima y la existente es igual a  $k - N$ .

Conforme la población se acerca a un máximo, se encuentra una resistencia, a causa de que existe poco espacio en el sistema, la que es igual a:

$$\frac{k - N}{k}$$

y que se encuentra actuando desde luego, en oposición al incremento potencial.

Así, la tasa de variación de la población en un momento dado es:

$$\frac{dN}{dt} = r N (k - N / k) \dots\dots(3) *$$

Donde observamos que al agotarse la capacidad de carga del ambiente no se produce cambio alguno en el crecimiento.

\* Pearl, R. The Biology of Population Growth.

Ahora bien, una vez que se han establecido estas Leyes del Crecimiento de las Poblaciones, que en forma particular se habló de poblaciones de insectos y de levaduras, cabe hacer la siguiente pregunta respecto a la población humana en su acelerado crecimiento, y en base a la curva de Crecimiento de la Población obtenida hasta 1965 (Curva 2.5):<sup>(4)</sup>

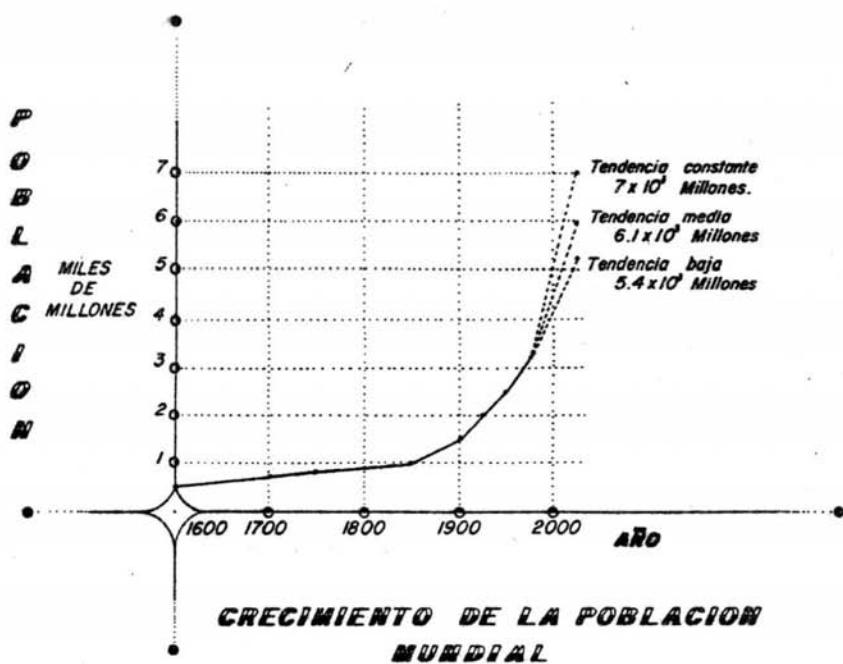
1) Si es que sigue la curva logística:

¿Está aún la población humana en el período de aceleración positiva, sin que exista algún indicio que haga pensar una disminución de esta aceleración, acercándonos por lo tanto, a un nivel estable?

2) O bien, estaríamos dentro de una curva en forma de "J" en donde tenderíamos a una situación catastrófica más o menos remota?

La respuesta no la tenemos, carecemos de pruebas para tener una contestación acertada, lo que sí es cierto es que la población humana ha de alcanzar cifras muy altas, implicando que los problemas que se generan sean también mucho mayores.

A lo largo de la historia se ha observado fenómenos que tienden a retardar el desarrollo de la población humana, tales





como las enfermedades, epidemias, y por supuesto al hombre como enemigo del mismo hombre, manifestado en las guerras.

No obstante, se ha podido observar como se ha ido reduciendo gradualmente el número de años necesarios para que la población mundial aumente en mil millones de habitantes:

Entre 1850 y 1925 en 75 años aumenta de 1000 a 2000 millones

1925 y 1962 en 37 años aumenta de 2000 a 3000 millones

1962 y 1977 en 15 años aumentará de 3000 a 4000 "

1977 y 1987 en 10 años aumentará de 4000 a 5000 "

(Curva 2.5)

Y para que la población llegara a duplicarse transcurrieron los siguientes años:

0.75 a 1.6 mil millones entre 1750 a 1900: 150 años.

1.6 a 3.3 mil millones entre 1900 a 1965: 65 años.

3.3 ~ 7.0 mil millones entre 1965 a 2000: 35 años

Sampedro calculó que el crecimiento demográfico en 1965 representó un aumento de 5000 nuevos seres vivientes por hora, y que para el último cuarto del siglo, el crecimiento medio será de 11000 nuevos seres vivientes por hora.

Estos incrementos no deben de sorprender, si se considera que el incremento demográfico es una función exponencial, y que

como tal, su primera derivada aumenta rápidamente y tiende al infinito en un lapso muy corto, haciendo que la curva sea asintótica a su eje vertical. (11) (12)

El crecimiento demográfico se puede representar de la manera siguiente:

$$P_n = P ( 1 + K / 100 )^n$$

en donde:

$P_n$ : la población dentro de  $n$  años

$P$ : la población actual

$K$ : la tasa anual de crecimiento de la población.

Se ha calculado que en 400 años más, la población ya no tendrá cabida en el planeta. De lo que podemos concluir, que la población no sólo ha crecido en forma exponencial, sino que también se ha elevado la tasa de crecimiento, lo que induce a decir que el crecimiento de la población ha sido "super" exponencial, pues la curva de población se eleva con mayor rapidez que sí el crecimiento fuera estrictamente exponencial.

No es de sorprender que América Latina es la región geográfica de mayor incremento demográfico en el mundo, cuya tasa es el triple de la de los países industrializados, y que en su parte

contribuye a crear una situación aún más alarmante, pues los 90 millones que habitaron la zona en 1920, se convierten en 280 millones en 1970 y se esperan para el año 2000 sean 700 millones.

México es uno de los países que encabezan a las Naciones Latinoamericanas con una tasa de crecimiento demográfico anual de 3.6%, que es una de las más altas del mundo.

Si la población llega a la cantidad estimada para los años futuros, existirá entonces mucho más gente de la que la Tierra pueda soportar, y sí ahora hay hambre y pobreza, ¿cómo podría esperarse que el desarrollo económico y agrícola siga el paso de esta población que crece desmesuradamente?. Es de suponer, que la destrucción de la Tierra, el agotamiento de los recursos naturales, la producción de desechos y la contaminación ambiental, aumenten con el crecimiento de la población.

Podemos concluir que la población humana no puede seguir creciendo a la velocidad actual de un modo indefinido, es más, ni siquiera a paso lento. (3) (10)

Con objeto de mantener el crecimiento demográfico son necesarios una serie de elementos que se comprenden dentro de las dos grandes clases siguientes:

Las necesidades Físicas, que sirven de apoyo a cualquier actividad física e industrial, como lo son los alimentos, los combustibles, las materias primas, y los sistemas ecológicos que absorben desechos y reincorporan al ciclo industrial sustancias químicas básicas. Y las Sociales, que son factores cuya evaluación resulta más difícil, puesto que el crecimiento real de la economía y de la población dependen de factores como la paz, la estabilidad social, la educación, el empleo y el desarrollo técnico sostenido.

Los alimentos, los recursos naturales y un medio ambiente favorable son condiciones necesarias pero no suficientes del desarrollo, no siendo así con los elementos sociales que aún cuando los físicos sean abundantes, pueden frenar el desarrollo.

Es de esperarse que un crecimiento demográfico en forma exponencial demande alimentos y también los demás elementos físicos, igualmente de manera exponencial, el cual es un resultado directo del circuito positivo de retroalimentación que en este momento está determinado por el crecimiento demográfico. Mientras que la demanda de estos elementos, se supone que en el futuro dependerá del agua y de la tierra, así como del capital dedicado a la agricultura.

Es decir, la población global no puede seguir creciendo indefinidamente, porque se pone en juego, y ya se está influyendo, los factores que tienden a limitar esta expansión, encontrando en ellos el agotamiento de los recursos naturales, con el posible aumento de la mortalidad, así como los efectos negativos de la contaminación. Si ésto no fuera, o sea, que no se llegara a un equilibrio, que se espera que llegue a mediados del Siglo XXI, se corre el peligro de un colapso, cuyas consecuencias serían incalculables, involucrando así mismo, un descenso brusco de la población. (5)

Y, ¿a qué se debe este acelerado crecimiento demográfico?. Las fuerzas determinantes son sin duda la natalidad y la mortalidad, dependiendo directamente de la última, puesto que está en función de la reducción de la mortalidad infantil y de las personas adultas, gracias a los adelantos de la ciencia.

A pesar de que estas observaciones no han afectado en su totalidad a los países en desarrollo, existe la tendencia de llegar a ello, lo que hace suponer como consecuencia, acelerar aún más el crecimiento demográfico, y desde luego sus efectos concomitantes, si es que la natalidad no sufre decremento alguno. Es por eso que el único recurso disponible es la reducción de la natalidad para que la tasa de crecimiento se vea abatida.

Aún así, el problema es muy complejo, puesto que tanto no se determine o defina el número de hijos que una pareja "debe" procrear, y no el número que ésta "desea" procrear. Por eso, la solución quizá no se encuentre de una manera fácil, por este camino, es indiscutible entonces tener una preparación inmediata para hacer frente a la población numerosa.

Más aún, no son estos los únicos problemas a los que debemos enfrentarnos: una población exige satisfactores, implicando de manera la necesidad de una gran producción, que será proporcionada por la tecnología, cuyo desarrollo no debe tener límites; tecnología que es una arma de doble filo: es el medio de obtener el bienestar de la totalidad de los individuos, o bien, representa el medio de su destrucción, manifestada en el arrojado de compuestos perjudiciales al aire, tierra y agua, en pocas palabras, es la generadora de la contaminación de nuestro medio ambiente, creando situaciones que representan una amenaza, y que tal vez sean irreversibles. (8)(10)

Es de interés que la generación de contaminantes es una función de la población, de la industrialización y de los desarrollos tecnológicos, cuyo crecimiento en función del tiempo, muestra un crecimiento exponencial. Existe aún el problema de desconocer cuáles serán los

límites superiores de la curva de crecimiento de los contaminantes, pues to que se carece de conocimientos de qué tanto se puede perturbar el equi libro ecológico natural de la Tierra, sin que se provoquen grandes conse cuencias. (5)

Esto es lo que marca la razón para tomar precauciones relacionadas a la descarga de desechos contaminantes, ya que el peligro que representa el alcanzar esos límites es especialmente grande, por que la aparición de su efecto negativo en los sistemas ecológicos puede tener un prolongado rezago, además, muchos de los contaminantes se encuentran distribuidos globalmente y sus efectos perjudiciales aparecen en sitios muy alejados de los puntos donde son generados.

Tal es el caso de Groenlandia, que a pesar de estar muy alejada de cual quier fuente de contaminación atmosférica por plomo, la cantidad de este contaminante depositado en el hielo de esa región, a partir de 1940 ha te nido un aumento del 300%. Este y otros datos similares muestran que la contaminación es carente de todo respeto a fronteras, políticas y a razas.

(5)(12)

## CAPITULO TRES.

### CONTAMINACION.

#### 3.1. Conceptos de contaminación.

El fenómeno de la contaminación aparece desde que surgen los primeros grupos humanos. La naturaleza tiene mecanismos de defensa, por lo que la contaminación sólo fué motivo de honda preocupación en el hombre hasta que presentó características francamente alarmantes. Así a través del tiempo, partiendo de la antigüedad más remota, el hombre ha estado contaminando el medio en que vive, sin embargo en la actualidad la contaminación preocupa profundamente a todos los seres humanos, cuyo número ha venido creciendo en forma extraordinaria en los últimos 100 años.

La contaminación del agua, del suelo y de la atmósfera se agudiza cada vez más. La naturaleza ya no puede neutralizar los efectos nocivos que causa, porque el volumen que representa rebasa su capacidad regenerativa.

La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental dá las siguientes definiciones:



CONTAMINANTE: Toda materia o substancia o sus combinaciones o compuestos o derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos que al incorporarse o adicionarse al aire, agua o tierra, puedan alterar o modificar sus características naturales o las del ambiente; así como toda forma de energía, como calor radiactividad, ruidos, que al operar sobre o en el aire, agua o tierra, altere su estado normal.

CONTAMINACION: La presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquiera combinación de ellos que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna o degraden la calidad del aire, del agua o de la tierra, de los bienes de los recursos de la nación en general o de los particulares. (13)

### 3.2. Contaminación del aire:

Para vivir el hombre necesita respirar oxígeno, diluido en cierta cantidad en la atmósfera, la cual está constituida por nitrógeno, oxígeno y gases inertes.

La contaminación del aire es un fenómeno originado por la adición de una sustancia extraña o una variación importante

en la proporción de sus constituyentes, que son susceptibles de provocar efectos perjudiciales.

El problema se debe a la falta de autopurificación del aire ocasionado por el exceso de materias gaseosas y partículas suspendidas que se encuentran generalmente asociadas con el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera.

Podemos asegurar que nunca ha existido una atmósfera sin -- contaminación, ya que desde el principio del mundo la desintegración de la materia vegetal y animal, los incendios en -- bosques, etc., han emitido gases y partículas. Pero sólo -- recientemente como consecuencia del proceso tecnológico, la contaminación ha llegado a preocuparnos por los trastornos -- que nos origina. (14)

### 3.3. Contaminación de aguas.

Por contaminación de agua podemos decir que es la degradación de la calidad original del agua, por la adición de sustancias de tipo natural, municipal o industrial, cuya potencia y cantidad sean suficientes para afectar sus condiciones físicas, químicas y biológicas naturales.

Esta contaminación es originada porque los mecanismos de autopurificación inherentes a ella, no alcanzan a degradar las sustancias contaminantes en compuestos inertes. (16)

### 3.4. Contaminación de suelos.

La contaminación del suelo es generalmente consecuencia de hábitos insalubres, incorrecto manejo de desechos sólidos, sean domésticos, industriales o mineros y de prácticas agrícolas erróneas.

También pueden originarse por la precipitación de sustancias que contaminan la atmósfera o por uso en el riego de aguas contaminadas o aguas negras no tratadas. Aumentan el problema, las prácticas no sanitarias de disposición de excretas, los tiraderos de basura a cielo abierto, aparte de ser antiestéticos, engendran problemas de salud. La incineración para reducir el volumen de los desperdicios, produce humos y olores que contribuyen a contaminar el aire; y por su parte el agua que se filtra a través de los depósitos de desechos, afecta la calidad de los mantos freáticos.

Los desperdicios industriales y mineros contaminan por las sustancias químicas tóxicas que envenenan el suelo y los cultivos; las sustancias radiactivas pueden llegar a alcanzar el suelo y acumularse en él, sea por precipitación atmosférica de materiales provenientes de explosiones nucleares o por liberación de desechos producidos por establecimientos industriales o de investigación.(15)

### 3.5. Contaminación por ruido.

Otra amenaza grave a la calidad del medio del hombre - la constituye la contaminación por ruido. Si definimos al ruido como sonido molesto, entonces la contaminación por el ruido es - la descarga de ruido molesto en la atmósfera, sin tener en cuenta los efectos nocivos que pueda producir. El término ruido se utiliza también en electrónica y en la ciencia de la comunicación - para aludir a las perturbaciones que estorban esta comunicación.

La contaminación por sonido es otro revés imprevisto en el empleo concentrado de la energía. Está claro ahora que el - sonido de alta intensidad, como el que emiten muchas máquinas industriales y los aviones, eso no es sólo molesto para el hombre, - sino que si prosigue por períodos prolongados de tiempo, perjudica el oído. Inclusive un nivel relativamente bajo de ruido, obstaculiza la conversación humana, produce tensión emocional y amenaza la tranquilidad doméstica, en consecuencia el sonido ha de - considerarse como un contaminante peligroso en potencia y como - una grave amenaza a la salud del medio.

La unidad de medición del sonido es el decibel (db). - No se trata de una unidad absoluta de medición, sino de una unidad relativa, basada en el logaritmo de la razón entre la inten -

sidad del sonido ( $I$ ) y un nivel de referencia ( $I_0$ ) establecido arbitrariamente como una presión de sonido de 0.0002 microatmósferas, que inicialmente se consideró ser la intensidad justamente audible para el hombre. Así pues:

$$\text{bel} = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\text{decibel} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Por consiguiente, 10, 20, 100 decibeles representan 10 veces, 100 veces y  $10^{10}$  veces el umbral de intensidad, respectivamente. Es muy importante percatarse del carácter logarítmico de esta escala.

El área de la audición humana se extiende en frecuencia, de aproximadamente 20 a 20 000 cps (ciclos por segundo) y en intensidad de 0 a más de 120 db (punto en que la intensidad produce molestia física), o sea un margen  $10^{12}$  veces mayor, o más todavía.

La conversación ordinaria que se sitúa en frecuencia, en el margen de 250 a 10 000 cps (ciclos por segundo) registra entre 30 y 60 db, en tanto que el ruido de un avión de retropropulsión en el momento de despegue podrá subir a más de 160 db.

La sonoridad tal como la percibe la gente se expresa en unidades llamadas sones. Esta también es una unidad relativa: 1 sone es igual a la sonoridad de una presión de sonido de 40 db a 1 000 cpm. (ciclos por minuto).

Al igual que con la mayoría de los demás excesos de nuestra sociedad, resulta difícil trazar líneas divisorias. El sonido es necesario para la existencia humana y una buena parte del que produce la naturaleza es agradable y apropiado pero cuando hay demasiado de una cosa buena surgen los problemas de contaminación. (14)

### 3.6. Contaminación por radiación.

Hay dos fases relativamente distintas de la contaminación por radiación que requieren enfoques distintos, por una parte los efectos de las radiaciones en las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas; por otra parte la que es la relativa al destino de las sustancias radiactivas soltadas en el medio, aunque las pruebas de las armas atómicas han añadido radiactividad de producción humana, a escala global, a la que se halla ya normalmente presente en la naturaleza, aunque las pruebas de armas atómicas a la fecha se han reducido, la amenaza de una guerra nuclear subsiste. El progreso continuo de la energía nuclear, que se ve acelerado por la disminución de los combustibles fósiles y esto trae consigo una cantidad creciente de desechos radiactivos que habrá de vigilar y controlar.

Las radiaciones de energía muy alta capaces de separar electrones de los átomos, produciendo así pares de iones positivos y negativos, -- se conocen como radiaciones ionizantes. Los isótopos de los elementos que emiten radiaciones ionizantes se llaman radionúclidos o radioisótopos, de las tres radiaciones ionizantes de interés en contaminación, son dos corpusculares Alfa y Beta y otra es electromagnética que son las Gamma y las de Rayos X, la radiación corpuscular consta de corrientes de

partículas atómicas o subatómicas que transfieren su energía a todo lo que pegan. Las partículas Alfa son partes de átomos de Helio y son muy grandes, en relación con la escala atómica, al ser detenidas producen una cantidad muy grande de ionización local. Las partículas Beta son electrones de alta velocidad, esto es, partículas mucho más pequeñas que pueden desplazarse varios metros en el aire o hasta un par de centímetros en tejido. Las radiaciones ionizantes electromagnéticas, por otra parte, son como la luz, solo que de una longitud de onda mucho más corta, se desplazan a través de grandes distancias y penetran fácilmente en los materiales biológicos.

Para estudiar los fenómenos de radiación se requiere de dos clases de medición:

1. Una medida de la cantidad de una sustancia radiactiva en términos del número de desintegraciones que tienen lugar.
2. Una medida de la dosis de radiación en términos de la energía absorbida, susceptible de causar ionización y daño. La unidad básica de la cantidad de una sustancia radiactiva es el curie (ci), que se define como



la cantidad de material en la que  $3.7 \times 10^{10}$  átomos se desintegran. El curie indica cuantas partículas Alfa o Beta o cuantos rayos gamma son emitidos por un material radiactivo, esta información nada nos dice acerca del efecto que la radiación podrá tener sobre los organismos que están en su línea de acción, otro aspecto importante de la radiación, es la dosis y se mide con diversas escalas, la unidad más usual para todos los tipos de radiación es el Rad, que se define como la dosis absorbida de 100 ergios de energía por gramo de tejido.

El problema originado por la precipitación radiactiva es el siguiente: el polvo fino que cae a la tierra después de las explosiones atómicas se designa como precipitación radiactiva, estas partículas, que bajo el microscopio se parecen a menudo a diminutas canicas de diversos colores, varían en tamaño desde micrones hasta dimensiones casi coloidales.

Las partículas más pequeñas se adhieren firmemente a las hojas de las plantas donde producirán daño al tejido de las hojas y serán ingeridas por animales herbívoros y serán disueltas por los jugos en el tubo digestivo, así pues esta clase

de precipitación puede penetrar en la cadena de alimentos directamente al nivel trófico herbívoro o de los consumidores primarios.

Los desechos radiactivos más peligrosos:

1. Desechos de alto nivel: Líquidos o sólidos que hay que encerrar puesto que son demasiado peligrosos para descargarlos en cualquier parte de la biosfera, las alternativas al almacenamiento en tanques son:
  - a) La conversión de líquidos en sólidos inertes (cerámica) para su entierro en capas profundas.
  - b) El almacenamiento de los líquidos y sólidos en minas profundas de sal, la gran cantidad de calor engendrado por los desechos de alto nivel complica el problema.
2. Los desechos de bajo nivel. Líquidos, sólidos y gases que poseen muy baja radiactividad por unidad de volumen, pero son muy voluminosos para poderlos encerrar por completo.
3. Desechos de nivel intermedio son los de una radiactividad su

ficientemente alta para requerir confinamiento local, pero lo bastante baja, con todo para que sea posible separar los componentes de alto nivel y tratar la masa del resto como desechos de bajo nivel.

En este breve resumen hemos tratado de mostrar los problemas de la radiactividad en el medio ambiente. (14)

## CAPITULO CUATRO

### CONTAMINACION DEL AIRE

#### 4.1 Fuentes de Contaminación:

Para el diagnóstico de un problema de contaminación atmosférica es indispensable un conocimiento claro de quiénes son los causantes de la contaminación y de la cantidad de contaminantes que se emiten al aire. Esto exige la preparación de un resumen de emisores y otro de emisiones.

##### 4.1.1. Inventario de emisores:

Es necesario preparar una lista lo más completa posible de todos los emisores efectivos o potenciales de contaminantes incluyendo sus características más importantes. Para confeccionarlo se puede recurrir inicialmente a otros servicios públicos que por razón de sus funciones cuentan con esta información. Se puede obtener la colaboración de los Departamentos de Tránsito Municipales o Federales que poseen datos sobre vehículos motorizados.

De los servicios de Licencias, Patentes, que tienen información sobre establecimientos industriales que puede ser complementada con datos obtenidos de las Cámaras, Entidades Gremiales, Servicios de Control Sanitario, etc. (17)

#### 4.1.2. Inventario de emisiones:

Una vez conocido el número de emisores de contaminantes atmosféricos, es necesario establecer que cantidad de cada contaminante emite cada una de las fuentes. Actualmente se dispone para numerosas actividades de los factores de emisión, es decir de valores que nos indiquen la cantidad de contaminantes emitidos en función de las materias primas utilizadas, de su composición, de los productos elaborados, se señalan a continuación algunos ejemplos de factores de emisiones:

##### Petróleo combustible

	Kg. por 1000 l
Hidrocarburos	0.10
Aldehídos y Cetonas	0.072
Otros gases inorgánicos	0.33
NO <sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)	15
Oxidos de Azufre	1.900
CO (monóxido de carbono)	0.005
CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono)	2.980
Partículas	2.63

Automóviles Gasolina	Kg. por 1000 l
CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono)	720
CO (monóxido de carbono)	360

Vapores orgánicos	24 - 48
Oxidos de Nitrógeno	6 - 18
Aldehidos	0.6
Compuestos de Azufre	0.6 - 1.2
NH <sub>3</sub>	0.24
Partículas de Pb y Zn	0.036
Camiones Diesel	Kg. por 1000 l
Hidrocarburos C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	29.4
CH <sub>3</sub> COOH	6.3
Aldehidos	1.6
NO <sub>x</sub> (Oxidos de Nitrogeno)	16.7
SO <sub>2</sub> (Bioxido de azufre)	7.1
Partículas	17.7
Manipulación de Gasolina	Gasolina Evaporada Kg. por 1000 l
Distribución	1.82
Llenado de depósitos de gaso- lineras	1.18
Llenado de tanques de autos	1.39
Evaporación del tanque y car- burador del auto	8.09
	<hr/> 12.48

## Incineración de Basuras

Fuego e Incineradores de una  
sola Cámara  
kg por ton m

CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono)	2000
CO (monóxido de carbono)	20
Hidrocarburos	3
Aldehidos y Cetonas	5
Gases Orgánicos	4
NOx (óxidos de nitrógeno)	2
SO <sub>2</sub> (bióxido de azufre)	1.5
Partículas	11

#### 4.1.3. Fuentes de contaminación móviles:

Las fuentes individuales de contaminación atmosférica surgidas como consecuencia de la urbanización e industrialización son muchas y muy variadas pero las de los equipos móviles con motores de combustión y explosión son identificadas unitariamente como las mayores y más importantes, se calcula que su aportación por este concepto fluctúa entre el 50% y el 70% del total de ellas en zonas urbanas.

Analizaremos cuáles son las causas de esta contaminación.

Incineración de Basuras

Fuego e Incineradores de una  
sola Cámara  
kg por ton m

CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono)	2000
CO (monóxido de carbono)	20
Hidrocarburos	3
Aldehidos y Cetonas	5
Gases Orgánicos	4
NOx (óxidos de nitrogeno)	2
SO <sub>2</sub> (bióxido de azufre)	1.5
Partículas	11

4.1.3. Fuentes de contaminación móviles:

Las fuentes individuales de contaminación atmosférica surgidas como consecuencia de la urbanización e industrialización son muchas y muy variadas pero las de los equipos móviles con motores de combustión y explosión son identificadas unitariamente como las mayores y más importantes, se calcula que su aportación por este concepto fluctúa entre el 50% y el 70% del total de ellas en zonas urbanas.

Analizaremos cuáles son las causas de esta contaminación.



Cuando estos niveles son muy altos, resulta indispensable adoptar medidas adecuadas, como campañas de reforestación, formación de pastizales, desecamiento de pantanos y otras destinadas a reducirlas. (19)

#### 4.1.5 Fuentes de contaminación fijas:

Las fuentes de contaminación fijas son las operaciones industriales y domésticas que emiten algún tipo de desecho, los conocimientos básicos necesarios de los problemas de contaminación de cualquier industria, ayudarán a la solución óptima de los mismos, es por esta razón que el realizar un estudio lo más completo del proceso y de las operaciones que generan contaminantes, así como del tipo de materia prima, productos intermedios, producto terminado y desechos con sus características físicas, químicas y biológicas, determinará cuales -- son los contaminantes y la gravedad de los mismos, en esta forma se podrán localizar las fallas durante el proceso que en muchas ocasiones son las causas de problemas complejos de contaminación.

Las industrias con mayores problemas por emisión de -- contaminantes atmosféricos son:

Las Industrias Minerometalúrgicas

- " " - de pulpa, celulosa y papel
- " " del cemento y similares
- " " del azúcar

Las Industrias de pinturas y barnices
" " de productos alimenticios
" " textiles
" " de productos de madera
" " de química
" " del petróleo

## 4.2 Principales contaminantes.

### 4.2.1 Clasificación:

Los contaminantes atmosféricos pueden clasificarse de acuerdo a su origen o características físicas o químicas. Anotamos a continuación las clasificaciones que consideramos sean las más habituales:

#### Base de clasificación:

#### Clasificación:

Origen

Primarios

Secundarios

Estado de la materia

Partículas sólidas

y líquidas

Gases y vapores

Composición química

Compuestos orgánicos

cos

Compuestos inorgánicos

A continuación mencionaremos e indicaremos cada una de estas clasificaciones. (17)

### Contaminantes primarios:

Se denominan así a los vaciados directamente a la atmósfera por las diversas actividades emisoras. Entre las más importantes se pueden considerar partículas tales como: humo, hollín, cenizas, volátiles, polvos, polen y gases como:  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $HF$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ . (20)

### Contaminantes secundarios:

Son los que se forman en la atmósfera misma por la interacción entre los contaminantes primarios, a menudo bajo la acción de la luz solar. Tienen su origen en numerosas reacciones entre las diversas sustancias que se encuentran en la atmósfera. Desde el punto de vista sanitario algunas de las más importantes involucran el Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ), el Ozono ( $O_3$ ) y los Hidrocarburos dando lugar a la formación de compuestos irritantes, capaces de afectar a los seres humanos y los vegetales y a materiales sintéticos. (20)

### Partículas:

Las partículas de acuerdo a su tamaño se pueden sedimentar con cierta rapidez o formar aerosoles, que permane-

cen casi indefinidamente en el aire. La velocidad de sedimentación comienza a adquirir importancia cuando las partículas miden más de 20 micrones de diámetro y en especial cuando sobrepasan los 50 micrones. Partículas pequeñas de 5 micrones o menos, no llegan a sedimentar porque las corrientes térmicas y mecánicas producen turbulencia suficiente para mantenerlas indefinidamente en suspensión y tienen especial importancia desde el punto de vista salud humana porque ingresan con facilidad al aparato respiratorio, llegando hasta los alvéolos pulmonares donde ejerce su acción nociva o pasan a través de ellos a la sangre, intoxicando todo el organismo. (14)

#### Partículas líquidas:

Las partículas líquidas presentan diferencias con las sólidas. Las más importantes son las de ácido sulfúrico, pero se pueden mencionar también partículas de solventes, pinturas y sustancias orgánicas.

Por higroscopicidad como las del ácido sulfúrico o por evaporación como en el caso de pinturas y solventes, su volumen puede variar considerablemente, incrementándose o disminuyéndose hasta llegar a desaparecer, las

partículas líquidas pueden agrandarse también por contacto, adquiriendo un tamaño suficiente para sedimentarse con rapidez. (14)

#### Gases y vapores:

Los gases que pueden actuar como contaminantes y se encuentran en compuestos orgánicos e inorgánicos, los primeros generalmente emitidos en estado de vapor. Regularmente se forma una mezcla íntima con el aire y da lugar al contaminante en forma de gas o vapor. (14)

#### Compuestos orgánicos:

Los compuestos orgánicos más importantes que suelen encontrarse en la atmósfera son los contaminantes primarios emitidos por los motores y equipos de combustión y los secundarios que se producen debido a las reacciones en que intervienen esas mismas sustancias. Entre los emitidos por los autos se encuentran hidrocarburos saturados e insaturados. (14)

#### Compuestos inorgánicos:

Las actividades industriales son las que generalmente contaminan más el medio ambiente con compuestos inorgánicos, su gran variedad contribuye considerablemente a

complicar los problemas, sumando a estas actividades industriales los contaminantes de sistemas de combustión, entre los más importantes inorgánicos podemos mencionar el anhídrido sulfuroso, monóxido de carbón, los óxidos de nitrógeno, ácido fluorhídrico, fluoruros, compuestos del plomo, mercurio, berilio y otros metales, ácido sulfhídrico y amoníaco.

#### Olores:

Una forma especial de contaminación se encuentra en las sustancias capaces de afectar al olfato, constituyen un problema bastante complejo por la subjetividad de sus efectos, por la dificultad de una medición cuantitativa y por las cantidades muy pequeñas, suficientes para producir un impacto de consideración.

Los olores suelen ser una de las fuentes habituales de quejas de la comunidad, generalmente difíciles de resolver satisfactoriamente.

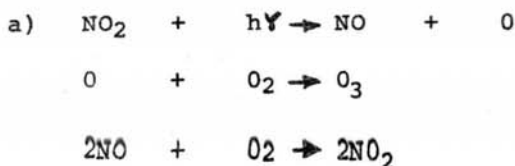
Hasta la fecha no existen instrumentos, aparte del sentido humano del olfato, para medir el olor, se han desarrollado técnicas que permiten que esta medición sea aproximadamente cuantitativa utilizando aparatos que, por diluciones sucesivas y sistemáticas del aire contaminado, permiten que un panel de varias personas

con cierta experiencia pueda ponerse de acuerdo sobre la dilución necesaria para alcanzar el límite del olor y en algunos casos, sobre su tipo y origen. (14)

#### 4.2.2. Efectos:

Estas son las principales reacciones bajo la influencia de la luz solar, de las sustancias que se encuentran en la atmósfera, producto principalmente de las combustiones y de las transformaciones que sobre la gasolina que no alcanza a quemarse totalmente en el interior de los cilindros de los motores a explosión, donde sometida a elevadas temperaturas y presiones. Se podrían agregar otros numerosos casos, que explican la formación del llamado "Smog" o "Brumo Fotoquímico". Este requiere de una concentración alta, de autos y de industrias, capaces de emitir cantidad suficiente de contaminantes primarios.

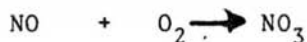
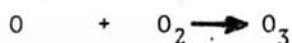
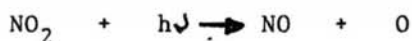
##### 4.2.2.1. Efectos químicos:





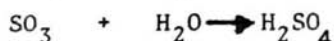
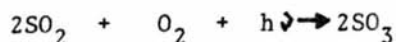
Como puede verse el dióxido de nitrógeno, que actúa en cierta forma como catalizador, se regenera al final pero va produciendo una concentración cada vez mayor de Ozono, gas altamente oxidante. (17)

- b) La reacción anterior puede desarrollarse también como sigue:

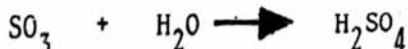


Otra vez se regenera el dióxido de nitrógeno original, con formación de más Ozono. (17)

- c) El anhídrido sulfuroso, bajo la acción de la radiación solar, se transforma en anhídrido sulfúrico, que con la humedad del aire forma un aerosol de ácido sulfúrico, altamente corrosivo. (17)



- d) La reacción anterior podría desarrollarse también.

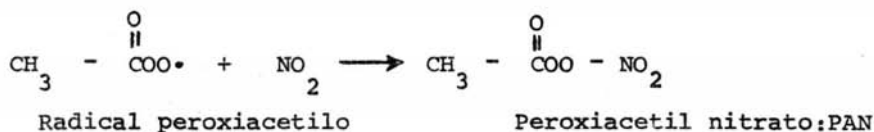


obteniéndose además del ácido sulfúrico, ozono. (17)

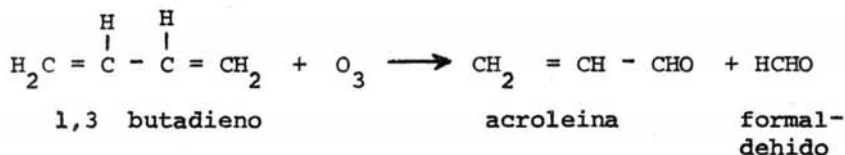
- e) El ozono puede actuar sobre los hidrocarburos, rompiendo su molécula y dando origen a radicales libres (17) con alta capacidad de reacción :



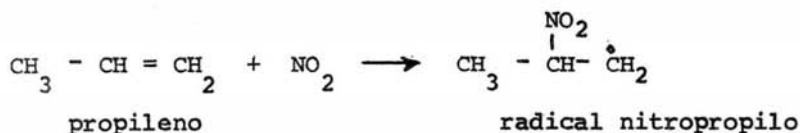
- f) Algunos de estos radicales pueden reaccionar con el bióxido de nitrógeno: (17)



- g) Se producen reacciones entre las olefinas y el ozono: (17)



- h) Las olefinas pueden también reaccionar con el bióxido de nitrógeno: (17)



#### Partículas sólidas y líquidas:

En vista de la gran cantidad de partículas y de su muy variada composición, no es posible hacer condiciones generales acerca de la interacción química de estas par-

tículas en general se puede decir que las reacciones que suelen ocurrir con más frecuencia son aquellas en que las partículas son menores de 0.1 micra con lo que algunas partículas sólidas o líquidas reaccionan con gotas de agua para formar sales o ácidos. Algunas reacciones necesitan de un catalizador que puede ser otro contaminante, en otras ocasiones la luz solar provee la energía necesaria de activación cuando la reacción no es directa.

Compuestos orgánicos e inorgánicos. Los efectos químicos de los contaminantes de los compuestos orgánicos e inorgánicos los podemos encontrar agrupados con los contaminantes primarios y secundarios, ya revisamos cuáles son las principales reacciones y sus efectos, sería difícil señalar todas las reacciones químicas de estos compuestos, por la gran variedad de productos que se procesan dentro de estos dos grupos de compuestos. (14)

#### 4.2.2.2. Efectos físicos de los principales contaminantes:

Contaminación primaria: Generalmente si estos contaminantes permanecieran aislados e inertes, los efectos físicos no serían de consecuencias graves, ya que la mayoría de ellos tienen

propiedades físicas que en forma aislada no afectaría al medio ambiente en forma notoria.

#### Contaminantes secundarios:

Al ocurrir las reacciones fotoquímicas de los contaminantes primarios se generan los contaminantes secundarios con graves efectos físicos que modifican las condiciones normales del medio ambiente; los principales efectos físicos de este tipo de contaminantes son que se generan compuestos altamente irritantes, tóxicos, corrosivos en alto grado. (17)

También podemos mencionar entre los efectos físicos que ocasiona este tipo de contaminantes, es que obstaculizan el paso de los rayos solares que pueden ocasionar trastornos sobre la salud de los seres vivos. (17)

#### Partículas sólidas y líquidas:

Podemos definir a estas partículas sólidas o líquidas como agregados de tamaño mucho mayor que el de las moléculas variando su diámetro de 0.002 a 500 micras dependiendo de este diámetro las partículas pueden permanecer suspendidas en la atmósfera, desde segundos has-

ta meses, su densidad varía con su composición química, los efectos físicos más importantes son:

- a) Exhibir efectos de superficie tales como: absorción, nucleación, adhesión, impacto.
- b) Presentar movimientos independientes de su composición, de los que el más característico es el movimiento Browniano predominante en partículas menores de 0.1 micra; existe además un movimiento de sedimentación que llega a ser preponderante -- cuando el diámetro es mayor de 1 micra.
- c) Tiene propiedades ópticas que explican la difracción y la dispersión de la luz; las partículas menores de 0.1 micra se comportan de acuerdo con la ley de dispersión de Royleigh, en función de la sexta potencia del diámetro de la partícula. Las partículas mayores de 1 micra obedecen a Ley de objetos macroscópicos, interceptando la luz o, dispersándola en proporción a su área transversal.

Todos estos factores afectan profundamente la visibilidad del aire en zonas contaminadas.

#### 4.2.2.3 Efectos sobre la salud del hombre:

<u>Contaminantes del aire:</u>	<u>Efecto:</u>
Bioxido de Azufre	Mortalidad aguda, <u>agra</u> vación de la bronquitis y enfermedades cardio-vasculares, contribución a la bronquitis crónica, enfisema.
Trioxido de azufre y Acido sulfúrico.	Agravación del asma y → bronquitis crónica, <u>dete</u> rioro de la función pulmonar, irritación de los sentidos.
Materia en partículas:	Reducción de la luz solar incidente.
Oxidantes incluido el Ozono:	Irritación de los ojos y las vías respiratorias.
Monóxido de Carbono:	Dificulta el transporte de <u>oxígeno</u> en la sangre.
Plomo:	Aumento de su acumulación en el cuerpo.
Cadmio:	Aumento de las defunciones cardiovasculares.
Sulfuro de Hidrógeno:	Irritación de los sentidos, aumento de la mortalidad <u>re</u> sultante de exposiciones -- excesivas.

Contaminantes del aire:Efecto:

Mercaptanos:

Irritación de los sentidos.

Amianto:

Calcificación de la pleura, pesotelioma maligno, asbestosis.

Berilio:

Beriliosis con dificultades pulmonares.

Polvo de Carbón:

Neumoconiosis, desfallecimiento respiratorio agudo, contribución a la tuberculosis y artritis reumática.

Fibras de Asbesto:

Asbestosis, tumores pleurales.

Polvo de fibras naturales como: algodón, yute, cáñamo, lino, henequén.

Bissinosis, incapacidad respiratoria.

Cromatos:

Cáncer en la nariz, bronquios y en los pulmones a largo plazo.

Vapores Mercuriales:

Efectos nocivos en el cerebro, efectos en los riñones.

Feniletileno:

Impotencia.

Niquel:

Cáncer en la nariz.

Contaminantes del aire:Efecto:

Hidrocarburos y aceites fraccionados, hidrocarburos clorados.

Elementos carcinogénicos.

Fibra de Vidrio:

Elementos carcinogénicos.

Rayos X de diagnóstico:

Cáncer en la piel, contribución a la leucemia.

Radiación Terapéutica:

Radiopatías agudas, envejecimiento acelerado, mutagenesis.

Establecimiento de la Energía

Perjuicios ecológicos resultantes de la contaminación.

Nuclear:

Ruido:

Pérdida temporal o permanente del oído, dificultan el descanso, irritación de los sentidos, dificultan la comunicación. (21)(22)



#### 4.3.1. Determinación del grado de contaminación:

La causa directa o indirecta del aumento de los problemas de tecnología mal empleada para satisfacer necesidades - primordiales de subsistencia así como el crecimiento de - la población humana, magnifican cualquier problema ambiental, antecedentes que deben tenerse en cuenta para la determinación del grado de contaminación. (19) (23)

Para tener resultados lógicos se deben conocer los siguientes datos:

1. Número de vehículos automotores.
2. Cantidad de aviones que llegan o salen de los aeropuertos.
3. La operación de las locomotoras existentes.
4. La cantidad de combustibles que se consumen y la cantidad que se vierte a la atmósfera.
5. El número de Industrias que durante sus procesos tienen emisiones de contaminantes, siendo las de mayor problema:
  - a) Cemento
  - b) Minerometalúrgica
  - c) Azúcar y similares

- d) Química
  - e) Concreto Asfáltico
  - f) Celulosa y Papel.
  - g) Hule
  - h) Vidrio
  - i) Alimentos
6. La cantidad de incendios al año de empresas, --  
casas y bosques.
7. La quema de basuras.

Métodos de muestreo y monitoreo:

Para determinar el grado de contaminación se deben re-  
alizar muestreos y análisis periódicos, mediante estacio-  
nes de muestreo de indicadores de contaminantes del -  
aire que deben funcionar ininterrumpidamente y en las -  
que se determine polvo en suspensión como humo y polvo  
colectado por gravedad o sedimentable, bióxido de azu -  
fre, corrosión, sulfatación ambiental, concentración en  
el aire de óxidos de nitrógeno, partículas totales en -  
grandes volúmenes de aire, niveles de ozono, aldehídos  
y monóxido de carbono. (23)

A continuación indicaremos en base a los estudios de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, Dirección General de Investigación, cuál es la situación de los principales contaminantes en el valle de México, Tabla I.-, para estos datos se utilizó la red de muestreo existente en el Valle de México que cuenta con 14 estaciones, cuya distribución y fecha de inicio de operaciones señalamos en la Tabla No. 2. (18)

Red de muestreo - Contaminación del aire - Valle de México  
Concentración de contaminantes - Promedio Anual

Est.	Polvo en Suspensión $\text{mcg}/\text{m}^3$						Bióxido de Azufre ( $\text{mcg}/\text{m}^3$ )						
	1967	1968	1969	1970	1971	1972.	Est.	1967	1968	1969	1970	1971	1972
1	87	88	11	103	100	120	1	87	81	115	150	182	133
2	72	76	82	94	115	117	2	31	33	57	74	79	58
3	162	138	135	155	114	126	3	111	91	145	153	163	124
4	108	69	78	76	75	73	4	44	30	52	70	76	56
5		71	55	58	60	71	5		37	50	90	102	71
6		130	104	100	183	198	6		65	70	78	129	93
7		118	94	95	77	82	7		67	68	75	88	66
8			84	75	78	109	8			62	84	86	86
9			50	90	51	68	9			73	100	114	89
10				94	85	98	10				145	192	104
11					85	90	11					142	130
12						94	12						122
13						93	13						74
14						115	14						34
Est.	Polvo sedimentable ( $\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días)						Índice de sulfatación ( $\text{mg SO}_3/\text{dm}^2$ de $\text{PbO}_2/\text{dfa}$ )						
	1967	1968	1969	1970	1971	1972.	Est.	1967	1968	1969	1970	1971	1972
1	1.78	1.71	1.17	1.45	2.20	3.53	1	0.99	0.25	0.14	0.42	0.69	0.68
2	1.77	2.16	2.00	5.34	5.27	6.29	2	0.24	0.21	0.09	0.10	0.37	0.36
3	2.48	3.01	2.76	4.22	4.30	3.58	3	0.43	0.30	0.17	0.30	0.50	0.68
4	0.70	1.55	0.84	1.60	1.23	1.89	4	0.33	0.17	0.11	0.18	0.40	0.38
5		1.89	1.36	1.65	1.99	2.35	5		0.13	0.09	1.11	0.29	0.32
6		1.13	0.91	1.07	1.33	1.52	6		0.09	0.10	0.12	0.38	0.46
7		1.33	1.39	1.80	1.67	2.01	7		0.17	0.11	0.18	0.34	0.42
8			1.00	1.09	1.39	1.56	8			0.12	0.13	0.34	0.37
9			1.06	1.14	1.38	1.42	9			0.07	0.08	0.30	0.27
10				2.11	2.18	2.10	10				0.21	0.60	0.58
11					1.76	2.84	11					0.57	0.61
12						2.31	12						0.88
13						0.74	13						0.46
14						1.82	14						0.57

(\*) SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA  
SUBSECRETARÍA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

CONTAMINACION DEL AIRE, RED DE MUESTREO  
DEL VALLE DE MEXICO

LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MUESTREO E INICIO  
DE OPERACIONES

ESTACIONES NUMERO Y NOMBRE	INSTALADA EN:	INICIO DE OPERACIONES EN:
1. Tacuba	Mariano Escobedo 20	Agosto de 1967
2. Tlalnepantla	Unidad Habitacional IMSS. Barrientos -- Tlalnepantla, Edo. de México.	Agosto de 1967
3. Centro	Donceles 39	Octubre de 1967
4. Aeropuerto	Aeropuerto Intern <u>a</u> cional.	Noviembre de 1967.
5. Villa Olímpica	Insurgentes 3496	Enero de 1968
6. Observatorio	Av. Observatorio 3496	Noviembre de 1968
7. Portales	Independencia 20	Noviembre de 1968
8. Villa de Guadalupe	Esq. Victoria y 5 de Febrero	Febrero de 1969
9. Tizapán	Frontera 15, V.A. Obregón.	Agosto de 1969
10. Vallejo Industrial.	Poniente 140 No. 720	Enero de 1970
11. Central	Carpio 470	Noviembre de 1970

12. Chapultepec Av. Chapultepec No. 284 Mayo de 1972
13. Lomas Chapultepec Edif. Delegación Miguel Hidalgo. Octubre de 1972.
14. Ixtapalapa Edif. Delegación Ixtapalapa. Octubre de 1972.

El problema de la contaminación atmosférica como ya hemos hecho mención, es ocasionado en gran parte por los automotores. Por esta razón haremos una descripción de las gasolinas en México y los fenómenos que se originan por su uso.

La elaboración de la gasolina se lleva a cabo por medio del mezclado de cuatro diferentes tipos de gasolina básica, se observa un control de calidad de las gasolinas básicas, así como las terminadas las cuales cumplen con la norma Nacional -- DGN-L=5/68.

Pétroleos Mexicanos realiza pruebas con las gasolinas y algunas de ellas están ligadas con la contaminación ambiental.

**VOLATILIDAD.**- Expresada en temperatura de destilación, una gasolina de baja volatilidad, ocasiona el no vaporizarse adecuadamente en el carburador, haciendo difícil el arranque, también ocasiona mala distribución de la mezcla aire combustible que trae consigo combustión incompleta y en consecuencia aumento en la emisión de hidrocarburos a la atmósfera; una alta volatilidad ocasiona demasida vaporización en el carburador formando un sello de vapores que ocasiona una pérdida de potencia, cuando la temperatura ambiente aumenta la emisión de vapores de hidrocarburos a la atmósfera aumenta tanto en el carburador como en el tanque de gasolina.

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE PLOMO

mg/m<sup>3</sup>  
microgramos  
por metro  
cúbico.

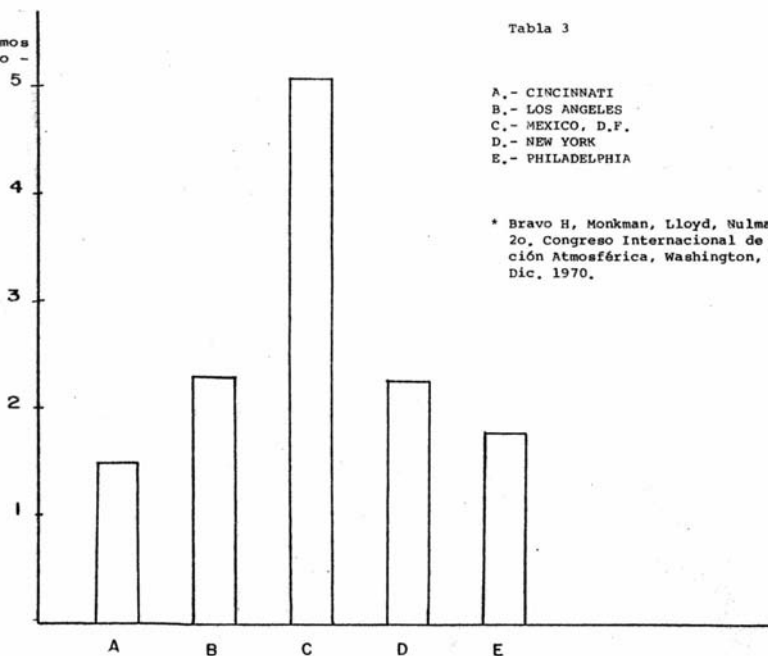


Tabla 3

- A.- CINCINNATI
- B.- LOS ANGELES
- C.- MEXICO, D.F.
- D.- NEW YORK
- E.- PHILADELPHIA

\* Bravo H, Monkman, Lloyd, Nulman  
2o. Congreso Internacional de Contaminación Atmosférica, Washington, D.C.  
Dic. 1970.





CONTENIDO DE AZUFRE.- Expresado como % en peso de azufre, si el contenido de azufre es alto, produce corrosión en los sistemas de distribución de combustible y escape del motor, también ocasiona la contaminación atmosférica, por la emisión de bióxido de azufre formado.

CONTENIDO DE TETRAETILO DE PLOMO.- El tetraetilo de plomo se adiciona como antidetonante, favoreciendo una combustión total de los gases en el cilindro y evitando preignición y consecuentemente golpeteo.

A continuación indicamos el promedio de 3 meses de concentraciones de plomo encontrado en la atmósfera en la ciudad de México comparado con otras ciudades, Tabla 3.

El contenido de azufre en las gasolinas que se elaboran en Petróleos Mexicanos es alto debido a que en algunas zonas petroleras nacionales, el contenido de azufre en el petróleo natural es más alto que en otras regiones del mundo y esto implica problemas complejos de no fácil solución, pero consideramos que los programas de desulfuración de gasolinas se deberían de acelerar para tener una menor cantidad de contaminantes ocasionados por los malos combustibles.

#### 4.3.2 Equipos y métodos de control:

Se pueden resumir en la siguiente forma:

- 1) Cámara de precipitación por gravedad.
- 2) Separadores centrífugos a base de ciclones.
- 3) Separadores en seco.
- 4) Separadores en húmedo.
- 5) Separadores electrostáticos.

En la práctica esta clasificación no es rigurosamente exacta, pues muchos separadores en seco por ejemplo comportan una separación previa de las partículas más gruesas a base de ciclones. Asimismo los separadores en húmedo son a menudo el complemento final de un separador en seco y existen en la práctica muchos sistemas de separación mixta de difícil encuadramiento.

Separadores en seco son aquéllos en donde la separación se lleva a cabo por medio del arrastre de una corriente de aire que se hace pasar por mangas, telas, placas, paneles, laberintos, etc. que desempeñan su cometido en un medio prácticamente seco.

Los separadores húmedos son aquéllos en los que la acción de retención se basa en el contacto con un agente húmedo que por lo general es agua. (14)(24)(25)

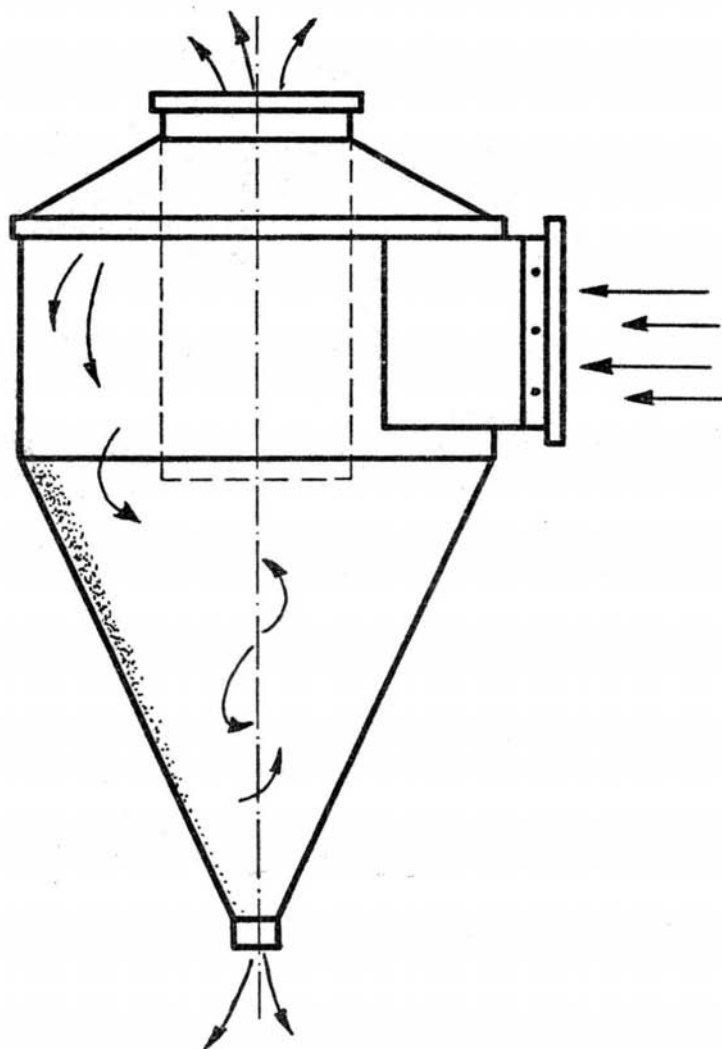
Métodos de separación:

Cámaras de precipitación por gravedad:

El principio de estas cámaras se basa en la precipitación del polvo por gravedad cuando la velocidad del aire aspirado que lo conduce se reduce considerablemente al desembocar la corriente en una amplia cámara de un volumen adecuado para producir aquella pérdida de velocidad.

Precisamente el volumen de estas cámaras es lo que en la práctica hace difícil y costoso este tipo de separador, pues siempre resulta de extraordinarias dimensiones; por ello su empleo ha quedado relegado a casos poco frecuentes en la industria. (24)

Separadores centrífugos: Bajo esta denominación genérica se incluyen los ciclones que actualmente comprenden una vasta gama de tipos



ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO  
DE UN CICLON DE BAJA PRESION

Figura 4.1

y modalidades.

El principio del ciclón convencional se basa en la precipitación del polvo por acción centrífuga en una o varias cámaras llamadas ciclones generalmente cilíndricas de formas y dimensiones diseñadas y calculadas para producir aquella precipitación.

La fuerza centrífuga imprimida a las partículas aspiradas y arrastradas en forma de espiral hacia el fondo del ciclón es mucho mayor que en el caso de las cámaras de gravedad y por ello es posible separar partículas mucho más pequeñas con ciclones de volumen mucho más reducido que las cámaras de precipitación.

Los ciclones tienen su mayor campo de acción en la separación de polvo grueso o sea de dimensiones entre 20 y 30 micras. Cuanto menor es el diámetro del ciclón tanto mayor es el grado de separación y además uniendo varios ciclones en batería puede lograrse separar polvo de 5 micras e incluso menos.

El grado de separación o rendimiento de los ciclones depende del diámetro exterior de la cámara y del diámetro del tubo interior, siendo mayor cuanto menores son ambos diámetros.

Los ciclones tienen las ventajas siguientes:

No poseen partes móviles, su constitución es simple en los de tipo convencional y son de bajo costo pero para obtener con ellos rendimientos razonables deben calcularse para cada caso concreto. Sin embargo, ello es compensado por la facilidad de montar en batería y en serie varios ciclones de iguales o diferentes características hasta obtener el resultado apetecido.

Al acoplar varios ciclones en serie puede considerarse el primer ciclón como un concentrado de polvo y los siguientes como separadores selectivos y en algún caso, desde el segundo ó desde el último de los ciclones se pasa nuevamente el aire al primer ciclón.

El campo de construcción de ciclones abarca actualmente una gran variedad de tipos y su desarrollo es continuo.

Del tipo convencional se pasó al tipo de alto rendimiento, el cual se obtiene de actuar con una mayor acción centrífuga, con la que se logran mayores rendimientos y por ello éste es actualmente el tipo aplicado más corrientemente en la industria.

El ciclón de alto rendimiento puede dar por ejemplo en la separación de polvo industrial seco de tipo corriente los siguientes rendimientos:

Separación de polvo hasta	5 micras	50%
" " " de	5 - 10 "	80%
" " " "	10 - 15 "	93%
" " " mayor de	15 "	99%

Otra moderna adaptación del principio de los ciclones es el llamado separador de polvo tubular. Consiste de un conjunto de tubos cada uno de los cuales constituye en realidad un pequeño ciclón pero de un diámetro que en la práctica oscila entre 80 y 200 mm. Las curvas de rendimiento de este sistema de separación señalan promedio del 95% con partículas de polvo de unas 10 micras y con mayores tamaños el rendimiento es mayor.

#### Separadores en seco:

Son aquéllos separadores que utilizan como elemento filtrante materiales que trabajan habitualmente en un medio seco, como son las mangas, paneles o placas de tejidos o materiales naturales, sintéticos o metálicos.

En la práctica la utilización de una amplia gama de materiales filtrantes es lo que caracteriza los llamados separadores en seco. En estos separadores también se hace uso de múltiples combinaciones recurriendo al empleo de ciclones simples o multicelulares a los que se asigna la misión de retener las partículas



**COLECTOR  
TIPO SACUDIMIENTO  
MECANICO**

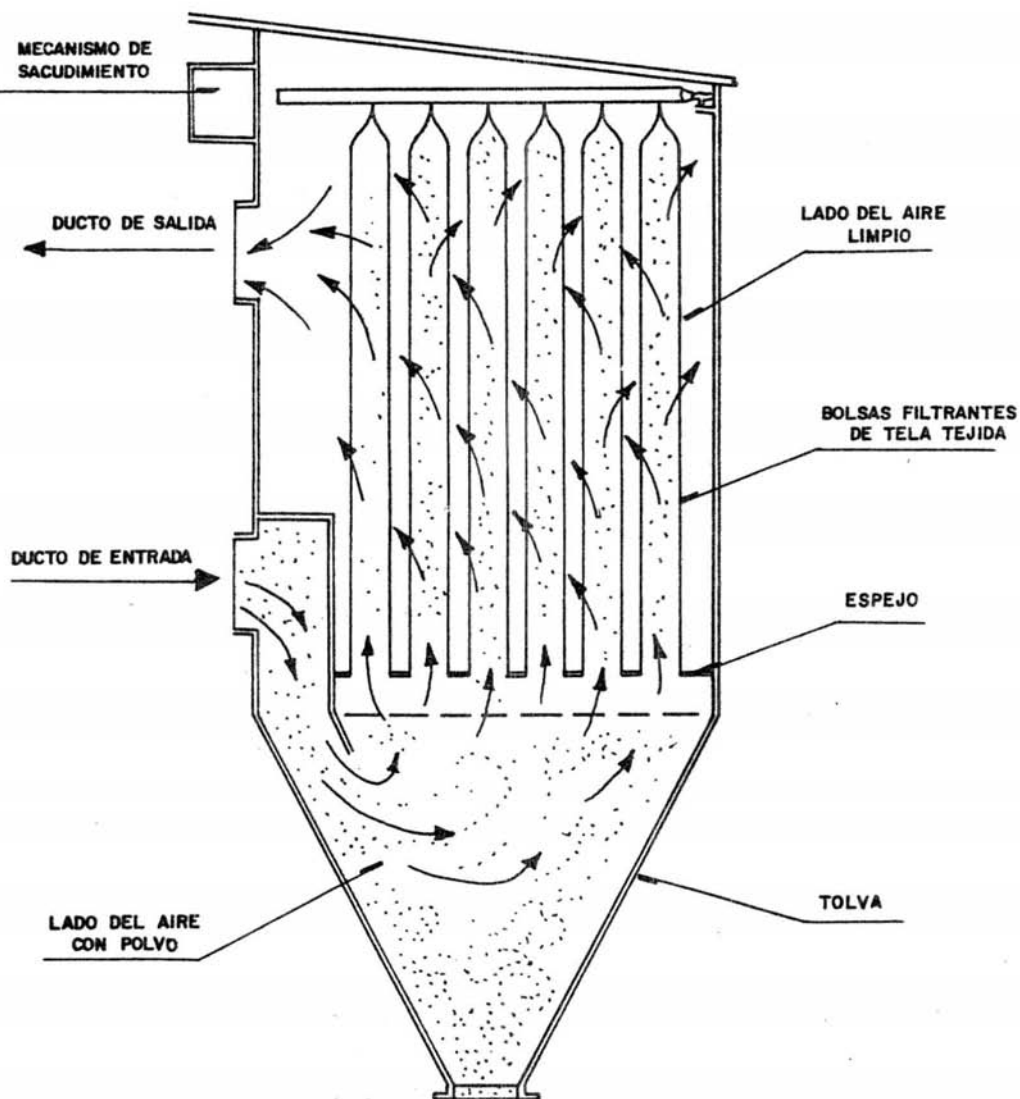
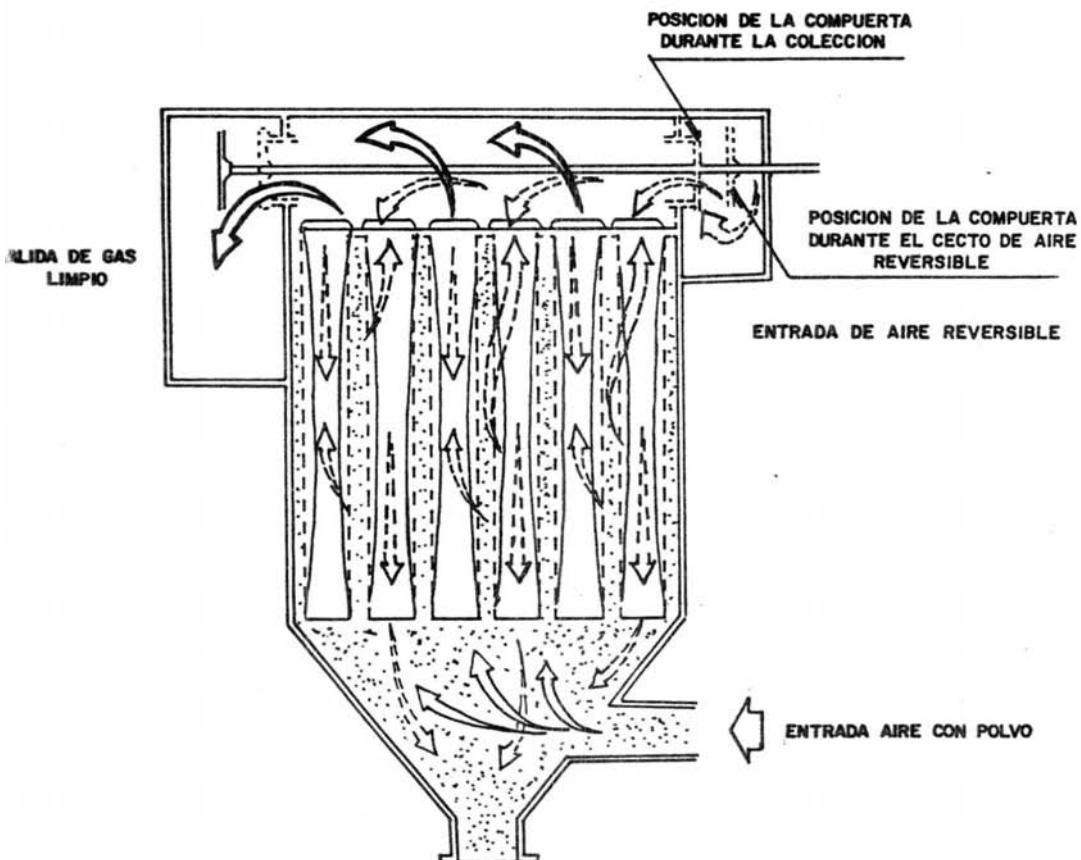


Figura 4.2

más gruesas, dejando a los elementos filtrantes la misión de captar las más finas, con ellos las dimensiones y el costo del separador son en conjunto más reducidos. La primera particularidad de este método de separación es la posibilidad de recuperar el polvo aspirado en el fondo de la cámara que actúa como ciclón y que llevan la mayor parte de estos separadores. Esta facilidad, como es natural, tendrá mayor o menor importancia, según el valor del material recuperado.

Entre las desventajas más importantes de los separadores en seco figura sin duda en primer término, el riesgo de incendio que dependerá, como es natural, de la clase de polvo producido.

**COLECTOR  
TIPO AIRE REVERSIBLE  
A BAJA PRESION**



**SIMBOLOGIA**

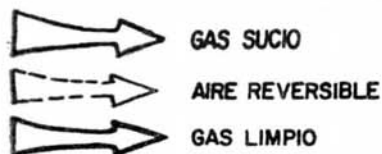


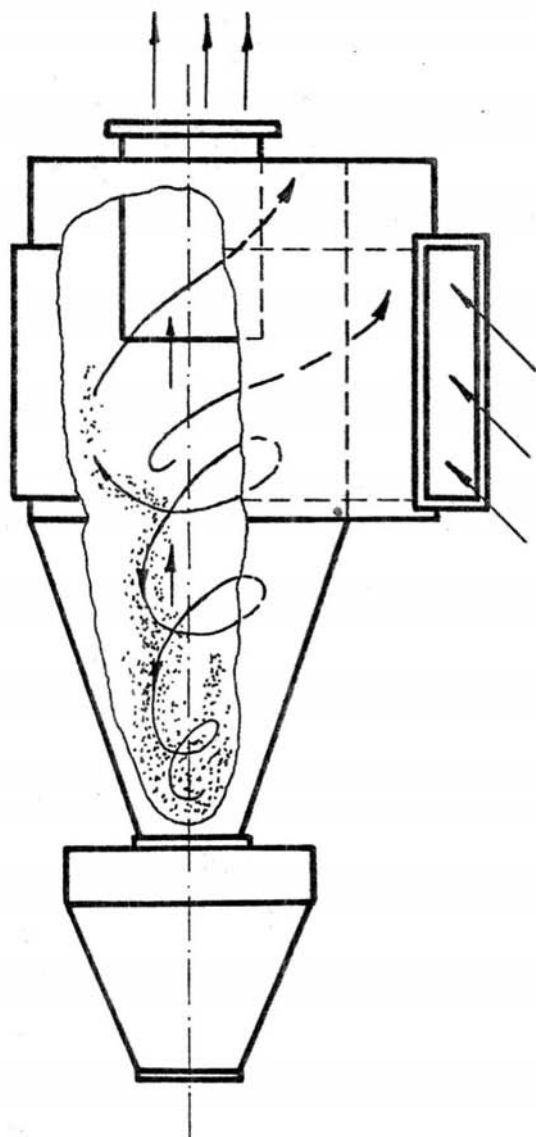
Figura 4.3

Los separadores en seco están contruídos esencial - mente por el electroexhaustor, la cámara de separa - ción propiamente dicha, los elementos filtrantes, el mecanismo de limpieza, y además, otros dispositivos, que si bien calificaremos de especiales, en la prác - tica son muy corrientes. Entre estos últimos elemen - tos por ejemplo, podemos señalar en primer lugar al - ciclón o ciclones simples, en baterías o de tipos mul - ticelulares, dispositivos para la previa humectación - del aire, del polvo o de los elementos filtrantes, - dispositivos para la recogida, descarga y evacuación - del polvo, etc.

Según el tamaño, diseño y elementos que los constitu - yen, los separadores pueden constituir un equipo mono - block o bien, un conjunto de todos los elementos que - lo integran. (14) (24) (25)

#### Separadores electrostáticos:

El principio de la separación o precipitación electros - tática se basa en hacer pasar el aire con polvo en sus - pensión por un campo eléctrico de ionización, en el - cual las partículas sólidas toman una carga electrostá - tica por efectos de bombardeo y por disufión. Según -



ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO  
DE UN CICLON DE ALTO RENDIMIENTO.

Figura 4.4

las cargas las partículas son atraídas por las placas que actúan de este modo de colectores de polvo y de las cuales se van separando por medios diversos, como por ejemplo: el de vibración, recogiéndolo finalmente en tolvas. Estas placas constituyen los electrodos negativos, mientras que los electrodos positivos de alta tensión son alambres o varillas metálicas, llamadas elementos de emisión.

Existen, pues, en el desarrollo básico de este proceso cuatro etapas esenciales, que son: la formación del campo de ionización, la carga y dirección de las partículas, su precipitación y descarga, y la separación con recogida final del polvo.

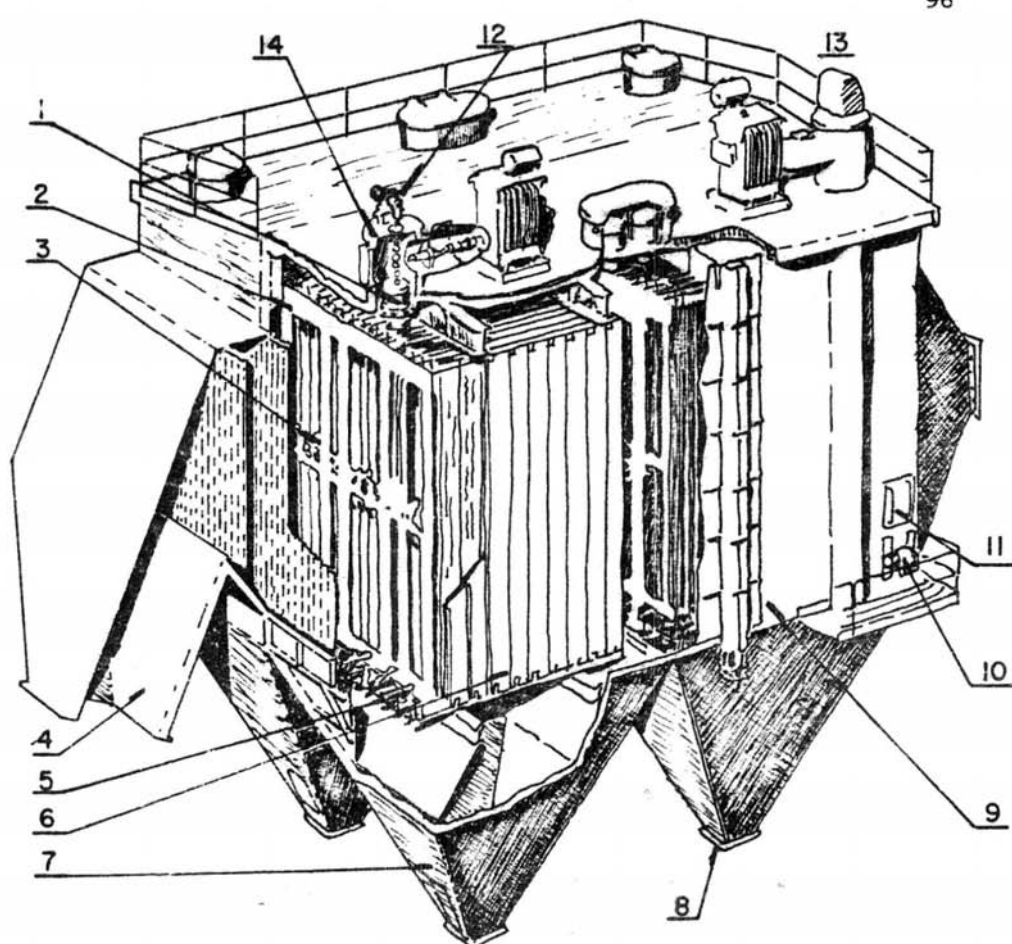
Los separadores electrostáticos son empleados principalmente cuando deben depurarse grandes volúmenes de aire con poca carga de polvo y siempre que no exista riesgo de explosión. Los dos campos en los que más se han utilizado estos separadores han sido: las centrales térmicas, para depurar los humos de combustión y las fábricas de cemento para recoger el polvo producido en varias de sus fases de fabricación, también son adoptados, cada día en mayor escala, en fases diversas de la fabricación de muchos productos químicos por ejemplo: el ácido sulfúrico, ácido fosfórico, y en muchos casos similares en los que se tratan vapores o niebla. Más reciente es la aplicación de la separación electrostática en el campo del acondicionamiento de aire, para su filtrado o depuración, no sólo a base de tipos industriales, sino también de carácter comercial y doméstico.

La posibilidad de adopción del método electrostático para separación de un determinado polvo depende de varios factores y entre ellos las propiedades físicas del polvo, su tamaño, y su resistividad que es casi el factor más importante. Los rendimientos más altos se obtienen cuando la resistividad se halla entre  $10^4$  y  $5 \times 10^{10}$  ohm por cm. El polvo del carbón por ejemplo

tiene una resistividad media  $10^{-3}$  ohm por cm. mientras que el polvo seco de piedra caliza, llega a  $10^{14}$  ohm x cm. a temperaturas de  $100^{\circ}\text{C}$ . La presencia de humedad altera también el valor de aquellos factores, lo que no ocurre, naturalmente, cuando se trabaja con aire o gases a altas temperaturas, frecuentes en la separación electrostática.

Como todos los demás separadores, los electrostáticos comprenden una o varias cámaras de separación en el interior de las cuales se desarrolla la carga electrostática del polvo, su separación y evacuación final. Estas cámaras se construyen en acero cuando no existen problemas de corrosión que se presentan a menudo en la industria química o por efecto de las altas temperaturas, por ello algunas cámaras han sido construídas de acero inoxidable y otras lo han sido, en el mismo lugar de utilización, empleando materiales refractarios. Las cámaras pueden trabajar circulando el aire vertical u horizontalmente, siendo el primer método el más corriente mientras que el segundo se emplea cuando debido a alta resistividad del polvo su colección después de la separación es difícil y requiere más de un colector o tolva. Este es el caso, por ejemplo, de la sepa





- 1... Soportes aisladores.
- 2... Sistema de descarga.
- 3... Mecanismo de golpeo para el sistema de descarga.
- 4... Ductos de distribución de gas.
- 5... Mecanismo de golpeo para el sistema de colección.  
Un golpeador mecánico para cada sección.
- 6... Electrodo colectores.
- 7... Tolva de descarga de polvos.
- 8... Sistema de descarga de la tolva.
- 9... Aisladores de calor.
- 10... Engranajes conductores para el mecanismo de golpeo del sistema de colección.
- 11... Puertas de acceso a los aisladores.
- 12... Engranajes conductores para el mecanismo de golpeo del sistema de descarga.
- 13... *Transformadores rectificadores con regulación de corriente.*
- 14... *Camara aisladora. Sistema calentador de aire para prevenir condensaciones en los aisladores.*

Figura 4.5

ración del óxido de zinc contenido en los vapores procedentes de la refinación o fundición de aquel metal.

Otra parte importante de la cámara es el método o mecanismo para la separación del polvo de las placas, sobre las cuales lo ha precipitado la carga eléctrica que le ha sido inducida. De permanecer el polvo durante bastante tiempo o adquirir un cierto volumen sobre las placas, llegaría a tomar la misma carga de éstas y regresaría a la corriente de aire. Este y otros factores no menos importantes hacen necesaria una limpieza continua no sólo de las placas sino también de los alambres o varillas de emisión, que constituyen los electrodos de signo opuesto al de las placas.

Entre los dispositivos adoptados para esta limpieza, que debe ser continua y automática, se hace uso de mecanismos que actúan por vibración y cepillo o peines que recorren la superficie a limpiar, etc.

Para los alambres de emisión, de los separadores electrostáticos, se ha adoptado el sistema de mantenerlos en ligero movimiento haciendo actuar sobre ellos una masa de bolas, que los mantiene limpios.

La parte vital de los separadores electrostáticos la constituye el generador, que deberá suministrar la corriente continua de alta tensión necesaria para formar el campo electrostático.

Actualmente se emplean casi exclusivamente los rectificadores de silicio cuya construcción requiere ciertos cuidados, debido al riesgo constante de la formación de cortocircuitos en las cámaras de separación y a la necesidad de obtener una regulación entre determinados límites, que varían en cada caso.

En lo que respecta a las condiciones de la aspiración, las velocidades de aire óptimas en los separadores electrostáticos deben ser aquellas que permitan la máxima efectividad en la velocidad de migración de las partículas al caer bajo el efecto del campo de ionización. En la práctica, para separar cenizas del aire, la velocidad considerada óptima oscila alrededor de 1.8 a 2.2 m/seg. Para polvo de carbón se reduce a menos de 0.5 m/seg. mientras que para el cemento generalmente se llega a 3.5 m/seg. (14) (24) (25)

### Colectores húmedos:

Los colectores húmedos de los cuales se tiene una gran variedad de diseños recuperan polvo en forma de solución o suspensión lográndose simultáneamente el enfriamiento y lavado del gas. Algunos tipos son eficientes separando gases y partículas simultáneamente, otros son más adecuados para polvos y algunos otros para contaminantes gaseosos, nieblas y olores.

Los colectores húmedos pueden manejar gases a altas temperaturas y con alto contenido de humedad. Algunos polvos representan riesgos de explosión o fuego al estar secos, los colectores húmedos eliminan o cuando menos reducen el riesgo, sin embargo, el uso de agua puede introducir condiciones corrosivas dentro del colector. Los requerimientos del espacio son nominales. El costo inicial es razonable y los gastos de mantenimiento generalmente bajos. Es común que se recircule el líquido lavador y con ello sólo se pierde el líquido que se evapora humidificando el gas así como el que lleva el lodo que forman las partículas colectadas.

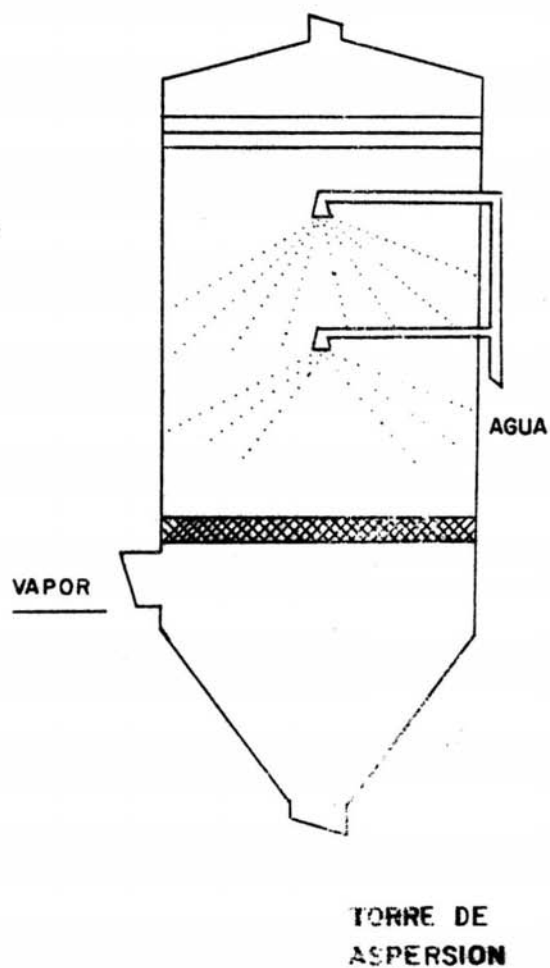


Figura 4.6

Los colectores húmedos tienen la característica de humidificar lo cual no se presenta en otros tipos de colector. La humidificación es un proceso que consiste en agregar vapor de agua a un gas por evaporación. Puede ser ventajoso o desventajoso dependiendo del caso; cuando el gas inicialmente se tiene a temperaturas elevadas y no saturado, el proceso de evaporación reduce la temperatura así como el volumen de gas que sale del colector.

Suponiendo que el ventilador se selecciona para las condiciones a las salidas del colector, resultará más pequeño y definitivamente requerirá menos potencia que si no se hubiera enfriado el gas a través del colector. Esta es una de las grandes ventajas de la humidificación.

Dentro de los colectores húmedos ocurren básicamente dos operaciones que son:

- a) CONTACTO.- En esta operación el líquido entra en contacto con el contaminante del gas y se obtienen partículas líquidas contaminadas.

b) SEPARACION.- Consiste en separar al máximo las partículas de líquido contaminado del gas limpio.

Básicamente hay dos categorías de colectores húmedos: colector de baja energía y colector de alta energía o tipo Venturi. (14) (26)

Colectores de baja energía:

Torres de aspersion: Las torres de aspersion son particularmente útiles para eliminar cargas elevadas de partículas gruesas. Consisten de una cámara cilíndrica o rectangular dentro de la cual se introduce agua por medio de boquillas de aspersion. Hay muchas variantes en su diseño pero el mecanismo principal es el impacto de las partículas de polvo sobre gotas de líquido. Estas gotas son separadas del flujo gaseoso por fuerza centrífuga o impacto sobre eliminadores de agua.

La caída de presión es relativamente baja, en el orden de 1" a 1 1/2" C.A. pero la presión del agua varía en-

tre 10 y 400 psi. En general este tipo de colector utiliza baja presión de agua y opera con eficiencias bajas dentro del rango de los colectores húmedos.

Utilizando agua a alta presión como en las torres de niebla, las eficiencias de colección llegan a ser -- elevadas. Para equipo convencional los requerimientos de agua son razonables con un máximo de 5 gpm por 1000 pcm standard. (14)(26)



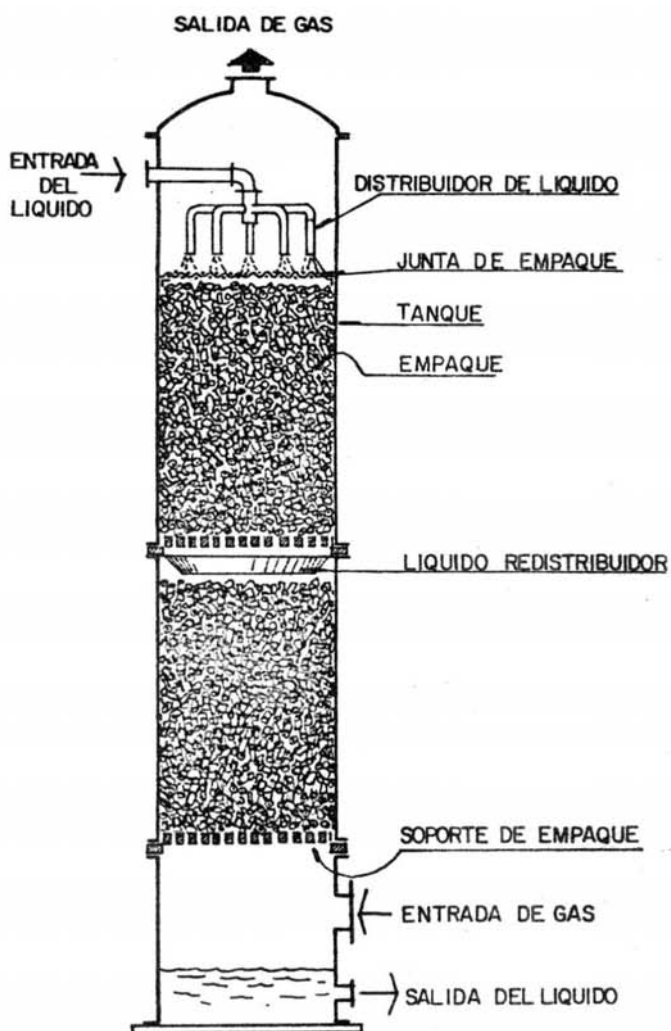
### Torres empacadas:

Estas son esencialmente camas de contacto a través de las cuales pasan gases y líquido a contra corriente, corriente paralela o flujo cruzado y se utilizan principalmente para lavar contaminantes gaseosos y vapores o para eliminar niebla. También colectan polvos pero normalmente los diseños convencionales no se usan para ésto, debidd a que las partículas tienden a tapar el empaque, requiriendo alto mantenimiento.

Sin embargo, es posible también utilizarlos satisfactoriamente para separar polvos cuando el empaque consiste en esferas móviles las cuales con su movimiento ocasionan la auto limpieza del empaque. La caída de presión a través de las camas varía de pendiendo del empaque que se usa y su espesor entre 2" y 6" C. A. y utilizan 5 a 10 gpm de agua por -- 1000 pcm standard. (14)(26)

### Colector centrífugo húmedo:

Este tipo de colector utiliza la fuerza centrífuga para acelerar las partículas de polvo y hacerlas cho



SILLA DE MONTAR



SILLA DE MONTAR CON HOYO



TELARAÑA



ANILLO CON HOYOS

Figura 4.7

car sobre una superficie húmeda.

Se tienen varios diseños basados en diferentes formas de lograr la acción centrífuga o de ciclón y la aplicación del líquido. Las caídas de presión son normalmente de 2" a 6" y requieren 2 a 5 gpm de agua por 1000 pcm standard de gas limpio. (14)(26)

#### Colector húmedo dinámico:

Estos colectores utilizan esparcido de agua dentro del cuerpo de un ventilador obteniendo la precipitación de partículas de polvo sobre las superficies húmedas del impulsor que es de diseño especial. No se tiene caída de presión interna aunque la eficiencia mecánica es inferior a la de extractores convencionales. Consume 1/2 a 1 gpm por 1000 pcm standard.

#### Tipo orificio:

En este tipo de colectores húmedos el gas se pone en contacto con una película de agua a través de un pasaje restringido. El flujo de agua puede ser inducido por la velocidad del gas o bien utilizando bombas y derrames. Las caídas de presión varían desde menos de 1" hasta 6" C. A. (14)(26)

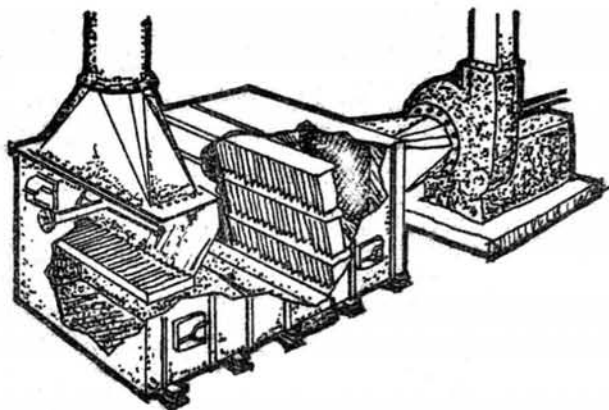
**COLECTOR****VENTURI MULTIPLE**

Figura 4.8

### Colector de alta energía tipo venturi;

De entre los colectores húmedos, los más importantes hoy en día son los que operan por el principio del venturi. Este colector que opera haciendo pasar el gas contaminado por una garganta o venturi a velocidad de 12,00 a 24,000 pies/min. inyectándose antes, después o en la garganta el líquido lavador en cantidades de 5 a 16 gpm por 1000 pcm standard. Por el choque del gas con las gotas de líquido así como por contracción y expansión brusca que hace perder energía al contaminante sólido, se logra entonces capturarlo por las partículas de líquido lavador separándolo del gas así mismo, se logra estrecho contacto del contaminante gaseoso, niebla u olor con el líquido que permite su separación del flujo gaseoso por disolución, absorción, reacción u otro mecanismo.

A continuación de la garganta se tiene una sección separadora de gotas de líquido arrastrado por el gas. Al pasar el gas contaminado a través del venturi se consume energía y esto se manifiesta con una caída de presión. Los colectores venturi operan con caídas de presión de 5 a más de 120" C. A.

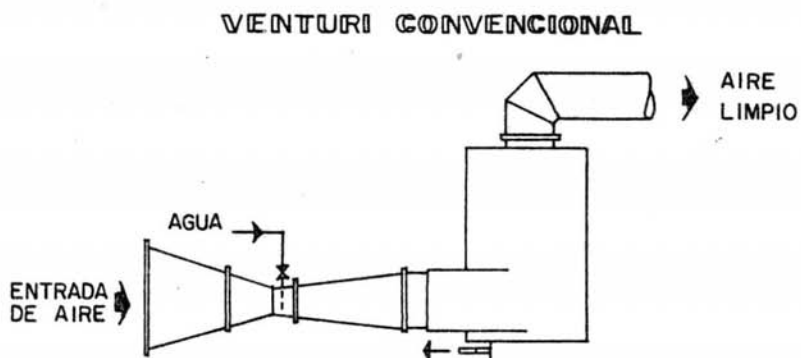


Figura 4.9

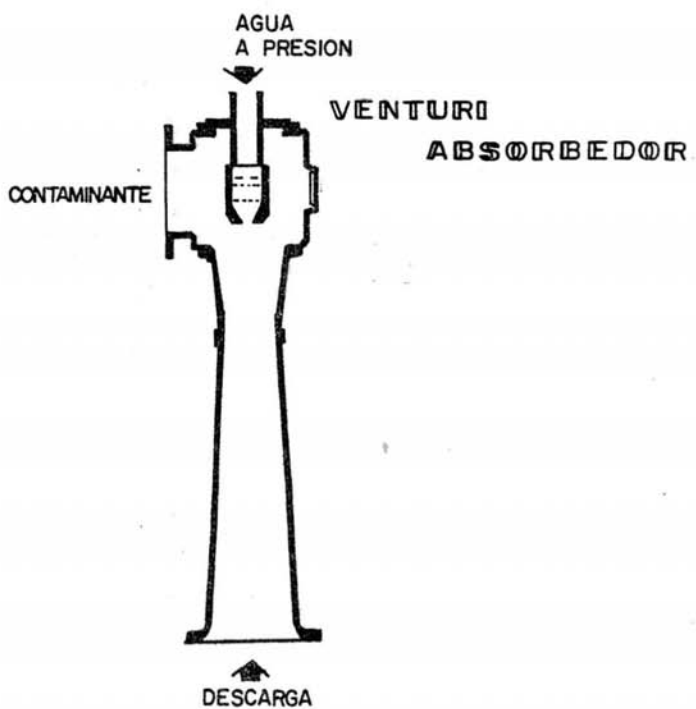


Figura 4.10

#### 4. 3. 4 EFICIENCIA

Colector Tipo	Tamaño Promedio de partícula ( $\mu$ ) arriba del que se obtiene el rango de mayor eficiencia	Colecta gases	Humidifica y enfría	Consumo agua (gpm/1000 CFM)	Caida de presión. (pulg.C.A.)	Temperatura máxima construcción standard ( $^{\circ}$ F)	Daños por humedad en el aire	Reduce Condiciones Explosivas	Espacio Requerido
<b>HUMEDO</b>		SI	SI			ILIMITADA	NO	SI	
BAJA ENERGIA	1 - 5			5 - 10	1.5 - 6				Moderado
ALTA ENERGIA (VENTURI)	0.5 - 2			5 - 15	6 - 120				Pequeño
<b>SECO:</b>									
BOLSAS	0.25	NO	NO	NO	3 - 8	180 - 500	Condensación y Taponamiento	NO	Grande
CENTRIFUGO	10 - 40	NO	NO	NO	1 - 6	750		NO	Moderado
ELECTROSTATICO	0.25	(normalmente)	NO	NO	0 - 5	500	Mejora la eficiencia	NO	Grande

\*Lund, H. F. Industrial pollution control handbook.

Características de los colectores.

#### 4.3.3 Costos de equipo de colección:

##### Introducción:

Es difícil generalizar sobre la reducción de costos con valores significativos, porque la mayoría de los problemas de contaminación, inclusive aquellos en industrias similares, generalmente atienden circunstancias que varían el costo de una aplicación específica a otra. Lo que continúa es una lista de artículos que deben considerarse para intentar la estimación de costos de ingeniería en la reducción de la contaminación del aire.

Están involucrados los costos de capital, por ejemplo: los costos de requerimientos estimados, compra, preparación del local y costos de instalación y operación. Por ejemplo: los costos de suministros y mantenimiento. La propiedad real requerida en la disminución de la contaminación consiste de: (25)(11)

- 1) El aparato de reducción o el propio sistema en sí.
- 2) Aquellos accesorios para el aparato de reducción necesarios para su operación. Dichos accesorios pueden dividirse entre aquellas funciones asociadas con:



1. Movimiento de aire.
2. Movimiento de líquido.
3. Almacenamiento y disposición de materiales separados.
4. Apoyo de construcción.
5. Control de instrumentación.

Estos accesorios son muy importantes y deben considerarse en ambas estimaciones, de costos de capital y de operación. (25)

Costos de capital:

- A) Factores que deben considerarse en estimación de costos de capital en un tipo específico de equipo:
1. Capacidad del equipo o sistema de reducción.
  2. Accesorios del equipo de reducción.
  3. Costos de instalación.
  4. Requerimientos especiales o problemas a resolver.
- B) Capacidad.
1. Regla de Inversión.- Los precios de equipo de reducción manejados por cfm variarán de acuerdo a la magnitud de cfm involucrado.

Generalmente mientras más chico es el volumen - de aire en cfm, más alto es el precio por cfm.

2. Punto de suspensión.- En todos los diseños hay un punto donde el precio del pie cúbico por minuto (cfm) se iguala. Por ejemplo: Arriba de este punto, a pesar de la magnitud del cfm, el costo por cfm permanece igual. Este es el "punto de suspensión" sin embargo varía de acuerdo al diseño.

C) Accesorios:

Algunos vendedores incluyen todos los accesorios, tales como: sopladores, motores, tubos de trabajo, etc. Otros no lo hacen, y en este caso, estos accesorios - deben ser adquiridos adicionalmente por los compradores. Deben considerarse los siguientes:

1. Equipo de movimiento de aire:
  - a) Ventilador y sopladores.
  - b) Eléctricos, motores, conductos de alambre de iniciación, switches, etc.
  - c) Cubiertas, tubos de trabajo, empaques, sordinas, etc.

2. Equipo de movimiento de líquido:

(En sistemas de reducción húmedos).

- a) Bombas
- b) Eléctricos, motores, iniciadores, conductos de alambre, switches, etc.
- c) Pipas y válvulas.
- d) Tanques de fijación.

3. Equipo de almacenamiento y disposición:

- a) Tolvas de almacenamiento de polvo.
- b) Pozos de cieno.
- c) Líneas de dragado, carriles, caminos, etc.

4. Apoyo de construcción:

- a) Trabajo de estructura de acero.
- b) Fundaciones de cemento, malecones, etc.
- c) Aislamiento (Termal).
- d) Vibración y/o materiales de anti-uso.
- e) Cubierta protectora.

5. Instrumentación: Medición y/o control de:

- a) Corriente de aire y/o líquido.
- b) Temperatura y/o presión.

- c) Operación y capacidad.
- d) Potencia
- e) Opacidad de chimeneas de gas (metros de humo, etc.)

D) Costos de instalación:

Los costos de instalación varían considerablemente con los diferentes tipos de equipos.

1. Método de embarque y labor requerido en el local. Esto varía de acuerdo de cómo el fabricante entregue el equipo y/o accesorios.
  - a) Completamente ensamblado.
  - b) Medio ensamblado.
  - c) Completamente desarmado.
2. Accesibilidad. Es necesario:
  - a) Quitar o reacondicionar el equipo existente.
  - b) Proveer escaleras de mano y plataformas de servicio para mantenimiento.
3. Suministros. Tienen éstos que ser extendidos o -- adquiridos.

- a) Energía eléctrica.
- b) Agua.
- c) Alcantarillado: Creará la efluencia de líquido un problema de contaminación de vapor.
- d) Líneas de vapor.

E) Requerimientos especiales: Debe el equipo diseñarse para:

- 1. Resistencia a la corrosión.
- 2. Resistencia a la abrasión o uso excesivo,
- 3. Alta o baja temperatura de proceso.
- 4. Protección del tiempo:
  - a) Viento
  - b) Inundación
  - c) Temperaturas extremas.

Costos de operación:

A) Suministros:

- 1. Energía eléctrica
- 2. Agua
- 3. Disposición
- 4. Vapor

**B) Mantenimiento:**

1. Lubricación
2. Protección de superficie, limpieza y pintura
3. Reemplazo de partes o estructura.
  - a) Uso o fallas de equipo: cinturones, bolsas, filtros, etc.
  - b) Abrasión.
  - c) Corrosión.

**Comparación de costos:**

Para dar una comparación de los diversos sistemas de reducción, la siguiente tabla ha sido preparado. Condiciones bajo las cuales el aparato opera que se consideran similares (cfm, temperatura, carga de polvo análisis de tamaño, etc.) a menos que se especifique de otra manera. Los valores indicados no deben entenderse para uso en una estimación de costo para algún equipo en particular, pero sí para proveer una imagen general de la comparación de costos.

COMPARACION ECONOMICA DE VARIOS SISTEMAS DE COLECCION

BQUIPO	Eficiencia	Costos de Capital (\$) Total por cfm (1)		Presión de agua	Energía Eléctrica \$/año	Galones de agua/1000 cu.ft.	Costo de Agua \$/año	Mantenimiento \$/año	Costo total de operación (4) \$/año	Cargos de Capital \$/año (5)	Costo Total \$/año	¢ /1000 cf
Ciclón simple	65.3	9,240	.14	3.7	4,732	--	--	168	4,900	924	5,824	0.02
Ciclón de alta eficiencia	84.2	17,640	.28	4.9	6,328	--	--	168	6,496	1764	8,260	0.029
Ciclón Irrigado	91.0	21,840	.36	3.9	5,634	4.0	1848	420	7,952	2184	10,136	0.034
Multiciclón	93.8	19,320	.31	4.3	5,544	--	--	168	5,712	1932	7,644	0.027
Precipitador Electrostático	94.1	85,960	1.43	0.6	1,736	--	--	700	2,436	8596	11,032	0.038
Electrostático Irrigado	99.0	147,840	2.46	0.6	3,136	2.5	1232	1,120	5,488	14784	20,272	0.070
Filtro de Fábrica Convencional	99.9	49,280	.81	4.0	5,264	--	--	8,940 (2)	14,168	4928	19,096	0.066
Filtro Jet de Reversión	99.9	47,600	.78	5.0	11,172	--	--	7,560 (3)	18,732	4700	23,492	0.082
Torre de espreado por gravedad	96.3	51,240	.84	1.4	6,650	18.0	9240	840	16,730	5124	21,854	0.075
Colector húmedo (scrubber)	97.9	28,840	.48	6.1	8,120	3.0	1540	840	10,500	2884	13,384	0.047
Espreado Inducido	93.5	24,360	.42	6.1	7,896	0.6	308	560	8,764	2436	11,200	0.038

Colector Venturi	99.7	42,000	.70	22.0	29596	7.0	3,388	840	33824	4,200	38,024	0.128
Colector Desin- tegrador	98.5	66,640	1.12	--	63560	5.0	2,380	560	66500	6,664	75,104	0.257

- (1) Incluye accesorios e instalación - \$ DOLLARS
- (2) Incluye cambio completo de bolsas una vez al año
- (3) Incluye cambio completo de bolsas dos veces al año - PRESION DE AGUA PULGADA C.A.
- (4) Se suponen 8000 hr/operación por año.
- (5) 10% de costo de capital.

\* Control of particulate emissions  
 Manpower development staff  
 Institute of air pollution training 1972



## CAPITULO CINCO.

## CONTAMINACION DE AGUAS.

La importancia de la contaminación de las aguas reside en su poder de influencia en los sistemas ecológicos, ya sea en una forma directa o indirecta. Podemos considerar que el problema surge del crecimiento de las poblaciones, incluyendo a la del hombre, cerca o lejos de un hábitat acuático.

Szent - Gyorgy en el concepto siguiente enuncian el papel que juega el agua en la vida humana:

"Las funciones del agua en una variedad de caminos no puede ser disputada. La vida se originó en el agua, está floreciendo en el agua, el agua es su solvente y su medio. Es la matriz de la vida". (34)

Por ello se hace indispensable tener un conocimiento profundo del problema de la contaminación del agua, contar con técnicas apropiadas de tratamiento con el fin de eliminar y controlar los contaminantes y, fundamentalmente prevenirla, porque de otro modo cabe pensar en una catástrofe de la vida a causa de aquel medio que le dió origen.

La contaminación del agua sólo ha sido reconocida al producir efectos adversos en los organismos vivos, como lo es, el que el hombre contraiga enfermedades, o que mueran los peces, es decir, el hombre reconoce la situación cuando se ven afectados sus propios intereses.

#### 5.1 Clases de contaminación de aguas.

La generación de los contaminantes la podemos considerar en dos formas: Una, que es inevitable, que es gobernada por ley natural, que no puede ser frenada y desligada del aumento de la población humana; a éste tipo de contaminación se le conoce como de Primer Orden. Y la segunda, llamada Contaminación de Segundo Orden, está constituida por las aguas residuales formadas como un resultado de las actividades tecnológicas del hombre.

##### 5.1.1. Contaminación de primer orden.

Esencialmente éste tipo de contaminación está regida por leyes naturales o físicas, y es inherente a las poblaciones vivientes, es decir, constituye una parte del proceso de la vida, estando relacionados los efectos contaminantes a la acumulación en el medio ambiente de los residuos biológicos o excretas corporales, siendo desde luego, una función de la concentración de las poblaciones.

Se ha estimado que la cantidad de éstos residuos biológicos por persona, no obstante de variar con el individuo, es en promedio de aproximadamente 1.25 gr. de sólidos base seca, por kilogramo de peso del cuerpo, por día.

También se encuentran dentro de ésta contaminación, los residuos domésticos generados durante las actividades diarias, y contienen jabones, detergentes sintéticos, grasas, residuos de alimentos, etc., que hacen que la cantidad y diversidad de los contaminantes se vea incrementada.

#### 5.1.2 Contaminación de segundo orden.

Contaminación que se encuentra basada en leyes artificiales, siendo por lo tanto posible su prevención. Como anteriormente se mencionó, es un resultado de las actividades tecnológicas del hombre, incluyendo fundamentalmente las industriales. Sin embargo, no obstante de que la contaminación ambiental puede ser atribuida a los efectos directos de la revolución industrial, en realidad son los errores del mismo hombre, y no de la tecnología, las causas de la contaminación ambiental, es decir, el hombre tiene la capacidad tecnológica para eliminar los contaminantes producidos por la propia explosión tecnológica, pero aún no se ha decidido a hacer uso de esas experiencias para tratar de evitar, o cuando menos disminuir o controlar la contaminación. (34)

## 5.2. Clasificación de los contaminantes.

Los contaminantes pueden ser clasificados en cuanto a su origen y características físicas y químicas. (29,30,35,37,44)

### 5.2.1. Por su origen.

#### A) Primarios.

Constituídos por los contaminantes que son arrojados directamente a las corrientes de las aguas. Se encuentran entre ellos:

##### 1) Desechos animales y humanos.

Son las exoneraciones animales y humanas, así como la materia animal muerta y los productos de su descomposición.

##### 2) Desperdicios caseros.

Formados en las actividades domésticas diarias.

##### 3) Corrientes pluviales.

Las aguas pluviales ejercen una acción lavadora de la tierra, arrastrando de ésta manera hacia los cuerpos de agua, cantidades considerables de basura, polvos, arena, desperdicios vegetales, y en zonas agrícolas arrastran fertilizantes, plaguicidas, etc.

Aún más, el agua de lluvia actúa como un lavador del aire contaminado, arrojando por consiguiente a las

corrientes, los contaminantes atmosféricos o sus productos al entrar en contacto con el agua.

4) Infiltraciones a aguas subterráneas.

Cuando ocurre la infiltración de las aguas pluviales que han arrastrado contaminantes de los suelos, o bien, infiltraciones de las aguas negras, aguas de desecho minero, etc., en terrenos donde existen mantos de aguas freáticas, se produce la contaminación de tales aguas.

5) Desechos industriales.

Una inmensa gama de contaminantes constituyen los desechos industriales, puesto que dependen del tipo de industria, en cuanto a su proceso de fabricación en el que está implícita la naturaleza de los contaminantes.

B) Secundarios.

Son los que se forman en las aguas receptoras contaminadas, a causa de la interacción o reacción entre los contaminantes primarios. Además se encuentran también a aquellos que son productos de degradación microbiológica de los compuestos orgánicos, que en muchas ocasiones son aún materia prima para otras especies de microorganismos y en otras son los productos de una biodegradación completa.

### 5.2.2. Por el estado de la materia.

#### A) Sólidos.

Usualmente se define a los sólidos como la materia que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra de agua, a una temperatura de 103 a 105° C y se les denomina por lo general, como sólidos totales.

Todos los materiales que ejercen una presión de vapor significativa a éstas temperaturas, se pierden durante los procesos de evaporación y secado. El residuo remanente representa aquellos materiales de la muestra que tienen una presión de vapor insignificante a la temperatura de 105°C.

Los sólidos totales pueden dividirse en tres clases:

- 1) Disueltos totales
  - Suspendidos totales
- 2) Sedimentables
  - No sedimentables
- 3) Fijos
  - Volátiles

Sólidos disueltos. - Se encuentran en éste grupo a los que verdaderamente están disueltos, así como también a los que se encuentran en estado coloidal. Normalmente son conceptuados como los sólidos que pasan a través de una capa filtrante de asbesto de un crisol de Gooch.

Se ha observado que los sólidos disueltos de las aguas negras, están constituidos en un 90% por los realmente disueltos y el 10% por los del estado coloidal, siendo los primeros en su mayoría de carácter inorgánico, mientras que los segundos son en mayor cantidad materia orgánica.

Mediante la Conductividad Específica se obtiene una estimación inmediata del contenido de sólidos disueltos en una muestra de agua contaminada. Esta medida indica la capacidad de una muestra para conducir la corriente eléctrica, siendo por supuesto, una función de la concentración de las sustancias ionizadas en la muestra. Esta determinación está condicionada a la naturaleza de la materia por ionizar, no obstante nos da una estimación práctica de la cantidad de minerales que están presentes en la muestra de agua.

Sólidos suspendidos. - Son definidos comúnmente como la porción de sólidos que son retenidos por una capa fil-

trante de asbesto en un crisol de Gooch.

En la contaminación de las corrientes se considera que todos los sólidos en suspensión son sedimentables, no siendo el tiempo un factor limitante, y mediante la floculación química y biológica se espera que sedimenten los sólidos en su totalidad.

Sólidos sedimentables. Son los sólidos que están en suspensión y que son sedimentables por acción de la gravedad, de modo que sedimentarán aquellos que contengan una densidad mayor que la del agua.

Las partículas pequeñas suspendidas, que poseen un diámetro aproximado de un micrón, son sedimentables a velocidades variables. (Figura 5.1)

Sólidos no sedimentables.- Son aquellos que por su tamaño, y por su densidad, que es menor que la del agua, no son sedimentables.

Sólidos fijos y volátiles.- Cuando una muestra de sólidos suspendidos es llevada a la temperatura de 550°C., la ~~la~~ materia orgánica sufre calcinación, por lo cual, la



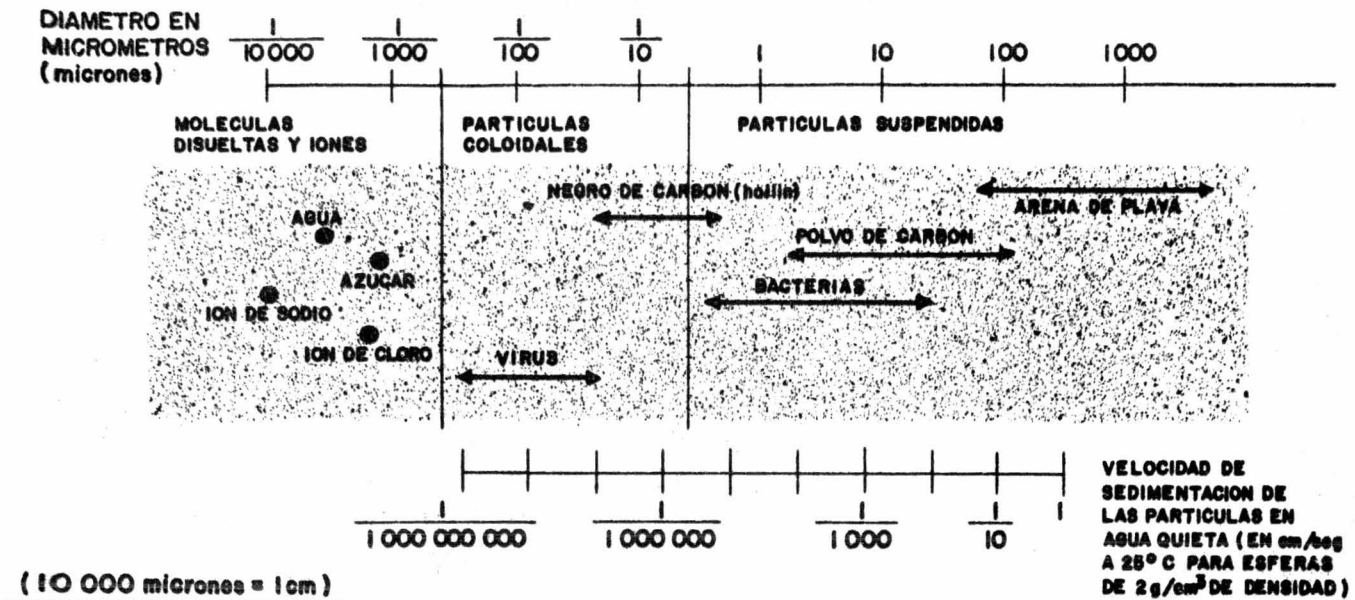
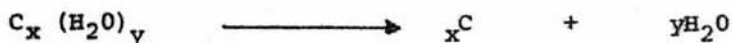


Figura 5.1

pérdida de peso en la muestra se expresa en términos de materia orgánica.

Bajo la siguiente reacción se resume la calcinación de la materia orgánica:



Cuando la temperatura no es controlada, la materia inorgánica se volatiliza, ya que a la temperatura de calcinación de la materia orgánica, es relativamente estable, sin embargo, puede existir la posibilidad de que algunos compuestos inorgánicos se descompongan, como es el caso del carbonato de calcio cuando la temperatura se lleva a 825°C. Pero si la determinación es hecha correctamente, sobre todo la calcinación de la muestra, la pérdida en peso nos indicará la cantidad de materia orgánica, o sea, los sólidos volátiles, mientras que el residuo indica la cantidad de sólidos fijos o inorgánicos.

B) Líquidos.- Se pueden distinguir a su vez dos clases de contaminantes líquidos: los Volátiles y los No Volá-

tiles.

Volátiles.- Son los líquidos cuya temperatura de ebullición es por lo general, menor a 100°C. Encontramos dentro de este grupo a la gasolina, solventes, etc.

No volátiles.- De modo contrario a los anteriores, éstos son los líquidos que tienen una temperatura de ebullición mayor de 100°C. Son esta clase de contaminantes de una variedad diversa.

C) Gases. Pequeñas cantidades de gases se encuentran disueltos en las aguas además del oxígeno, nitrógeno, e hidrógeno, que son absorbidos por el agua al ponerse en contacto con el aire atmosférico.

Podemos enunciar al ácido sulfhídrico (gas que es producto del proceso de degradación de la materia orgánica y de algunos compuestos de azufre) así como al metano y amoníaco también productos de descomposición de la materia orgánica, al etano, vapores de gasolina, que son adicionados a las aguas por fugas en las tuberías y en tanques de almacenamiento; existe igualmente cloro, a causa de una dosificación excesiva durante el proceso de desinfección de las aguas de abastecimiento, o igualmente por fugas en las tuberías, como gases presentes en las corrientes de aguas contaminadas.

### 5.2.3. Por su composición.

#### A) Química.

A su vez se dividen en:

##### Orgánicos.

Involucra este grupo a los desechos corporales tanto humanos como animales, además de una gran variedad de compuestos orgánicos sintéticos y naturales, como el petróleo.

Los polisacáridos, grasas, proteínas, etc., son contaminantes que pueden ser utilizados por determinados microorganismos acuáticos para su alimentación. Estos microorganismos metabolizan los componentes orgánicos de los desechos por medio de reacciones de oxidación enzimática, consumiendo por lo tanto, el oxígeno disuelto que está presente en el agua.

Puesto que el oxígeno tiene una baja solubilidad en el agua, y que éste es rápidamente consumido durante los procesos de oxidación, las condiciones acuáticas se convierten en anaerobias. De modo que una vez que el oxígeno ha sido consumido totalmente, los organismos aerobios que habitan en el agua, mueren por las deficiencias del mismo.

A la cantidad de oxígeno requerido durante los procesos de oxidación biológica de los compuestos orgánicos presentes en el agua, se le denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno. (DBO).

Es así como una alta DBO indica que la cantidad de compuestos orgánicos presentes, es considerable.

### Inorgánicos.

Cabe mencionar que algunos compuestos inorgánicos que se encuentran contaminando el agua, son usados como nutrientes por determinadas especies de organismos, estimulando su crecimiento. Fosfatos, sulfatos, bióxido de carbono, amoníaco, nitratos, son algunos de los compuestos que a altas concentraciones funcionan como nutrientes, originando un fenómeno que es denominado como Eutroficación acelerada.

Pueden los contaminantes inorgánicos dividirse de la manera siguiente:

1) Metales.- Los drenajes de las minas son los principales contribuidores de estos contaminantes, cuyos dre-

najes ácidos degradan la calidad del agua por contaminación química; por sus sedimentos y alta concentración en hierro en especial, que al entrar en contacto con el agua hay formación de ácido sulfhídrico. Además contienen otros metales como plomo, cinc y otros.

Involucran así mismo a los procedentes de las industrias procesadoras de metales, como la de galvanoplastia, con alto contenido de cobre, cinc, cromo y bajo contenido de metales preciosos.

2) Minerales tóxicos.- Además de los minerales que son usados como nutrientes por determinadas especies de organismos acuáticos, están también aquellos con efecto tóxico para la vida acuática, pudiendo enunciar a los compuestos de cianuro, cadmio, arsénico, cromo hexavalente, etc.

3) Minerales radiactivos.- Son estimados dentro de los minerales por las siguientes consideraciones: los efectos nocivos que tiene la radiación y los metabolismos por los que son incorporados biológicamente, están regidos por la química de la molécula radiactiva, pero principalmente porque la tecnología requerida para eliminarlos,

depende esencialmente de la química de la molécula y no -- del factor de ser radiactivos.

4) Mercurio.- A causa de la alta toxicidad del mercurio y - sus compuestos, se ha juzgado tratarlos en forma individual. Las sales de mercurio y algunos derivados de compuestos - mercuriales orgánicos, han sido usados con gran frecuencia - como bactericidas, alguicidas, fungicidas, además de que - son usados dentro de algunos procesos industriales. Algu - nos minerales metálicos de mercurio se encuentran dispersa - dos en la naturaleza, como en rocas, suelos, aire y agua; - las rocas sedimentarias y el petróleo crudo con frecuencia - contienen altas concentraciones de mercurio, cayendo sobre - una concentración de 20,000 ppb de Hg.

Así es que la contaminación por mercurio puede originarse - tanto por medios naturales como artificiales, como son la - erosión de los suelos por acción del viento o del agua, -- desembocando finalmente a las corrientes de aguas, o bien, - por la contaminación por el petróleo, aceites fósiles y -- claro, por las aguas residuales industriales.

Es de gran interés notar que, altas concentraciones de mercurio se encuentran íntimamente relacionadas con minerales de origen biológico.

B) Microbiológica.

El efecto más perjudicial del agua contaminada, para el hombre, es quizá el de la transmisión de enfermedades. La fiebre tifoidea, el cólera y otras, han sido las causas del mayor número de defunciones producidas por el agua. La presencia de ciertos microorganismos en el agua, transmiten enfermedades al hombre, en muchos casos fatales, tal es el caso de la disentería, la hepatitis, gastroenterítis y es posible que también algunas de carácter viral, como la poliomielitis.

Puede decirse que la adición a las aguas de estos contaminantes se hace mediante las exoneraciones corporales tanto humanas como animales y son detectados cuando existen concentraciones anormales de compuestos de nitrógeno. (9)

2.4. Por su efecto biológico.



A) Degradables.- Son aquellos susceptibles a la acción de determinados microorganismos, que por medio de reacciones oxidativas enzimáticas dan origen a compuestos más simples que los originales, en otras palabras, sufren degradación biológica.

B) No degradables.- A los compuestos no degradables biológicamente se les denomina también bajo el nombre de moléculas conservativas. Comúnmente son compuestos químicos sintéticos carentes de susceptibilidad al ataque microbiológico, permaneciendo de tal manera inalterables en el medio ambiente.

Algunos de ellos son altamente tóxicos a los seres vivos aún a muy bajas concentraciones y este efecto puede perdurar por grandes lapsos, como sucede con los plaguicidas.

Existen otros que no son tóxicos, pero sí tienen efectos contaminantes, debido a que permanecen sin alteración alguna en el medio, puede decirse que por tiempo indefinido, el polietileno es un ejemplo clásico.

#### 5.2.5 Contaminantes térmicos;

Son contaminantes generados principalmente por los efluentes industriales. Se encuentran íntimamente ligados con las reacciones bioquímicas que acontecen en los habitats acuáticos, puesto que cualquier cambio en la temperatura ejerce variaciones notorias en tales reacciones, sobre todo, en lo que respecta a las velocidades de reacción.

Los sistemas biológicos tienen temperaturas óptimas de reacción, a las cuales las enzimas actúan y cualquier aumento o disminución podría producir una variación marcada en la reacción misma. Así, un decremento en la temperatura hace que la velocidad de reacción decrezca, mientras que un marcado aumento, hace que la velocidad de reacción se acelere hasta un punto en el cual las enzimas son físicamente desnaturalizadas. De manera que si una cierta enzima está catalizando una reacción de importancia para un organismo, cuando ella es desnaturalizada, hace que el organismo muera.

Desde el punto de vista ecológico, los cambios en la temperatura puede producir dos casos en los sistemas ecológicos. Primero, puede matar a algunos organismos y el segundo, que se acelere el crecimiento de otros que se hacen resistentes a los cambios de temperatura. El problema surge con esta situación, pues no se sabe cuales son los orga-

nismos que mueren y cuáles son los que viven e incrementan su población con las nuevas condiciones ambientales.

Además, cuando se agrega una cantidad suficiente de agua caliente a los cuerpos receptores, puede ocurrir la evaporación del agua, representando un peligro para los -- ecosistemas y al mismo tiempo ejercer cierta influencia en las condiciones climatológicas.

### 5. 3. Fuentes de Contaminación.

#### 5.3.1. Fuentes de la contaminación de primer orden.

Pueden enunciarse como fuentes de contaminación dentro de este grupo a las aguas negras con origen sanitario, doméstico y todas aquellas que de alguna manera se consideran naturales y que desembocan finalmente a las corrientes, tal es el caso de las aguas pluviales lavadoras del aire y de los suelos, como antes se mencionó.

Las aguas negras son conceptuadas como las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos y que resultan de la combinación de los desechos líquidos que provienen de las casas habitación y de instituciones en general. Son -- aguas que presentan un aspecto turbio, a causa de que poseen una gran cantidad de sólidos totales.

Pueden diferenciarse tres tipos de aguas negras:

Aguas negras frescas. Son las que están en su estado inicial, inmediatamente después de que han sido agregados los contaminantes. El oxígeno disuelto que estaba presente en el agua de abastecimiento, se encuentra aún.

en esta clase de aguas, y mientras esté presente, las aguas estarán en estado fresco. Su aspecto es turbio, contienen sólidos en suspensión, su color es gris, y su olor es a moho, no desagradable.

Aguas negras sépticas. En ellas el oxígeno disuelto se ha agotado completamente, de modo que la descomposición por acción bacteriana es ahora en condiciones anaerobias, con la generación de gases, ácido sulfhídrico, metano, amoníaco, como productos que hacen que las aguas adquieran un olor fétido y desagradable. Su color es negruzco por el alto contenido de sólidos en suspensión.

Aguas negras estabilizadas. Los sólidos, principalmente de carácter orgánico, han sido degradados hasta compuestos inertes, no sujetos a degradación ulterior, por los procesos naturales de autopurificación inherentes a cualquier corriente de agua cuando la cantidad de contaminantes así lo permite. El oxígeno disuelto se encuentra una vez más presente, puesto que éste es absorbido de la atmósfera nuevamente. Su contenido en sólidos es poco, y su color es ligeramente turbio, su olor ligero o nulo.

### 5.3.2 Fuentes de la contaminación de segundo orden.

Esta contaminación es, como se mencionó con anterioridad, consecuencia de las actividades tecnológicas del hombre, o sea, la fuente principal la constituyen las aguas residuales industriales. Este tipo de residuos varía tanto en composición como en cantidad, ya que dependen del tipo de industria y del proceso en sí mismo.

En muchas poblaciones la cantidad de aguas residuales industriales excede a las aguas negras municipales, además de que su poder contaminante es mucho mayor. El problema reside también, en que son pocos los desechos industriales que presentan características similares, además, con frecuencia se agregan a ellos las aguas que han sido usadas en Sistemas lavadores de gases, de humos, y en los Colectores húmedos de partículas, usados con el fin de eliminar contaminantes atmosféricos emanados durante el proceso.

Las aguas residuales son generadas en las industrias que poseen procesos húmedos, conteniendo normalmente materia disuelta, en suspensión, en estado coloidal,

tanto de carácter orgánico como inorgánico, además, pueden ser altamente ácidas o alcalinas, contener de terminadas concentraciones de materia colorante, etc.

El cuadro 5.1 reúne las principales industrias con las características y procedencia de sus efluentes.

#### 5. 4. Efecto de los contaminantes.

A través de la historia, el hombre ha estado sujeto a la acción nociva de plagas y epidemias, causas de insalubridad, así como por la contaminación de las aguas. En épocas relativamente recientes, una gran epidemia de tifoidea acontecida en Londres a mediados del Siglo XIX, subraya el peligro que representa para la salud del hombre, la contaminación de las aguas, sin embargo, es hasta recientes años cuando se perfila el peligro que ella representa en la degradación del medio ambiente.

Aparte de los efectos que esta contaminación manifiesta para la salud pública, se observa un incremento actual en lo concerniente a la vida marina y a todo tipo de vi da acuática.

INDUSTRIA

Del Acero

Plantas Fabricantes de metal

Textil:

Algodón  
Acabado de lana  
Acabado Rayón  
Acabado Acetato  
Acabado Nylon  
Acabado Orlon  
Acabado Dacrón

CONTAMINANTES

- Aceites y Lubricantes
- Solventes
- Sólidos suspendidos:  
arena  
coque y hulla
- Químicos:  
Lodos ácidos  
Aguas caústicas  
Substancias tóxicas  
Limpiadores
- Calor
- Partículas metálicas  
Aceites libres y solubles  
Agentes limpiadores
- Fungicidas
- Cromatos
- Peróxido de hidrógeno y Cloro
- Detergentes sintéticos
- Colorantes
- Ácidos
- Fenol y otros comp. orgánicos

CUADRO 5.1

FUENTES

- Laminado  
Lubricación del equipo
- Desengrase
- Fundición  
Planta de coque
- Subproductos  
Subproductos  
Tratamiento de los metales  
Desengrase, tratamiento de la superficie
- Agua de enfriamiento.
- Limpieza del producto y de la fábrica
- Tratamiento primario del algodón
- Del secado
- Blanqueado
- Lavado
- Teñido
- Baños
- Secado (fibras sintéticas)



Fábrica de Conservas

- Materia orgánica soluble, suspendida y coloidal.
- Materia inorgánica soluble y suspendida.
- Hidróxido de sodio.

- Lavado de la fruta y vegetales.
- Pelado de la fruta y vegetales.
- Lavado de la fruta y del equipo.

Avícola

- Sangre
- Plumas, víceras, estiércol.

- Matanza
- Granjas

Empacadora de carne

- Materia orgánica
- Sangre
- Grasas, proteínas

- Matanza
- Matanza
- Limpieza

De Productos Lácteos

- Materia orgánica
- Alta DBO
- Grasas, proteínas

- Sitios de recepción
- Plantas embotelladoras
- Plantas procesadoras
- Limpieza del equipo

Industrias de Fermentación.

- Flemas ( grano agotado )
- Compuestos orgánicos
- Residuos de la destilación del alcohol

- Cervecerías
- Elaboración de antibióticos
- Destilerías

Industrias Papeleras

- Ligninas
- fibras, cargas, gomas, colorantes (aguas blancas)
- pH alto o bajo, sólidos disueltos, suspendidos, coloides.

- Elaboración de la pulpa
- Elaboración del papel cocción, recocado, lavado, de fibras, cribado de pulpa y papel.

Tenerías

- Amoniaco, álcalis y ácidos agotados, pelo, sólidos totales dureza, sal, cromo, DBO alta.

- Lavado de pieles, blanqueo corte de pieles, apelmbrado, remojado y descarnado

Productos fotográficos

- Alcalinidad, agentes reductores orgánicos e inorgánicos

- Soluciones empleadas para fijar y desarrollar

Fabricación de Detergentes

- Alta DBO  
Jabones saponificados

- Lavado y purificación de jabones y detergentes

Fabricación de Explosivos

- TNT, colorantes, ácidos orgánicos, olores, alcohol de pólvora, algodón, metales, aceites y jabones

- Bañado del TNT y algodón de pólvora
- Bañado y decapado de cartuchos

Fabricación de Plásticos y Resinas

- Ácidos, causticidad, materia orgánica disuelta (fenoles, formaldehído)

- Operaciones unitarias de la preparación del polímero y su uso; derrame y lavado del equipo.

Cuadro 5. 2

TIPO DE CONTAMINANTE	CALIDAD DEL AGUA MAS AFECTADA			
	(A)	(B)	(C)	(D)
Bacterias	x		x	
Turbidez	x	x	x	x
Carencia de OD		x		
Materia inorgánica (Fe, Mn, Cu, Pb)		x	x	
Fenoles	x	x	x	x
Materia orgánica (aceites, pesticidas, etc.)	x	x	x	
Radiactividad	x	x	x	x
Calor	x	x		x
Nutrientes	x	x	x	x
Sólidos disueltos			x	x

( A ) = Recreación

( B ) = Vida acuática

( C ) = Usos municipales

( D ) = Usos industriales

De acuerdo con los usos o necesidades que se les da a las corrientes receptoras, los diferentes tipos de contaminantes realizarán su interferencia y sus efectos. De acuerdo con esto, las aguas deberán tener diferentes criterios de calidad. El Cuadro 5.2 resume los principales tipos de contaminantes, conjuntamente con el uso que se les da a las aguas cuya calidad se ve afectada.

#### 5.4.1. Efecto de la temperatura.

Se considera a la temperatura como contaminante por tener una influencia notable en las características físicas y químicas de las aguas receptoras, además de poseer una importancia relevante en el medio ambiente por: (37)

- Es un elemento fundamental en el ciclo hidrológico, sobre todo en la evaporación y transpiración.
- La temperatura de los cuerpos de agua influye directamente en los procesos de autodegradación de los desechos vertidos.

- La temperatura tanto del agua, como del aire, además de otros factores climáticos, rigen la disipación del calor de los cuerpos receptores, lo que es de especial interés cuando se encuentran sujetos a descargas térmicas.
  - Otros parámetros físicos y químicos que tienen importancia sanitaria, se encuentran en función de la temperatura, como es el caso del pH, la densidad, conductividad, la DBO y otros.
  - De especial importancia son los efectos que tiene la temperatura en los procesos de autopurificación de los residuos orgánicos, afectando simultáneamente a la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuelto (OD) y la rapidez de aereación.
- A) Efecto de la temperatura en la demanda bioquímica de oxígeno.
- El parámetro más apropiado para determinar la concentración de la materia orgánica en una muestra de agua, es la cantidad de oxígeno requerido para su estabilización, llamado Demanda Bioquímica de Oxígeno. (DBO)

La DBO puede expresarse cuantitativamente por la ecuación:

$$Y = L_0 ( 1 - 10^{-kt} ) \quad \dots\dots (1)$$

donde:

$Y$  = DBO después de un tiempo  $t$

$L_0$  = La cantidad total de oxígeno consumido durante la reacción

$k$  = Constante de degradación

$t$  = Tiempo.

La constante de degradación ( $k$ ), representa la rapidez de oxidación de la materia orgánica, y es una función de la temperatura.

La expresión general para el efecto de la temperatura en la constante de degradación es:

$$k = k_0 \emptyset ( t - t_0 ) \quad \dots\dots (2)$$

donde:

$k_0$  = Constante de degradación a la temperatura  $t_0$ .

$\emptyset$  = Coeficiente de temperatura, determinado en forma empírica.

Se acepta el valor de 1.047, aunque se han obtenido los valores siguientes:

$\emptyset = 1.056$  a la temperatura de 20°C a 30°C

$\emptyset = 1.135$  a la temperatura de 4°C a 20°C

Experimentalmente se ha encontrado el valor de  $k$ :

$k = 0.1$  a 20°C

La ecuación (2) muestra que al aumentar la temperatura, se incrementa el valor de la constante de degradación. Y de la ecuación (1) se observa por consiguiente, un aumento de la DBO.

Además del efecto que la temperatura tiene sobre estos parámetros, también influye, aunque en forma más limitada, en la cantidad de oxígeno consumido ( $L_0$ ).

B) Efecto de la temperatura en el nivel de saturación del oxígeno disuelto. (OD).

La solubilidad del oxígeno en el agua es una función de su presión parcial y de la temperatura. A presión atmosférica constante, el nivel de saturación del oxígeno disuelto disminuye al aumentar la temperatura, pero como también se incrementa la DBO, la capacidad de autopurificación se ve seriamente obstaculizada.

La dependencia del nivel de saturación del oxígeno con la temperatura se muestra en la Figura 5.2.

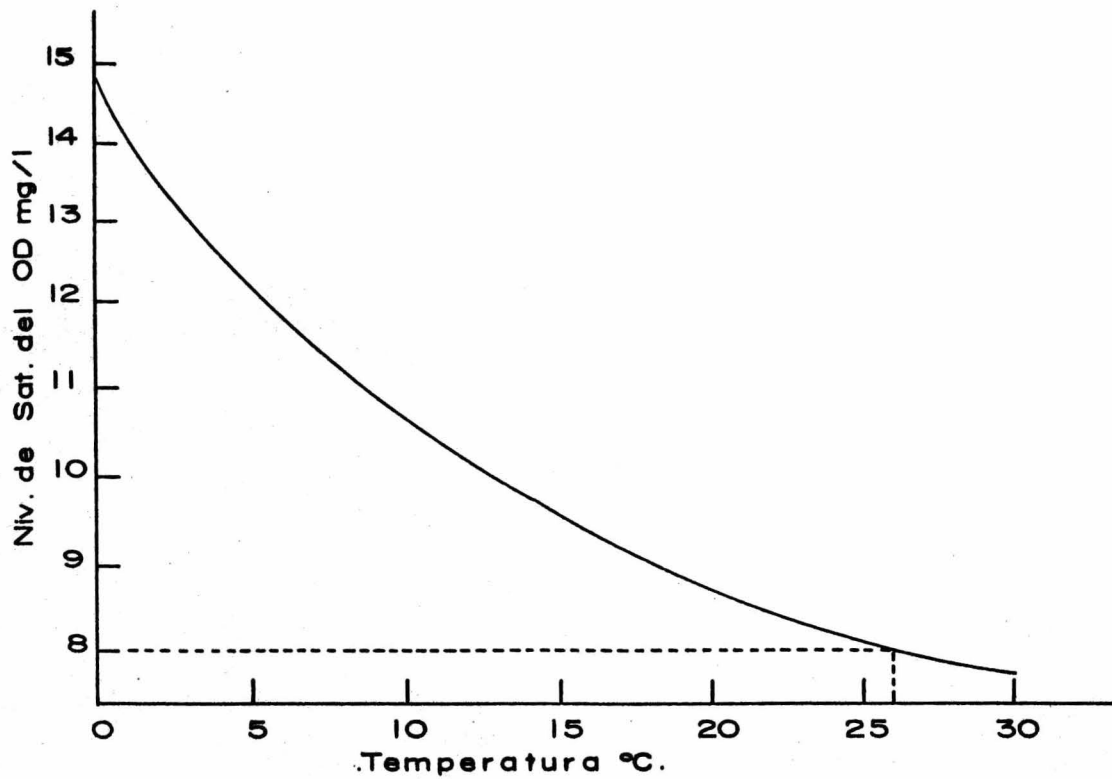


Figura 5.2



C) Efecto de la temperatura en la rapidez de aereación. Por medio de la aereación, de manera natural, el agua - puede ser dotada de oxígeno, el cual es absorbido cuando el agua se pone en contacto con el aire atmosférico. Dos mecanismos rigen este proceso: el de la Disolución y el de la Difusión. El primero actúa hasta saturar una película de aire en la interfase aire-agua. El segundo, actúa transfiriendo el oxígeno disuelto a partir - de esa zona, al seno del líquido.

Con el aumento de la temperatura se ve reducida la capacidad de saturación, y por consiguiente, disminuye la capacidad de dilución del oxígeno de la atmósfera, e igualmente, se ve abatida la rapidez de difusión del oxígeno al seno del agua.

#### 5.4.2 Efecto de los principales contaminantes en el hombre y en los ecosistemas acuáticos: (7, 47)

##### Contaminante

##### Efecto

pH	Un pH alto o bajo puede ocasionar la muerte de los peces, y la esterilidad en general de las -
----	--

ContaminanteEfecto

corrientes naturales, además, inactivar así los microorganismos esenciales en los procesos de degradación.

Sulfatos

Hombre: hipermovilidad gastrointestinal.  
Corrosión de las tuberías de los drenajes.

Nitritos

Producen metahemoglobina con la hemoglobina sanguínea.

Fosfatos

Aumenta la proliferación de algas, produciendo el fenómeno llamado Eutroficación.

Sulfuros

Generan olores desagradables. Tienen efectos tóxicos en los procesos de tratamiento anaerobio.

Grasas y aceites

Disminuyen la potabilidad del agua.  
Interfieren en los mecanismos de aereación.

Detergentes

La espuma hace que la transferencia de oxígeno al agua se vea obstruída.  
Los surfactantes son altamente tóxicos a la flora y fauna acuáticas.  
Tienen alto contenido de fosfatos.

Fenoles

Intoxicación: afectan al sistema nervioso central. Causan lesión hepática y renal. Hacen que la potabilidad del agua se vea disminuída.

ContaminanteEfecto

Plomo

Intoxicación: Saturnismo, es el nombre que se le dá a la enfermedad producida por la intoxicación con este metal.

Las sales de plomo, forman una película mucosa coagulante en los peces, primero en las agallas, posteriormente en todo el cuerpo causando sofocación.

Cianuros

Los cianuros ácidos presentan una gran toxicidad, mientras que en los alcalinos, su toxicidad es relativa.

Los microorganismos responsables de los procesos de autopurificación son inhibidos, aún a una concentración de 0.3 ppm de  $\text{CN}^-$ . Tienen efectos muy tóxicos en la fauna acuática a concentraciones de 0.1 ppm de  $\text{CN}^-$ .

Arsénico

Altamente tóxico al hombre: produce gastroenteritis violenta, seguida de nefritis, hepatitis o neuritis. Lesiona al hígado y al riñón. Afecta también, los nervios periféricos que origina alteraciones sensoriales progresivas y motoras.

ContaminantesEfecto

Cromo Hexavalente	Muy tóxico al hombre, flora y fauna acuáticas. Se considera que es un carcinógeno potencial.
Bario	Sales solubles: bastante tóxicas. Estimula los músculos lisos, estriados y cardíacos, produciendo disfunción cardiaca, hipertensión arterial y contracciones musculares. (Hombre).
Cadmio	En el hombre produce gastroenterítis aguda, lesiona al hígado y riñones, así como a la médula ósea.
Cobre	Afecta al sistema nervioso central (Hombre)
Mercurio	Envenenamiento con mercurio: insuficiencia respiratoria y circulatoria. Afecta al cerebro (Hombre). En los peces los efectos son similares.
Fluoruros	Cuando la concentración es elevada, se produce fluorosis dental (Hombre).
Factor de Blandura	Aumento de enfermedades cardiovasculares --- (Hombre)
Petróleo	Destruye o limita la vida marina, los habitats acuáticos, produce la muerte de pájaros, crea

<u>Contaminantes</u>	<u>Efectos</u>
Petróleo (cont.)	zonas de incendio, limita o destruye las re- creativas.
Radiación	Tiene efectos somáticos y genéticos. Hay riesgo de leucemia (Hombre). Limita la expansión de la vida, crecimiento y del desarrollo. Tiene efectos en la vista y en la piel --- (Hombre).
Pesticidas	Produce intoxicación por estos compuestos. Existe acumulación de éstos en el tejido adi- poso. Reducción del desarrollo de una gran variedad de poblaciones, cesa el proceso reproductivo de una diversidad de peces. Hay eliminación casí completa de muchas especies de pájaros y otras acuáticas.

#### 5.4.3. Eutroficación.

El término eutroficación se refiere al autoenriquecimien-  
to natural de lagos oligotróficos. Enriquecimiento que  
implica un incremento de la materia orgánica en los la-

gos, la que inicialmente era extremadamente pequeña, al igual que el contenido de material inorgánico.

Las algas aparte de consumir energía para realizar el proceso fotosintético, también necesitan de elementos nutritivos inorgánicos, como los compuestos de nitrógeno, fósforo, hierro, potasio, para su crecimiento. De modo que un lago puede soportar una cantidad determinada de algas, dependiendo del contenido de nutrientes que pueda proporcionar, es así como se ve incrementada la cantidad de estas especies, a medida que los minerales son llevados a los lagos por los ríos.

Cuando la concentración de nutrientes es elevada, las algas crecen rápidamente, pudiendo cubrir la superficie del lago como una estera limosa y al morir aumenta grandemente el contenido de materia orgánica, que posteriormente será degradada por microorganismos, consumiendo por lo tanto, el oxígeno disuelto del agua. Semejante sucesión de procesos en un estado en el que el agua por debajo de la capa limosa es pobre en oxígeno, como consecuencia, existe una condición no favorable para la conservación de la vida acuática. Es en este estado cuando el lago se encuentra eutroficado.

Cuando este proceso tiene lugar sin que las acciones del hombre intervengan, suele ser demasiado lento, pudiendo durar cientos o miles de años y forma parte de la transformación de un lago a pantano, y finalmente en prado.

La eutroficación se ve acelerada cuando se agregan al lago, elementos nutritivos vegetales como los fertilizantes, así como los detergentes sintéticos, que contienen elevadas concentraciones de compuestos que son nutrientes para las algas: ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, fosfatos de monohidrógeno, fosfatos de dihidrógeno, nitratos, principalmente.

La formación de sedimentos y la sedimentación son la base del problema de la eutroficación, que encuentran relación con los lodos inorgánicos y orgánicos. Es por ésto, que los contaminantes deben ser eliminados antes de ser arrojados a las corrientes, para evitar que entren al ciclo de los nutrientes.

Además de los nutrientes citados con anterioridad, existen otros más que tienen ingerencia en el crecimiento de ciertas poblaciones en un lago, en un punto determinado,

ellos son: carbonatos, manganeso, magnesio, calcio, hierro, molibdeno, cobre, cobalto, zinc, sodio, así como otros factores ambientales como la temperatura, la luz solar, además, los drenajes municipales y de agricultura. Sin embargo, el contenido de nitratos y fosfatos parecen ser los causantes principales del fenómeno.

Cabe hacer notar que, la producción de metano es en grandes cantidades en el agua eutroficada, a una temperatura considerablemente abajo de la asociada con la digestión anaerobia de los procesos de tratamiento de las aguas negras. Lo cual implica la existencia de bacterias productoras de metano, el que es de suponerse, se oxida antes de que escape a la atmósfera, estableciendo la recirculación del carbono en el agua, haciendo que la velocidad de eutroficación se acelere, por la incorporación del elemento al ciclo de los nutrientes. (7,30,34)



### 5.5. Autopurificación de las corrientes.

Una corriente de agua contaminada, en un punto determinado tiene la tendencia a volver a las condiciones en que se encontraba en su estado inicial, es decir, antes de que se arrojara a ellas los contaminantes; a este proceso se le denomina autopurificación.

La autopurificación se lleva a cabo por medios físicos, químicos y biológicos. Los primeros son esencialmente la sedimentación de los sólidos suspendidos, formando depósitos conocidos como bancos de lodos; además por la clarificación y otros efectos de la luz y la reacción.

Más complejas resultan las reacciones químicas y biológicas, que son realizadas mediante el siguiente mecanismo: ciertos microorganismos se alimentan de la materia orgánica, produciendo compuestos más simples de desecho, que al mismo tiempo sirven como alimento para otros organismos que les suceden en la cadena alimenticia, continuando así, el proceso de degradación, hasta que los compuestos orgánicos complejos

quedan finalmente reducidos a compuestos inórganicos estables, que a su vez son utilizados como alimentos por otras formas biológicas, como las algas, que durante su proceso de desarrollo y metabolismo generan oxígeno como producto. Es así como el agua, además de la reareación, vuelve a tener oxígeno disuelto; situación que hace que el agua adquiera de nuevo las condiciones de relativa limpieza, y que se pueda considerar que el proceso de autopurificación se ha completado.

Desde luego, éste proceso depende de varios factores como el tiempo, la temperatura, el abastecimiento de oxígeno y otros ambientales que regulan el desarrollo biológico.

La autopurificación de una corriente se realiza en cuatro etapas, por lo que la corriente se ha dividido en cuatro zonas que no poseen una limitación bien definida.

Zona de degradación. Se caracteriza por presentar signos visibles de contaminación, porque contiene gran cantidad de sólidos en suspensión. Además, el oxígeno disuelto se ve abatido aunque no se agota, lo que ocasiona

na que la fauna acuática disminuya considerablemente, quedando limitada a aquellas especies que sean capaces de vivir en condiciones de poca cantidad de oxígeno disuelto.

Existe abundante actividad biológica, hay presencia de una serie de bacterias, aún las patógenas, virus, hongos, etc., que estaban presentes en las aguas negras. Esto genera que el oxígeno sea agotado en forma gradual.

Zona de descomposición. Se caracteriza por las condiciones anaerobias prevaletientes en la corriente, puesto que todo el oxígeno disuelto está casi o totalmente agotado, desapareciendo por lo tanto, toda la fauna acuática.

A medida que el oxígeno se va agotando, la zona de degradación se convierte en la de descomposición, generando como consecuencia olores ofensivos y que el agua adquiere un color obscuro, por los productos de la descomposición de los compuestos orgánicos, por acción de ciertos organismos anaerobios presentes en grandes cantidades. La disminución de la sedimentación de los sólidos es notoria, a medida que la descomposición se realiza.

Una reareación del agua permite que el oxígeno iguale la cantidad que existía en un principio y posteriormente exceda al que se va necesitando para la descomposición bioquímica, de modo que al final de esta zona de descomposición, existe algo de oxígeno disuelto, dando origen a la tercera zona, la de recuperación.

Zona de recuperación. Hay presencia de mayores cantidades de oxígeno disuelto, y la cantidad de sólidos en suspensión es casi nula en esta zona. Las especies anaeróbicas se han extinguido, prevaleciendo las aeróbicas. La fauna y la flora acuáticas pueden vivir nuevamente bajo las condiciones alcanzadas.

Si el oxígeno no llega a agotarse, no se presenta la zona de descomposición, sino que la zona de recuperación es inmediata a la de degradación.

Zona de agua limpia. La apariencia del agua es similar a la que presentaba antes de que fuera contaminada, puesto que no existen sólidos visibles, el agua es clara, y hay una recuperación de su transparencia natural, además, la concentración de oxígeno disuelto es cercana o está en el punto de saturación.

Existen microorganismos vivos, incluyendo las bacterias, pero en cantidades relativamente bajas, y los organismos superiores son abundantes.

Desde luego, el tiempo requerido para el proceso de autopurificación depende del volumen y la fuerza de la contaminación, del caudal de la corriente, y principalmente, si se descarga o no una contaminación adicional durante el proceso.

A pesar de que por medio de éstos procesos se elimina completamente la materia orgánica sujeta a degradación biológica, existen otros contaminantes que persisten, como los compuestos metálicos y otros provenientes de procesos industriales y de manufactura. Si estos contaminantes se encuentran en concentraciones relativamente altas, inhiben e interfieren en las reacciones bioquímicas de degradación; permaneciendo como contaminantes residuales que pueden cambiar a tal grado la calidad del agua, que la hacen impropia para diversos usos. (7, 29, 30, 34, 35)

#### 5.5.1. Degradación de los compuestos orgánicos.

Cabe mencionar que se ha estimado que los microorganismos

mos constituyen una gran porción de la masa de las descargas fecales, por lo tanto, son uno de los principales componentes de las aguas negras, conjuntamente con los compuestos orgánicos.

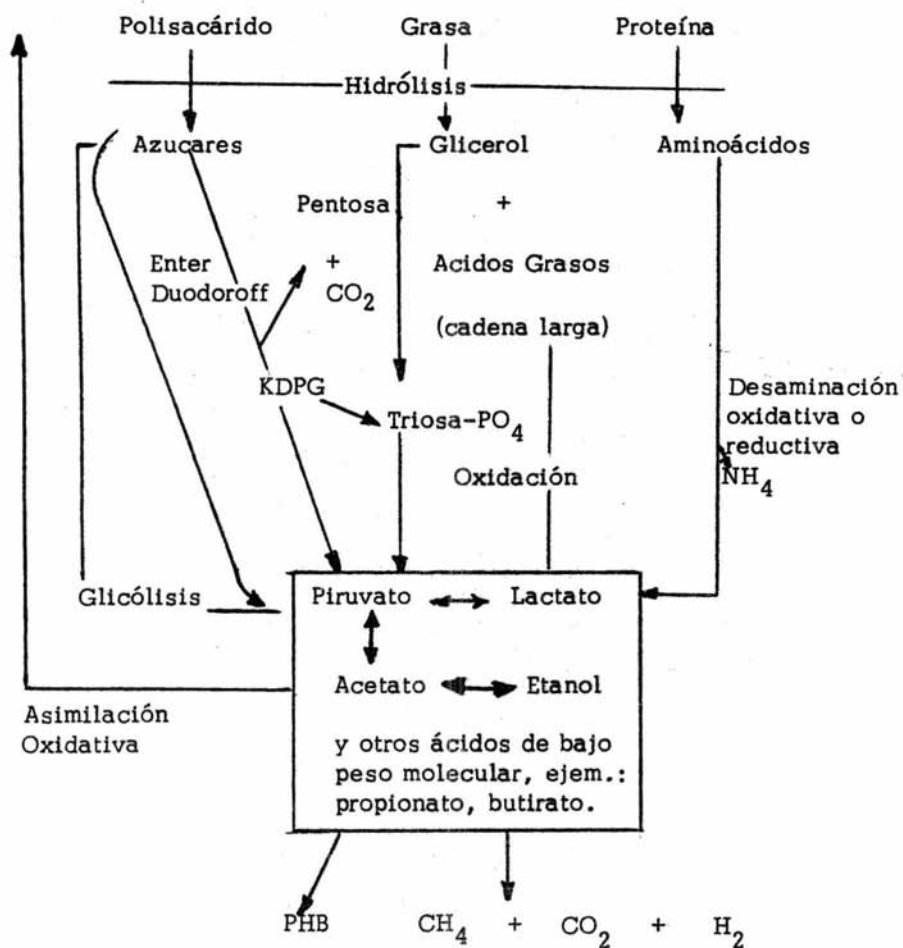
Los mayores contaminantes orgánicos, desde el punto de vista de peso molecular, son los polisacáridos, grasas, proteínas, ácidos nucleicos y una gran variedad de sus combinaciones, como los peptidoglicéridos, lipopolisacáridos, ácidos poliribonucleicos, fosfolípidos, etc.

La degradación de los polímeros orgánicos a sus componentes monoméricos se realiza vía hidrólisis, destruyendo así al polímero. La reacción es catalizada por las enzimas hidrolasas, las que son individuales y específicas para un sustrato determinado.

En las actividades catabólicas y metabólicas de microorganismos se encuentran basados la mayoría de los métodos de tratamiento de las aguas negras y residuales, con el fin de convertir los contaminantes a compuestos que sean fácilmente oxidados y por consecuencia, que demanden una menor cantidad de oxígeno.

La Figura 5.3 muestra la secuencia general de la degradación de las principales categorías de compuestos orgánicos.

Fig. 5. 3



Dugan, P. R.  
 Biochemical Ecology of water pollution  
 Plenum Press  
 New York (1972)

### 5. 5.2. Descomposición anaerobia.

Este proceso ocurre en el fondo de los lagos y pantanos, bajo las condiciones de ausencia de oxígeno disuelto, actúan bacterias del género de Clostridium, efectuando dos tipos de procesos:

#### A) Fermentación de los carbohidratos:

Los carbohidratos son fermentados, produciendo ácidos grasos de cadena corta, principalmente ácidos butírico, propiónico y acético, así como alcoholes.

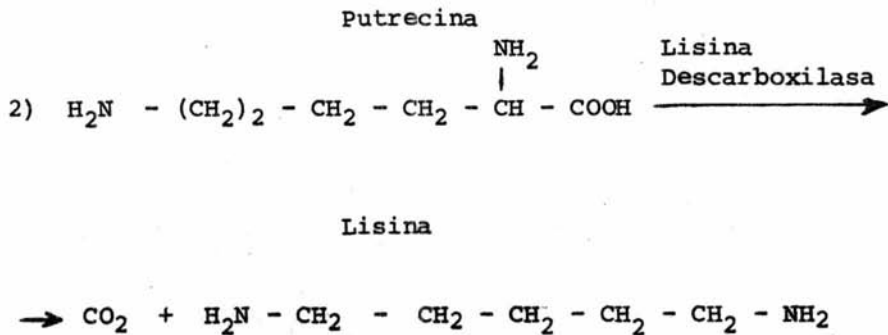
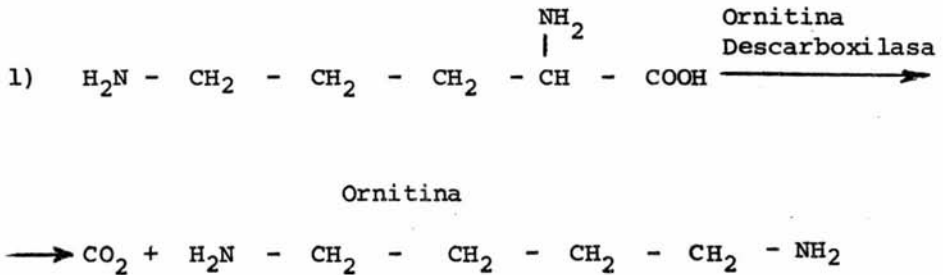
Estos productos sufren también reacciones por la acción de un grupo de bacterias que son conocidas en forma colectiva como Metano-Fermentadoras, así es que el producto de esta fermentación es metano. Se conocen cuatro clases de ellas: Metanobacterias, Metanobacilos, Metanococos, Metanosarcina. La oxidación del sustrato por una sola especie es con frecuencia incompleta, pero el producto parcial de degradación puede ser sustrato para otras especies. En la tabla 5.1 se ilustran algunos de los compuestos orgánicos que actúan como sustratos, así como las especies de bacterias que sobre ellos actúan. (34).

#### B) Degradación de aminoácidos. (34)

Muchos de los procesos de degradación de los aminoácidos



se hacen en condiciones anaerobias, bajo la acción de determinados microorganismos que actúan en estos medios, proceso que se denomina Putrefacción. Algunos ejemplos se citan a continuación, en los que se efectúa la Descarboxilación.



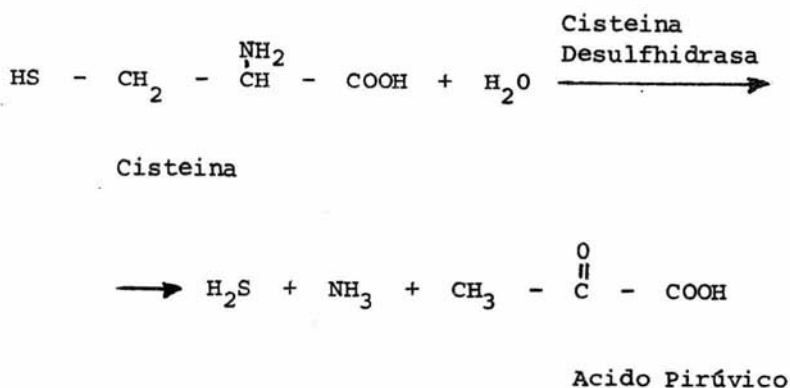
Cadaverina

Los aminoácidos que contienen azufre, bajo la acción enzimática de ciertas bacterias, liberan ácido sulfhídrico al medio que les rodea.

Tabla 5.1

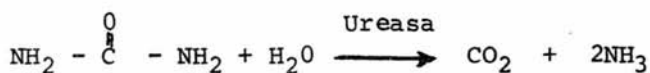
Especies de Metanobacterias	Sustrato
M. Formicicum	- HCHO, CO, H <sub>2</sub>
M. Omelianski	- alcoholes primarios y secundarios
M. Sohngenii	- acetato y butirato
M. Suboxydans	- butirato, valerato, caproato
M. Mazel	- acetato y butirato
M. Vaniellii	- formato, H <sub>2</sub>
M. Methanica	- acetato, butirato
M. Barkerii	- metanol, acetato, formato, HCHO

Dugan, P. R.  
 Biochemical Ecology of Water Pollution  
 Plenum Press  
 New York (1972)



Todos estos procesos anaerobios al producir aminas, mercaptanos, ácido sulfhídrico y compuestos determinados, generan olores desagradables que hacen característicos a los procesos de putrefacción.

Existen procesos que se pueden realizar en condiciones anaerobias como aerobias, un ejemplo es la descomposición de la urea, catalizada por la enzima ureasa. <sup>(34)</sup>



### 5.5.3. Degradación de los hidrocarburos.

Los hidrocarburos de la serie alifática, aromática o

nafténica, cuando se encuentran como contaminantes del agua y aire, en cualquiera de sus tres estados, sólidos, líquidos o gaseosos, son susceptibles a la degradación mediante la acción oxidativa de ciertos microorganismos.

Los hidrocarburos alifáticos son oxidados más rápidamente que los aromáticos o que los nafténicos de modo que los alifáticos de cadena larga son atacados preferentemente, de igual modo, la susceptibilidad al ataque aumenta en los carbonos terminales y cuando se encuentran compuestos cíclicos en estos últimos. Se ha observado también, que las cadenas ramificadas reducen la posibilidad de ataque, de esta manera, los compuestos son ramificados como la gasolina, son bastante resistentes a este tipo de oxidación.

En la oxidación de los hidrocarburos pueden apreciarse dos casos: cuando los hidrocarburos son usados por ciertos microorganismos para su crecimiento, o bien, cuando son cooxidados ante la presencia de otros nutrientes. En el primer caso se puede deducir un enriquecimiento de determinadas poblaciones que utilizan a estos compuestos con ese fin. En el segundo caso, se pueden establecer anticipadamente los productos de reacción, que se espera son acumulados en el medio, causando reacciones secundarias. (49,52,53)

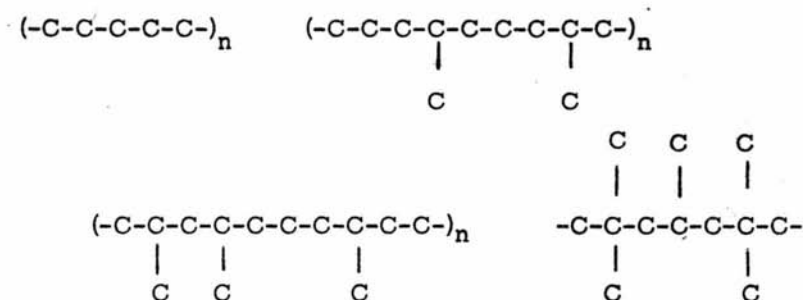
## 5. 6. Moléculas conservativas.

Las moléculas conservativas incluyen a aquellas que como su nombre lo indica, son resistentes al ataque biológico, tal es el caso de los isoalcanos, los detergentes aniónicos sintéticos, los hidrocarburos halogenados, en forma especial los clorados que son usados como pesticidas.

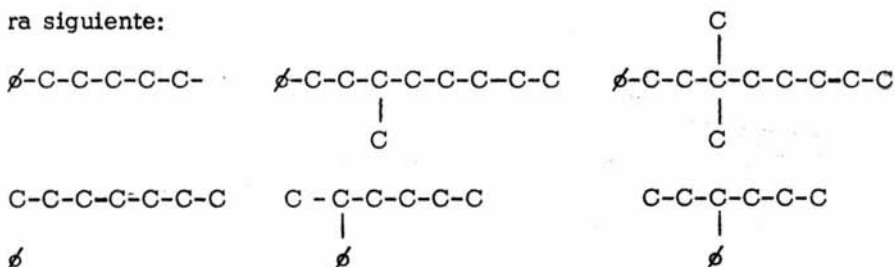
### 5. 6. 1. Isoalcanos.

Los hidrocarburos ramificados son más resistentes al ataque enzimático que aquellos de cadena lineal del mismo modo que lo son los insaturados en comparación a los saturados que, presentan igualmente mayor susceptibilidad a la acción biológica.

Cabe mencionar además, que aquellos compuestos que tienen un grupo metilo como ramificación, sólo pueden ser oxidados cuando la molécula es lo suficientemente larga y carente de alguna otra ramificación y cuando un alcano posee una ramificación con un grupo alquilo mayor que un metilo, o bien, con varios metilos, no sufre oxidación alguna. El orden de susceptibilidad a la oxidación biológica, en forma decreciente, es de la manera siguiente:



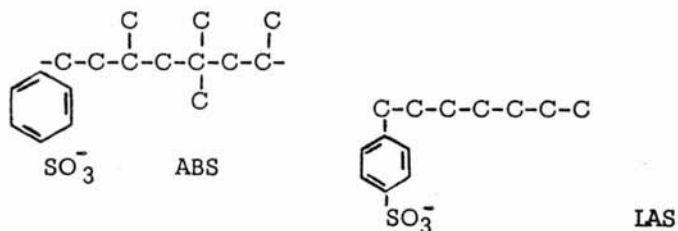
De modo similar, cuando se encuentra presente en la cadena larga de un alcano, un grupo fenilo, tanto en los carbonos terminales, como en los intermedios, la susceptibilidad disminuye de la manera siguiente:



### 5.6.2. Detergentes aniónicos sintéticos.

Algunos detergentes aniónicos son descritos como "duros" debido a la resistencia que presentan al ataque microbiano, ellos son los detergentes Sulfonato de alquilbenceno (ABS); la molécula está cons

titufda por un anillo bencénico, con un grupo sulfonato, unido a un extremo de la molécula de un alcano bastante ramificado.



A otro grupo de detergentes se les ha denominado como "suaves" por ser fácilmente metabolizados enzimáticamente y son los Sulfo natos de alquilo lineal (LAS), con una cadena lineal y no ramificada como los ABS. Reneen y Swisher mencionan que los LAS son biológicamente degradables tal y como lo son otros compuestos naturales esencialmente orgánicos presentes en el agua. Allred y Huddleston sugieren que el mecanismo de degradación es mediante beta oxidación.

La biodegradabilidad de los detergentes se encuentra íntimamente ligada con la estructura molecular.

En los ABS es relativamente más rápida y fácil cuanto más recta y larga es la cadena principal y mayor la distancia entre el grupo sul fo nato y el extremo de la cadena. Respecto a la posición del sulfo nato, las experiencias han mostrado que en los ABS de cadena rec ta en cuyo extremo se encuentra el grupo fenilo, hay una degrada

ción más rápida cuando se encuentra en posición para, que cuando se encuentra en orto. Se puede concluir que la velocidad de degradación se encuentra en función de la distancia entre el grupo sulfonato y el final de la cadena, como sucede en los hidrocarburos.

Se observa que la velocidad de degradación se abate cuando la cadena se ramifica con grupos metilos y aún más cuando la molécula de un ABS tiene un átomo de carbono cuaternario en una cadena bastante ramificada y por impedimento estérico disminuye la susceptibilidad al ataque enzimático. Sin embargo, cuando hay un átomo de carbono cuaternario en una cadena lo suficientemente larga y lineal, puede por ello tener algún punto de ataque, como es el caso del 2 fenil-2 metil-undecano.

Parece ser que los alquil bencenos con estructura cíclica poseen una resistencia ligeramente mayor que la de los de cadena lineal, aún cuando los compuestos cíclicos en forma aislada son degradados con cierta facilidad.

El mecanismo de degradación de los ABS se realiza por los caminos comunes de biodegradación, es decir, sufren una beta oxidación, mientras que el grupo sulfónico se



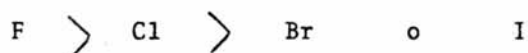
encuentra sujeto a la hidrólisis enzimática por una variedad de bacterias acuáticas, no siendo por lo tanto, este grupo en sí el responsable de la naturaleza conservativa de la molécula.

Cabe citar que uno de los principales problemas referentes a los detergentes es la alta concentración de compuestos de fósforo, en forma de fosfatos, que son adicionados como agentes ablandadores del agua y que son los responsables, además de otros compuestos, del acelerado crecimiento de las algas. Se ha contemplado la posibilidad de substituir a los fosfatos por compuestos como boratos y triacetato de amino nitrilo, pero desde el punto de vista anticontaminante, el problema persiste, ya que tanto el nitrógeno como el boro y el acetato pueden estimular también el crecimiento de algas, además, el borato puede ser, aún a bajas concentraciones, tóxico para la vida acuática. (34,35,42,43,48)

#### 5.6.3. Hidrocarburos halogenados.

Los hidrocarburos pueden ser más conservativos por la presencia de halógenos en la molécula, aumentando aún más la resistencia al ataque dependiendo del halógeno

subsistuyente, es decir, la resistencia decrece en el orden siguiente:



Muchos hidrocarburos halogenados han sido usados como agentes antibiológicos, como los fenoles clorados que tienen uso como germicidas, el pentaclorofenato de so dio y el haxaclorofeno usados como germicidas típicos y una gran variedad de hidrocarburos clorados han sido usados como pesticidas, compuestos potencialmente nocivos como contaminantes ambientales, ya que presen tan la particularidad de ser altamente tóxicos a la mayoría de los sistemas biológicos, además, son bastante resistentes a la degradación, ofreciendo por consecuencia, su acumulación en el medio ambiente. (30)

## 5. 7. Métodos de control.

Los diversos métodos existentes para tratar las aguas negras, pueden integrarse dentro de los procesos siguientes:

Tratamiento preliminar

Tratamiento primario

Tratamiento secundario

Tratamiento terciario

Tratamiento de lodos

(28, 29, 30, 35, 36)

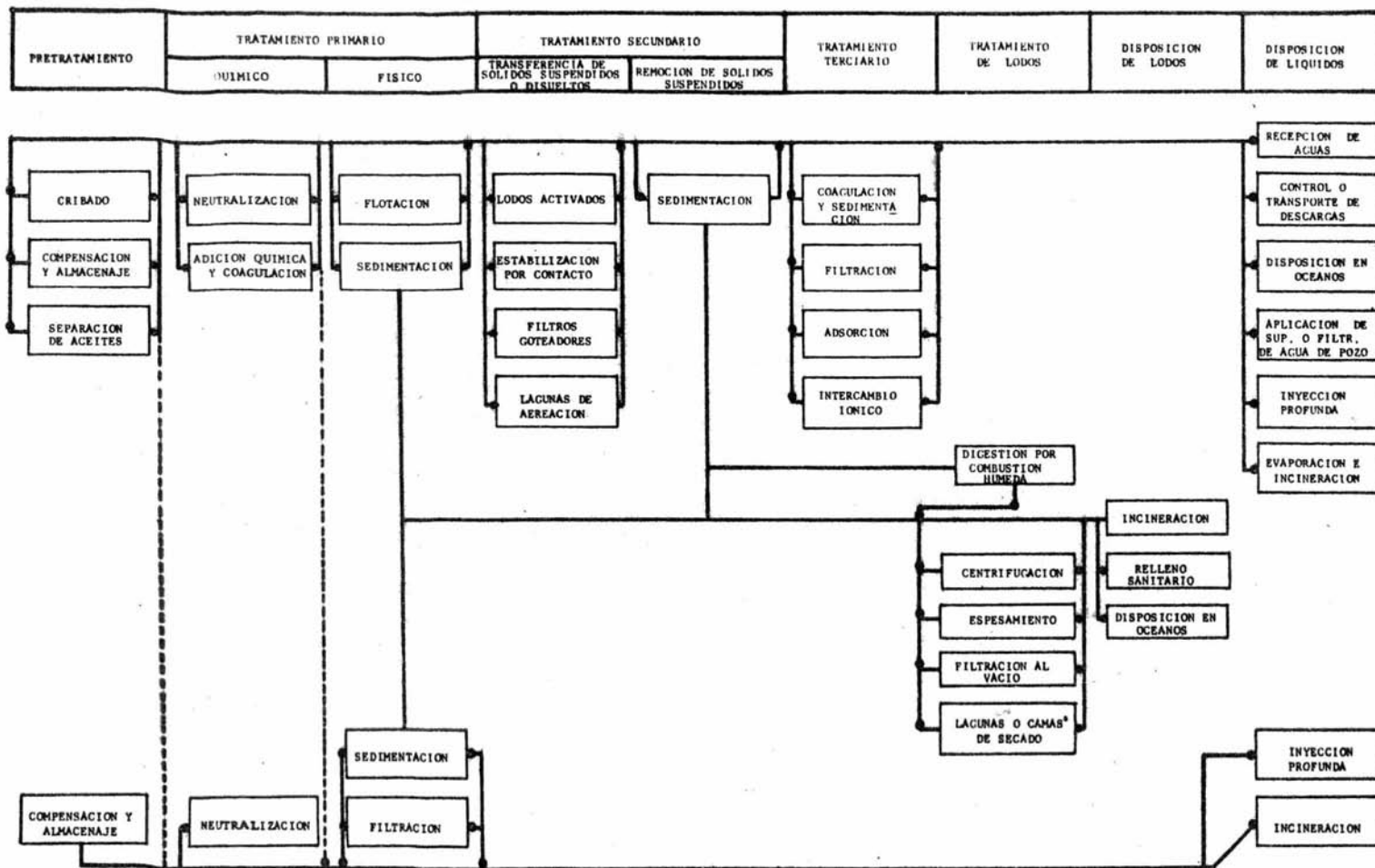
Una configuración de los procesos pueden ser esquematizados en la figura No. 5.4.

### 5.7.1. Tratamiento preliminar.

Los objetivos de este tratamiento son:

-Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos que se encuentran en suspensión. Los contaminantes de este tipo son materia fecal, papel, trozos de madera, y basura en general.

-Eliminar los sólidos inorgánicos pesados que no son susceptibles a la degradación biológica, como arena, grava, objetos metálicos; denominándoseles a todos ellos como arena.



- Hacer la separación de grasas y aceites.

Generalmente el equipo que se usa con éstos fines es el siguiente:

#### Molinos cortadores y trituradores.

Su finalidad es la de triturar y cortar los sólidos hasta un determinado tamaño que no ejerza obstrucción al equipo, bombas, tuberías, o a los procesos de tratamiento ulteriores.

Puede hacerse una combinación de cribas y cortadoras, instaladas dentro del flujo de las aguas negras, de manera que no sea necesario hacer la separación de los sólidos para ser triturados. Estan constituídos por hojas dentadas o afiladas, que se encuentran trabajando en forma continúa.

#### Desarenadoras.

La arena debe ser removida antes de que llegue a las bombas y a las unidades de tratamiento, con el fin de evitar los daños que pudiera sufrir el equipo. Los dispositivos usados son las cámaras desarenadoras, construídas por lo general en forma de canales alargados de poca profundidad. Capturan partículas que tienen una densidad de 2.65 y un diámetro de 0.002 cm.

Estas cámaras tienen su sección transversal en ángulo recto con la dirección del flujo, que se hace uniforme a través de todo lo largo de su longitud, además, la velocidad de desplazamiento se mantiene esencialmente constante a todas las profundidades del flujo cuando se coloca un vertedor de flujo proporcional, una garganta vertical o un medidor de resalto. (Fig. 5.5)

#### Tanques de preareación.

Con frecuencia se acostumbra hacer una areación de las aguas negras antes de que se realice en Tratamiento Primario, con el objeto de que se abata la DBO, de regenerar las condiciones aerobias, obtener mayor eliminación de los sólidos suspendidos durante los procesos de sedimentación, ya que al contacto con el aire, se aglomerarán; remover las partículas de grasa y aceites presentes en el agua. Esto se logra con la introducción de aire comprimido por un período de 20 a 30 min. generalmente, en una proporción de 0.75 l de aire por litro de agua. O bien, mediante la agitación mecánica, para que el agua se ponga en contacto con el aire atmosférico y se absorba el oxígeno, puede también estar acompañado por el suministro de aire comprimido,

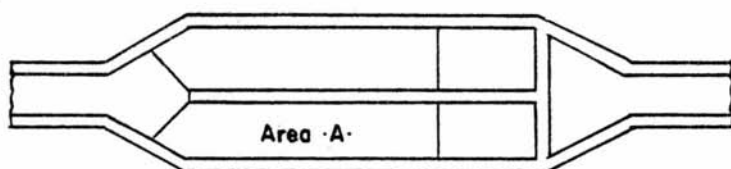
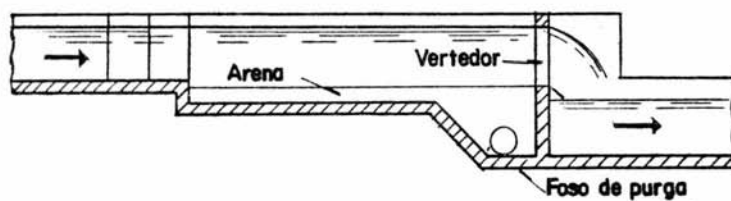
**PLANTA****ELEVACION TRANSVERSAL**

Figura 5.5

obteniendo una mayor agitación y por consecuencia una mayor aereación.

#### 5.7.2. Tratamiento primario.

Aún después de que se realizó el Tratamiento preliminar, el contenido de sólidos es bastante, así como el de pequeñas partículas, pudiendo ser removidos por medios físicos y químicos.

##### A) Físicos.

Los sólidos en suspensión son eliminados en función de la acción de la gravedad.

##### Sedimentación.

En conocido también éste proceso como Clarificación o Espesamiento. Puede ser considerado en 3 configuraciones básicas dependientes de la naturaleza de los sólidos.

##### 1) Sedimentación directa.

Las partículas mantienen su individualidad y no sufren cambio en su tamaño, forma o densidad, durante el proceso de sedimentación.

Bajo tales circunstancias, puede decirse que la sedimentación no se obstruye y que es una función de las pro-



propiedades del fluido y de las características de las partículas. Un ejemplo se tiene en los materiales inertes pesados.

### 2) Sedimentación de suspensiones floculantes.

La floculación ocurre cuando las partículas se aglomeran durante el período de asentamiento, lo que implica un cambio en el tamaño, así como en la velocidad de sedimentación.

Normalmente los cúmulos formados tienden a sedimentarse con mayor rapidez que las partículas o flóculos que los constituyen y que son juntados al chocar con el líquido.

### 3) Zona de sedimentación.

Esta zona involucra una suspensión floculada, formando una estructura de enrejado.

Se caracteriza de los lodos activados y de las suspensiones químicas floculadas, al exceder la concentración de los sólidos a 500 mg/l aproximadamente, porque las partículas aglomeradas se adhieren unas a otras, obteniendo una masa que sedimenta, formando una sábana, lo que origina una interfase distinta entre el aglomerado y el sobrenadante.

Equipo. Los calificadores pueden ser tanto de forma rectangular como circular, algunos tienen como función adicional la de ser utilizados para la descomposición de los sólidos orgánicos sedimentables, proceso conocido como digestión de lodos. Entre los diversos tipos los más comunes son:

#### Tanques sépticos.

Están diseñados para mantener las aguas a muy bajas velocidades y bajo condiciones anaerobias por un periodo de 12 a 24 horas, durante el cual se elimina la mayoría de los sólidos sedimentables. La descomposición se efectúa en el fondo del tanque en ausencia de oxígeno, lo que genera desprendimiento de gases que hacen un arrastre de los sólidos hacia la superficie, formando una nata que finalmente sedimenta. Esto hace que algunos sólidos salgan a la superficie, es decir, a la corriente, frustrando así los propósitos del tanque.

Cuando los periodos de retención son largos, las aguas adquieren condiciones sépticas que hacen difícil el --tratamiento biológico, por ello el uso de estos tanques es prácticamente nulo. (Fig. 5.6.)

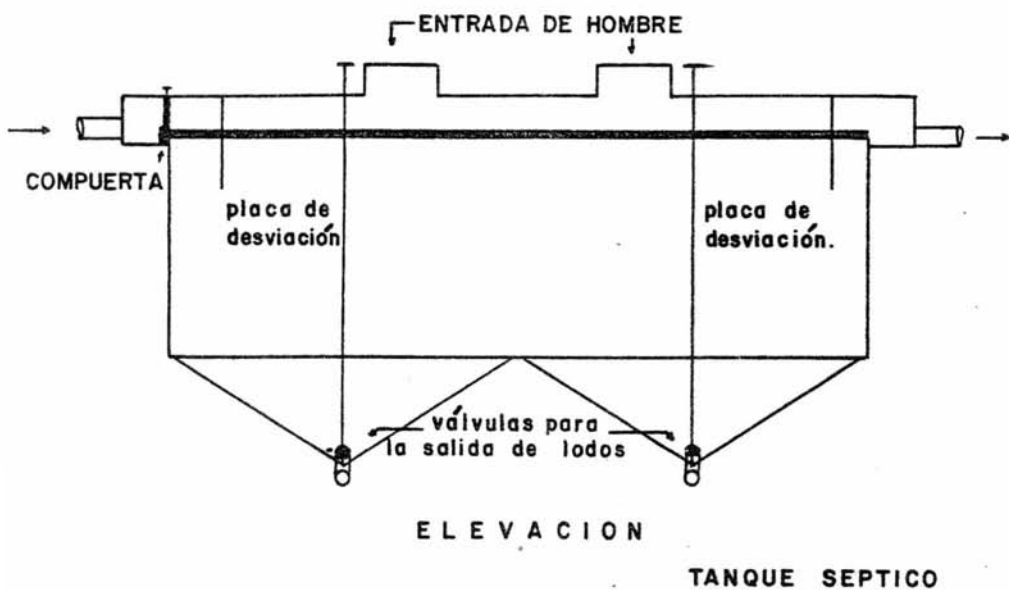
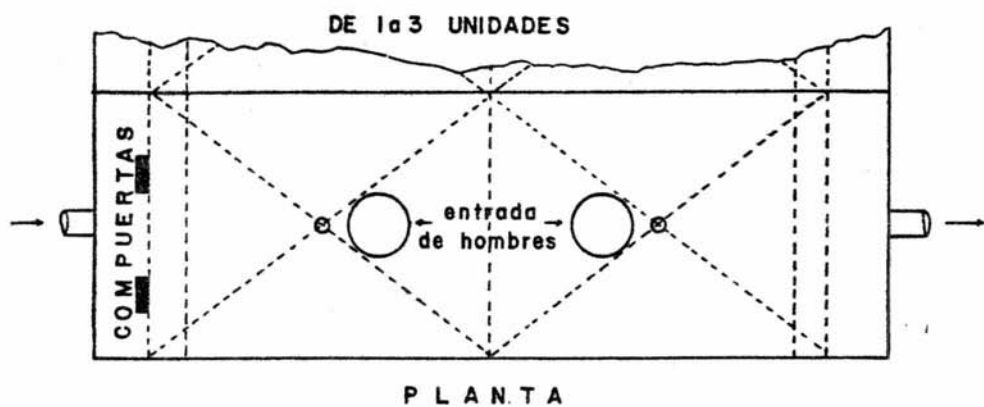


Figura 5.6

### Tanques de doble acción.

La finalidad de estos tanques es impedir que los sólidos que se han separado se mezclen nuevamente con las aguas negras, teniendo de este modo, un tiempo determinado de retención necesario para la descomposición, quedando - eliminado el contacto entre los lodos y las aguas.

El tanque que es más usado es el Imhoff, que puede ser tanto circular como rectangular. Posee 3 cámaras: una cámara de derrame continuo o compartimiento de sedimentación, una cámara de digestión de lodos y un respiradero, por último, una cámara de natas. (Fig. 5.7)

### Tanques de sedimentación simple.

En estos equipos los lodos formados por los sólidos sedimentados, son substraídos con frecuencia, para evitar - que se desarrolle la descomposición. La limpieza de los lodos puede hacerse en forma mecánica, como la que presentan los tanques rectangulares, circulares y cuadrados. (Fig. 5.8 y 5.9)

La remoción de los lodos presenta la ventaja de que al - ser tratados en forma separada se tiene un mejor control

# TANQUE DE IMHOFF

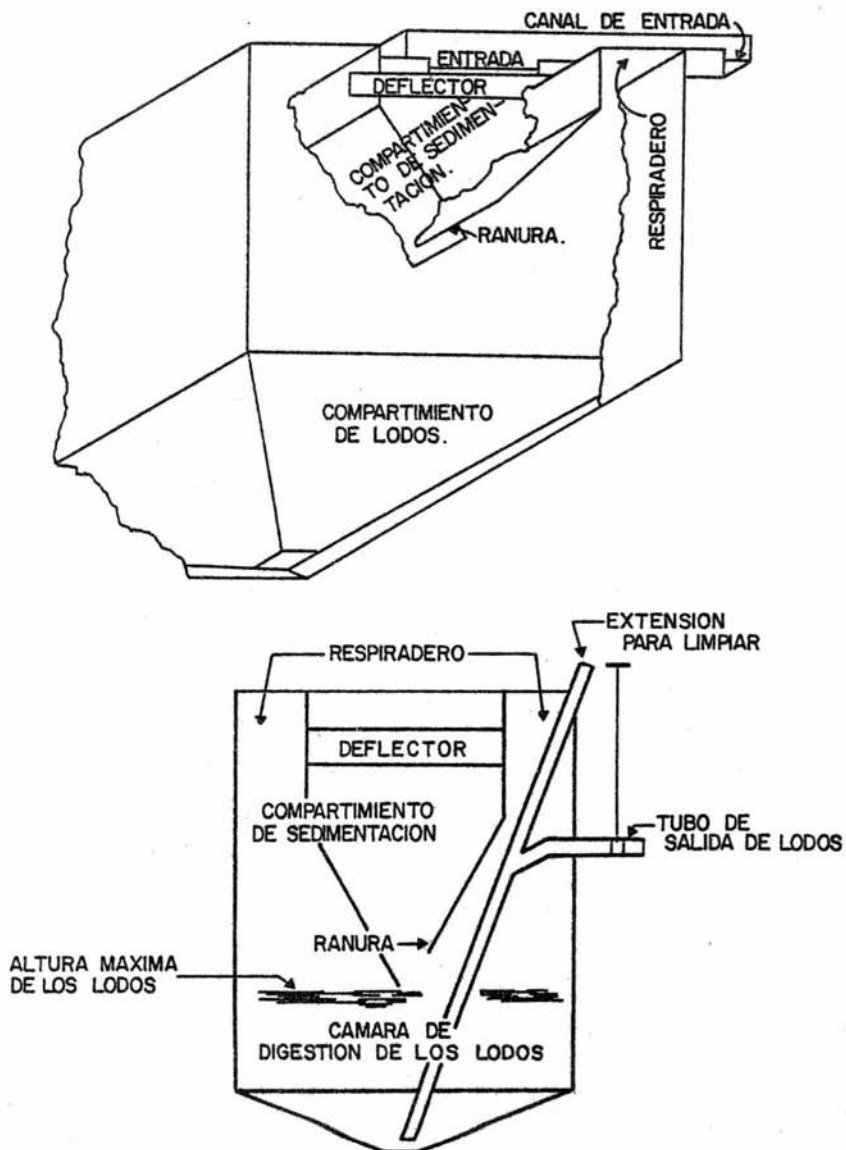
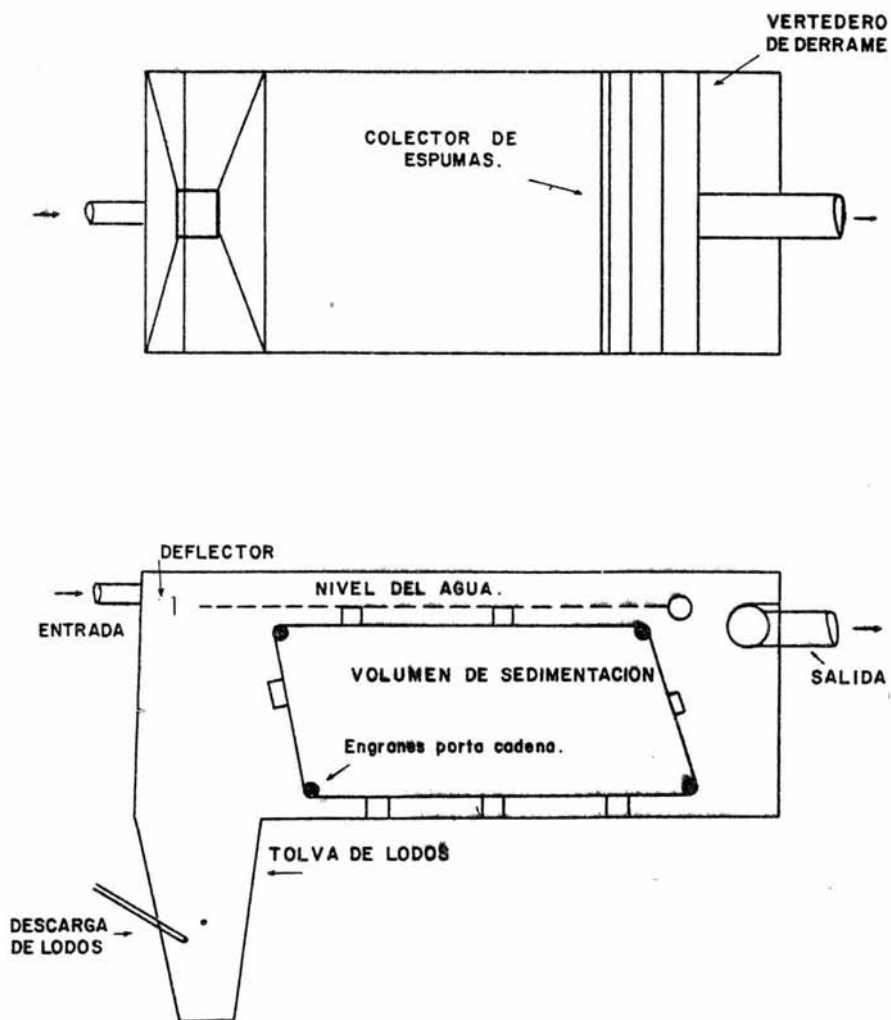


Figura 5.7



TANQUE RECTANGULAR PARA SEDIMENTACION SIMPLE.

Figura 5.8

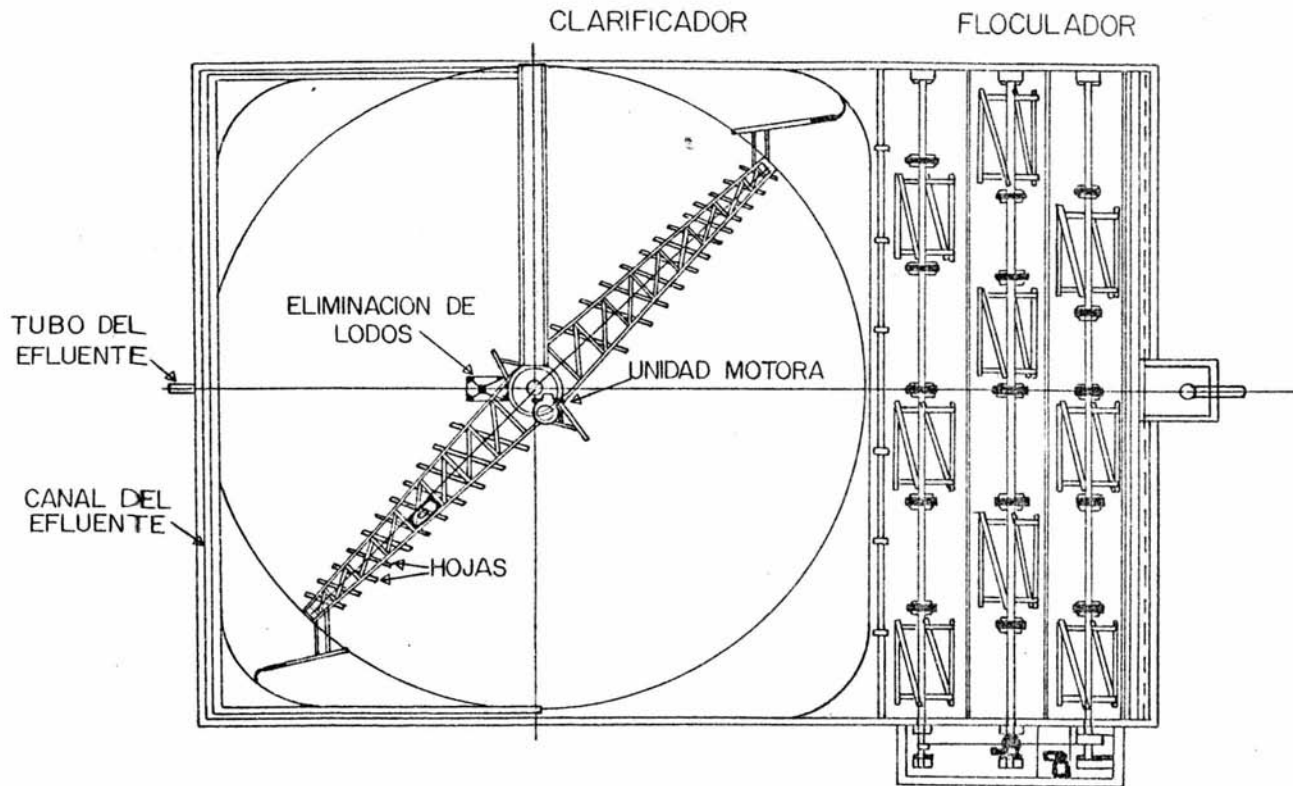
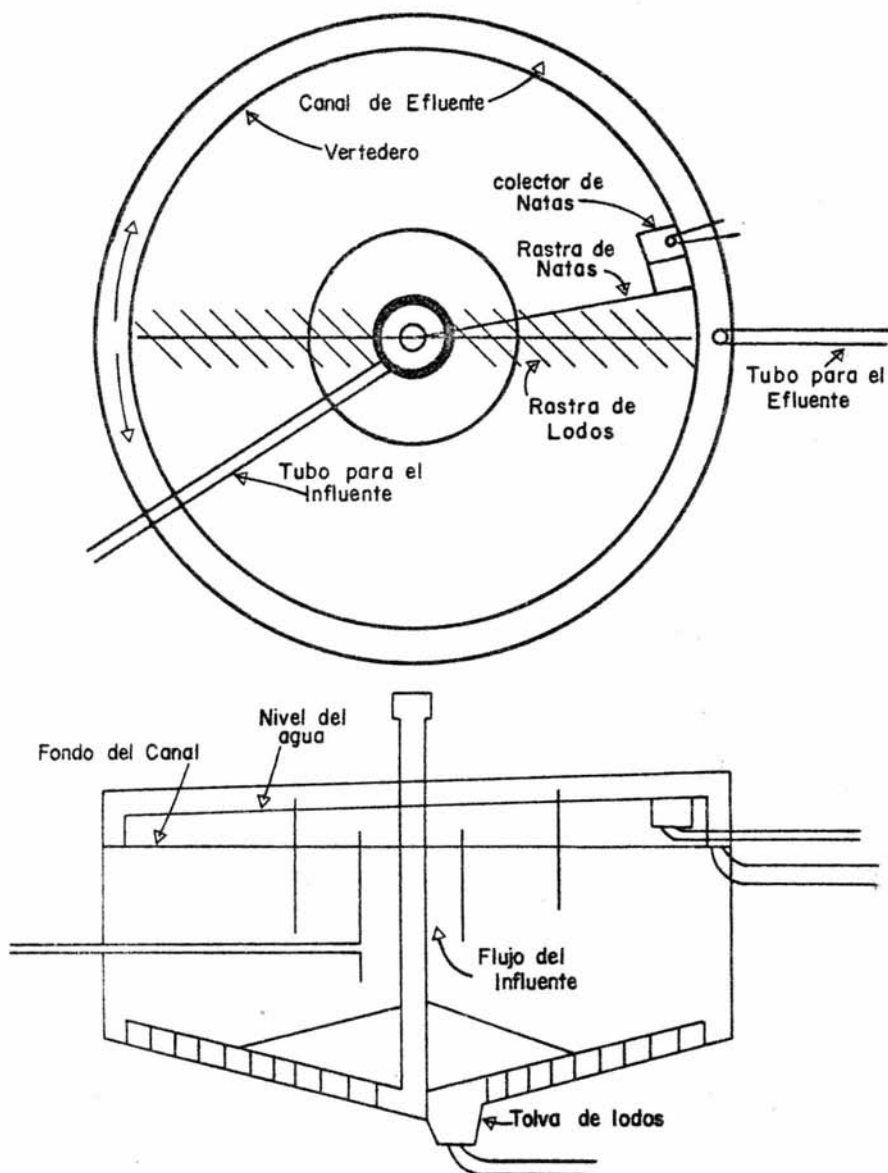


Figura 5.8



TANQUE CIRCULAR PARA SEDIMENTACION SIMPLE



en el proceso de digestión, sin embargo representa un mayor mantenimiento y supervisión en el funcionamiento.

B) Químicos.

#### Neutralización.

En muchas ocasiones se presentan problemas de corrosión de los materiales de las plantas de tratamiento, así como de los drenajes, a causa de la fuerte alcalinidad o acidez de las aguas residuales y por la producción de ácido sulfhídrico durante la descomposición biológica de la materia. Por eso es menester hacer la neutralización de las aguas para evitar problemas ulteriores.

El Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación de las Aguas de la República Mexicana, establece un rango de pH de 4.5 a 10.0, al cual deben ser ajustadas las aguas residuales antes de verterse a las aguas receptoras.

Para la neutralización de los ácidos se usa por lo general, el óxido de calcio por su bajo costo, el carbonato de sodio es también un buen neutralizante, pero su precio es más elevado.

El equipo que se requiere puede ser sencillo y debe incluir dispositivos para mezclar y disolver los reactivos, proporcionando un tiempo de contacto para que las reacciones sean completas, además, la reacción puede acelerarse por agitación mecánica o hidráulica.

Las aguas alcalinas se neutralizan por lo común, con ácido sulfúrico.

Con frecuencia los cambios de pH hacen que algunos contaminantes precipiten, como sucede con el jabón (no los detergentes sintéticos) cuando se agrega al agua óxido de calcio o sales de calcio y en las plantas de galvanoplastia, que al elevar el pH hay precipitación de algunos metales.

#### Coagulación.

La coagulación es empleada para eliminar algunos compuestos que se encuentran en estado coloidal en suspensión y que son partículas que no son susceptibles de ser sedimentadas bajo la acción de la gravedad, por lo cual, no pueden ser eliminadas por los procesos de tratamiento físico convencional.

Por este método se eliminan los coloides que son causas de la turbiedad de las aguas, como son las partículas de barro, orgánicas, algas y los coloridos.

Los coloides hidrofílicos no son susceptibles de ser coagulados, como sucede con el almidón, proteínas solubles, detergentes sintéticos, que requieren un tratamiento especial para conseguir una coagulación efectiva. No sucede lo mismo con los hidrofóbicos, que son rápidamente coagulados por la adición de ciertos reactivos. La estabilidad de los coloides se debe a las fuerzas electrostáticas de repulsión y en el caso de los hidrofílicos se debe a la solvatación, en la cual una envoltura de agua retarda la coagulación.

La secuencia de las operaciones para una coagulación efectiva es: Adición de un agente alcalino, por lo general bicarbonato, posteriormente se adicionan sales de aluminio o sales férricas, que cubren al coloide con microaglomerados de  $Al^{+3}$  y  $Fe^{+3}$ , y cargas positivas. Finalmente -

se agregan compuestos que favorecen la coagulación, como la sílica activada, y/o polielectrolito.

El coagulante más popular es la alúmina o sulfato de aluminio:  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ; así como el hidróxido de aluminio. Las sales férricas son también comúnmente usadas, pero tienen la desventaja de crear problemas en su manejo, entre ellas se tiene el hidróxido de fierro.

Equipo.

Existen dos tipos básicos, pero el sistema convencional usado es el Tanque mezclador rápido, seguido de un tanque floculador, que contiene dos palos para proveer un mezclado lento.

### Desinfección.

La finalidad que tiene la desinfección de las aguas es la de matar a los organismos patógenos, de modo que se prevenga la creación de epidemias y enfermedades generadas por el agua.

La mayoría de las bacterias patógenas y muchos otros microorganismos, son destruidos o removidos de las aguas en un grado variable por la mayoría de los tratamientos convencionales, es decir, por medio de la eliminación física, sedimentación, floculación y coagulación, o bien por la muerte natural de los organismos en un medio ambiente natural desfavorable durante el tratamiento, o cuando algunos productos químicos son agregados para propósitos diferentes a la desinfección.

#### 1) Cloración.

La cloración es en muchas ocasiones usada, además del control de organismos indeseables, para abatir olores, en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, en la reducción del color y como un reactivo específico.

El cloro puede agregarse en forma elemental, el cual es almacenado y suministrado como líquido a cilindros de acero. Puede ser así mismo alimentado como una solución de hipoclorito ya sea de calcio o de sodio, o bien en la forma de bióxido de cloro.

El cloro elemental es soluble en agua (7,260 mg/l a 20°C y una atm. de presión) y se hidroliza rápidamente para formar el ácido hipocloroso.



Cuando hay presencia de amoníaco, el cloro reacciona para formar cloraminas, que poseen también propiedades desinfectantes.



Cuando se agrega una cantidad suficiente para que el cloro reaccione con los compuestos reductores, un exceso de cloro, hace que reaccione con la materia orgánica presente, formando compuestos orgánicos clorados, que tienen alguna acción desinfectante.

El mecanismo de acción del cloro como desinfectante no se conoce exactamente, pero se piensa que actúa en forma directa contra la célula bacteriana, destruyéndola, o bien, por su carácter tóxico hace que las enzimas sean inactivadas y puesto que de ellas depende el metabolismo de los alimentos, al ser inactivadas hacen que el microorganismo muera por inanición.

La Demanda de cloro es la cantidad de cloro que es consumido por las sustancias reductoras inorgánicas y orgánicas y es igual a la cantidad que se agrega menos la que permanece como cloro combinado después de un determinado tiempo, que por lo general es de 10 a 15 minutos.

La cantidad de cloro que permanece después de la demanda, es la que lleva a cabo la desinfección; a este exceso de cloro se le denomina Cloro residual.

A pesar de las ventajas señaladas, existe riesgo en el uso del cloro, especialmente al estado gaseoso, por su alta toxicidad, su difícil manejo y por su acción corrosiva en ambientes húmedos. Por lo tanto, las medidas de protección de los operarios y del equipo deben ser muy estrictas.

Además del cloro residual, la inactivación bacteriana depende del pH, de la concentración y de la temperatura, así como del tiempo de contacto. Varios estudios han mostrado concentraciones mínimas de cloro residual, que son necesarios para la desinfección, a diferentes valores de pH.

<u>pH</u>	<u>Cloro Residual mínimo, después de 10' de contacto: mg/l (35)</u>
6.0	0.2
7.0	0.2
8.0	0.4
9.0	0.8
10.0	0.8

## 2) Bromación.

Por lo general es usada en la desinfección de aguas pa



ra usos recreativos. El bromo elemental es relativamente soluble en el agua, y al igual que otros halógenos es anticéptico y desinfectante, sin embargo no posee acción perdurable, por ello su uso se ve restringido.

### 3) Iodación.

El iodo ha sido usado como germicida en medicina y recientemente para la desinfección de pequeñas cantidades de agua para beber y en casos de emergencia en el tratamiento de aguas residuales.

El costo relativamente elevado tanto del Iodo como del bromo, hacen que el cloro sea preferido como desinfectante.

### 4) Ozonización.

El uso del ozono en la desinfección de las aguas, principalmente para uso potable, posee la conveniencia de no suministrar olor ni sabor, razones por las cuales en muchos lugares hacen que sea más usado, no obstante que su costo es más elevado.

Sin embargo, el ozono no persiste como bactericida residual, ya que en el agua se descompone a oxígeno molecular, por lo tanto no protege al agua de una contaminación posterior.

El ozono es aplicado por una mezcla de aire ozonizado que se produce al pasar aire a través de una descarga eléctrica.



### 5.7.3. Tratamiento secundario.

Mediante los tratamientos preliminar y primario se logra que la contaminación por sólidos de las aguas negras, sea reducido de un 40 a un 60% y que la demanda bioquímica de oxígeno se abata en un 25 a 30% aproximadamente. Consecuentemente, no es suficiente la realización de solo estos dos tratamientos aún en forma completa, para eliminar el total de los contaminantes.

El tratamiento secundario se fundamenta en la descomposición biológica de la materia orgánica; para lo cual se emplean cultivos biológicos, tratando de establecer y mantener condiciones aerobias, para obtener compuestos inertes más estables, logrando así, un tratamiento de mayor grado.

### Lodos activados.

Es este un proceso de contacto en el cual los sólidos de las aguas y ciertos microorganismos aerobios se mezclan íntimamente en un medio que sea favorable para la degradación. La eficiencia del proceso depende de la presencia de oxígeno, que debe mantenerse durante todo el proceso, además, de que exista una gran cantidad de microorganismos que hagan que la degradación sea completa. Por lo general estas aguas contaminadas contienen a estos microorganismos, pero su cantidad es muy pequeña en comparación con el contenido de contaminantes, o si la desinfección se ha realizado anteriormente, hay ausencia de ellos. Se hace indispensable por lo tanto, agregar grandes cantidades de estos elementos.

Las reacciones tienen lugar en tanques difusores, a través de los cuales el aire es suministrado a presión, o bien, que los tanques estén provistos de superficies mecánicas o por turbinas aereadoras manejadas por motores eléctricos, para realizar una aereación mecánica. En la aereación por difusión, los difusores se encuentran de un lado a otro de los tanques, ya sea en el fondo o cerca de la superficie, lo que imparte un movimiento ondulatorio al contenido del tanque; esto hace

que los sólidos permanezcan en suspensión y además permite la absorción del oxígeno atmosférico. El material con que se construyen los difusores puede ser cerámica o acero.

Cuando se aplica aire a presión se hace ya sea en un desplazamiento centrífugo o positivo y cuando se usan burbujeadores el aire debe ser filtrado.

Los aereadores mecánicos más comunes son de superficie, el de tubo de corriente con turbina y tubería con - inyección de aire.

Es indispensable que los lodos se mantengan en suspensión durante el período de contacto con las aguas negras a tratar, además, que se encuentren bien mezclados y que exista una agitación y buen suministro de -- aire.

El proceso convencional de los lodos se muestra en la Figura 5.10.

Se han hecho modificaciones al proceso convencional

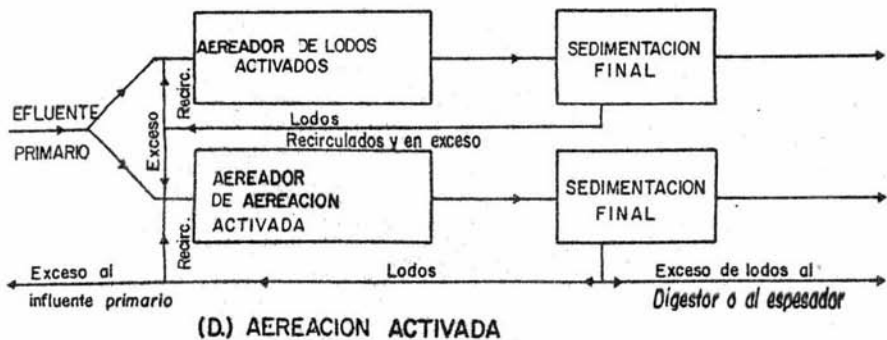


Figura 5.10

con el fin de obtener economía en la construcción y en la operación; algunos de ellos son:

- A) Proceso de lodos activados con aereación escalonada.

En este proceso los lodos son introducidos a lo largo del tanque por diferentes puntos, permitiendo de esta manera que la demanda bioquímica de oxígeno se mantenga uniforme y correspondiente a una distribución de aire igualmente uniforme.

- B) Proceso de lodos activados con aereación graduada.

La base del proceso es que durante el inicio de la aereación se necesita una mayor cantidad de aire, de modo que la proporción del aire introducido es mayor en la sección de entrada del tanque, que en las secciones subsecuentes, ésto es con objeto de que sean satisfechas las demandas de oxígeno en las diversas etapas.

- C) Proceso de lodos activados con aereación modificada o tratamiento intensivo.

El grado de tratamiento logrado con este proceso es mayor que el obtenido por los métodos convencionales de tratamiento de lodos activados.

Aquí las aguas negras se mezclan con el 10% de los lodos de recirculación y son aereados por un período de una hora a dos horas. Esto hace que los sólidos se vean disminuidos notablemente, representando menor demanda de aire y consecuentemente, que los costos de operación y construcción sean menores.

D) Proceso de lodos activados con aereación activada.

Es un proceso realizado por etapas, en el que se requiere un menor período de aereación. El cultivo de la sección de lodos activados, que por lo general se desperdicia como exceso de lodos, es pasado a una sección de aereación activada, que recibe también una porción del gasto de aguas negras sedimentadas, logrando una notable disminución de los sólidos suspendidos.

E) Proceso de lodos activados con estabilización por contacto.

Los lodos que son biológicamente activos se ponen en contacto directo con las aguas negras por un tiempo de 15 a 20 min., durante el cual los lodos absorben y adsorben un alto porcentaje de la materia con

taminante suspendida, en estado coloidal, o disuelta. La mezcla es entonces pasada a un tanque de sedimentación, donde se separan los lodos y finalmente, a un tanque regenerador, en el que se produce la estabilización y la regeneración por aereación. Para el tratamiento de las aguas residuales industriales se usa en forma común este método.

F) Proceso de lodos activados con digestión aerobia u oxidación total.

En este proceso es completa la estabilización de la porción biodegradable, lo que se logra por una aereación vigorosa de un flujo continuo, y se lleva a cabo en un tanque donde el flujo se retiene por un día.

Por lo general, el método se usa para cantidades de agua relativamente pequeñas. (29)

Filtros goteadores o rociadores. Cabe hacer notar que el término "filtro" no está correctamente empleado, puesto que no se efectúa ninguna filtración durante el proceso. En realidad un fil



tro goteador es un dispositivo que pone en contacto a las aguas negras con cultivos biológicos, siendo por lo tanto, un lecho de oxidación biológica.

El efluente es inicialmente rociado sobre un lecho de roca triturada o cualquier otro medio filtrante que se encuentre cubierto por películas de cultivos, ya sea de bacterias, hongos o protozoarios.

La película biológica es aerobia y generalmente es de 0.1 a 0.2 mm de espesor; la siguiente zona, o sea el medio, es anaerobio; de modo que tanto como el agua fluya a través de la película, la materia orgánica es metabolizada rápidamente, además los sólidos son adsorbidos también de manera rápida dentro de la superficie. Esta situación hace que el crecimiento de los microorganismos superficiales aumente notablemente, por el exceso de alimento acumulado, sin embargo, no sucede lo mismo en la zona siguiente, por ello se considera que la zona de operación es la primera.

El oxígeno disuelto que se consume de la película líquida es restituido nuevamente por la absorción del oxígeno atmosférico, siendo así el aire un factor determi-

nante durante el proceso y cuando hay alguna inhibición en la aereación de la cama, se generan condiciones anaerobias que resultan indeseables. (Fig. 5.11)

Equipo.- Los filtros goteadores ocupan grandes superficies, además su construcción es muy costosa.

Comunmente para obtener economía, deben de instalarse tanques de sedimentación primaria antes de los filtros goteadores provistos de colectores de natas, obteniendo un tratamiento Primario más completo, además la capacidad del filtro se aprovecha a su máxima capacidad.

Los sólidos sedimentables, los disueltos y los del estado coloidal quedan adheridos en el filtro, pero con frecuencia son desprendidos y arrastrados por la corriente del efluente, ésto hace necesaria la instalación de tanques de sedimentación secundaria inmediata después del filtro, logrando así la eliminación total de los sólidos.

Con el fin de que la demanda bioquímica de oxígeno disminuya se mezclan los efluentes del filtro con el gasto normal de las

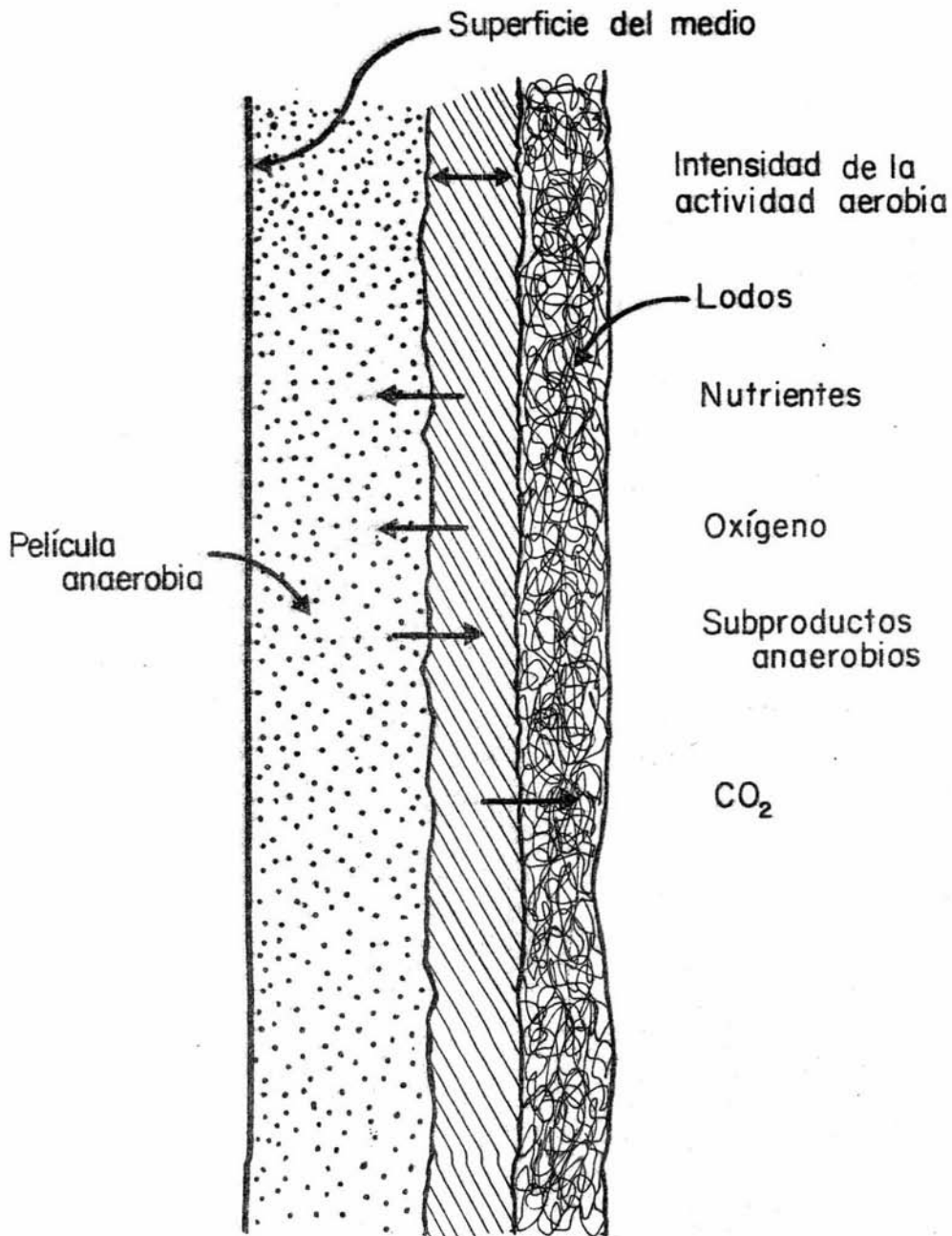


Figura 5.11

aguas negras, haciéndolas recircular por el filtro. Se tienen diferentes métodos de recirculación, entre ellos están:

A) Biofiltro.

La recirculación se realiza con una alta velocidad de aplicación a un filtro goteador de poco espesor. La recirculación implica el regresar parte del efluente del filtro o del tanque de sedimentación secundaria, al tanque de sedimentación primaria.

Los lodos formados en el segundo tanque, por ser muy ligeros, pueden recircularse al tanque de sedimentación primaria, juntando así los dos tipos de lodos que posteriormente se enviarán al digestor. (Fig. 5.12)

B) Filtro accelo.

El efluente del filtro se hace recircular directamente al filtro. (Fig. 5.13).

C) Aerofiltro.

La aplicación de las aguas negras al filtro se hace en forma de lluvia mediante un disco distribuidor giratorio para lechos chicos, o

bien por ramales distribuidores giratorios para lechos mayores.

(Fig. 5.14)

Para el tratamiento de las aguas residuales industriales el filtro debe ser de un determinado material que sea resistente a los ácidos, álcalis, solventes, etc. Se cuenta con dos clases de plásticos, cada uno específico para determinados contaminantes: Dowpac 10, que posee una buena resistencia a los álcalis, ácidos minerales diluidos, alcoholes superiores, sin embargo no es resistente a compuestos oxidantes, a algunos hidrocarburos, cetonas, a grasas vegetales y animales. Y el Saran o Dowpac 20, es químicamente resistente a los ácidos, alcoholes, esteres, cetonas, nitroparafinas, benceno, tolueno, xileno, pero no al hidróxido de amonio fuerte.

Recientemente se han usado plásticos de cloruro de polivinilo, como el Korosea, el Flocor, así como los filtros de celulosa impregnados con resinas plásticas con excelentes resultados.

También se ha logrado abatir notablemente la demanda bioquímica de oxígeno con filtros que son paquetes metálicos en forma de panel, construidos sobre láminas expandidas de metal corrugado, que se sujetan formando cajones, que son acumulados en forma alterna-da uno sobre otro formando ángulos de 90°,

### Lagunas de oxidación o lagunas de estabilización.

Estas unidades ofrecen el proceso natural de oxidación de la materia orgánica que permanece aún después de los tratamientos convencionales, es decir, se realizan los procesos físicos, químicos y biológicos naturales del proceso de autopurificación.

La sedimentación de los sólidos ocurre casi inmediatamente después de que las aguas han entrado a la laguna y la materia orgánica sufre tanto la descomposición aerobia como la anaerobia, dependiendo de la cantidad de sólidos que entren en contacto con el líquido aerobio superior.

La degradación aerobia establece la liberación de bióxido de carbono, que es utilizado por las algas en el proceso fotosintético, liberando a su vez oxígeno que es esencial para la ulterior descomposición de la materia orgánica. El oxígeno atmosférico que se absorbe es casi siempre insuficiente para abastecer la demanda, por ello la fotosíntesis de las algas se vuelve esencial, pero también por medios físicos o mecánicos se puede proveer oxígeno a las aguas. El sistema

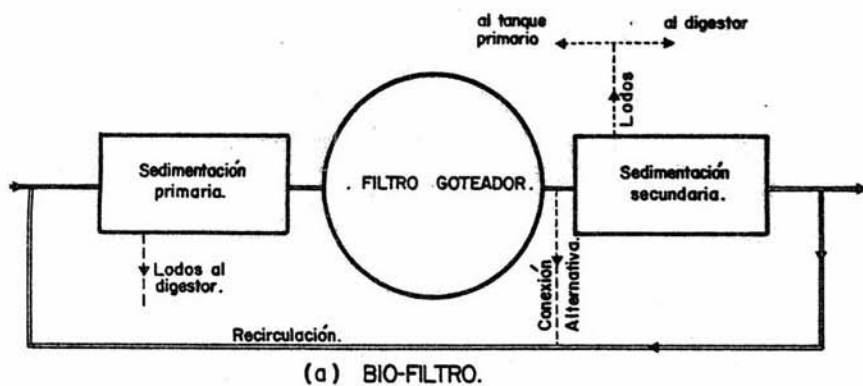


Figura 5.12

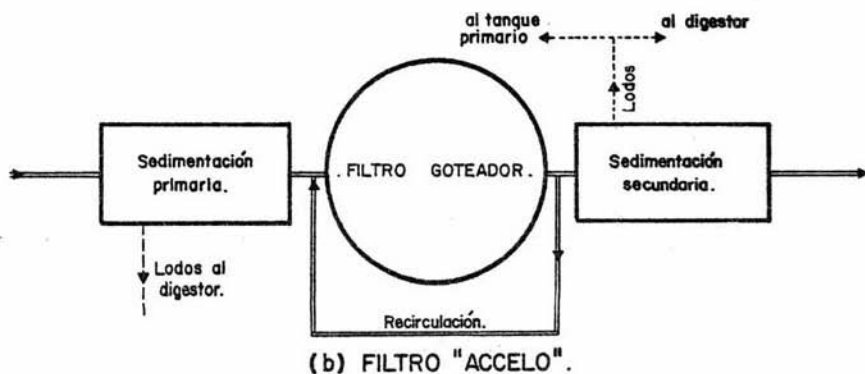


Figura 5.13

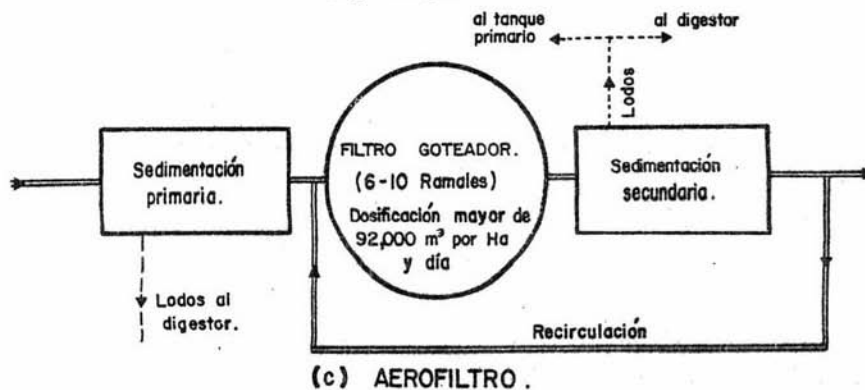


Figura 5.14

agua - aire suministrado por aire comprimido a través de pequeños tubos de plástico que se instalan en el fondo de la laguna. El sistema mecánico consiste en unidades manejadas por motor, que hacen circular el líquido de la laguna del fondo a la superficie, haciendo un rociado sobre esta última a través de la atmósfera; también se usa un aerador flotante, que consta de una unidad circular que asciende y desciende con cualquier cambio en el nivel del líquido.

Las lagunas de oxidación han sido motivo de diversas críticas, puesto que durante el proceso se generan olores desagradables, crecimiento de mosquitos, además, requieren grandes porciones de tierra. Sin embargo, con los métodos de operación y funcionamiento con que se cuenta, han sido reconocidas como unidades de gran utilidad en el tratamiento de aguas residuales, municipales e industriales.

#### 5.7.4. Tratamiento terciario.

Los métodos de Tratamiento Terciario son métodos avanzados que eliminan contaminantes que aún permanecen después del Secundario. Por lo general se realiza con el fin de obtener un alto grado de calidad del efluente, pudiendo reusar



directamente esta agua.

Para la eliminación de los sólidos en suspensión presentes en el efluente secundario se tienen dos métodos: Filtración y Coagulación.

#### Filtración.-

Consiste en hacer pasar el efluente a través de un medio poroso, que es el medio filtrante, entre los que se tiene a la antracita, tierra de diatomáceas, arena, tela finamente entrelazada, etc. Los filtros que se usan más comúnmente son:

##### A) Microfiltros.

Su objetivo inicial es el de separar a diversos microorganismos como a diferentes formas de fitoplancton, zooplancton, así como a partículas microscópicas, además de otros sólidos en suspensión.

El medio filtrante es una tela finamente entretejida, el que es obstruido por la rápida formación de una película de los materiales separados, ello establece la necesidad de hacer el lavado frecuente de la tela.

#### B) Filtros de tierras diatomáceas.

El material filtrante es soportado por una barra metálica, en un material poroso de cerámica, o en una fibra sintética llamada septo.

El uso de las tierras diatomáceas esta restringido a pequeños volúmenes de agua.

#### C) Filtros de presión.

El medio filtrante está constituido por arena o antracita contenido en un tanque de acero, a través del cual el agua es bombeada bajo presión, y la limpieza del mismo se efectúa por un flujo o contra corriente. Este tipo de filtro se usa por lo común, en el tratamiento de aguas residuales industriales, ya que para volúmenes mayores, como las aguas negras municipales, representa limitaciones por su tamaño.

#### D) Filtros de arena lentos.

La acción filtrante de este filtro es una combinación de tamizado, adsorción y floculación biológica. En la parte superior de la arena se forma una película gelatinosa de bacterias en crecimiento, de modo que se efectúa una remoción efectiva por acción bacteriana del color y turbiedad, siempre y cuando esta última no

exceda a 50 mg/l.

Sin embargo su uso no es muy común, pues representa un alto costo de construcción, ya que es necesaria una extensa área filtrante, además de ser inadecuadas para aguas con alto grado de turbidez y de contaminación en general.

#### E) Filtros de arena rápidos.

Son los filtros más adecuados en el tratamiento de aguas negras municipales, porque elimina conglomerados no sedimentables, e impurezas que permanecen después de la sedimentación y la coagulación.

La acción de estos filtros es un poco compleja, ya que es una combinación de tamizado, floculación y sedimentación. Se considera que el medio filtrante actúa de algún modo en forma similar a una laguna de sedimentación con un gran número de tanques o de falsos fondos a través del cual el agua pasa por una combinación de extremos positivos y succión del fondo.

Con este tratamiento se ha observado que la demanda bioquímica de oxígeno es abatida en un 50%, que hay una alta remoción de fosfatos

y la turbidez llega a alcanzar concentraciones aceptables cuando se usa conjuntamente con un tratamiento químico. (Fig. 5.15)

Los compuestos orgánicos disueltos que aún estaban presentes en el efluente secundario, pueden ser la causa de malos olores y sabores, incluso ser tóxicos para la vida animal y vegetal. Los métodos usados para eliminar estos contaminantes son:

#### Adsorción:

La adsorción de la materia orgánica disuelta se realiza comunmente en carbón activado, con una eficiencia del 99% o más.

El sistema opera de una manera muy sencilla: el efluente se hace pasar a través de unas vasijas conteniendo carbón activado granular. La capacidad de adsorción del carbón se pierde al irse acumulando la materia y es entonces cuando éste tiene que ser regenerado, lo que significa un ahorro en proceso, ya que es nuevamente usado.

#### Oxidación:

La oxidación química, con el fin de remover los compuestos orgánicos disueltos, puede hacerse de manera aislada, o bien seguida de una adsorción en carbón activado.

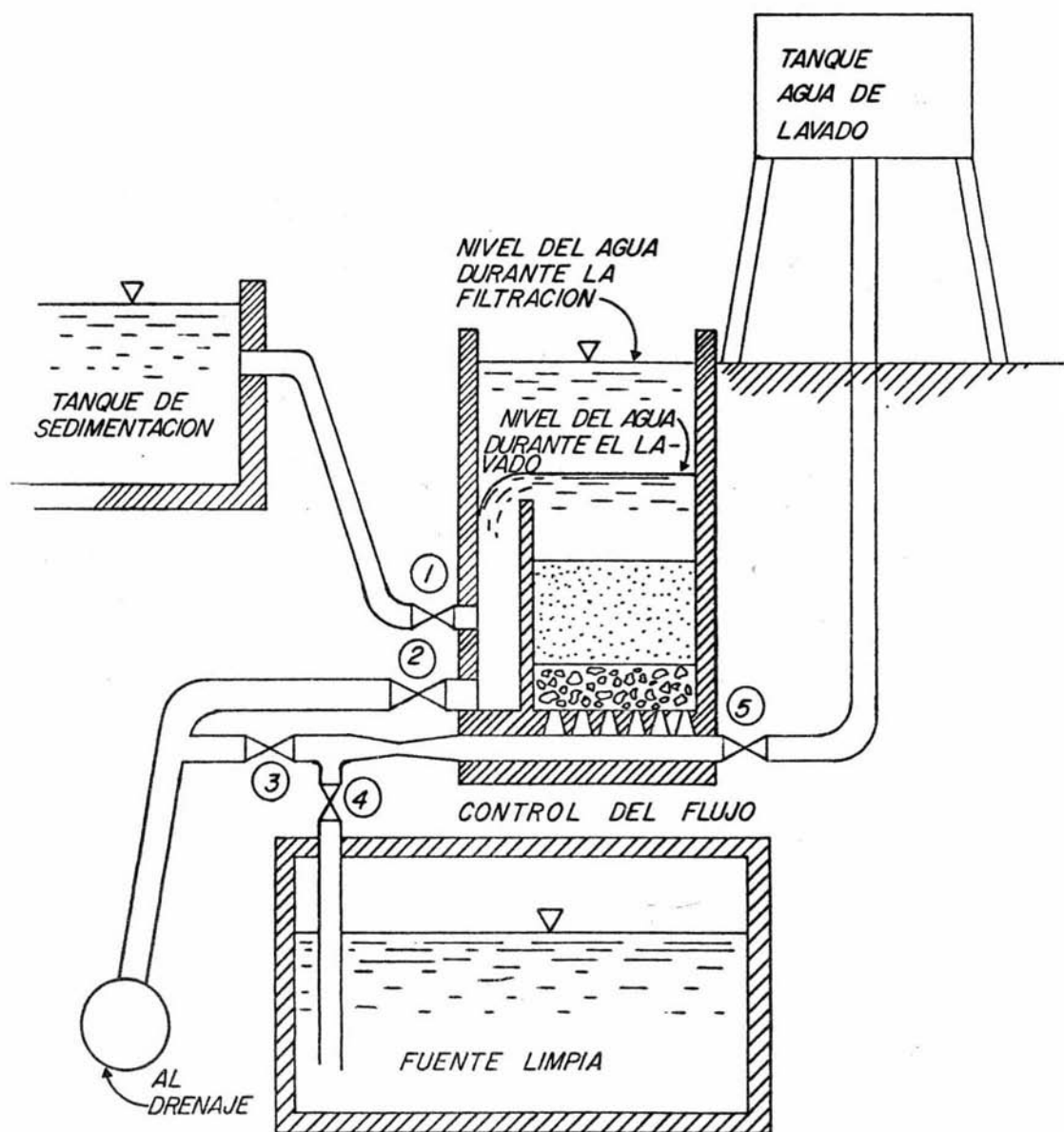


Figura 5.15.

Una variedad de agentes oxidantes se pueden usar, incluyendo a las especies activas del oxígeno como el ozono, el peróxido de hidrógeno, radicales hidroxilo libres, el oxígeno molecular con o sin catálisis, así como el cloro y algunos de sus compuestos; los oxiácidos y sus sales, como el permanganato de potasio. El Tratamiento electroquímico es otra posibilidad, pero los trabajos de laboratorio han mostrado que la mayoría de ellos son imprácticos. Los que se usan con mayor frecuencia son el tratamiento con ozono, con cloro catalizado por luz y la oxidación catalítica del aire.

Es común que el efluente secundario contenga compuestos inorgánicos disueltos, en una concentración de 300 a 400 ppm más que el contenido en las aguas de abastecimiento potable. Los métodos usados para desmineralizar el agua son: Electrodialisis, Intercambio iónico y Osmosis inversa. Se ha excluido a la Destilación por ser impráctica a causa de su elevado costo.

#### Electrodialisis.

Es usado preferentemente para aguas saladas, ya que no tiene efecto sobre contaminantes no iónicos.

La electrodiálisis se basa en el siguiente principio:

Cuando un potencial eléctrico se aplica a través de una celda -  
conteniendo agua mineralizada, se produce la ionización de los-  
minerales, emigrando los positivos hacia el electrodo negativo,  
mientras que los negativos hacia el electrodo positivo. Cierta  
tipo de membranas son permeables únicamente a los aniones o a -  
los cationes, y son estas membranas selectivas las que se colo-  
can en forma alternada, formando una serie de compartimientos -  
en el aparato de electrodiálisis. Cuando se aplica un poten -  
cial eléctrico las membranas controlan la emigración de los --  
iones, así es que la concentración de éstos decrece dentro de -  
los compartimientos alternados, de donde se elimina el agua ca-  
rente de contaminantes; mientras que la concentración aumenta -  
en las membranas mismas que los forman.

Los iones orgánicos y coloides emigran igualmente hacia las mem-  
branas, pero no necesariamente pasan a través de ellas, es decir,  
tienden a acumularse ensuciando y tapando las membranas, reducien

do por lo tanto la capacidad desmineralizadora del equipo; de modo que es conveniente hacer con anterioridad, la filtración y adsorción en carbón activado del efluente secundario. Además, las membranas deben limpiarse con frecuencia, para eliminar las impurezas y evitar el crecimiento de microorganismos. El material con que están hechas las membranas es plástico químicamente tratado.

En varias ocasiones el material que es separado cuando se tratan aguas residuales industriales, se recupera y puede posteriormente ser usado en el proceso.

En general, por este método se eliminan de un 40 a 50% aproximadamente, del total de los sólidos.

#### Intercambio iónico.-

El intercambio iónico se ha usado extensamente para el ablandamiento o desmineralización del agua, así como para la recuperación de subproductos de las aguas residuales industriales.

Las resinas de intercambio iónico son compuestos orgánicos polimerizados que contienen grupos iónicos capaces de intercambiarse por cationes y aniones, clasificándose por esta selectividad en



catiónicas y aniónicas. Estas resinas y otros materiales naturales como las zeolitas pueden intercambiar iones con los compuestos iónicos presentes en las aguas a tratar; por ejemplo, las resinas catiónicas cambian sus iones hidrógeno con cationes metálicos en solución y las resinas aniónicas cambian sus iones hidroxilo por aniones como cloruros, fluoruros, etc. En ocasiones la regeneración de las resinas representa problemas de contaminación, principalmente en la disposición de los desechos, que pueden ser fuertemente ácidos o alcalinos, además contienen compuestos orgánicos que estaban ensuciando las resinas. También es un problema económico hacer la regeneración, pues su precio es elevado.

Por este método se eliminan así mismo, compuestos inorgánicos de nitrógeno y de fósforo, causantes de la eutroficación de los lagos.

El agua tratada por este método es de una alta calidad, quizá mayor que la que normalmente se requiere para algunos usos.

Osmosis inversa.-

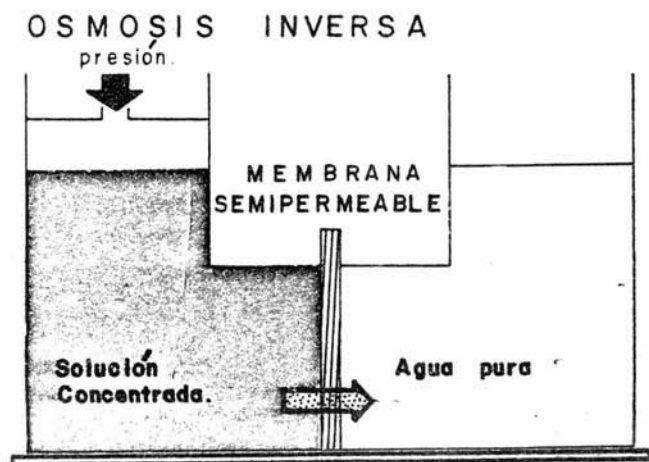
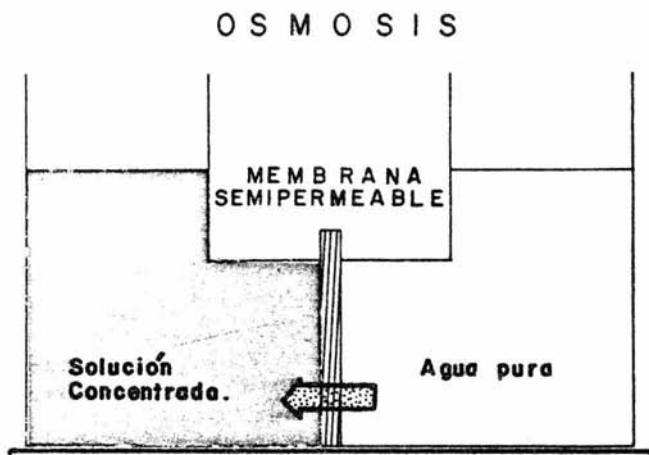


Figura 5.16

Las membranas están hechas de acetato de celulosa procesado especialmente, el cual es relativamente poroso, excepto en una de las caras que posee una película densa, menor a un micrón de espesor, siendo ésta la que rechaza los contaminantes disueltos, mecanismo que aún no ha sido comprendido.

Además de los compuestos inorgánicos disueltos también se puede eliminar a aquellos que producen turbiedad, color, malos olores, e incluso bacterias y virus.

Aparte de los métodos de tratamiento convencional, cabe mencionar a los que eliminan de manera específica a los compuestos de fósforo y nitrógeno, son Tratamiento Químico Terciario, con un 90 a 95% de eficiencia.

#### Tratamiento químico.-

En el efluente secundario el fósforo se encuentra de una manera más común como iones ortofosfato y en algunos compuestos orgánicos. Cuando se agrega al agua sulfato de aluminio, el ortofosfato precipita en los siguientes compuestos: fosfato de aluminio o hidroxifosfato de aluminio, a un pH neutro o ligeramente ácido;

fosfato de calcio o hidroxapatitos, que precipitan a un pH de 9 a 11.

Los precipitados formados se pueden eliminar por sedimentación únicamente, o bien acompañado de filtración. Puede requerirse la floculación para partículas más finas.

Aparte de este método, en el de lodos activados se remueve una gran cantidad de fósforo total. El intercambio iónico y la adsorción en alúmina activada son buenos métodos de eliminación de compuestos de fósforo; pero el intercambio iónico ofrece ciertos problemas, principalmente por la escasez de la resina específica para fosfatos, que debe tener sulfatos en una relación 4 a 5 veces la concentración de fosfatos. La alúmina activada ha mostrado tener buena adsorción de fosfatos, sin embargo en presencia de otros contaminantes, principalmente orgánicos, se inhibe la adsorción, además de que representa un incremento en el costo por la pérdida del 10% de la alúmina cuando ésta es regenerada con hidróxido de sodio.

El método tendiente a eliminar grandes cantidades de nitrógeno, tiene su base en la interacción de compuestos de este elemento con ciertos microorganismos.

Las bacterias Nitrificantes son las responsables de convertir el amoníaco, forma a la que se encuentra gran cantidad del nitrógeno

a nitritos y nitratos, cuando hay abundante oxígeno disuelto, ya que la nitrificación requiere de 50% de más oxígeno que el que requiere la asimilación biológica.

En base a esto, el proceso de lodos activados se puede modificar de tal manera que se generan condiciones nitrificantes, -tratando el efluente con bacterias nitrificantes con este fin.

#### 5.7.5. Tratamiento de Lodos.

Los lodos son una mezcla de porción líquida de aguas negras y de los sólidos que han sido separados durante los procesos de tratamiento. Se pueden clasificar de acuerdo a:

##### A) Su origen.

- 1) Primarios.
- 2) Secundarios.
- 3) Exceso de lodos activados.
- 4) Lodos químicos.

##### B) Estado o tratamiento recibido.

- 1) Crudos o frescos.
- 2) Digeridos.

3) Elutriados.

4) Húmedos.

5) Secos.

La cantidad y composición de los lodos varía de acuerdo a las características de las aguas negras de donde hallan sido removidos y desde luego, del proceso de tratamiento que se les aplicó.

El tratamiento de los lodos debe de hacerse con el fin de evitar una contaminación posterior al momento de disponer de alguna manera de éstos lodos, ya que contienen gran cantidad de materia orgánica en algún estado de descomposición, así como una diversidad de otros contaminantes, que se logró eliminar por los métodos de tratamiento descritos.

En general, cualquier tratamiento de lodos tiene como finalidad disminuir, por eliminación de agua, el volumen y la degradación de los compuestos orgánicos a otros más estables e inertes.

Los métodos de tratamiento de lodos son los siguientes:

Espesamiento.-

La Osmosis Inversa al igual que la Electrodialisis, es un proceso de membrana. El proceso se basa en fenómeno conocido como Osmosis:

Se tienen dos soluciones de diferente concentración que se encuentran separadas por una membrana semipermeable; la diferencia de concentraciones produce una presión que hace que el líquido fluya hacia la membrana en dirección de la solución más concentrada.

Aunque la membrana semipermeable tiene la característica de permitir que el agua pase por ella, debido a la fuerza creada por la presión osmótica, ella misma constituye una barrera que impide el paso de los compuestos disueltos, dando como resultado que uno de los compartimentos permanezca libre de contaminantes.

El proceso puede invertirse por la aplicación de una fuerza externa normal que sea mayor que la presión osmótica producida por la diferencia de concentraciones de las soluciones de los compartimentos. Es así como el flujo a través de la membrana es invertido, generando un aumento en el volumen de agua pura, mientras que la concentración de contaminantes aumenta en el otro lado de la membrana. (Fig. 5.16)

Consiste en concentrar los lodos. Los lodos acuosos provenientes del proceso de lodos activados, son a los que principalmente se aplica este proceso, aunque también se usa para los primarios.

Equipo.- Consta de tanques provistos con paletas verticales con movimiento lento. Los lodos son bombeados directamente del tanque de sedimentación al de espesamiento, el que tiene una velocidad de derrame muy baja, de modo que el exceso de agua se derrama y los sólidos se concentran en el fondo.

#### Digestión.-

Es en realidad la descomposición anaerobia de la materia orgánica para formar compuestos más estables e inertes. Los lodos tienen un alto contenido de agua que está íntimamente ligada con los sólidos. El proceso anaerobio licúa o desagua los lodos. La licuefacción como se ha aplicado en la digestión, puede denotar la transformación de partículas de desechos sólidos, a un estado soluble o finamente disperso (coloidal). La etapa siguiente es la hidrólisis, la que se realiza por acción enzimática.

La licuefacción de los sólidos implica que durante los primeros



pasos, la DBO tiende a aumentar, hasta que los subproductos son puestos en solución, mientras que la hidrólisis y el metabolismo hacen que la DBO disminuya.

Durante la digestión se presentan tres etapas: la fermentación ácida, en la que las bacterias atacan inicialmente a los sólidos disueltos, produciendo durante la reacción ácidos orgánicos, así como ácido sulfhídrico y bióxido de carbono. El valor del pH disminuye de 6.8 a 5.1.

La segunda etapa, es el período de digestión ácida, durante la cual los ácidos orgánicos y los compuestos nitrogenados son degradados por ciertos microorganismos, haciendo una licuación rápida. El valor del pH aumenta de 5.1 a 6.8.

El período de digestión intensa, estabilización y gasificación, es la tercera etapa de la digestión. En ella son atacados los compuestos nitrogenados más resistentes como los aminoácidos, las proteínas. Es en ésta etapa donde se generan grandes cantidades de metano, un 65% del volumen del gas emanado. El pH aumenta de 6.8 a 7.4.

Generalmente la digestión de los lodos se realiza en un solo tanque, en donde las tres etapas tienen lugar en una forma continua y simultánea; cuando sucede hay neutralización de los ácidos producidos

en la primera etapa por el amoníaco generado en las otras etapas, pero los resultados son mejores y más rápidos cuando se tiene un pH de 6.8 a 7.4 correspondiente a la tercera etapa, las etapas ácidas no son patentes, a menos que la digestión normal se vea trastornada a causa de sobrecarga, o de la presencia de productos químicos que sean tóxicos, u otras razones.

Los avances de la digestión se pueden medir por la degradación de la materia orgánica (sólidos volátiles) o bien, por el volumen o composición de los gases producidos durante el proceso, usando desde luego como indicador, el pH, o el contenido de ácidos volátiles.

La temperatura tiene una notable influencia en la velocidad de digestión, así, a una temperatura de 12 a 13°C se realiza la digestión en un 90% en 55 días, y a la temperatura de 35°C, el tiempo requerido es de 24 días.

Se distinguen dos tipos de digestión:

A) Mesoflica.

Es la que se lleva a cabo en un rango de temperatura de 27 y 38°C.

## B) Termoflica.

Los microorganismos trabajan a temperaturas superiores a 38° C.

Ambas tienen buenos resultados, pero la experiencia muestra que es más conveniente trabajar a temperaturas de 30 a 35° C, que debe ser mantenida entre los límites de  $\pm 2^\circ$ . Así es que se usa calentar los lodos crudos hasta esta temperatura, procurando que sea uniforme en todo el tanque, y evitando las pérdidas de calor.

Existen los siguientes tipos de digestores, los principales son:

- 1) Unidades que forman parte del tanque de sedimentación:  
Tanques de Doble acción y Tanques Sépticos.
- 2) Tanques que se usan exclusivamente para la digestión.

Pueden ser:

Descubiertos o cubiertos.

En los primeros, el escape de los gases emanados es directamente a la atmósfera, contaminando de esta manera el aire.

Y en los segundos, el gas es colectado, pudiendo usarlo como combustible.

- Con o sin calentamiento.
- Con o sin agitadores o dispositivos para el mezclado.

Una vez que la digestión ha sido completa, se procede a descargar los lodos, teniendo suficiente cuidado, sobre todo evitando la entrada de aire al tanque, ya que al mezclarse con los gases del digestor se produce una mezcla muy explosiva.

#### Lechos secadores de arena.

Ya descargados los lodos se elimina el exceso de agua para una disposición más fácil, realizada en lechos secadores de arena, que consisten en una capa de tamaño regular de grava, bajo la cual se colocan colectores de teja de junta abierta. Estos lechos pueden ser cubiertos o descubiertos, siendo los más usuales los últimos.

### Elutriación.

El término elutriación significa, purificar por lavado y en términos de tratamiento, eliminar por medio de agua, los compuestos amoniacales que se encuentran en cantidades excesivas en los lodos y que demandan una alta cantidad de agente coagulante.

El proceso se realiza en tanques similares a los de sedimentación, en donde se mezclan los lodos con agua por un tiempo relativamente corto, bajo agitación mecánica o por la aplicación de aire comprimido, por último se deja sedimentar, regresando el sobrenadante al proceso de las aguas negras.

### Acondicionamiento químico.

Tiene como objeto la coagulación de las partículas más pequeñas por medio de cambios en el pH. Los coagulantes empleados son el ácido sulfúrico, alumbre, sulfato ferroso, cloruro férrico y otros.

### Eliminación del agua.

Generalmente el exceso de agua se elimina por medio de la filtración al vacío y por la centrifugación, puesto que los lechos de arena representan costos elevados en la operación y descarga.

#### A) Filtración al vacío.

Se lleva a cabo en un tambor en el que se coloca el medio filtrante, que puede ser tela de algodón, de lana, de rayón, de fibra de vidrio, dynel, o de plástico, o bien una malla de acero inoxidable, o una capa doble de limaduras de hierro. Este tambor se monta sobre un tanque, en su eje horizontal y se sumerge en una cuarta parte del lodo. Las válvulas y tuberías se encuentran dispuestas de manera que el tambor gire lentamente aplicando el vacío en el interior del medio filtrante.

#### B) Centrifugación.

Presenta varias ventajas la centrifugación, incluyendo un costo moderado de operación y el que requiera un menor espacio, no obstante tiene un problema, que el líquido que es separado y que se regresa al sistema de tratamiento de aguas, con frecuencia contiene cantidades indeseables de sólidos finos, que representan una carga más para el tratamiento de las mismas aguas. El problema es mayor con los lodos del tratamiento secundario; - además, cuando se usa la centrifugación únicamente, no hay eliminación suficiente de agua de los lodos ya sea de los mixtos o de los activados.

C) Congelación y deshielo.

Tiene su base en la ruptura de las paredes celulares de los organismos que retienen humedad interna. El alto costo del método lo hacen impráctico para grandes volúmenes de lodos.

D) Tratamiento con calor.

El acondicionamiento de lodos por tratamiento de calor, en forma específica el proceso Proteus funciona de la manera siguiente: los lodos son "cocidos" a -- una temperatura cercana a los 188°C, bajo presión; el líquido separado es regresado al proceso de trata miento de aguas, mientras que el lodo ya reducido de volúmen en dos tercios, es deshidratado mecánicamente, formando una masa estéril que contiene de un 45 a 65% de sólidos. Por este método no es necesario hacer la digestión ni el acondicionamiento químico de los lodos.

E) Irradiación gamma.

Recientemente se han hecho estudios relativos al acondicionamiento de lodos por medio de la irradiación con rayos gamma. Los trabajos realizados han mostrado que

la irradiación de los lodos con una dosis de 250000 RAD, causa un incremento de 2.5 en la concentración de sólidos, en un tiempo de 50 minutos, por medio de la sedimentación.

La irradiación no ha causado efectos apreciables en las propiedades de sedimentación en otro tipo de lodos, incluyendo los provenientes del tratamiento primario y de la digestión anaerobia. Presenta también la ventaja de aumentar la filtrabilidad de los desechos de los lodos activados, así como la de efectuar la desinfección de los mismos.

Han sido estudiados otros métodos como el Tratamiento eléctrico, el ultrasónico, el bacteriano y el de extracción con solventes, sin embargo no se han obtenido resultados satisfactorios. (30)

#### Secado y combustión.

Cuando los lodos van a ser utilizados como fertilizantes, es necesario disminuir el contenido de humedad den más de 10% del que es obtenido por medio de la filtra ción y cuando van a ser incinerados la humedad debe llegar a un punto tal que permita a los lodos encenderse y quemarse.



El secado se realiza por la aplicación de calor, usando por lo común cualquiera de los equipos siguientes:

A) Horno secador rotatorio.

Es un cilindro que generalmente tiene un diámetro de 1.20 a 2.40 m., y de longitud, 10 a 8 veces su diámetro. El cilindro gira sobre su eje inclinado, con una velocidad de 4 a 8 rpm, los lodos son mezclados en el cilindro por medio de deflectores helicoidales que se encuentran fijos a la pared. Con objeto de que los lodos que se aglomeran sean secados perfectamente, sobre todo en el interior de la masa formada, se acostumbra recircularlos y mezclarlos con los que entran. La temperatura media de secado no debe ser mayor de 370°C.

Los gases desprendidos al salir a la atmósfera, arrastran partículas de polvos, por eso debe ser instalado un equipo colector adecuado. Además, se generan olores que resultan desagradables, pero pueden ser eliminados haciendo la cloración o el lavado con suficiente agua, de los lodos con anterioridad a su tratamiento.

### B) Secador Instantáneo.

La masa que se forma al mezclar los lodos secos con los aún húmedos, se pasa a un molino de martillos, en donde las partículas de los lodos se secan casi instantáneamente a medida que son dispersados y mantenidos en suspensión en una corriente de aire. Finalmente se pasan a un separador con objeto de eliminar los gases húmedos de los lodos secos. El producto puede ser usado inmediatamente.

### C) Secador de pulverizadores.

Consiste en una torre vertical por la que fluye hacia abajo una corriente de aire caliente. Los lodos se alimentan a la torre por aspersion; el agua de las partículas atomizadas se separa por evaporación y se elimina con los gases calientes, llenando al fondo de la torre los lodos secos.

En este caso también se genera contaminación atmosférica por los polvos que son arrastrados con los gases emanados, pero el problema se evita al instalar un equipo adecuado que elimine a estos contaminantes.

D) Horno de hogar múltiple.

Este equipo realiza a la vez el secado y la incineración de los lodos. Consiste en un cilindro vertical revestido con algún material refractario o con ladrillo, formando una serie de cuatro o más hogares, uno sobre otro. El lodo es alimentado por la parte superior del cilindro, y es secado parcialmente por los gases calientes que llegan de los hogares inferiores y se hace que bajen a ellos por medio de cepillos rotatorios o de rastrillos mecánicos. Una vez que han alcanzado un determinado grado de humedad, se pasan al incinerador.

La incineración se lleva a una temperatura de 675 a 760°C. Con este sistema queda eliminado el problema de disposición.

La incineración tiene como finalidad reducir el volumen de los lodos, así como hacer la esterilización de la materia orgánica, sin embargo no se considera que es el método de disposición final, pero sí la hace más fácil, por que representa un menor volumen de sólidos. No obstante, también produce contaminación atmosférica por polvos, hollín, cenizas, lo que hace ne-

cesario acoplar un equipo de control, o lo más conveniente es usar un incinerador de cámara múltiple, que elimina completamente los contaminantes atmosféricos.

#### Proceso Zimmerman u oxidación húmeda de lodos.

La base del sistema es la oxidación de la materia orgánica de los lodos. La Fig. 5.16, muestra el sistema que opera de la manera siguiente:

Los lodos y el aire son alimentados al sistema en cantidades proporcionales, por medio de una bomba y un compresor de aire. Las dos corrientes se juntan y mezclan en un simple tubo en forma de T; la mezcla es entonces calentada en un cambiador de calor a unos 204°C, sin embargo, la temperatura dependerá del grado de oxidación deseado. Al entrar al reactor, la oxidación empieza instantáneamente, lo que hace que la temperatura aumente hasta cerca de 260°C. El proceso concluye hasta que la materia orgánica es oxidada completamente, teniendo la formación de cenizas, con la liberación de calor.

El grado de oxidación es desde luego, una función de la concentración de la materia orgánica, del tiempo

# OXIDACION HUMEDA DE LOS LODOS (PROCESO ZIMMERMAN)

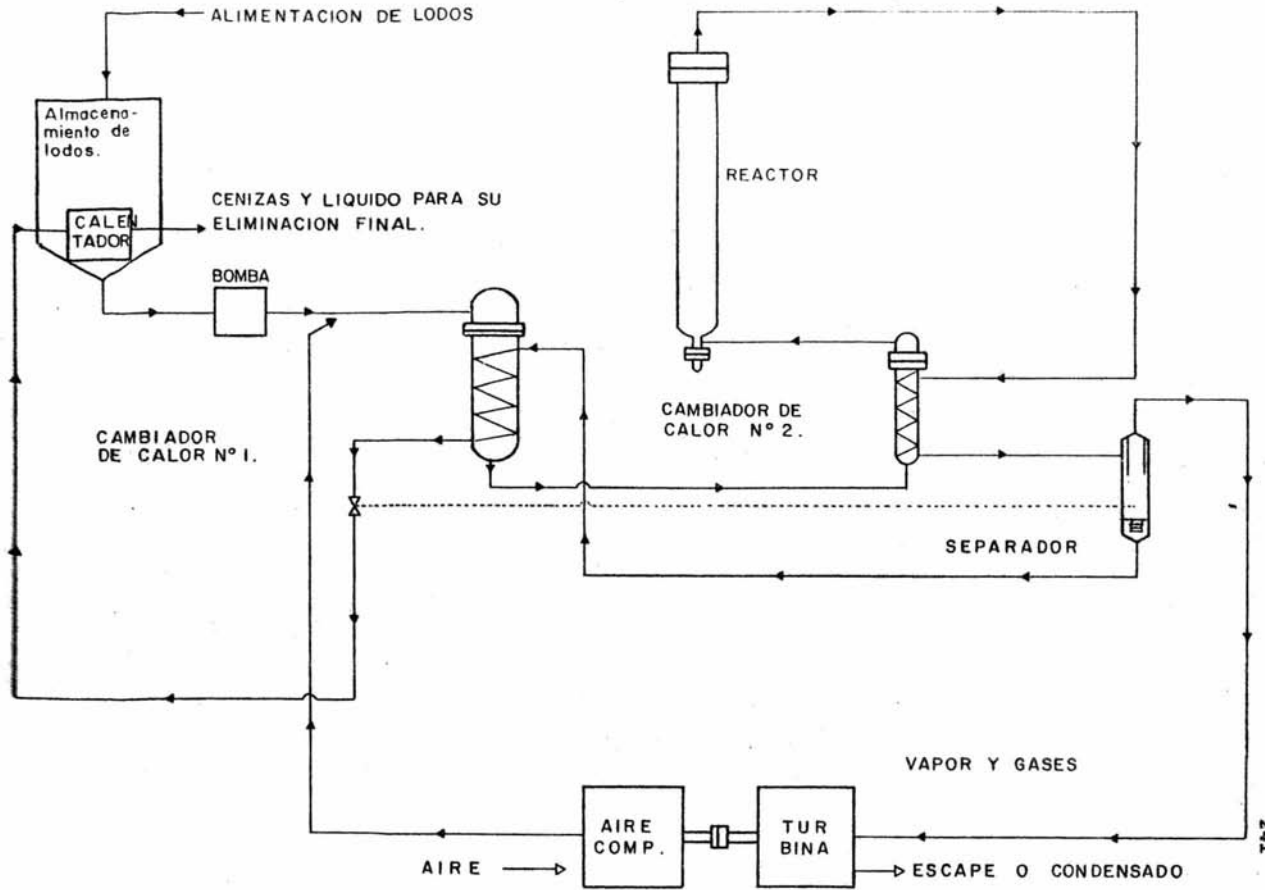


Figura 5.16

de residencia en el reactor y de la temperatura de salida del reactor.

Este sistema ha sido usado, así mismo, de un modo satisfactorio, para los desechos sólidos de la fábricas de papel, textiles y de goma. (29)

#### Disposición final de los lodos.

La disposición de los lodos en los océanos, lagunas o en la tierra son los métodos más baratos, no obstante el más adecuado es el de usarlo como acondicionador de suelos y puesto que contienen altas cantidades nutrientes, pueden usarse como fertilizantes. Los residuos de la incineración pueden ser utilizados de la misma manera.

#### 5.8. Tratamiento de aguas residuales industriales.

El tratamiento de las aguas residuales industriales se debe de llevar a cabo antes de que sean arrojadas a las aguas receptoras, incluso al drenaje municipal, para evitar serios problemas de contaminación de las aguas de los diferentes cuerpos receptores, así como evitar problemas en los procesos de tratamiento de las aguas negras municipales; en pocas palabras, se debe prevenir la contaminación de las aguas tratando los residuos industriales dentro de la propia industria. Al actuar de esta manera se contribuye a reducir la contaminación ya existente en muchas aguas receptoras de ríos, lagunas, e incluso de los océanos, además, representa una solución para la misma industria, pues puede haber recuperación de subproductos y el agua tratada puede reutilizarse dentro del proceso, evitando en muchas ocasiones los problemas originados por la escasez de agua para abastecimiento industrial que prevalece en muchas poblaciones.

En ocasiones los productos de desecho contenidos en las aguas, pueden ser recuperados y posteriormente integrados al proceso, o bien, ser factibles de industrializarse, ofreciendo una reducción en los costos -

I N O R G A N I C O S

O R G A N I C O S

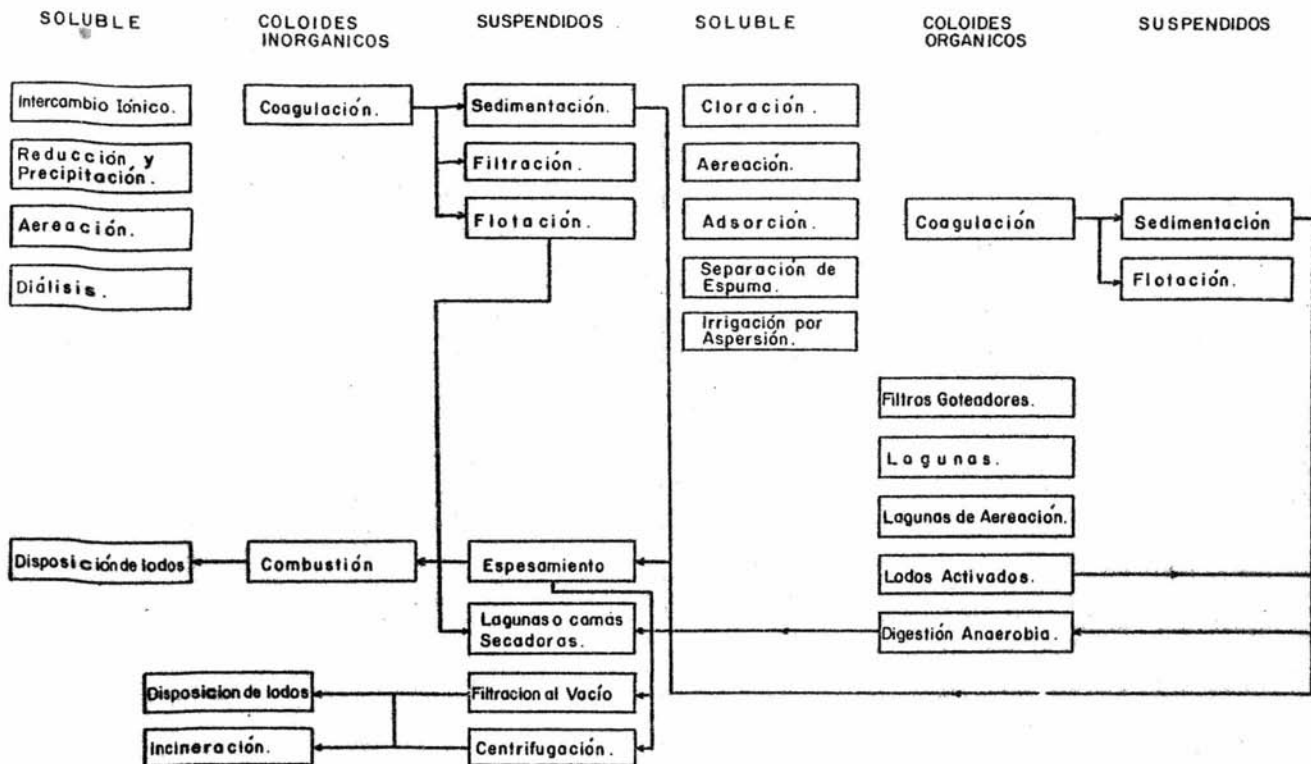


Figura 5.17

Metodos de tratamiento: Ef Indust



de las plantas de tratamiento, resultando por supuesto un beneficio para la industria.

Los métodos de tratamiento más comunes son catalogados de acuerdo a la naturaleza química y física de los contaminantes. La Fig. 5.17 ilustra los métodos industriales de tratamiento comúnmente usados. La selección final del método depende de cuestiones económicas, del área disponible para la planta, así como del grado de tratamiento deseado. (14,29)

Cabe citar algunos casos específicos de tratamiento de industrias, que se considera son contaminantes en cierto grado.

#### 5.8.1. Industria química.

Los desechos de la industria química presentan una gran heterogeneidad, ya que son de carácter orgánico, inorgánico, son solubles, insolubles, inertes, tóxicos o cualesquiera de sus combinaciones. A pesar de esta heterogeneidad, la secuencia de los métodos a seguir son los siguientes:

##### Tratamientos físicos.

Cribado

Sedimentación

Centrifugación

Floculación

Flotación

Separadores por gravedad

Filtración

Adsorción

Tratamientos químicos.

Neutralización

Oxidación-reducción

Precipitación

Intercambio iónico

Procesos de membrana:

Electrodiálisis

Osmosis inversa

Tratamiento biológico.

Lodos activados

Filtros goteadores

Lagunas de oxidación

Digestión anaerobia.

5.8.2. Industria textil.

Puesto que son muchas las operaciones que se realizan en el acabado de los textiles, los contaminantes son variados tanto en su composición como en su concentración. En varias ocasiones son muy tóxicos, porque con

tienen fungicidas que se aplican al algodón para su limpieza, así como cromo hexavalente, proveniente de los secadores; además, son muy ácidas o muy alcalinas, altamente coloridas, por la alta concentración de anilinas y poseen una elevada demanda bioquímica de oxígeno, que es una de las características de este tipo de aguas.

El tratamiento a seguir consta principalmente del químico y del biológico, se muestra en la Fig. 5.18.<sup>(14)</sup>

#### 5.8.3. Industria empacadora de alimentos.

Los desechos de esta industria constituyen un problema general, por ocupar un gran volumen y porque contienen desechos tanto sólidos como líquidos. Los sólidos son en esencia orgánicos, lo que genera una elevado DBO.

La limpieza efectuada después de la producción alterará notablemente las características de las aguas por las grandes cantidades de sosa cáustica que se usa con éste fin.

No obstante que son muchas las industrias de este tipo, el tratamiento de las aguas residuales que normalmente debe de hacerse se ilustra en la Fig. 5.19.

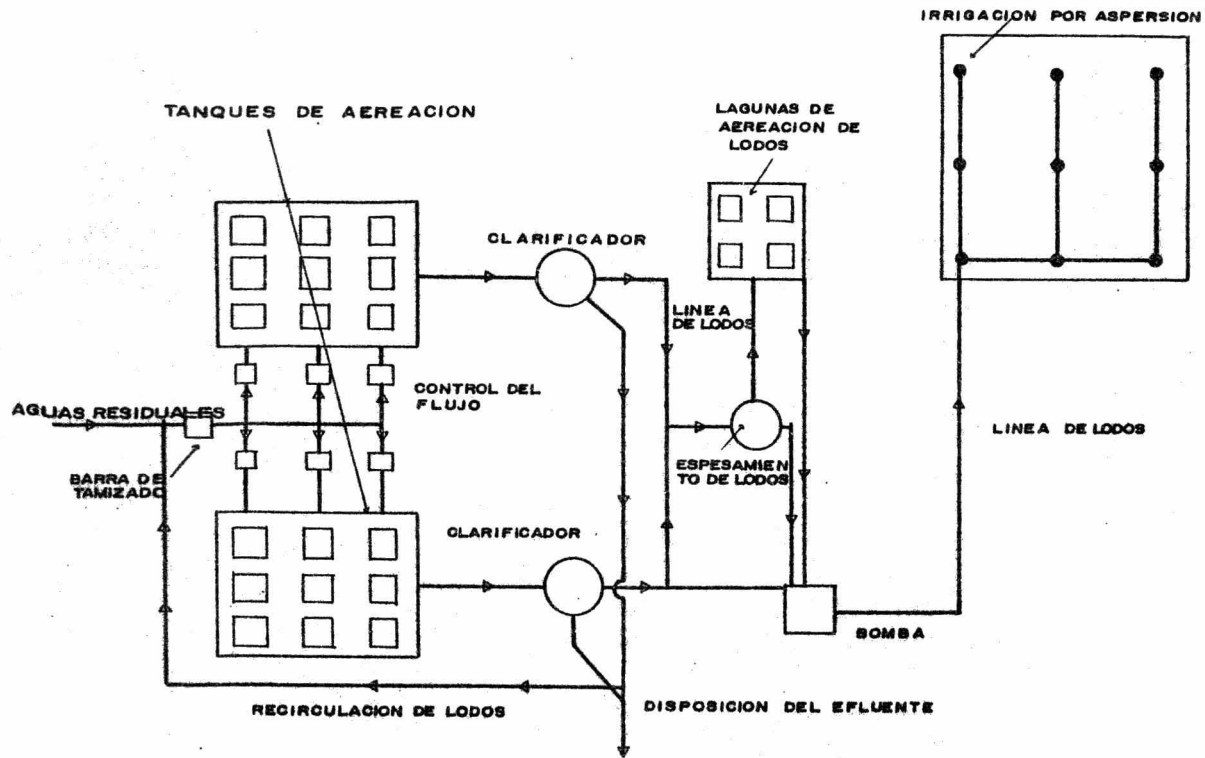


Figura 5.18

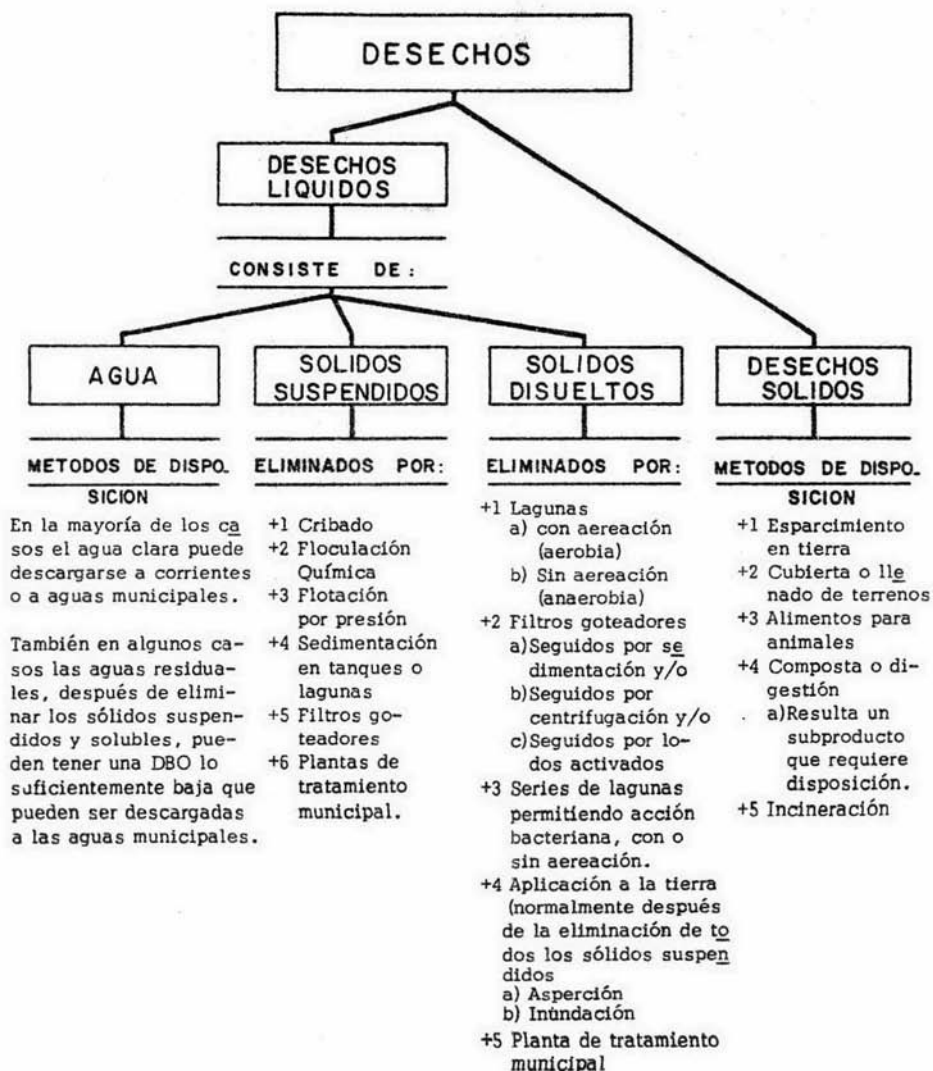


Figura 5.19

#### 5.8.4. Industria productora de metales.

Por lo general las plantas productoras de metales son similares en cuanto a los desechos vertidos a las -- aguas, que consisten en pequeñas partículas metálicas, aceites libres y solubles, así como varios agentes limpiadores.

El sistema de tratamiento que se usa para cantidades relativamente pequeñas de aceite soluble y de aguas alcalinas, se muestra en la Fig. 5.20. (14)

#### 5.8.5. Industria del papel.

No obstante que las aguas residuales de esta industria no son tóxicas al hombre por no contener organismos patógenos, si son altamente contaminantes por su contenido de sólidos (partículas de madera, fibra, materiales que se usan en la elaboración del papel como talco, carbonato de calcio, bióxido de titanio), de compuestos orgánicos solubles (carbohidratos, azúcares, madera), de sustancias que ofrecen un aspecto antiestético por su fuerte colorido (licores negros), de compuestos inorgánicos solubles (fosfatos y otros), además porque algunos de estos compuestos representan un riesgo para la vida acuática. (31,34,36)

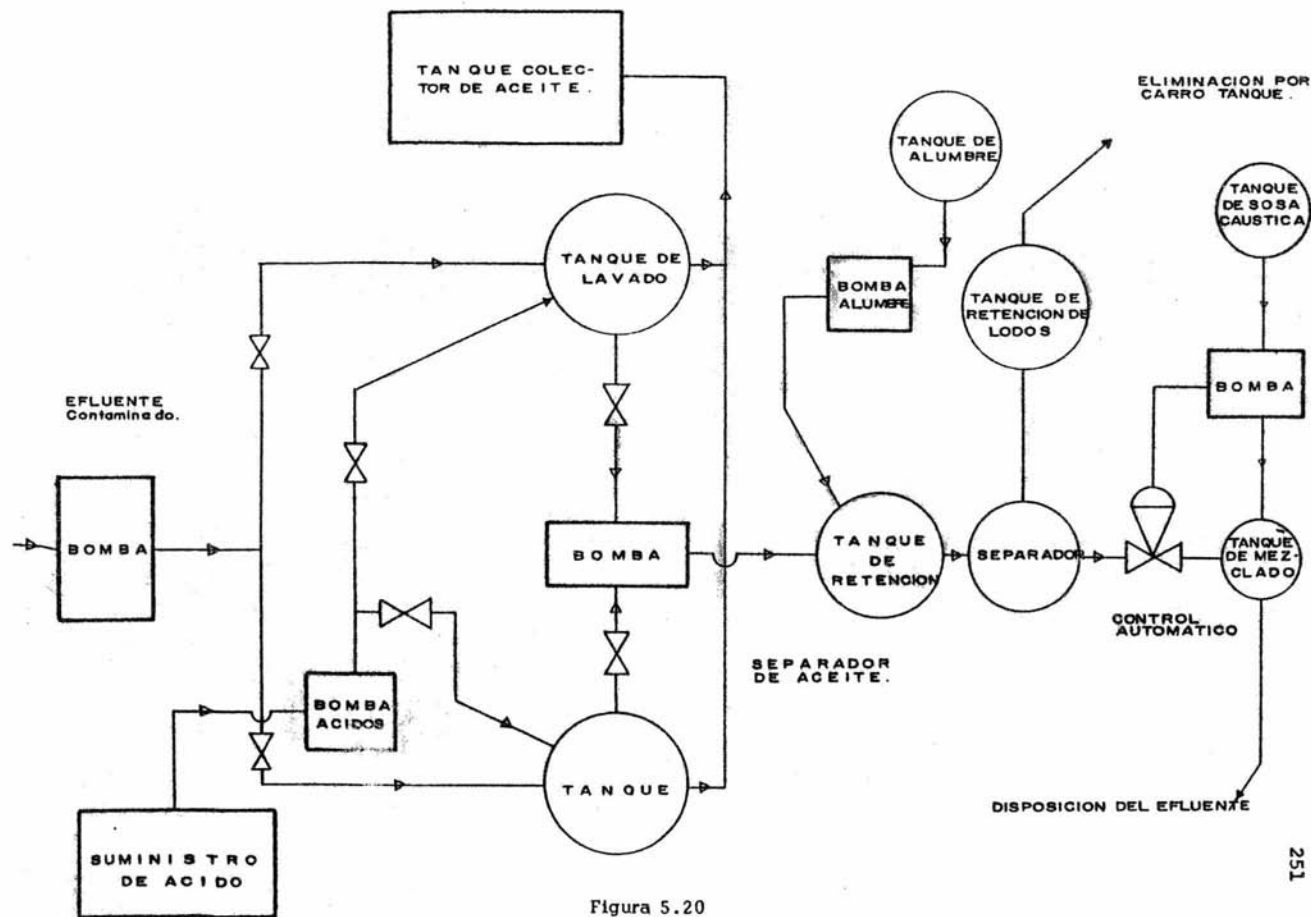


Figura 5.20

Los tratamientos que se realizan para eliminar estos contaminantes, se resumen en la Fig. 5.21.

Cabe hacer mención especial al tratamiento de los con taminantes producidos en la industria de la celulosa, en forma concreta de los licores negros Kraft. El tratamiento tiene como principio el separar la ligni na y los reactivos inorgánicos, de modo que sean pro cesados en forma independiente y que se aprovechen - industrialmente. (41)

Puesto que la lignina es la responsable de la colora ción de los licores negros kraft, el tratamiento requiere la eliminación o degradación de ésta, obte - niendo compuestos no coloridos, realizado por medio de la coagulación de estos compuestos por disminución del pH, en donde la temperatura juega un papel impor - tante.

El proceso se realiza en tres etapas. (Fig. 5.22).

Resulta importante este tratamiento por la recupera - ción de los reactivos, por medio de la evaporación y cristalización, así como por la modificación de las ligninas para obtener productos comerciales, por el aprovechamiento de su estructura y de los grupos quí micos como los anillos aromáticos, los oxhidrilos al



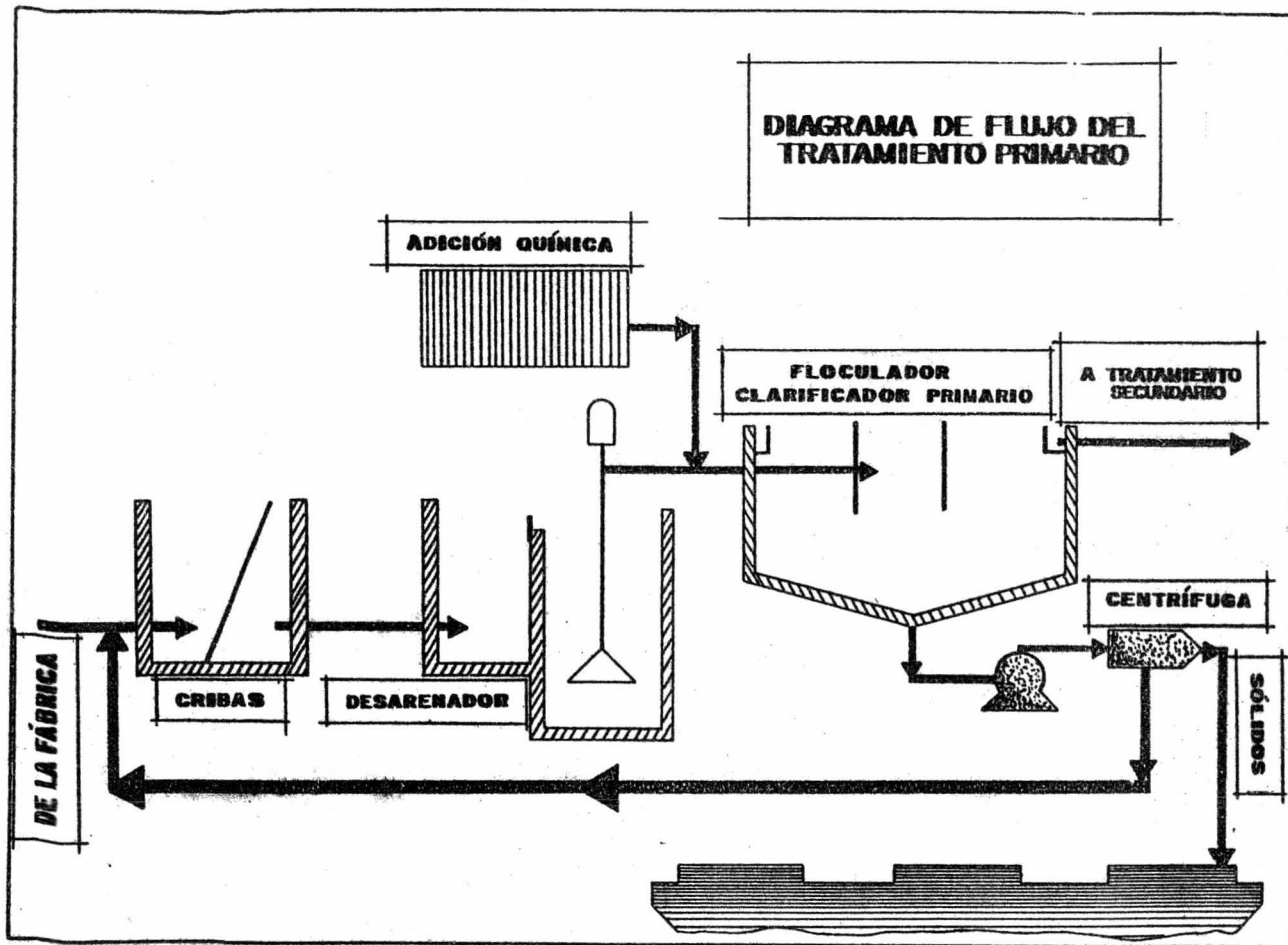


Figura 5.21

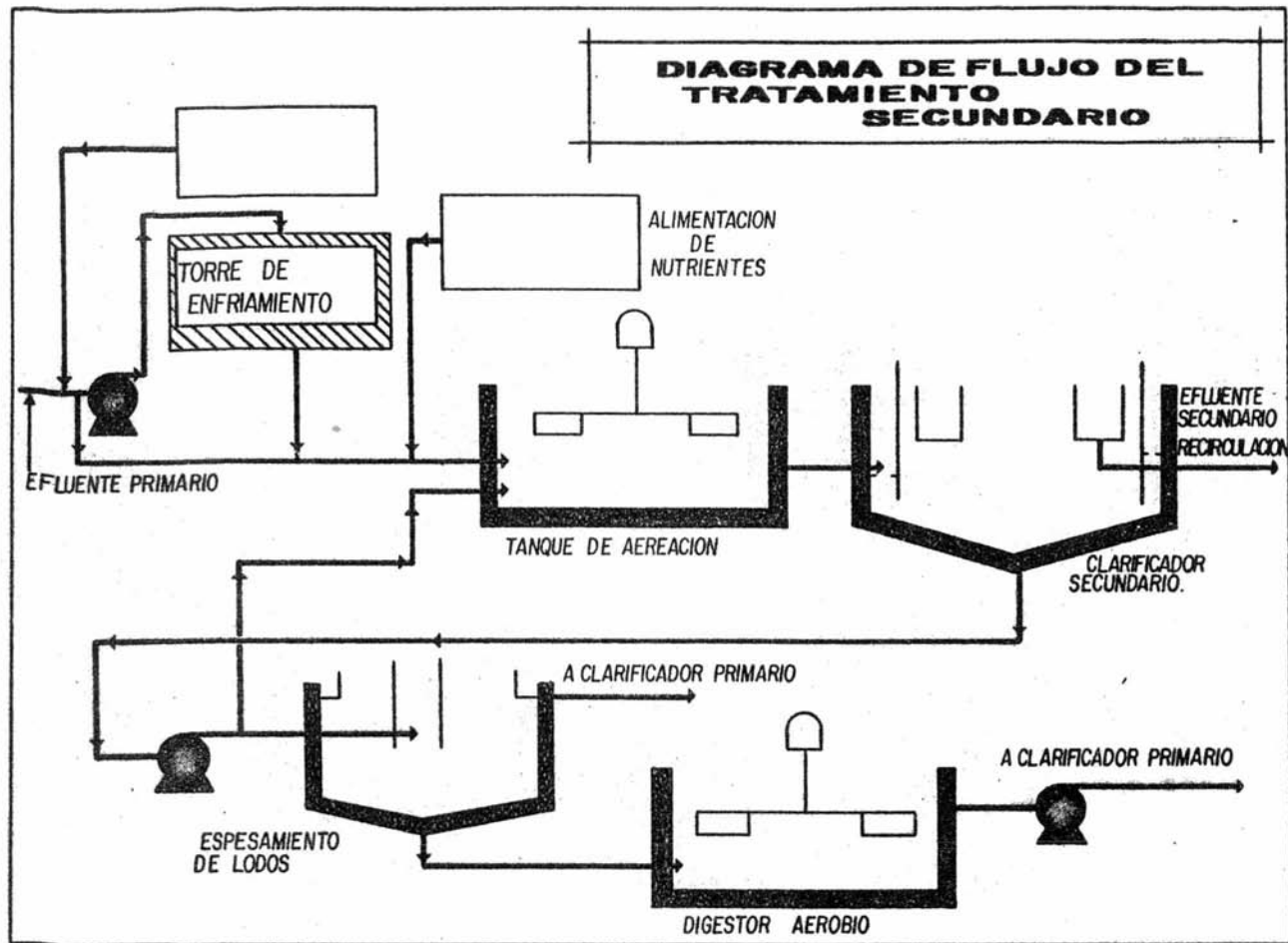


Figura 5.21

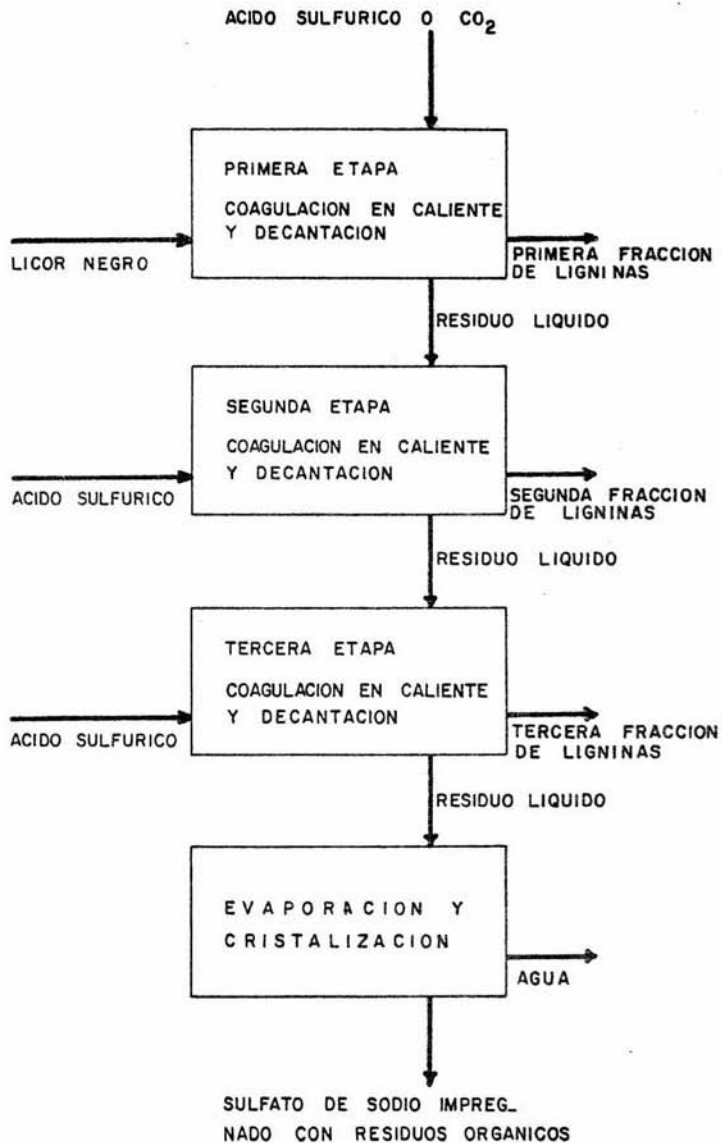


Figura 5.22

cohólicos y fenólicos y los grupos metoxilos y carbonilos; de igual modo se han aprovechado sus propiedades físicas para otros usos.

Algunos de los usos que se le ha dado a la lignina recuperada son:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| Construcción.      | - En el estabilizado de las emulsiones asfálticas.     |
|                    | - Como aditivo en la fabricación del cemento Portland. |
| Cerámica.          | - Defloculante   |
| Textil.            | - Dispersante en el entinado de fibras sintéticas.     |
| Azucarera.         | -Como clarificante.                                    |
| Alimenticia.       | -Separación de proteínas en solución.                  |
| Jabonera.          | Estabilizador.   |
| Pinturas y tintes. | - Aditivo para aumentar la resistencia.                |

#### 5.8.6. Industria del acero.

Este tipo de industria tiene como contaminante los siguientes compuestos:

Aceites, lubricantes, solventes, sólidos en suspensión, - carbón, coque, aguas cáusticas, lodos ácidos, cal, compues-  
tos químicos tóxicos, limpiadores y otros, además, las -  
aguas tienen una elevada temperatura.

El proceso de tratamiento para éstas aguas se encuentra -  
esquemático en la Fig. 5.23 (36,26).

#### 5.8.7. Industria del petróleo.

Son principalmente los desechos de las refinerías y de las  
aceitíferas, los contaminantes de ésta industria.

Las salmueras son bombeadas a los pozos conjuntamente con-  
el aceite, y se caracterizan por su contenido de sólidos y  
por su salinidad. Aún no se conoce tratamiento satisfacto-  
rio para estas aguas, porque sí se trata de hacer la recu-  
peración por destilación, representa costos muy elevados.-  
Comúnmente se acostumbra introducirlas nuevamente a las --  
tierras mediante bombeo, pero estas medidas tienden a con-  
taminar las aguas subterráneas.

Los contaminantes de las refinerías son ácidos, álcalis, -  
compuestos de azufre, fenoles y aceite. La Fig. 5.24 --  
muestra el tratamiento más adecuado. (26,36)

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DEL ACERO

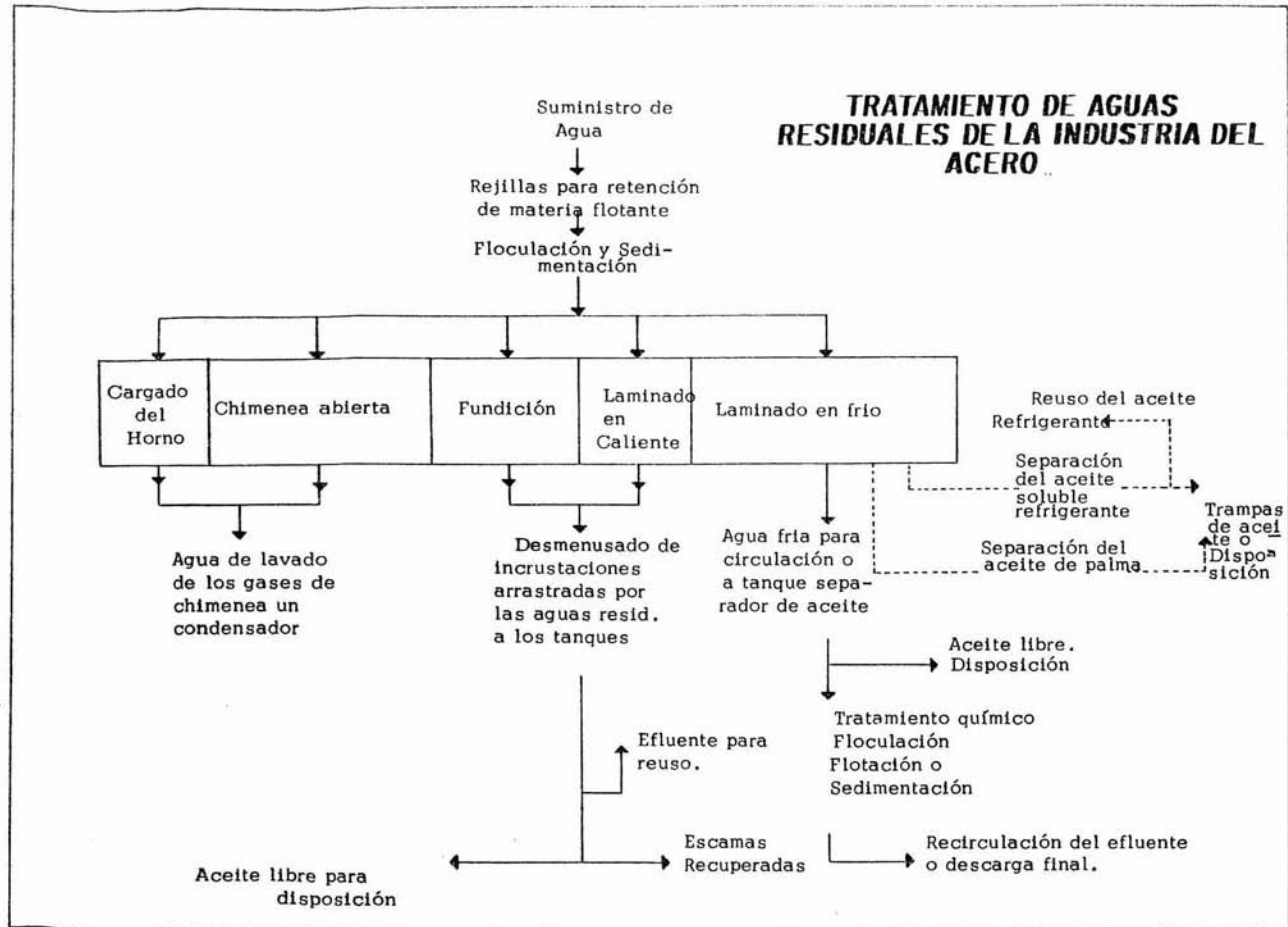


Figura 5.23

#### 5.8.8. Industria de galvanoplastia.

El tratamiento de las aguas residuales de una industria de éste tipo involucra la eliminación de compuestos considerados como altamente tóxicos. El problema reside principalmente en las aguas de enjuague de las piezas por recubrir o que ya han sido recubiertas con algún metal y en ocasiones por volúmenes relativamente pequeños de la solución - electrolítica, a causa de derrames o de accidentes.

La Tabla 5.3. reúne los diferentes contaminantes que se generan durante el proceso de electrodeposición, así como el tratamiento recomendado para su eliminación.

Entre éstos contaminantes tienen una importancia relevante los cianuros, ácidos crómico y cromatos, por ser potencialmente tóxicos tanto al hombre como a la vida acuática, por ello se hace mención especial a los tratamientos encaminados a neutralizar a estos contaminantes.

##### Aguas contaminadas por Cianuros.-

Los métodos disponibles de tratamiento para las aguas contaminadas por cianuros se basan en la destrucción del triple enlace del grupo ciano, bajo una oxidación fuerte en medio alcalino, hasta formar compuestos no tóxicos y también inertes.

La oxidación se efectúa con cloro gaseoso, siguiendo 3 etapas:

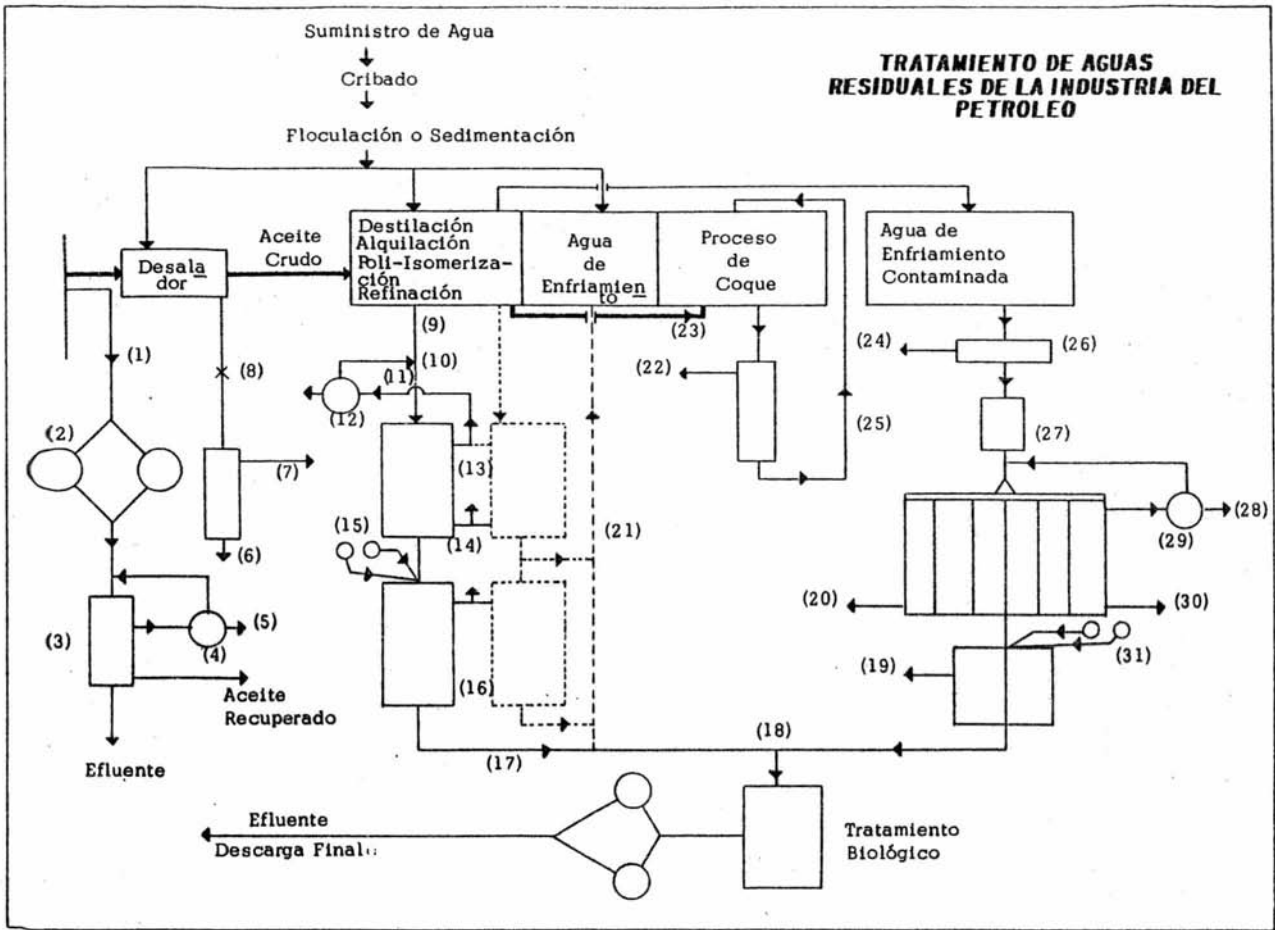


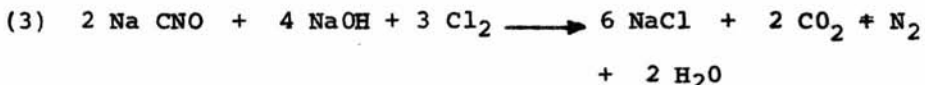
Figura 5.24



- (1) Línea de lastre
- (2) Depósito
- (3) Separadores API
- (4) Aceite Recuperado
- (5) Disposición de lodos
- (6) Efluente
- (7) Aceite Recuperado
- (8) Lodos
- (9) Tratamiento de aguas
- (10) Desnatado
- (11) Lodos
- (12) Espesamiento
- (13) Separadores API
- (14) Desnatado
- (15) Dosificadores
- (16) Mezclado  
Floculación  
Flotación
- (17) Clarificadores finales
- (18) Descarga del efluente  
Tratamiento Biológico
- (19) Disposición de Natas
- (20) Aceite recuperado
- (21) Recuperación de Sólidos
- (22) Recuperación de coque
- (23) Crudo Residual
- (24) Aceite Recuperado
- (25) Agua . Recuperación
- (26) Desnatado
- (27) Cribas
- (28) Lodos
- (29) Separadores Agua-Aceite
- (30) Flujo fuerte
- (31) Dosificadores químicos

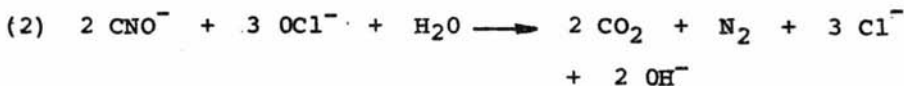
Tabla 5. 3.

<u>TIPO DE CONTAMINANTE</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>TRATAMIENTO RECOMENDADO</u>
Sólidos, arena	Laminadora, Moldeo con arena	Sedimentación
Lodos	Precipitación de Hidróxidos metálicos	Sedimentación, filtración
Aceites, grasas	Desengrase, limpieza	Separadores de grasas, incineración
Solventes	Limpieza del metal	Separación y recuperación, incineración
<u>Acidos:</u>		
Sulfúricos	Limpieza del metal	Neutralización con álcali para precipitar los metales
Clorhídrico Nítrico Flourhídrico	Limpieza del metal	Neutralización y precipitación del ión floururo
Perclórico	Soluciones de abrillan- tado	
Acético		
<u>Alcalis:</u>		
Sosa cáustica Carbonato de Sodio Silicatos Fosfatos	Limpieza del metal Limpieza alcalina	Neutralización
<u>Iones metálicos:</u>		
Metales preciosos	Electrodeposición agotamiento	Intercambio iónico, electrodiálisis, precipitación con álcali y sedimentación
Cobre Níquel	Electrodeposición	



La primera etapa es la oxidación a cloruro de cianógeno, - que ocurre casi instantáneamente. La segunda es la hidrólisis del cianógeno a cianato, que se realiza a un pH de 11. Y la tercera etapa, es la oxidación del cianato a bióxido de carbono y nitrógeno, llevada a un pH de 7.5 a 8.0 con un tiempo de reacción de 10 a 15 minutos.

Con frecuencia la oxidación se realiza con una solución de hipoclorito de sodio, puesto que el manejo del cloro al estado gaseoso representa ciertos riesgos. Este proceso presenta las tres etapas básicas de oxidación:



La reacción (1) es rápida, y con un exceso del 10 al 20% de hipoclorito de sodio, la reacción (2) se lleva a cabo en una hora aproximadamente, a un pH, que resulta ser el ópti-

mo, de 8.5, con el fin de que la destrucción del grupo ciano sea completa.

Aguas contaminadas por Cromo Hexavalente.-

El tratamiento de éste tipo de aguas se basa en la reducción del cromo hexavalente a trivalente, forma a la cual el cromo es inocuo. El proceso consta de dos etapas:

Etapa 1.- Reducción.

Para la reducción del cromo hexavalente a trivalente se usa normalmente el bióxido de azufre por su fácil manejo y por la factibilidad que ofrece en el ajuste de la velocidad de alimentación, lo que representa una economía del tratamiento. Se usa también el metasulfito de sodio, cuando la concentración de cromo es pequeña. Ambas reacciones se realizan en un medio ácido.

Etapa 2.- Precipitación. Neutralización.

Para la precipitación del cromo en forma de hidróxido se lleva a cabo por la reacción de las sales de cromo con agentes alcalinos como la sosa ash o carbonato de sodio, la sosa cáustica, o bien el hidróxido de calcio.

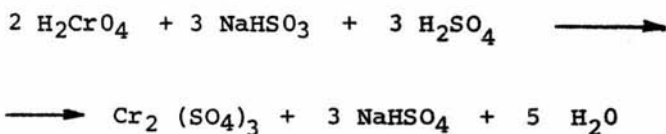
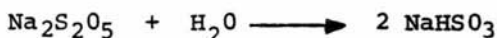
Las reacciones efectuadas son las siguientes:

Reducción:

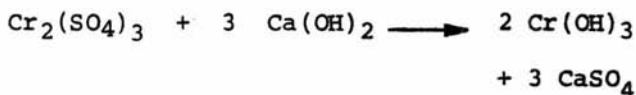
(a) Usando bióxido de azufre.



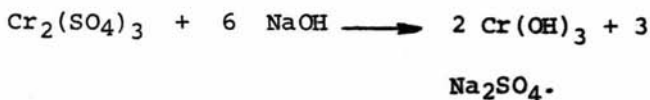
(b) Usando metasuльфito de sodio.

Neutralización:

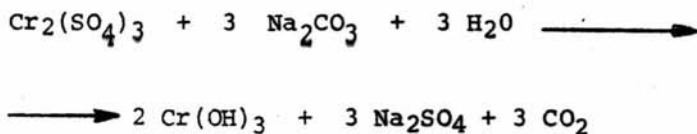
(a) Usando hidróxido de calcio.



(b) Usando sosa cáustica.



(c) Usando carbonato de sodio.



Los métodos comunes de tratamiento son los siguientes:

A) Método por Cargas.-

Es éste el método más antiguo y de mayor uso para el tratamiento de las aguas residuales de éste tipo, y que consiste en tres tanques o dos, para el almacenamiento de cada corriente residual, siendo cada tanque de cierto tamaño que sea suficiente para contener el flujo en un tiempo determinado, generalmente es un día. Entonces la corriente se desvía al segundo tanque, en tanto el primero se trata, analiza y descarga. Se prefiere contar con un tercer tanque que es el de reserva, para casos de emergencia. Este método se usa para instalaciones pequeñas, puesto que la operación es totalmente manual.

B) Tratamiento Continuo.-

Una planta de tratamiento continuo es más compacta, costosa de instalar, y económica de operar, que los otros métodos. El control automático es por lo común bastante completo y la única atención manual que se requiere, es el mantenimiento de los instrumentos en buen orden, y el llenado periódico de los recipientes con las sustancias químicas para el tratamiento.

C) Tratamiento Integrado.-

Establece éste tratamiento un nuevo concepto, ya que la neutralización de los compuestos tóxicos se lleva a cabo - antes de que lleguen a formar parte de la corriente de las aguas de desperdicio. Las figuras 5.25 y 5.26 muestran los métodos de Tratamiento Integrado para aguas contaminadas - por cianuros y por cromo hexavalente. (21, 14).

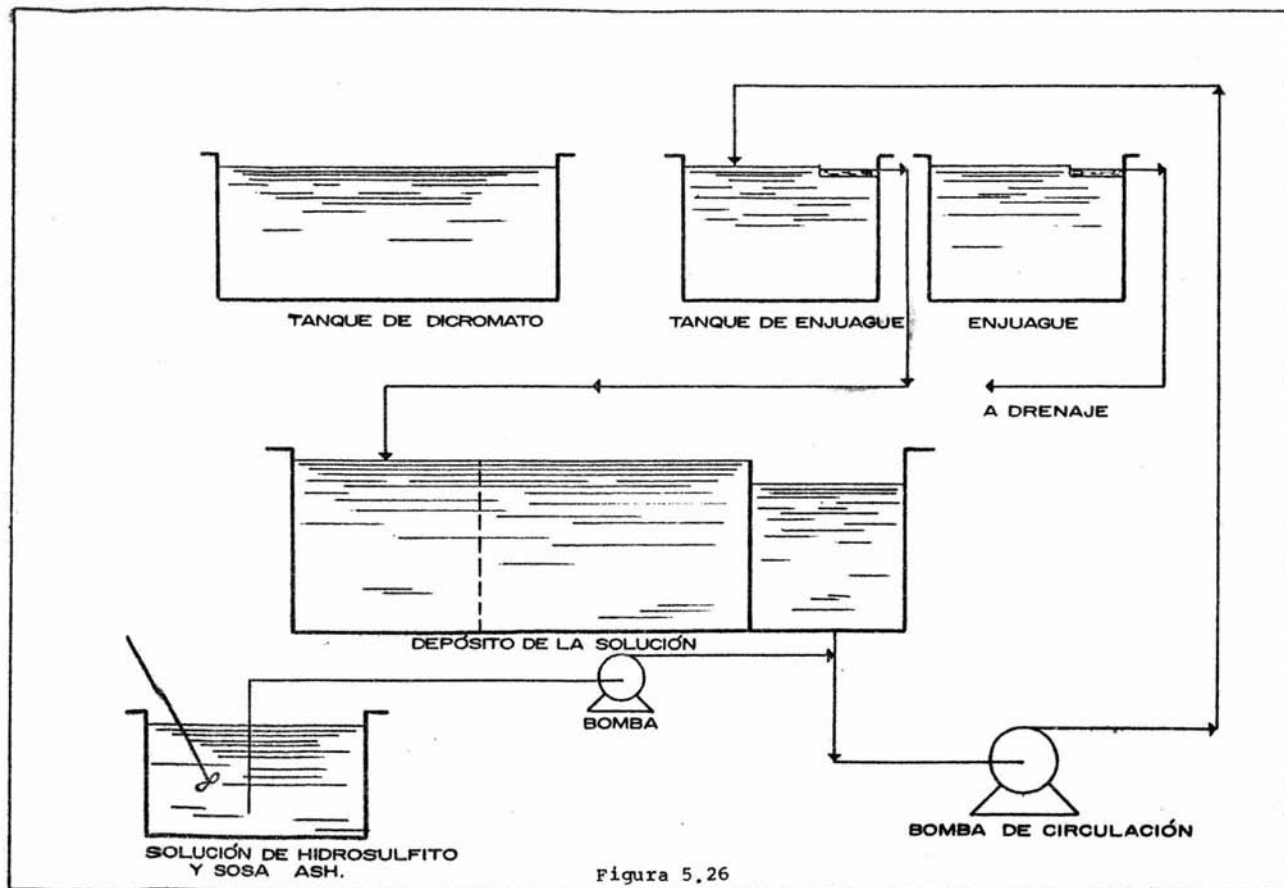


Figura 5,26



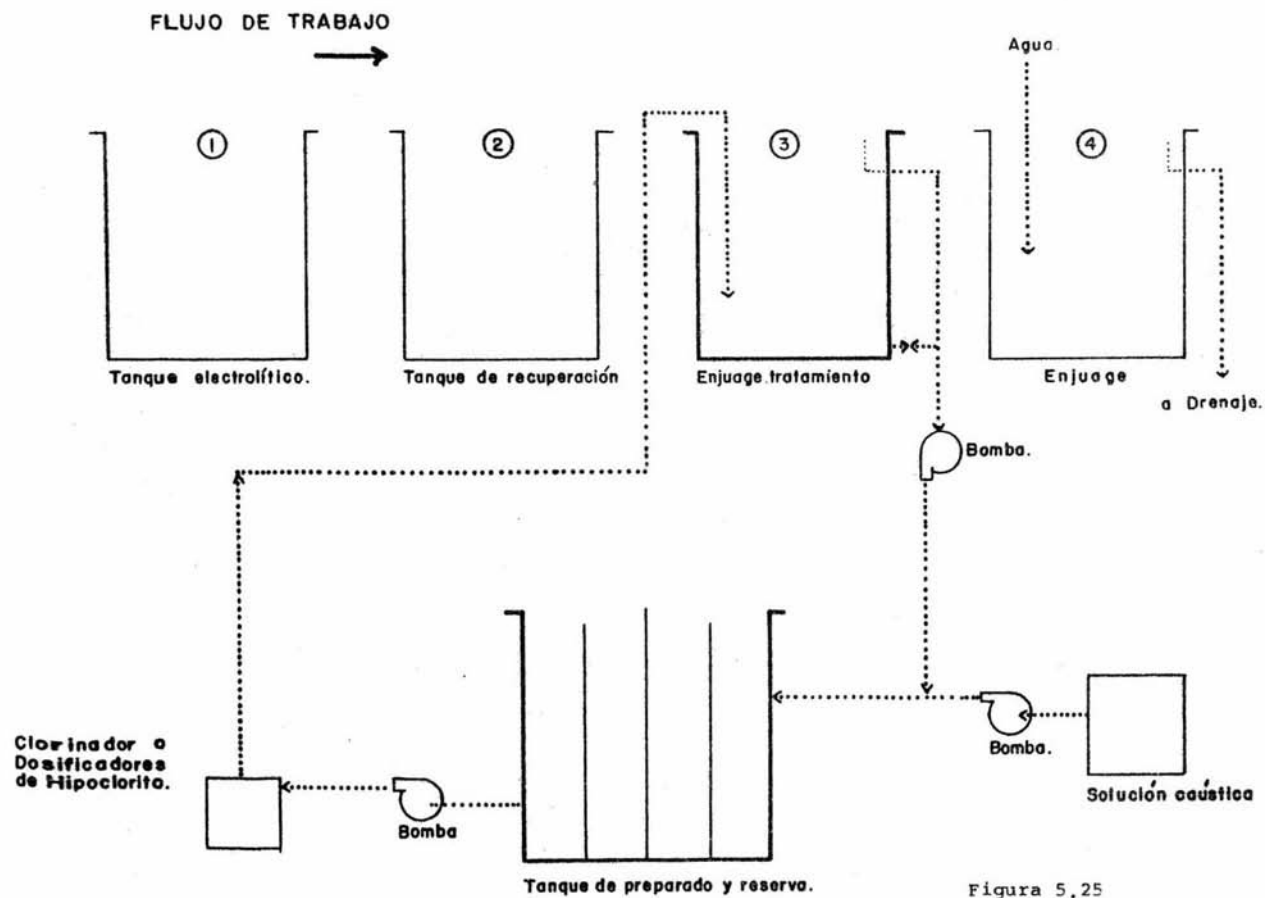


Figura 5.25

## 5.9 CALIDAD DEL AGUA.

El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua de la República Mexicana, establece un criterio de la calidad del agua en función del uso a que se sean destinadas las aguas receptoras, por ésto, las descargas de aguas residuales tienen, antes de ser vertidas, que ajustarse a los valores de los contaminantes marcados en el Reglamento de acuerdo al uso de las corrientes, sí es agua para abastecimiento potable, para la industria alimenticia, para uso recreativo, para la conservación de la flora y de la fauna, o bien para uso agrícola e industrial.

Este Reglamento marca valores máximos permisibles de sustancias tóxicas presentes en los cuerpos receptores, de acuerdo a la clasificación dada para dichos cuerpos en función de sus usos. Tabla 5.4

Tabla 5.4

Límite máximo en miligramos por litro

	DA	DI	DII	DIII
Arsénico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	-
Boro	1.00	1.00	-	2.00
Cadmio	0.01	0.001	0.001	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.1	1.00
Cromo hexavalente	0.05	0.005	0.1	5.00
Mercurio	0.005	0.005	0.01	-
Plomo	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.20	0.02	-
Fenoles	0.001	0.001	1.00	-
Substancias activas al azul de metileno (de tergentes).	0.50	0.5	3.0	-
Plaguicidas:				
Aldrín	0.17	0.017		
Clordano	0.003	0.003		
D.D.T.	0.042	0.042		
Dieldrín	0.017	0.017		
Endrín	0.001	0.001		
Heptacloro	0.018	0.018		
Epóxico de heptacloro	0.018	0.0018		
Lindano	0.056	0.056		
Metoxicloro	0.035	0.035		
Fosfatos orgánicos con carbamatos	0.100	0.100		
Toxalenos	0.005	0.005		
Herbicidas totales	0.100	0.100		
Radiactividad:			Picocuries por litro	
Beta	1.000	1.000		
Radio 226	3	3		
Estroncio	10	10		

- DA Abastecimiento para sistemas de agua potable e --  
industria alimenticia con desinfección únicamente.  
Recreación (contacto primario) y libre para los -  
usos D1, D11 y D111.
- D1 Abastecimiento de agua potable con tratamiento -  
convencional (coagulación, sedimentación, filtra-  
ción y desinfección) e industrial.
- D11 Agua adecuada para uso recreativo, conservación -  
de flora, fauna y usos industriales.
- D111 Agua para uso agrícola e industrial.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

147

**PROYECTO PARA LA ELABORACION DE UN  
PROGRAMA DE LA MATERIA OPTATIVA  
" CONTAMINACION "**

**T O M O   I I**

Irma González Leal y  
Jorge L. Murillo León  
Químico  
Flor D.M. Olvera Albitier  
Carlos A. De la Parra S. Román

**1 9 7 5**

TESTI  
1975  
Mt 15/3 v.2



COMING

resulta cada vez menos práctico, debido a que conforme aumenta la población, las zonas urbanas tienden a aumentar su extensión territorial, acortándose la distancia núcleo población - tiradero.

Este sistema de eliminación de desechos, constituye desde varios puntos de vista, un medio de contaminación tanto al suelo, como al agua y al aire.

#### 6.1.2. Clasificación y efectos:

Los desechos sólidos pueden ser de procedencia urbana o industrial, teniendo características muy variadas, éstos están constituidos por materia orgánica e inorgánica, entre los desechos de materia orgánica, los hay de fácil degradación biológica y los de lenta degradación biológica, la materia inorgánica es no biodegradable.

Los efectos que ocasiona la disposición de desechos sólidos a cielo abierto son:

- I La degradación de materia orgánica en los tiraderos la inician las bacterias aerobias, cuando el oxígeno atrapado es consumido, se continúa la degradación en un medio anaeróbico, produciéndose olo

res ofensivos, se originan fuegos e incendios por autocombustión, debido a la alta temperatura y presencia de metano, contaminando el aire con humos, polvos y cenizas, los cuales son arrastrados por el viento fuera de las áreas - destinadas a este fin.

Con respecto a la contaminación de aguas, ésta se produce - cuando las aguas de lluvia o de escurrimiento superficial - pasan lentamente a través del estrato de basura en descompo - sición, arrastrando parte de los contaminantes solubles no - digeridos, provocando en el efluente una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y tóxicos, a este efluente se le denomina - "concentrado líquido o caldo de fermentación" y es un conta - minante tanto de corrientes superficiales como de mantos - freáticos.

- II Estos tiraderos representan un foco infeccioso, ya que es un medio en condiciones óptimas para la generación y reproducción de gérmenes patógenos, insectos y roedores.
- III Este sistema origina también un problema social de grandes - proporciones, en el Distrito Federal existen aproximadamen - te 1,500 familias que se encuentran en la "pepena" (selec - ción de productos recuperables), su medio de subsistencia, - lo cual al hacerlo sin ninguna técnica, se exponen a todo - tipo de enfermedades.



### 6.1.3. Métodos de control

- I Reducir la utilización de envases no retornables.
  
- II Establecer un servicio eficiente de limpia, recolección y transporte de las basuras, con objeto de evitar focos de infección en zonas donde no se presta este servicio.
  
- III Seleccionar entre las distintas técnicas usadas - en todo el mundo, la que más se adapta al tipo de desechos de una determinada población. Entre las técnicas más importantes, se encuentran:

Relleno sanitario

Reciclo

Pulverización

Composta

Compactación

Incineración

Pirólisis

Combinación de las anteriores.

### 6.1.3.1. Reciclo.

Este método consta de las siguientes etapas:

- a) Recepción y almacenamiento.- Los camiones de basura previamente pesados, descargan en tolvas de concreto cuyo volumen debe ser capaz de almacenar las diferencias entre la llegada fluctuante de basuras, y la alimentación continua de las mismas al proceso.
  
- b) Alimentación. Grúas con cuchara tipo almeja o bandas, la basura se alimenta a una tolva que la dosifica a un transportador que la descarga uniformemente sobre las bandas de clasificación.
  
- c) Clasificación: Consiste de bandas transportadoras con velocidad y medidas adecuadas, sobre las cuales van las basuras con la dosificación apropiada para facilitar su selección. Los trabajadores se colocan a ambos lados de ella, y provistos de guantes y demás elementos protectores, retiran de las bandas el material en que están especializados, colocándolo en pe-

queñas tolvas que lo llevan hasta bandas transversales que concentran los subproductos, cuando el proceso es más automatizado, la recuperación de productos metálicos se efectúa con un separador magnético.

- d) Manejo de subproductos. Los subproductos son recogidos por las bandas transversales, llegan hasta su área de concentración, en donde dependiendo de sus características, se compacta en prensas, se empaca o prepara, para su venta como producto o materia prima. El material restante continúa en las bandas para su molienda o pulverización y constituye del 80 a 85% del peso inicial y está formado en su mayor parte por materia orgánica.

Los subproductos obtenidos se reintegran al ciclo industrial o comercial de diferente manera.

- 1) Papel y cartón. Este material tal como se obtiene de la basura, sólo se utiliza para la producción de papel corriente tipo estraza o para cartón, debido fundamentalmente a la mezcla de diferentes tipos de papel y a las tintas con que vienen impresos, sometiéndose a compactación en una prensa para salir en forma de pacas para facilitar su manejo, almacenamiento y transporte,

## 2) Vidrio.

El vidrio puede clasificarse de tres formas diferentes, cada una con su respectivo precio en el mercado, la primera y la de mayor valor es la formada por botellas enteras, la segunda es el vidrio blanco (incoloro) y la última la constituye el vidrio de color. Las botellas son compradas por las embotelladoras para usarlas después de un lavado apropiado. El vidrio como pedacería lo compran las vidrieras para reintegrar lo al proceso como materia prima según su color, utilizándose en la elaboración de diversos artículos como artefactos de vidrio soplado y otros utensilios de uso doméstico.

## 3) Metal.

La mayor parte del material metálico extraído está constituido por latas vacías. Anteriormente era económicamente factible extraer del bote el estaño que había en la tapa del mismo, pero en la actualidad, debido al poco estaño que contienen ya no es rentable esta operación. Actualmente la lata se somete a una molienda en molino de martillos, a una separación balística por aire de la poca materia orgánica con que viene mezclado, para posteriormente prensarse y reintegrarse al ciclo indus-

trial del fierro y del acero en una fundidora.

4) Textiles.

El mercado de este producto ha decaído notablemente con la introducción de las telas sintéticas y el mayor uso de este material actualmente es en la fabricación de colchones corrientes como material de relleno.

5) Hueso.

Este material tiene una demanda como alimento para ganado, cuando se somete a una pulverización, debido a su gran contenido de calcio y fósforo.

6) Chácharas.

Consiste fundamentalmente de piezas de maquinaria como engranes, barras, flechas y aparatos descompuestos, todo de metales diversos, que se venden para que sean clasificados y fundidos.

## 7) Plásticos.

Los plásticos están constituidos por polímeros, plastificantes, estabilizadores, lubricantes, colorantes y otros aditivos. Los plastificantes son ésteres de alto peso molecular cuya función es darle al producto la flexibilidad deseada. El plástico duro (termoplástico) es el único que tiene un valor comercial ya que puede volver a fundirse. El plástico blando (termofijo) no se puede reintegrar al proceso debido a los gases que despiden al tratar de fundirlo y el problema se agudiza por no ser tampoco biodegradable. También se reutilizan algunas botellas y pomos de este material para envasar productos líquidos de poco valor, como blanqueadores y detergentes.

## Costos.

Para la Cd. de México se estima un costo aproximada para una instalación de reciclaje completa, con una capacidad de procesamiento de 2,500 ton/día de desechos sólidos, de \$40,000,000.00, con un costo de procesamiento de \$25.00 a \$30.00 por tonelada, incluyendo amortizaciones.

La clasificación de una muestra de basura colectada en el Distrito Federal, dio los subproductos siguientes:

Subproducto	% En peso
Papel	8.90
Cartón	0.31
Vidrio Blanco	1.52
Vidrio Color	1.54
Trapo	0.55
Metales	1.17
Hueso	0.15
Madera	0.18
Chácharas	0.13
Otros	85.42

Considerando un ingreso por venta de material recuperado del orden de \$37.00/ton, de acuerdo a la siguiente tabla, la rentabilidad del proceso resulta costearable.

Material recuperado	Precio \$/kg	Cantidad kg/ton	Valor \$/ton
Papel	0.32	93.0	29.70
Cartón	0.90	1.2	1.62
Vidrio blanco	0.32	20.6	6.92
Vidrio color	0.20	26.8	5.36
Metales	0.20	11.9	2.38
Hueso	1.10	0.7	0.77
Madera	0.20	0.5	0.10
Cháchara	1.00	0.5	0.50
Trapo	0.20	9.1	1.82
			<u>49.17</u>

Considerando un 75% de eficiencia en la pepena, se tiene:

· \$37.00/ton.

#### 6.1.3.2. Pulverización. Composta.

Generalidades.

Este proceso se realiza después de la operación de reciclaje y se basa en la fermentación, mediante un proceso aerobio, de la parte orgánica de la basura, para estabilizar la materia orgánica de fácil degradación, el humus resultante es de un gran valor como mejorador orgánico de suelos.



Este proceso se divide básicamente en las operaciones siguientes:

- a) Molienda: La materia orgánica se somete a un proceso de molienda, con objeto de acelerar la descomposición bacteriana.
- b) Fermentación. Para lograr la recuperación adecuada de la materia orgánica, se forman montones de una altura no mayor de tres metros, sobre un terreno plano. La temperatura óptima de descomposición fluctúa entre 50 y 70°C, siendo ésta letal para organismos patógenos. Los montones de materia orgánica se deben remover con frecuencia, con objeto de facilitar la aerobiosis, variando los períodos según el grado de humedad. Estos movimientos se llevan a cabo mecánicamente.
- c) Duración del proceso. La duración del proceso es variable, dependiendo de las condiciones climatológicas.
- d) Molienda fina. Una vez que se terminaron los procesos antes descritos, se efectúa una última molienda para facilitar su aprovechamiento en jardinería y hortalizas.

Cada tonelada de materia orgánica procesada, tiene un rendimiento del 60 al 80% de composta, variando en razón directa de los elementos integrantes de dicha materia orgánica.

#### Costos.

El proceso de composteo incrementa los costos de operación total del sistema recicló-composta a casi \$50.00 por tonelada, para la Cd. de México, de acuerdo a la tabla siguiente:

Concepto	Costo en \$/ton.
Amortización	\$ 11.08
Personal	20.99
Energía, agua, etc.	3.40
Mantenimiento	9.00
Transporte rechazos	1.60
Imprevistos	3.50
TOTAL	\$ 49.57

lo anterior representa en apariencia una pérdida de \$13.00/ton, pero la composta obtenida puede llegar a tener un valor comercial superior a eso en el futuro. Actualmente está instalada una planta

con este sistema en el Distrito Federal, con una capacidad de procesamiento de 500 ton/día de basura cruda y su producto se utilizará para los suelos salinos del Vaso de Texcoco.

Actualmente se encuentran operando alrededor de 100 plantas de composta en más de 20 países de todo el mundo. En México se cuenta además, con dos plantas de este tipo en las Ciudades de Guadalajara y Monterrey.

### 1.3.3. Relleno Sanitario. <sup>(30)</sup>

#### Generalidades.

Los desechos son esparcidos en capas delgadas, y cada una es compactada por un bulldozer antes de la siguiente capa; cuando ya se han depositado 3 m aproximadamente de desechos en esta forma, se cubren con una delgada capa de tierra limpia, la cual también se compacta. Se repite la operación hasta que el relleno ha alcanzado la profundidad deseada. Terminado el relleno, se sella con 0.6 m ó 1 m de tierra compactada. No hay peligro de incendios ni problemas serios con

olores, moscas o ratas. La contaminación del agua se minimiza por la pequeña cantidad de agua de lluvia que llega a infiltrarse debido a la compactación. Estas áreas son utilizadas para fines recreativos. El aire no penetra un relleno sanitario bien compactado y el oxígeno en el interior del relleno, es utilizado rápidamente por los microorganismos aeróbicos a medida que descomponen la materia orgánica; cuando el oxígeno es consumido, se inicia la descomposición por microorganismos anaeróbicos, los que realizan la degradación de la mayoría de la materia orgánica en el relleno.

El metano y  $\text{CO}_2$  están entre los productos de la descomposición anaerobia. El metano tiende a escapar a la superficie del relleno, pero en cantidades que no son molestas en áreas abiertas de recreación; sin embargo, los edificios pueden atrapar al metano, creando un peligro de explosión y esto, además de la compactación del relleno, son dos factores de interés en la construcción de edificios sobre o cerca de rellenos sanitarios.

El  $\text{CO}_2$  producido dentro del relleno puede disolverse en aguas subterráneas, volviéndolas ligeramente ácidas. El agua puede así disol-

ver cualquier piedra caliza u otra roca que entre en contacto con ésta, aumentando así el contenido de sólidos disueltos del agua. Por estas razones, los rellenos sanitarios deben ser diseñados y operados cuidadosamente para evitar dificultades con gases y contaminación de aguas subterráneas.

El análisis cromatográfico de los gases y ácidos producidos por la descomposición anaeróbica de desechos en cilindros de acero, indica que los cambios más pronunciados en la materia orgánica, ocurren en los primeros 60 días de descomposición. La acumulación de productos intermedios de descomposición indica además que el proceso no es completo hasta después de dos años.

#### 6.1.3.4. Compactación.

Generalidades.

Esta se logra sometiendo los desechos a altas presiones, su volumen puede reducirse en un 75%. El material obtenido puede recubrirse con una capa de concreto o un material similar para ser utilizado como relleno, cimientos y murallas marinas.

#### 6.1.3.5. Pulverización. Relleno.

El método consiste en disponer los desechos, previamente pulverizados, en capas con un procedimiento similar al del relleno sanitario, pero sin compactar para permitir la digestión aerobia del producto molido. El método es relativamente moderno y se empieza a utilizar en gran escala en Europa, fundamentalmente en Suecia e Inglaterra. En Estados Unidos de América, se empleó en gran escala en la ciudad de Madison, realizando un estudio muy completo al respecto, según afirman los defensores de este método, se obtiene con su uso un resultado semejante, en el aspecto sanitario, al de un relleno sanitario convencional, con la ventaja de que no hay necesidad de cubrir el material con tierra evitando este costoso procedimiento. Los aspectos sobresalientes que se mencionan en este estudio son:

- a) La reducción de volumen obtenida, alarga la vida del sitio de disposición.
- b) Las moscas no se reproducen como en la basura cruda sin triturar.
- c) Los incendios disminuyen al mínimo.

- d) Mediante una dosificación adecuada de humedad, se obtiene una rápida biodegradación (4 meses).
- e) Al cabo de algún tiempo el material se ha convertido en humus y puede utilizarse como composta en caso de que aumente la demanda de este material.
- f) Las altas temperaturas (50-70° C) a que se mantiene la masa por la acción de las bacterias aerobias, elimina a los patógenos eficazmente.

#### Costos.

La adición al sistema de recicló del proceso de pulverización representa una inversión mínima, ya que ésta se estima en 2.5 millones de pesos para una planta de 2,500 ton/día, para la Cd. de México. Los costos de operación y mantenimiento son elevados sobre todo por el desgaste de los martillos, se estima que éstos serán del orden de \$6.00 a \$9.00 /ton.

#### 6.1.3.6. Incineración.

La incineración en su foma convencional es un proceso caro y que requiere de grandes inversiones iniciales y altos costos de operación, este método no resulta muy eficiente, ya que la mayoría de los desechos sólidos contienen material no combustible y tienen cenizas residuales.

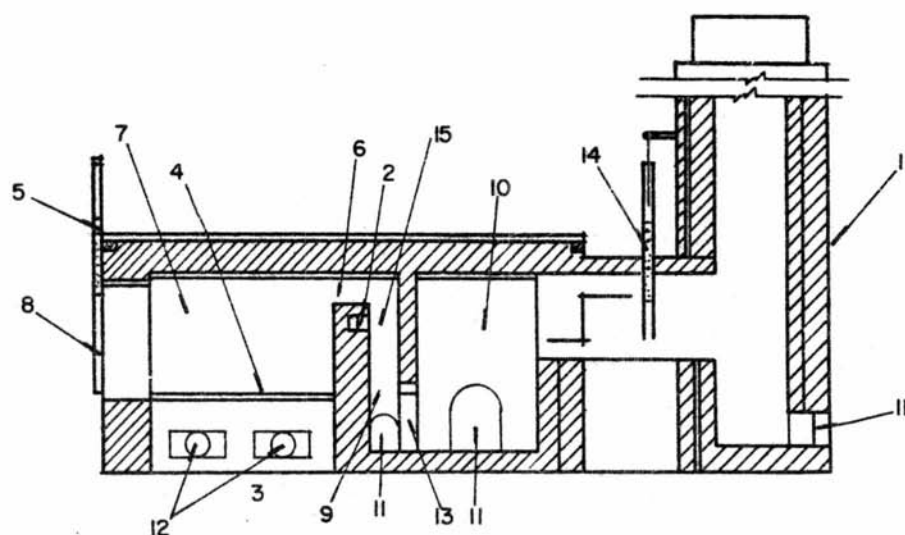
Para lograr una combustión eficiente, se requiere de un incinerador de cámara múltiple, como el que se muestra enseguida, pudiendo ser necesaria la instalación de un sistema depurador de los humos y gases de combustión.

A pesar de ser este un método caro tanto en su costo de inversión como de operación, siempre es necesario contar con un incinerador municipal, sobre todo para quemar desechos especiales cuyo manejo puede ser peligroso en otro tipo de planta de disposición, ya sea por peligro de contagio como podrían ser los desechos de hospitales o por su toxicidad como medicinas descompuestas, drogas y algunos desechos industriales.



La previa pulverización de los desechos sólidos mejora notablemente la eficiencia de la incineración en cualquiera de sus variantes, como incineración convencional, en lecho fluidizado, o en el proceso pirólítico. Si este sistema se desea combinar con el reciclaje, debe tenerse cuidado de no separar el papel ya que este es un combustible valioso por su alto poder calorífico. El calor producido por la combustión de desperdicios se puede usar para generar energía eléctrica o vapor, el rendimiento que se obtiene es bajo.

## INCINERADOR DE CAMARA MULTIPLE



—ELEVACION LATERAL—

- 1.\_TIRO DE CHIMENEA
- 2.\_PUERTAS DE AIRE SECUNDARIAS
- 3.\_CENICERO
- 4.\_PARRILLAS
- 5.\_PUERTA DE CARGA
- 6.\_COMPUERTA FLAMA
- 7.\_CAMARA DE IGNICION
- 8.\_COMPUERTAS DE COMBUSTION SUPERIOR
- 9.\_CAMARA MEZCLADORA
- 10.\_CAMARA DE COMBUSTION
- 11.\_PUERTAS DE LIMPIEZA
- 12.\_COMPUERTAS DE COMBUSTION INFERIOR
- 13.\_PUERTA DE PARED DE CORTINA
- 14.\_COMPUERTAS
- 15.\_QUEMADORES DE GAS

Figura 6.1

#### 6.1.3.7. Pirólisis.

Este método se basa en el tratamiento térmico de desechos orgánicos bajo condiciones controladas. Su uso es recomendable posteriormente a la selección de los materiales reutilizables.

El método consta de las siguientes etapas:

Clasificado - Triturado - Secado - Molienda - Pirólisis - Condensado - Producto (aceite combustible).

Se obtiene un rendimiento de 80 - 85% de aceite combustible (petróleo sintético). En la actualidad este método se realiza en pequeña escala en algunos países, ya que su costo es demasiado elevado (hasta el momento) en comparación con los métodos descritos; sin embargo, comparándolo con la incineración tiene la ventaja de la recuperación de productos para su reuso en la industria.

#### 6.1.3.8. Conclusiones.

El problema de los desechos sólidos en el Distrito Federal, es crítico

y tiende a agravarse. De acuerdo al tipo de desechos de esta ciudad, el recicló no es solamente un imperativo desde el punto de vista social del problema de los pepenadores, ya que representa una fuente de trabajo para 1500 familias que dependen de la pepena, sino una necesidad para reintegrar al ciclo industrial muchos desechos cuyo reuso evita la merma de nuestros recursos naturales. Es también necesario, reintegrar a nuestros suelos desgastados el máximo de materia orgánica posible, siempre y cuando los costos de este procedimiento sean más económicos que otros que tengan la misma finalidad. Se cree por tanto, que la industrialización de la basura en nuestro país, deberá efectuarse mediante los métodos de:

- 1)        RECICLO - PULVERIZACION - RELLENO
- 2)        RECICLO - PULVERIZACION - COMPOSTA.

## 6.2. Por empleo de aguas negras.

### 6.2.1. Generalidades.

El empleo de aguas negras para requerimientos agrícolas ha ido en aumento día a día, ya que el crecimiento continuo de la población humana limita la utilización de agua limpia para este fin, canalizándose a usos municipales.

### 6.2.2. Efectos.

Debido a la gran variabilidad en la composición química y al contenido de substancias generalmente favorables a la agricultura, ya que contienen grandes cantidades de elementos nutritivos y materia orgánica parcialmente descompuesta, se ha observado una mayor producción en suelos irrigados con aguas negras. Sin embargo, este beneficio se ve disminuido por los perjuicios ocasionados por substancias que pueden ser tóxicas o perjudiciales para las plantas, o por microorganismos y gérmenes productores de enfermedades peligrosas para los animales y aún para el hombre que consume productos agrícolas cosechados en suelos contaminados por las aguas residuales empleadas en su irrigación.

Entre las sustancias perjudiciales que generalmente se encuentran en las aguas negras, están los detergentes, que son compuestos orgánicos del tipo del sulfonato de alquil benceno (ABS).

Mediante trabajos de investigación se ha encontrado que los suelos tienen una cierta capacidad de absorción de ABS, siendo esta mayor en la capa superficial; que la absorción es proporcional a la concentración del ABS infiltrado en el suelo, dentro del rango de 0.10 a 10 ppm en solución; que existen algunas dificultades para eliminar el ABS absorbido en períodos cortos de tiempo.

Se ha observado también, que en algunas plantas el ABS ocasiona inhibiciones en su desarrollo (cártamo y cebada); sin embargo, otros cultivos produjeron buenas cosechas cuando se irrigaron con aguas negras y además se les había adicionado 15 ppm de ABS, por lo que concluyeron que el efecto benéfico de los nutrimentos de las aguas negras es más importante que el efecto adverso del ABS en el desarrollo de las plantas.

Otro elemento muy común en las aguas negras, es el boro, cuyo efecto tóxico es bastante conocido. Concentraciones mayores de 0.5 ppm en el agua de riego, causan daños a plantas muy sensibles y a concentraciones superiores a 1 ppm, todas las plantas sensibles son afectadas.

#### 6.2.3. Método de control.

Someter las aguas negras a un tratamiento previo a su utilización con fines de riego; el tipo de tratamiento dependerá de la concentración y tipo de contaminante.

### 6.3. Erosión.

#### 6.3.1. Generalidades:

La erosión física de los suelos, desgaste de la superficie del suelo por roce del aire o del agua, es un proceso natural que se presenta en toda clase de terrenos. Cuando los suelos de aptitud o vocación forestal, están cubiertos de vegetación, dicha erosión no es perceptible ni perjudicial, ya que la pequeña porción de partículas que arrastra el agua, son restituidas por los procesos de restauración natural; en cambio si los terrenos forestales son desnudados o desprovistos de la cubierta silvícola protectora, a través de la agricultura nómada, el pastoreo desordenado, los incendios forestales, las cortas clandestinas, las plagas, etc., inmediatamente se presenta un fenómeno acelerado de erosión, debido a la acción de las aguas de lluvia, al roce del viento y a la fuerza de gravedad.



### 6.3.2. Efectos en el medio ambiente.

El movimiento de los suelos, grava, rocas y otros materiales orgánicos debido a los procesos erosivos, constituye uno de los contaminantes del medio ambiente más nocivo y perjudicial para la vida, en efecto, la erosión altera los ecosistemas naturales y destruye el habitat de la mayoría de las formas vivientes, la tierra transportada por la erosión contamina las aguas y azolva toda clase de embalses, la erosión eólica enriquece las impurezas de la biósfera produciendo las tolvaneras; al variar la estructura (granulación) o perderse el suelo, se disminuye o se anula la capacidad de infiltración que alimenta los recursos acuíferos; en resumen, la erosión reduce la productividad y forja la pobreza de cualquier zona afectada por este fenómeno. La naturaleza invierte más de mil años para formar una capa de 30 cm de espesor, en cambio, el hombre con su actitud irreflexiva destruye en uno o pocos años, capas de suelo de varios metros de espesor.

Los perjuicios más importantes ocasionados por la erosión son:

- a) Destrucción de la capa fértil de los mejores terrenos forestales, por la pérdida de alimento de las plantas, materia orgánica,

- nica, limo y arcilla, produciendo suelos estériles.
- b) Alteración del régimen hidrológico, originando el agotamiento de manantiales, arroyos, ríos y depósitos subterráneos.
- c) Azolve de las presas o embalses de agua, causando graves daños socioeconómicos.
- d) Inundaciones frecuentes en la época de lluvias, debido al libre desplazamiento de las aguas hacia las partes bajas de la región.
- e) Producción de tormentas de polvo y de arena, comunmente llamadas tolvánicas, originadas precisamente en las áreas que han perdido su capa de vegetación protectora, ésta disminuye la velocidad del viento en la superficie del suelo, ya que las partículas del suelo son arrastradas a grandes distancias, en épocas de sequía y vientos fuertes.
- f) La falta de vegetación forestal acentúa los cambios bruscos de temperatura y humedad atmosférica en los microclimas locales.

- g) Pérdida de la productividad de los bosques, la agricultura y la ganadería.

### 6.3.3. Métodos de control.

Las técnicas de reforestación son el medio para recuperar los suelos degradados por la erosión; la reforestación trae consigo el establecimiento de una dinámica vegetal restauradora del suelo, aire, fauna y régimen hidrológico, siendo además protectora de múltiples valores benéficos y recreativa para la salud del hombre.

Las técnicas de reforestación van desde la elemental diseminación de la semilla hasta la roturación mecánica, dependiendo del grado de erosión de los suelos.

Cepa común.

Este sistema consiste en abrir zanjas ciegas, cepas cilíndricas o cuadradas, de acuerdo al tamaño de la raíz de la planta, donde se coloca ésta, a raíz desnuda o con cepellón. El trabajo es simple, económico y efectivo en terrenos de buena calidad; *en cambio, en áreas erosiona-*

das y de mucha pendiente, no detiene la erosión causada por el agua ni conservan la humedad y las mejoras hechas al suelo removido, también son insuficientes.

#### Sistema Taungya.

Consiste en aprovechar el sistema roza-tumba-quema, para efectuar las reforestaciones con especies valiosas. De acuerdo con el método original, se hace el desmonte y se quema; se siembra el cultivo agrícola y se cosecha. El segundo año se vuelve a desmontar y a quemar la vegetación herbácea y el rastrojo. A la vez que se siembra el cultivo agrícola, se plantan las especies forestales. Levantada la cosecha se ejecutan limpiezas sobre la vegetación invasora durante 2 ó 3 años, para evitar que las plantas indeseables ahoguen la reforestación. Este sistema es ideal para resolver gradualmente el problema de la agricultura nómada temporalera practicada en los terrenos forestales. Además puede combinar la agricultura con el aprovechamiento forestal si al llegar los árboles al tamaño comercial se cortan a matarrasa, se queman los residuos, se siembra el cultivo agrícola y a la vez se hace la reforestación.

Sistema con arados de subsuelo.

Este sistema consiste en emplear tractores potentes, equipados con cuchilla y subsoladores de 80 cm. de profundidad. La cuchilla se utiliza para abrir terrazas de equidistancia variable y de 3 m. de ancho para que sirva de base al tractor. Los arados se emplean para remover las cepas de tepetate y suelos compactados. De este modo la terraza forma una plataforma que detiene la erosión del suelo superficial y capta toda el agua de lluvia almacenándola para la planta. Este sistema es ideal en la rehabilitación de cuencas de captación de los sistemas de riego y de las zonas protectoras de las ciudades.

#### 6.4. Por fertilizantes:<sup>(61)</sup>

##### 6.4.1. Generalidades:

Entre las técnicas utilizadas para incrementar la producción agrícola, se encuentra la aplicación de fertilizantes en áreas de cultivo. Los fertilizantes son compuestos constituídos por sustancias nutrientes, pudiendo ser de origen natural o sintético y de composición orgánica o inorgánica.

#### 6.4.2. Efectos:

Cuando el empleo de fertilizantes se realiza sin una técnica adecuada, abatiendo los rendimientos agrícolas, se considera que se está contaminando el suelo. Aunque esta forma de contaminación no repercute directamente en la población urbana, si afecta la economía del agricultor, ya que está invirtiendo en un insumo que no se traduce en aumento de sus ganancias.

#### 6.4.3. Método de control:

La aplicación de fertilizantes a los suelos requiere de un análisis previo del suelo por tratar, con objeto de seleccionar el adecuado y así maximizar la fertilidad del suelo así como las utilidades para el agricultor.

La determinación de las dosis óptimas económicas de fertilizantes para cada sistema productivo, se basan en:

- a) Nivel inicial de nutrimentos en el suelo.- La adición excesiva de algunos nutrimentos como el boro, cloro y molibdeno, puede resultar tóxica y abatir los rendimientos, fenómeno que puede identificarse típicamente como de contaminación al suelo.

- b) Equilibrio nutrimental.- La respuesta a la adición de un elemento nutriente está muy influida por la concentración relativa de los demás nutrimentos. Hay elementos especialmente antagonicos en que la adición de uno puede abatir los rendimientos por acentuar la deficiencia del otro. Tal es el caso del hierro vs. manganeso; calcio vs. boro; cobre vs. molibdeno; fósforo vs. zinc, etc. En tal caso deberá vigilarse la aplicación equilibrada de los elementos interaccionantes, a fin de lograr las relaciones óptimas de concentración. En forma semejante, un sobreencalado de los suelos ácidos puede inducir deficiencias de zinc, manganeso o algunos microelementos, al reducirse su solubilidad con el aumento en el pH del suelo.
- c) Genotipo.- Los requerimientos de fertilizantes varían entre las diferentes especies vegetales, y aún dentro de una misma especie puede haber diferentes requerimientos de fertilizantes entre las diferentes variedades.
- d) Prácticas culturales.- Las prácticas culturales tales como la época de siembra y la aplicación fraccionada del fertilizante

nitrogenado, pueden mejorar la eficiencia del propio fertilizante en la producción de cosechas y modificar la dosis - óptima económica. El control de la densidad de plantas en el cultivo, como una práctica cultural, guarda también una estrecha relación con la respuesta a la fertilización.

- e) Características del suelo y del clima.- La eficiencia de un fertilizante aplicado al suelo está en relación directa a su conservación en forma asimilable en la zona de las raíces. Ciertos suelos muestran una alta capacidad de fijación de fósforo, de tal suerte que para satisfacer las necesidades de fósforo de los cultivos, hay necesidad de aplicar cantidades de fertilizantes fosfatados muy superiores a las requeridas en suelos sin esta propiedad. La eficiencia de los fertilizantes nitrogenados puede reducirse cuando las características del suelo y del clima favorecen el lavado o la volatilización del nitrógeno. La magnitud y distribución de la precipitación pluvial es un factor climático de primera importancia en la respuesta de los cultivos de temporal a la fertilización.



## 6. 5. Por plaguicidas:

### 6.5.1. Generalidades.

El ritmo de crecimiento acelerado de la población mundial, con la consiguiente demanda de alimentos cada vez mayor, ha creado la necesidad de incrementar la producción agrícola mediante el uso de diversas técnicas, entre las cuales se encuentra el uso de plaguicidas para salvaguardar a las plantas cultivadas y no cultivadas de las distintas plagas.

Con objeto de visualizar lo extenso de su utilización, a continuación se indica la producción de plaguicidas registrada en Estados Unidos de América, en los últimos años. (62)

Compuestos	1960	1962	Millares de Libras			
			1964	1966	1968	1970
Arsenato de calcio	6,590	4,660	6,958	2,890	3,938	1,418
Arsenato de plomo	10,062	9,990	9,258	7,328	9,016	9,142
Sulfato de cobre	116,000	79,968	83,768	103,416	87,568	101,136
Grupo aldrin-toxafeno (a)	99,671	106,276	105,296	130,470	115,974	107,311
Hexacloruro de benceno (b)	37,444	12,022	-	-	-	-
DDT	164,180	167,032	123,709	141,349	139,401	123,103
Metilbromuro	12,659	12,757	16,994	16,345	20,454	20,033
Metilparatión	11,794	16,156	18,640	35,862	38,163	50,572
Paratión	7,434	8,786	12,768	19,444	-	-
Ferbán	2,529	2,966	1,838	1,379	1,900	-
Nabám	2,978	4,216	2,251	2,053	-	1,938
Zineb	-	-	6,664	4,721	3,081	-
2,4-ácido D	36,185	42,997	53,714	68,182	79,263	47,077
2,4,5, ácido T	6,337	8,369	11,434	15,489	17,530	4,999
Otros plaguicidas orgánicos (c)	277,229	348,967	437,943	577,816	698,253	729,210

- a) comprende los compuestos clorinados aldrín, clordano, dieldrin, endrin, heptacloro y toxafeno.
- b) cifra bruta de producción (el contenido de isómero gamma fue 7,700,000 libras en 1961; 3,400,000 libras en 1962 y 1,800,000 libras en 1963); no se dispone de datos desde 1963.
- c) comprende sustancias como fungicidas a base ditiocarbamato, malatión, metoxicloro, captán, TDE (1,1-dicloro-2-2-bis (p-clorofenil 1)-etano; TDE técnico también contiene algo del isómero o,p, rodenticidas orgánicos, etc.; no incluye algunos fumigantes.

Davies, J. E., Los plaguicidas y el ambiente, Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 480 (Junio, 1973).

De acuerdo con la Comisión Panamericana de Normas Técnicas, plaguicida es "cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destinan a combatir, destruir, controlar, prevenir, atenuar o repeler la acción de cualquier forma de vida animal, vegetal, insecto, roedor, nemátodo, hongo, mala hierba, etc., que afecte la salud y el bienestar del hombre, animal o plantas útiles. Por extensión, se incluyen también las sustancias o mezcla de sustancias que se usen para regular el crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes." (63)

#### 6.5.2. Clasificación. (64-67')

Los plaguicidas pueden clasificarse de acuerdo al uso a que se destinan o por su composición química, pudiendo ser de origen natural o sintético. De este modo, tenemos:

- Insecticidas.- compuestos usados para destruir insectos.
- Acaricidas.- compuestos usados para controlar gorgojos y garrapatas.
- Nematicidas.- compuestos usados para destruir gusanos cilíndricos microscópicos. Generalmente se encuentran en el suelo y se alimentan del sistema radicular de las plantas.
- Fungicidas.- compuestos usados para destruir o inhibir hongos.
- Herbícidas.- cualquier compuesto usado para matar o inhibir el crecimiento de una planta.
- Rodenticidas.- compuesto utilizado para destruir roedores y pequeños animales similares.

A continuación se mencionan algunos ejemplos:

### INSECTICIDAS:

Orgánicos:

Clorados:

Clorados: aldrín, lindano, isodrín, dieldrín, endrín, heptacloro, keltano, toxafeno, DDT

Tioclorados: tiodán, tedión, clorotiepín.

## Fosforados:

Fosfonatos: dipterex

Fosfatos: Clorados: dimecrón, vaponá.

Clorados      dibróm, vaponá  
y bromados: bromada.

tiofosfatos:

monotiofosfatos: diazinón, paratión.

monotiofosfatos con cloro: clortión, asuntol,  
ronnel.

ditiofosfatos: etión, malatión, gutión.

ditiofosfatos con cloro: tritión, metil tritión.

carbamatos:

monometil carbamatos: sevín, zectrán.

dimetil carbamatos: dimetán, isolán.

## Inorgánicos:

arseniato: arseniato de Pb, arseniato de Na

fluoruros: fluosilicatos, fluoruros.

cianuros: cianuro de H, cianuro de Ca

## Naturales:

aceites de petróleo

vegetales: nicotina, piretrinas, rotenona

Acaricidas:

## Orgánicos:

clorados: keltane

sulfoclorados: ovex

Nematicidas:

## orgánicos:

clorados: telone

clorobromados: fumazone

Fungicidas:

## orgánicos:

tiocarbamatos: zineb

clorados: captan, HCH

mercuriales: ceresan

## inorgánicos:

azufre, oxiclорuro de cobre

Herbicidas:

## orgánicos:

derivados de triazina: atrazina

derivados de urea: diurón

## inorgánicos:

con mercurio: calomelanos

sales de ácidos: clorato sódico

Rodenticidas:

orgánicos:

naturales: escila

sintéticos: derivados de cumarina (tomorin)

derivados de tiourea (antu)

inorgánicos:

carbonato de bario

PLAGUICIDAS:

Nombre comercial	Nombre químico
aldrín	1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4-4a,5,8,8a-hexahidro-1,4-endo-exo-5,8-dimetanonaftaleno
DDT	2,2,-bis(p-clorofenil)-1,1,1-tricloroetano
dieldrín	1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4,-endo-exo-5,8,dimetanonaftaleno
endrín	1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-exoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4,-endo-endo-5,8-dimetanonaftaleno
heptacloro	1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindano
isodrín	1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-endo-endo-1,4:5,8-dimetanonaftaleno
keltano	1,1-bis(p-clorofenil)-2,2,2-tricloroetanol
lindano	gama-1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano
toxafeno	octaclorocanfeno
tedión	4-clorofenil 2,4,5 triclorofenil sulfona
tiodán	6,7,8,9,10,10-hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6,9-metano-2,4,3-benzodioxantiefin-3-oxido
dipterex	0,0-dimetil (2,2,2-tricloro-1-hidroxietil) fosfato
dimecrón	0-(2-Cl-2-(dietil-carbamil-1-metil vinil)-0,0-dimetil fosfato
vapona	0,0-dimetil-2,2-diclorovinil fosfato
dibróm	1,2-dibromo-2,2-dicloroetil dimetilfosfato



Nombre comercial	Nombre químico
diazinón	0,0-dietil 0-(2-isopropil-4-metil-6-pirimidil) tiofosfato
paratión	0,0-dietil-0-p-nitrofenil tiofosfato
asuntol	0,0-dietil-0-3-cloro-4-metil-2-exo-(2H)-benzopirano-7, y 1-tiofosfato
clortión	0,0-dimetil-0-3-cloro-4-nitrofenil tiofosfato
ronnel	0,0-dimetil 0-(2,4,5-triclorofenil) tiofosfato
etiión	0,0,0',0'-tetraetilo S,S'-metileno bis ditiofosfato
gutión	0,0-dimetil S-(4-oxo-1,2,3-benzotriazin-3 (4H) ilmetilo) ditiofosfato
malatión	0,0-dimetil S-(1,2-dicarbetoxi-etil) ditiofosfato
metil tritiión	S-((p-clorofenil) tiometil) 0,0-dimetil ditiofosfato
tritiión	S-((p-tioclorofenil) metil) 0,0-dietil ditiofosfato
sevín, carbaril	1-naftil metil carbamato
zectrán	4 dimetil amino-3,5-xilil metil carbamato
dimetán	2-dimetilcarbamil-3-metil-pirazoly-(5)-dimetil carbamato
isolán	Ester del ácido dimetil carbámico 1-isopropil-3 metil 5 pirazolil
rotenona	1,2,12,12a, tetrahidro-2-isopropenil-8,9-dime-toxi-(1) benzopirano-(3,4-6) furo (2,3-6) (1) benzopirano-6 ( aH) ona
keltane	1,1-bis (p-clorofenil)-2,2,2-tricloroetanol
ovex	p-clorofenil-p-clorobencen sulfonato
telone	1,3-dicloropropano

Nombre comercial	Nombre químico
fumazone	1,2-dibromo-3-cloropropano
zineb	etileno bis ditio carbamato de zinc
captan	N-(tiotriclorometil)-4-ciclohexano-1,2-dicarboximida
HCH, BHC	1,2,3,4,5,6 hexaclorociclohexano
ceresan	cloruro de metoxi etil mercurio
atrazina	2 cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-S-triazina
diurón	3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetil urea
tomorín	3-(alfa-acetonil-4-cloro-benzil)-4-hidroxycumarina
antu	1-(1-naftil)-2-tiourea (alfa naftil tiourea)

### 6.5.3. Fuentes y efectos en suelos.

Los plaguicidas llegan al suelo de diferentes maneras: pueden ser aplicados en su superficie, mezclados o inyectados en él, también pueden ser aspersados sobre los cultivos y ser interceptados por el follaje, que al caer al suelo lo contamina; otros mecanismos son el agua, el viento y los animales.

Es necesario abatir la contaminación del suelo por plaguicidas debido al riesgo de acumulación que existe, pudiendo llegar a alterar el crecimiento de las plantas por efectos en el sistema radical, producir cambios en las sustancias químicas u organismos del suelo e inclusive volverlo estéril.

Los residuos de plaguicidas más comunes en el suelo son los organoclorados; los organofosforados y carbamatos, se descomponen con relativa rapidez, así que los residuos pueden desaparecer entre ciclo de cosechas. La descomposición de estos residuos en los suelos depende de varios factores, los cuales son determinantes en la velocidad de descomposición,

siendo éstos: frecuencia de aplicación y estabilidad química de plaguicidas, naturaleza de los suelos, características tales como textura y composición, pH, temperatura, materia orgánica, humedad, contenido de arcillas, presencia de microorganismos, etc.

Cabe mencionar que cada plaguicida tiene una forma específica de descomponerse y que sus metabolitos o subproductos pueden, en algunos casos, presentar una toxicidad mayor que el producto inicial.

A continuación se citan algunos ejemplos sobre la persistencia de plaguicidas en el suelo:<sup>(68)</sup>

INSECTICIDAS	PERIODO DE PERSISTENCIA	
aldrin	3	años
clordano	4	"
DDT	10	"
dieldrin	8	"
heptacloro	3.5	"
lindano	6.5	"

HERBICIDAS	PERIODO DE PERSISTENCIA
amiben	
amitrol	
dalapon	menos de 2 meses
neburon	
FUNGICIDAS	
captan	más de 65 días
ferbam	20 días
nabam	más de 20 días
ziram	más de 35 días

#### 6.5.4. Efectos en plantas y animales:

Plantas cultivadas en suelos tratados con plaguicidas, pueden absorber éstos y traslocarlos dentro de sus tejidos, variando la acumulación de los mismos, de acuerdo con el cultivo y el tipo de insecticida.

Los insecticidas clorados se caracterizan por la persistencia de sus residuos en plantas y animales, debido a que tienen estructuras moleculares estables y por tanto resistentes a los sistemas enzimáticos tales como hidrolasas, oxidasas, peroxidasas, carboxiesterasas e isomerasas. Uno de los objetos de su utilización es para control de insectos que atacan a las raíces de las plantas, prefiriéndoseles por tener larga vida residual media, lo cual ofrece un prolongado período de protección.

En estudios reportados en la literatura, se observa que distintas plantas oleaginosas (avena, cebada, maíz, frijol, soya y cacahuate) cuyas semillas contienen de 2 a 45% de aceite comestible, cultivadas en suelos tratados con insecticidas clorados, acumulan en sus semillas residuos de insecticidas en cantidades variables.

Se ha tratado de explicar el mecanismo de penetración, traslocación y acumulación de los residuos en las oleaginosas, -- Newson<sup>(69)</sup> reporta que los insecticidas clorados son muy poco solubles en agua, así del DDT cerca de 0.0002 ppm es soluble, pero en aceites naturales, como los de cacahuate, lino y algodón, el DDT se solubiliza hasta 10-12 g/100 cm<sup>3</sup>. Se sugiere la posibilidad de que pequeñas partes de insecticida se disuelvan en el agua del suelo y que, movidas hacia las plantas por la acción de las corrientes transpiratorias, puedan ser capturadas por los aceites de las plantas y depositados en las semillas.

Mumma et al.<sup>(70)</sup> sostienen la hipótesis de que los insecticidas clorados son depositados en los lípidos de las plantas y que pueden asociarse con ellos física o químicamente.

En estudios realizados con plantas hortícolas, plantas de chícharo que crecieron en terrenos tratados con lindano, aldrín, y heptacloro, se comprobó que el lindano se trasloca a la parte aérea; el aldrín y el heptacloro son absorbidos y oxidados en los tejidos a dieldrín y heptacloro epoxi, respectivamente. Posteriormente se observó que el DDT en zanahoria se absorbía y emigraba de raíz a follaje y viceversa, encontrando en el follaje DDE y TDE, metabolitos del DDT.

Según Newson la zanahoria es un cultivo muy importante como almacenador de residuos de insecticidas, y es capaz de acumular el 12% de la concentración de insecticida del suelo donde crece.

Newson (69) reporta que el heptacloro se trasloca al follaje de la alfalfa (planta forrajera) cuando ésta crece en suelos tratados con este plaguicida.

A diferencia de los insecticidas clorados (se ha observado resistencia de los insectos al DDT), los derivados fosfóricos y carbámicos, considerados en forma general, presenta una  $DL_{50}$  (dosis requerida para matar al 50% de los animales de prueba cuando se les da una dosis simple por la boca) oral menor y en consecuencia algunos son muy agresivos pero con menor riesgo de acusar toxicidad crónica. Esto se explica por el diferente metabolismo de uno y otro grupo. Los insecticidas fosforados y carbámicos actúan inhibiendo la acción de la colinesterasa, pero se degradan con relativa facilidad, es decir no se acumulan. La acelerada degradación del insecticida asegura una acción rápida sobre la plaga, aunque con menor eficacia a largo plazo, debido a su baja vida residual media. (Alfaro) (71)



Los insecticidas fosforados son lábiles a los agentes de degradación sean físicos, químicos o biológicos, como también al tipo de sustrato, así, el malatión alcanza una vida residual media de 32 días en agrios, seis en melocotonero y cuatro en lechuga. Los agentes físicos, de origen climático, influyen en las transformaciones.

En la tabla siguiente se muestran algunos de los efectos causados por distintos plaguicidas, en distintas especies de la fauna, ingeridos con los alimentos y el agua.

COMPUESTO QUIMICO	FINALIDAD	EFFECTO
Aldrin	Protección de semilla de arroz	Matanza de patos silvestres.
Aldrin	Control de escarabajo japónes.	Eliminación casi completa de muchas especies de aves canoras y aves de rapina, algo de mortalidad en mamíferos.
DDT	Control de la enfermedad de los olmos holandeses.	Mortalidad de petirrojos y aves canoras.

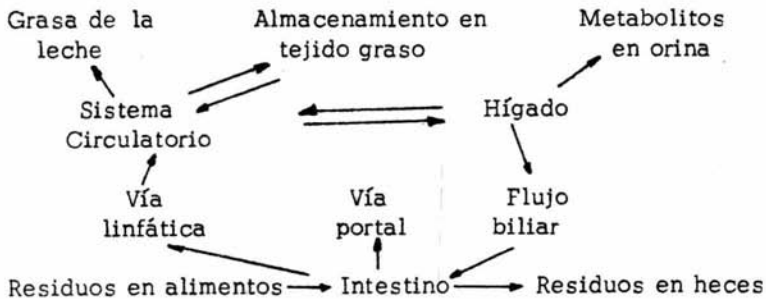
COMPUESTO QUIMICO	FINALIDAD	EFEECTO
DDT	Protección del bosque	Muerte de trucha por falta de alimento
DDT	Drenaje agrícola	Muerte de peces y algunos pájaros
DDT	Gusano pimpollo	Reproducción del salmón y trucha bastante reducida
DDT	Pestes del arroz	Muerte de patos "malard" y otros pájaros
Dieldrin	Larva de mosca de arena	Alta mortalidad de peces
Dieldrin	Escarabajo blanco	Mortalidad de codornices, aves canoras y acuáticas, conejos y otros mamíferos
DDT	Aplicación agrícola	Reducción de la reproducción del faisán.
Heptacloro	Hormigas de fuego	Eliminación total de pájaros y codornices por lo menos por 3 años.
Endrin	Gusano cortador	Alta mortalidad de conejos
Heptacloro	Escarabajo japónes	Alta mortalidad de aves canoras.
Toxafeno	Gusano rosado	Muerte de conejos, pájaros, serpientes, peces y ranas
Toxafeno	Protección de siembras	Alta mortalidad de peces.

### 6.5.5. Efectos en animales y en el hombre:

La vía de acceso de plaguicidas en el organismo humano es múltiple, ya que estos son transportados a través de la cadena alimenticia acumulándose en especies de la flora y fauna, que el hombre utiliza directamente para su consumo.

Metabolismo de insecticidas organoclorados.

El proceso de ingestión y el metabolismo de estos insecticidas en mamíferos según Street <sup>(72)</sup> se muestra en la figura siguiente:



Los residuos ingeridos con los alimentos se absorben en el intestino;

por vía linfática pasan al sistema circulatorio y por vía portal, al hígado. Del sistema circulatorio pueden pasar al hígado, almacenarse en tejido graso o depositarse en la grasa de la leche y eliminarse. Los residuos almacenados en tejido graso pueden volver a la circulación cuando las grasas son requeridas por el organismo. Los residuos que pasan al hígado son eliminados, en parte como metabolitos en la orina; pueden volver al sistema circulatorio, o también regresar al intestino por vía biliar y ser eliminados por las heces.

La generalidad de los trabajos llevados a cabo sobre metabolismo y acumulación de insecticidas organoclorados fueron hechos con vacas lecheras. El DDT fue estudiado por Smith <sup>(73)</sup> en vacas lecheras alimentadas con alfalfa que contenía de 7 a 8 ppm de este producto. Después de una semana de recibir esta alimentación, se encontraron 2.3 a 3 ppm de DDT en la leche y la mantequilla elaborada con esa leche presentaba 63 ppm de DDT. Con esa misma alimentación se detectaron estos niveles durante tres meses.

Gannon et al <sup>(74)</sup> comprobaron que, en vacas lecheras, se acumula 0.65 ppm de DDT en tejido graso y 0.038 ppm en leche por cada ppm del pro-

En síntesis, la información obtenida sobre insecticidas organoclorados permite deducir, que, en general, estos productos se acumulan en cantidades variables, de acuerdo al producto, en tejidos grasos de los mamíferos y son excretados en parte por la leche. Desde el punto de vista de la acumulación en grasas, son más peligrosos el aldrín, dieldrín y endrín, luego les siguen el DDT y toxafeno; menor acumulación se presenta con heptacloro y clordano y el menos peligroso de los productos estudiados es el metoxicloro.

De acuerdo a lo señalado por Alfaro <sup>(71)</sup>, estos insecticidas actúan directamente sobre las terminaciones nerviosas destruyéndolas, lo que determina una intoxicación neuromuscular característica. Otros autores indican que estos productos actúan como inhibidores de un sistema enzimático específico, aunque experimentalmente no ha podido demostrarse con evidencias contundentes que no den lugar a dudas. Estos tipos de intoxicación no se producen en mamíferos, salvo que por accidente se ingieran dosis elevadas.

Si se considera el efecto dañino de los residuos de estos productos, se puede concluir que su acumulación en tejidos grasos de animales y

ducto en la dieta. Además del DDT, se han identificado algunos metabolitos de este insecticida en mamíferos.

También se ha comprobado la acumulación de DDT o sus metabolitos en tejido graso de seres humanos. Durham et al <sup>(75)</sup> encontraron en la población general de Estados Unidos 5 ppm de DDT y 6 ppm de DDE en tejidos grasos, mientras que en nativos de Alaska el DDT llegó a 0.8 ppm y el DDE a 2 ppm. Esta situación es explicable si se considera que los nativos de Alaska consumen pequeñas cantidades de alimentos que pueden estar contaminados con este producto.

El aldrín y el dieldrín pueden considerarse como los productos más peligrosos desde el punto de vista de la acumulación en tejido graso y en leche. Ambos se acumulan en grasa o se secretan en leche como dieldrín. Estudios realizados por Gannon et al <sup>(76)</sup>, en vacas lecheras, comprobaron que se concentran 3.16 ppm de dieldrín en tejido graso, y 0.391 ppm en leche, por cada ppm de aldrín en la dieta y 2.47 ppm de dieldrín en grasas y 0.193 ppm en leche por cada ppm de dieldrín en la dieta.

del hombre produce diversos trastornos en corazón, hígado, cerebro y otros órganos. Es necesario ampliar más la información respecto a la toxicología de estos residuos en el hombre, ya que muchas de las pruebas realizadas bajo este aspecto poseen poca validez estadística y además existen informes como el presentado por el Comité Ribicoff del Senado de Estados Unidos, que señala que "no se encontraron pruebas dignas de confianza que sugiriesen que la ecuación beneficio-riesgo, en el uso de insecticidas, estuviese desequilibrada".

Insecticidas organofosforados.- Tienen la propiedad de metabolizarse y excretarse más rápidamente en mamíferos que los insecticidas organoclorados.

El paratión administrado a bovinos se reduce e hidrolisa en el rumen y los principales metabolitos son aminas derivadas del paratión y del paraoxón; dichos metabolitos poseen menor toxicidad que el producto original y los derivados nitrados. Las principales vías de eliminación son la orina y las heces; el 0.81% de los metabolitos es elimina-

do en la leche en un período menor de 5 días y no hay acumulación en tejido graso ni en la grasa de la leche, (Ahmed et al)<sup>(77)</sup>.

En humanos, el paratión es metabolizado principalmente a p-nitrofenol y eliminado por orina. La máxima eliminación de este metabolito se efectúa entre las 5 y 6 horas después de haberse administrado el producto, (Funckes et al).<sup>(78)</sup>

Se puede concluir que los residuos de este grupo de insecticidas se destoxifican rápidamente en mamíferos y no permanecen en los tejidos por un lapso mayor de una semana. Pequeñas trazas de algunos de estos productos se eliminan en la leche, en su mayor parte dentro de los primeros 4 a 5 días, como metabolitos de baja toxicidad. Las pequeñas cantidades eliminadas en la leche y la característica de estos insecticidas de no acumularse, hacen que estos residuos no sean peligrosos para el hombre.

Sin embargo, es necesario señalar que este tipo de productos son peligrosos cuando se ingieren alimentos vegetales que han sido tratados y cosechados antes de que el insecticida haya perdido su toxicidad.



En este caso, las intoxicaciones pueden ser graves o leves, según el grado de degradación y la cantidad de insecticida ingerido.

Este tipo de plaguicidas, más que cualquier otro, causa el mayor número de intoxicaciones en el hombre; entre éstos, el paratión etílico es el que con más frecuencia causa intoxicaciones accidentales, ocupacionales y epidémicas. La enfermedad resultante puede asemejarse a varias de las otras emergencias médicas más comunes, tales como infarto del miocardio, encefalitis y edema pulmonar. En los niños el trastorno se ha confundido con asma, epilepsia y neumonía.

La toxicidad de los esteres fosforados se debe a su propiedad anticolinesterasa, (Alfaro)<sup>(71)</sup>; la colinesterasa es una enzima del sistema nervioso que desdobla la acetilcolina, producto formado por el funcionamiento del sistema nervioso, pero que es tóxico para él cuando se acumula. De la Jara<sup>(79)</sup> indica que la acción tóxica de los compuestos organofosforados se debe a un bloqueo de la acción enzimática de la colinesterasa sobre la acetilcolina, la cual se acumula en las terminaciones nerviosas colinérgicas (sinapsis), induciendo un estímulo

continuo sobre los músculos efectores que inervan. Se produce así, una desorganización de la función nerviosa central y periférica, lo que ocasiona, entre otros trastornos, falla respiratoria y muerte por asfixia.

En México se han reportado accidentes graves ocasionados por este tipo de plaguicidas. En ciudad Mante, Tamps. los años de -- 1964 y 1967 se atendieron 266 casos de intoxicación aguda, con especial daño al sistema nervioso central, por plaguicidas organofosforados de uso agrícola en la región; se registraron 7 defunciones. En 1967 con estos mismos productos organofosforados en la ciudad de Tijuana, B. C., se produjo la intoxicación aguda de 559 personas, en su mayoría menores de edad, registrándose el deceso de 16 niños; el plaguicida había sido utilizado para fumigar el camión que transportaba la harina, contaminándose ésta, y consecuentemente el pan que consumió parte de la población del lugar. (79')

Insecticidas carbámicos.- Al igual que los insecticidas organofosforados, los carbamatos son destoxificados y excretados más rápidamente del cuerpo de los mamíferos que los insecticidas organocloro-

dos. Estos productos no poseen toxicidad por acumulación en tejidos, ya que tampoco son acumulados.

El producto más estudiado en lo que respecta a su metabolismo, excreción y acumulación es el carbaril. Knaak et al <sup>(80)</sup> estudiaron el metabolismo de este insecticida en ratas, cerdos y humanos. El carbaril fue eliminado principalmente por orina y en parte por las heces; Gyrisco et al <sup>(81)</sup> administraron dosis de 50, 150 y 450 ppm en la dieta a vacas en lactancia durante 2 semanas y demostraron que el carbaril no se secreta con la leche de estos animales.

Otro carbamato muy usado en la actualidad es el furadán, se comprobó que este insecticida es alterado rápidamente en mamíferos por reacciones de oxidación, hidrólisis y conjugación de metabolitos que contienen el grupo hidroxilo. El 0.2% de la dosis de este producto marcado con  $C^{14}$ , administrado a vacas lecheras, se eliminó con la leche; el 0.7% con las heces y el 94% con la orina. Los residuos en leche fueron eliminados dentro de las primeras 24 horas, en orina y heces entre las 24 y 48 horas.

Las pequeñas cantidades que se eliminan con la leche y la alta velocidad de destoxificación de estos productos permiten que los carbamatos no constituyan ningún peligro para el hombre. Sólo debe indicarse su peligrosidad cuando se ingieren alimentos en los que el insecticida no se ha degradado y pueden contener dosis subletales que produzcan intoxicaciones de magnitudes diversas.

Desde hace muchos años se conoce que varios ácidos - esteres - carbámicos poseen propiedades altamente tóxicas para los mamíferos y que un alcaloide derivado de la especie vegetal Physostigmine venenosum, llamado fisotigmina, actúa como inhibidor de la colinesterasa.

Los insecticidas carbámicos actúan de la misma forma que la fisostigmina: inhiben la colinesterasa, pero esta reacción es lentamente reversible, mientras que con los organofosforados no ocurre ninguna reversión. (82)

De lo anterior se concluye que aunque existen pruebas de los daños que puede ocasionar la acumulación de residuos de insecticidas en mamíferos, muchas de estas pruebas no están basadas en procedimientos estadísticos que permitan asegurar que estos daños se deban a la acumulación de los residuos de insecticidas y no a otras causas. Además hay informes, basados en muchos trabajos de investigación, que señalan que no hay pruebas dignas de confianza que sugieran que la ecuación beneficio-riesgo, en el uso de insecticidas, está desequilibrada. Es necesario ampliar la información respecto a este tema para determinar en forma confiable el daño que pueden causar los insecticidas al hombre.

#### 6.5.6. Métodos de control.-

La Dirección General de Sanidad Vegetal ha establecido las siguientes medidas de prevención para el uso racional de plaguicidas:<sup>(83)</sup>

I. Medidas de precaución para evitar intoxicaciones de tipo acumulativo:

- a) Restricción del uso de insecticidas clorados para ser aplicados en plantas de consumo inmediato para el hombre y animales domésticos. El endrin se ha limitado su uso en hortalizas, se utiliza en cultivos de algodón con ciertas limitaciones, aplicándose en predios que no estén colindando con cultivos de hortalizas y pastizales o que estos predios no se vayan a destinar a la siembra de los mismos cultivos, por lo menos durante un período de 3 años. En el algodón, el uso de los insecticidas clorados se ha reducido su uso dando mayor incremento a otros tipos de controles como son: control biológico, empleo de trampas de luz y atrayentes sexuales, así como medidas cuarentenarias. Para el mejor logro de estos fines, la Dirección General de Sanidad Vegetal, está aumentando su personal técnico de campo en todas las zonas productoras de algodón donde se emplea desde el 70 al 80% de los productos insecticidas que se utilizan en el país. Este tipo de medidas se proyecta hacerlo extensivo a todas las plagas de los diferentes cultivos.

- b) La Dirección General de Sanidad Vegetal exige un registro de los parasiticidas, una vez que las casas comerciales que los expenden demuestren que dichos productos ya han pasado por una serie de pruebas, no sólo en lo que respecta a su efectividad contra las plagas, sino también hayan mostrado una baja toxicidad para animales de sangre caliente.
- c) Anualmente la Dirección General de Sanidad Vegetal, selecciona una lista de productos insecticidas que recomienda para el combate de las plagas del algodón y dentro de los requisitos más importantes se considera su baja toxicidad. Asimismo, lleva un control de los aviones aplicadores con la finalidad de supervisar los equipos a fin de que éstos se encuentren en las mejores condiciones, para no tener fugas de insecticidas que puedan ser acarreados por las corrientes de aire a los poblados donde puedan ser perjudiciales, así como para verificar el uso correcto de los parasiticidas que se recomiendan. Se lleva también un registro de todas las casas expendedoras de plaguicidas a

las cuales se les inspecciona periódicamente con el objeto de verificar su registro. Tomando en cuenta el poder residual de los productos aplicados, se establecen diferentes periodos mínimos de tiempo para efectuar la cosecha.

II. Medidas de prevención para evitar intoxicaciones de tipo agudo.-

- a) Tomando en cuenta la toxicidad del producto aplicado se establecen períodos mínimos de tiempo para entrar al cultivo que por necesidad tiene que hacerse con fines de efectuar las diversas labores, y en esta forma se evitan intoxicaciones.
- b) Se exige a las empresas aplicadoras, proveer a sus trabajadores de equipos apropiados como son: mascarillas, overoles, botas, guantes y lentes, para preparar las mezclas, al cargar los aviones o, para hacer las aplicaciones como cuando se hacen las aplicaciones directas, manuales o terrestres.



- c) Cuando se hacen aplicaciones aéreas cerca de poblados, se advierte a los habitantes seguir ciertos ordenamientos, tales como no exponerse a la acción directa de los productos que se aplican y no utilizar el agua de las corrientes cercanas a las áreas de aplicación durante un cierto período de tiempo.
- d) Se exige el etiquetado de los productos con el fin de indicar las precauciones que deben tomar los usuarios para evitar intoxicaciones, así como el tratamiento a seguir cuando éstas sucedan.

## 6.6. Por metales pesados.- (84)

### 6.6.1. Generalidades:

Para salvaguardar la salud del hombre, es necesario mantener en equilibrio la relación entre los metales pesados y el medio ambiente.

Los metales pesados están ligados a la salud del hombre, debido a las funciones que desempeñan en los procesos fisiológicos, principalmente cuando estas funciones son de naturaleza catalítica.

Los metales pesados se van acumulando en los sistemas biológicos, aún en los niveles de desarrollo más bajo, la afinidad del plancton por metales pesados guarda el orden siguiente:

$Zn > Pb > Cu > Mn > Co > Ni > Cd$  y para algas café:

$Pb > Mn > Zn > Cu, Cd > Co > Ni$ . La eficacia de la mayoría de los bactericidas se basa en la substitución de metales pesados en los sitios activos de las enzimas.

La aptitud de algunas especies de bacterias para fijar  $N_2$  , se debe a la preferencia de ciertos metales pesados , componentes de las enzimas , para formar compuestos de coordinación con el  $N_2$ ; sin embargo , en presencia de otros metales pesados en abundancia , cesará la fijación y en consecuencia también cesará la síntesis de proteínas .

Las interferencias en las formas inferiores de vida con la química de los metales pesados , se reflejará finalmente en la salud de los miembros subsecuentes de la cadena alimenticia , siendo en mayor grado al aumentar su interdependencia .

Los complejos que contienen metales pesados pueden ser de estabilidad limitada , el reemplazo de un metal pesado por otro de una enzima , puede ocasionar un funcionamiento anormal , debido a la inestabilidad estructural que sufre la enzima , si es que el metal reemplazante difiere dimensionalmente del reemplazado .

Si el reemplazo se realiza en proporciones masivas , o peor aún , si conduce a una incapacidad bioquímica para desempeñar la función requerida , peligrará la salud del hombre . Se enfrenta el

mismo peligro si los metales pesados se encuentran en concentraciones tales que puedan precipitar fosfatos, o catalizar la degradación de metabolitos esenciales, o alterar la permeabilidad de las membranas celulares.

Es importante considerar que el paso de diferentes concentraciones inofensivas de metales pesados a través de la cadena de consumo asociada a la viga vegetal y animal, puede llegar a niveles nocivos en los miembros superiores de las cadenas alimenticias. Inicialmente el perjuicio ocasionado por el metal pesado es subclínico antes que clínico, ya que es causado por concentraciones crónicas más que concentraciones tóxicas agudas.

Los metales pesados que perjudican la calidad de nuestro medio ambiente, provienen de varias fuentes, pudiendo clasificarse en aerosoles urbano-industriales, desechos sólidos y líquidos de seres humanos y animales, explotación de minas e industrias y productos químicos agrícolas.

Pequeñas concentraciones de metales derivados de estas fuentes, ocasionalmente suelen causar daños inmensos, por su acumulación y su escasa eliminación.

En las tablas siguientes se observa la tendencia de los metales a eliminar funciones vitales cuando reemplazan a otros metales componentes de enzimas o de catalizadores.

#### EFICACIAS RELATIVAS DE METALES PESADOS COMO CATALIZADORES

Reacción	Orden de eficacia catalítica decreciente
Hidrólisis de esteres de glicina	Cu Co Mn
Descarboxilación de dicarboxilato de acetona	Cu Ni Zn Co Mn Cd
Descomposición de oxalosuccinato	Al Fe Cu Zn Mn
Descomposición de oxaloacetato	Cu Zn Ni Co Pb Fe Mn Cd
Descomposición de dimetiloxaloacetato	Fe Cu Al Ni Mn
Reacciones de piridoxal	Cu Fe Zn Ni Co Cd Mn

#### METALES PESADOS CONSTITUYENTES FUNDAMENTALES DE ALGUNAS ENZIMAS Y ALGUNOS SUBSTITUTOS POSIBLES.

Enzima	Metal Fundamental	Reemplazo con eficacia	
		Disminución*	Pérdida total
Descarboxilasas	Mn	Mg	Co, Ni, Zn
Enolasa	Mn	Mg Zn Fe Co Ni	Be, Cu
ATP-asa	Mn	Mg Ni Zn	Cu, Hg, Pb
Arginasa	Mn	Ni Co	Cu
Carboxi peptidasa	Zn	Co Ni Mn	Cu, Cd, Hg, Pb
Deshidrogenasas	Zn		Cd, Pb
Anhidrasa carbónica	Zn	Co Ni Mn	Cu, Cd, Hg, Pb
Transferrasa	Fe		Cu, Cr, Mn

\* En orden decreciente de eficacia enzimática

A continuación se analiza el comportamiento de los metales pesados Pb, Hg y Cd, los cuales por razones distintas, representan un riesgo para el medio ambiente.

### 6.6.2. Plomo.

#### 6.6.2.1. Generalidades.

Existen dos puntos de vista acerca de los efectos que ocasiona el Pb en el ser humano:

- 1) La concentración actual de Pb en el medio ambiente, es mayor de lo que nunca había sido. Debido a que el Pb es un metal

fisiológicamente no esencial y potencialmente nocivo, contamina el medio ambiente, las mujeres embarazadas, niños pequeños y personas que padecen cirrosis hepática, fácilmente son víctimas de efectos subclínicos por exposición crónica a niveles de Pb insuficientes para inducir síntomas clásicos de saturnismo.

- 2) Abajo de ciertos niveles umbrales, no deberán asociarse efectos adversos con la ingestión de Pb, aún cuando ésta se continúe por período extenso de tiempo. Se realizaron mediciones de las concentraciones del aerosol de Pb en varias ciudades, las cuales en combinación con estudios de sangre y orina, no pronostican que aún personas que viven continuamente en un medio metropolitano, estén recibiendo más de una fracción de la cantidad de Pb conocida como dañina.

La ausencia de un criterio de diagnóstico para reconocer el comienzo de envenenamiento por exposición crónica a niveles bajos de Pb, mantiene separados los dos puntos de vista. Independientemente de que la realidad sea de un modo u otro, las concentraciones de Pb en el medio ambiente, van en aumento.

#### 6.6.2.2. Fuentes.

Entre las fuentes naturales de Pb en aire están los polvos de suelo y roca; aerosoles volcánicos, meteoríticos y marinos; humo de madera y tabaco, etc. Entre las distintas fuentes urbanas e industriales se tiene: fundiciones de metal, plantas productoras de baterías y pigmentos, incineradores de basura, quemadores de carbón y petróleo, vehículos de combustión interna encendidos por chispa.

Con los contenidos de Pb en carbón y petróleo, estimados en 25 y 0.3 ppm respectivamente, la descarga mundial anual de Pb debido a su combustión, se piensa que es alrededor de 3,500 y 50 ton métricas respectivamente. A la combustión de la gasolina corresponde más del 80% del Pb en aire. La cantidad de Pb agregada a la gasolina como tetraetilo de Pb (TEP) en 1968, en U. S. A., ascendió a 235,000 ton métricas, lo cual representa 6% más que en 1967. Considerando el aerotransporte de un máximo de 60% del Pb de la combustión, la producción de aerosol de Pb debido al tránsito durante este año hubiera ascendido a 141,000 ton métricas, o sea 10% de su consumo.



Gran cantidad de Pb en los gases de escape se encuentra en forma de  $PbClBr$ ; además, se forma  $NH_3$  durante la combustión de la gasolina, se estima que el 10% del  $NH_3$  en la atmósfera se debe a los autotransportes mecánicos. El  $NH_3$  formado a menudo se combina con haluros de Pb para formar un complejo. El Pb se encuentra también en los escapes de vehículos de combustión interna como borato, sulfato o fosfato, dependiendo de los aditivos de la gasolina. Se han encontrado pequeñas cantidades de Pb orgánico en el aire como resultado de la evaporación directa del TEP de la gasolina.

El tamaño de las partículas de Pb emitidas, varía de acuerdo con las condiciones de manejo y va de  $6.5 \mu - 0.6 \mu$ . Se ha observado que la distribución de tamaño de partículas que contienen Pb, emitidas por el escape de un automóvil, difícilmente es similar a la del aerosol de Pb, a causa de los cambios físicos y químicos a los cuales están sujetas las partículas durante su residencia en la atmósfera.

#### 6.6.2.3. Efectos en suelos.

El Pb se deposita en el suelo y en la cubierta vegetal a través de la sedimentación aérea, precipitación, irrigación, escurrimiento de las minas, hojas secas y polvo transportado por el viento. Además, algunas veces el Pb se agrega al suelo como pesticida, como ejemplo, el arsenato de Pb, o como una impureza en ciertos fertilizantes, ejemplo: piedra caliza y superfosfato. No obstante que el rocío de arsenato de Pb sobre las cosechas disminuyó de 16,000 ton en 1950 a 1,500 ton en 1968, actualmente ha aumentado considerablemente como resultado de la prohibición del DDT. Su uso es común en ciertas cosechas, ejemplo: árboles frutales y algunas especies de grano, así como para la cosecha de papa. El Pb producido en forma natural por desgaste de minerales del suelo que contienen Pb nativo, se ve incrementado por el Pb que agrega el hombre, aumentando la contaminación de su medio. Como sucede con todos los contaminantes, la concentración de Pb en el suelo disminuye proporcionalmente a la distancia a que se encuentra la fuente, o por ejemplo, la concentración de Pb en el suelo y en la vegetación en áreas adyacentes a la carretera, es mayor que en el campo libre, lo anterior depende de la distancia a la carretera, la densidad del tránsito, la dirección del viento y el espesor en el contorno del suelo.

El Pb que se deposita en el suelo desde varias fuentes productoras, entra a un nuevo ciclo - de procesos incorporándose en la capa superficial. De este modo, el Pb precipitado recientemente, originado por la combustión, estando asociado en su mayoría con halógenos, es relativamente soluble. Sin embargo, con el tiempo se vuelve menos soluble, probablemente debido a la pérdida de halógenos y a su asociación con los aniones  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , ó  $\text{PO}_4^{3-}$ , y con la materia orgánica del suelo.

Existe evidencia de que los quelatos de materia orgánica del suelo - -

y el Pb son de baja solubilidad; asimismo, por la naturaleza divalente del Pb la mayoría de las veces y su fuerte adsorción, las capas superficiales de los suelos tienen una considerable concentración de Pb con respecto a los horizontes más profundos.

#### 5.6.2.4. Efectos en las plantas.

Las plantas asimilan el Pb por las raíces y por el follaje. Una vez dentro del sistema, parece ser que el Pb es retenido por la mitocondria y los cloroplastos. La acumulación foliar de Pb por maíz creado en un medio con soluciones de nutrientes, fue de 3 a 8 veces superior donde había deficiencia de fosfato que en donde estaba en cantidad suficiente en el medio de la raíz, se demostró que esto se debió más bien a ingestión selectiva debido a la presencia de fosfato, que a la precipitación de fosfato de plomo en solución. Se sostiene que cuando ciertas concentraciones de Pb se alcancen en nuestro medio ambiente y haya deficiencia de fosfatos, "podría llegar a haber una reducción rápida y dramática en el crecimiento de las plantas".

La aplicación de Fe en forma de quelato y de otros metales pesados en formas aprovechables, puede contrarrestar el efecto del Pb en las plantas; esto se debe a que el Pb interfiere en cierto grado con el metabolismo normal del Fe.

La presencia del Pb en suelos a una concentración de 0.1% o superior, no se debe ignorar con relación a la calidad de plantas cultivadas en huertos o pastizales cercanos a la carretera y sitios en donde se quemas baterías, ya que el envenenamiento crónico de ganado que pasta en estos lugares, con el tiempo puede llegar a un colapso total por encefalitis y muerte.

#### 6.6.2.5. Efectos en el hombre.

El Pb entra al cuerpo humano por inhalación e ingestión, se transporta en la sangre y se acumula en el hígado, riñones bazo, páncreas, pulmones y huesos hasta cerca de la quinta década de la vida. Cerca del 90% en peso del Pb contenido en el cuerpo se encuentra en los huesos especialmente en los dientes. A nivel

celular el Pb se concentra en el núcleo, mitocondria y microsomas. Se excreta la mayor parte por la orina y heces fecales, así como por la saliva, sudor y cabello.

Bajo condiciones promedio, el Pb se toma en una proporción diaria aproximada de 300  $\mu\text{g}$  en alimentos sólidos, 20  $\mu\text{g}$  en líquidos, y de 10 a 100  $\mu\text{g}$  en aire. Aproximadamente el 10% del Pb ingerido se absorbe gastrointestinalmente y cerca del 30 al 50% del inhalado se absorbe en los alveolos pulmonares. La ingestión promedio de Pb a través del alimento no ha variado en un período de tres décadas, hasta antes de 1965, ya que el aumento del Pb ambiental en los alimentos, se ha balanceado por la disminución en su uso en productos químicos agrícolas y en el procesado y empaquetado de alimentos. Esta situación puede cambiar con la creciente utilización de arsenato de Pb para reemplazar al DDT. El contenido de Pb en leche se considera que es una consecuencia de la exposición de las vacas al Pb ambiental.

Los alimentos que contribuyen mayormente al contenido de Pb en la dieta son: carne y pollo (39%), verduras frescas y enlatadas incluyendo papas (22%), productos de panadería (17%), fruta fresca o enlatada o jugo de fruta (10%), -

productos diarios y huevos (9%). Excepto para el pescado o mariscos, las precipitaciones aéreas son la causa del Pb en la dieta. Mientras la inhalación de Pb no exceda los niveles actuales, la concentración umbral de Pb en la dieta, es alrededor de 600  $\mu\text{g}/\text{día}$ . La ingestión de 1,000  $\mu\text{g}$  de Pb soluble/día podría causar síntomas adversos en aproximadamente 8 años.

En los medios rurales el 20% de Pb total absorbido, proviene del aire, mientras que en los medios urbanos este puede ser 50% o más, dependiendo en parte de la ocupación del sujeto.

El grado en el cual el Pb es absorbido por la sangre depende considerablemente del tamaño de partícula. En un estudio realizado, partículas mayores de 50  $\mu$  no atravesaron el tracto respiratorio más allá de los bronquios, fueron retenidas en el área nasofaríngea y aparecieron en las heces fecales. Partículas menores de 5  $\mu$  descendieron hasta los bronquiolos y ductos alveolares. Partículas menores de 0.6  $\mu$  alcanzaron los alveolos.

depositándose en estos. Aquellas menores de  $0.3 \mu$  permanecieron suspendidas en el aire y pudieron ser exhaladas. Como cerca del 75% de las partículas de Pb de la combustión de los automóviles es menor de  $1 \mu$ , estas pueden alcanzar los alveolos.

En un experimento se inhaló aire con un contenido de partículas menores a  $0.10 \mu$  de sesquióxido de Pb, cerca del 34 al 40% del Pb retenido en los alveolos fue absorbido por la sangre. Cuando el aire contenía partículas de  $0.05 \mu$ , la absorción fue completa. Aun cuando no hubo evidencia de acumulación de Pb en orina por exposición continua a aire con contenido de  $18 \mu\text{g}$  de  $\text{Pb}/\text{m}^3$ , se cree que un estándar razonable de concentración de Pb aéreo es  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , basándose en la inhalación de  $15 \text{ m}^3$  de aire por día. Bajo estas condiciones la ingestión igualaría la excreción de Pb.

En un estudio realizado con 1,120 hombres de los cuales 772 estuvieron o estaban en contacto ocupacional con tetraetilo de Pb, las concentraciones de Pb en orina fueron el doble de los controles, sin que se presentaran efectos adversos.



El envenenamiento por Pb comienza con convulsiones y anemia, puede avanzar a enfermedad del sistema nervioso periférico, artritis, nefritis crónica, encefalopatía y la muerte, se puede detectar oportunamente por el nivel de ácido delta-aminolevulínico en orina. La desintoxicación se lleva a cabo por medio de medicina quelatante.

#### 6.6.2.6. Métodos de control.

Como sucede con otros metales pesados, el abonar con cal ( $\text{CaCO}_3$ ) reduce la ingestión de Pb del suelo por las plantas. Esto sucede por varias razones, el consiguiente incremento en el pH del suelo puede conducir a la precipitación de Pb como hidróxido, carbonato, o fosfato. Los iones  $\text{Ca}^{++}$  competirán con las cantidades traza de Pb presentes para cambiar sus sitios en el suelo y las superficies de la raíz. El aumento del pH y la actividad del  $\text{Ca}^{++}$  puede disminuir la capacidad de las raíces de la planta para absorber Pb. Finalmente, la aplicación de cal puede estimular la capacidad de la materia orgánica para formar complejos con el Pb. La adición de fertilizantes fosfatados al suelo también puede reducir la disponibilidad del Pb, dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.

La restricción de la actividad de los metales en el aire conduce a la formación de aerosol de PbS. Sería de gran utilidad limitar el uso de Pb en la gasolina, soldadura, tuberías, pinturas, pesticidas y otros productos, y exigir la instalación de dispositivos para depuración del aire, que controlen la emisión de industrias procesadoras de minerales y explotación de minas. Con lo que respecta a la gasolina con poco contenido de Pb, debe hacerse notar que una gasolina altamente aromática (44%) y sin Pb produjo 2.5 veces más polinúcleos aromáticos carcinogénicos que una gasolina poco aromática (15% de combustible) con Pb.

### 6.6.3. Mercurio:

#### 6.6.3.1. Generalidades.

El Hg al igual que el Pb representa un riesgo para la salud del hombre. Las soluciones y vapores de los compuestos de aquil mercurio (ejemp. metil y etil) son más tóxicas que el vapor de mercurio metálico, mientras que las sales inorgánicas de Hg,

al igual que los compuestos de aril (ejem.fenilo) y alcoxial quil Hg (ejem.metoxi etilo) son los menos tóxicos; esto se - debe a que los compuestos de alquil-Hg son estables (excepto con calor y luz) y penetran fácilmente al sistema nervioso - y al cerebro. Los otros compuestos mencionados se degradan - a Hg inorgánico iónico y Hg<sup>0</sup> en el tracto alimenticio y los rificiones. Parte del Hg iónico puede, en su oportunidad, meti- larse.

Los desechos de compuestos orgánicos e inorgánicos de Hg -- arrojados a las aguas por la industria, se convierten en -- CH<sub>3</sub>-Hg y (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Hg, dependiendo de las condiciOnes de reacción, el proceso puede ser enzimático o no enzimático.

El compuesto iónico monometilado es soluble en H<sub>2</sub>O, donde - forma complejos con los aniones. El compuesto molecular di-- metilado, es muy soluble en materiales lípidos como los que constituyen las membranas celulares, y relativamente insolu- ble en agua; a menos de que se degrade a la forma monometilada, escapa en forma de vapor a través de la fase acuosa a la fase gaseosa del medio ambiente, donde puede degradarse a - Hg<sup>0</sup> y CH<sub>4</sub>.

El monometil Hg se va acumulando en los pequeños organismos acuáticos, así como en los peces y mariscos.

#### 6.6.3.2. Fuentes.

Se estima que anualmente en todo el mundo llegan a los océanos provenientes de fuentes naturales 230 ton métricas de Hg, la mayoría por descomposición química y física de rocas y minerales con contenido de Hg "contaminación geológica", y 36,000 ton por evaporación natural.

El Hg se obtiene por destilación de los minerales que lo contienen. Los principales consumidores de Hg en los Estados Unidos en 1969 fueron, (en ton métricas): las industrias productoras de cloro electrolítico y alcali, 700; las de aparatos eléctricos, 600; las de pinturas, 300; las de instrumentos, 200; y las de catalizadores, productos dentales y productos agrícolas, 100 cada una, que hacen un consumo total de -- aproximadamente 2,700 ton métricas. Esta demanda fue cu

bierta en un 36% por la producción y explotación de minas de Estados Unidos, otra parte se importó de España, Canadá e Italia, 22%; la cesión de reservas del gobierno 24%; y se recirculó el 18%.

La producción mundial de Hg asciende anualmente a más de 7,000 ton métricas, de las cuales entre el 25 y 50% se cree que son liberadas al medio ambiente por descarga intencional o libre. En el período de 1930-1970, fueron desechadas 8,000 ton métricas de Hg.

El Hg se utiliza también como catalizador para producir acetaldéhido para la producción de cloruro de vinilo en la industria de plásticos. Los compuestos orgánicos de Hg son utilizados principalmente por industrias elaboradoras de preservativos para madera; la pulpa de madera se trata frecuentemente con calomel o acetato de fenil mercurio para controlar la formación de lama. La pulpa de madera exportada por Escandinavia, Canadá, o Estados Unidos puede contener hasta 20 ppm de Hg por esta causa, la disminución de esta can-

tividad iniciada por 50 fábricas que hasta julio de 1970 des  
cargaban Hg a una proporción anual de más de 45 ton mé  
tricas, originó una reducción de 86% en septiembre de ese  
año, de acuerdo con el Depto. del Interior de los Estados  
Unidos. La quema de carbón y petróleo es la fuente prin-  
cipal del Hg aéreo, de 36 carbones minerales distintos ana  
lizados recientemente, el contenido de Hg varió de 70 a ca  
si 21,000 ppb, siendo el promedio de 3,300 ppb. La at-  
mósfera puede alcanzar anualmente de 200 a 2,000 y qui-  
zá hasta 3,000 ton métricas de Hg en todo el mundo, de-  
bido únicamente a la quema de carbón.

Muestras de petróleo crudo de California contuvieron de  
1,900 a 2,100 ppb de Hg, pero otras muestras alcanzaron  
valores hasta de 20,000 ppb.

Se sabe que alquitranes relacionados con el petróleo, ha-  
biendo perdido mucho de sus hidrocarburos volátiles, con-  
tienen tanto como 500,000 ppb de Hg. La descarga aérea  
mundial de Hg debido a la quema de petróleo, se ha esti-  
mado en 1,600 ton métricas anualmente.

La refinación de minerales, realizada por lo general en cámaras (retortas) u hornos cerca de los sitios de explotación, es otra fuente de contaminación atmosférica. Los lodos de aguas fecales son también una fuente potencial de Hg.

#### 6.6.3.3. Efectos en suelos.

El Hg existente en el aire que se deposita en el suelo ya sea por el rocío o precipitación, es retenido en las capas superficiales de los suelos más aereados, agregándose ahí al Hg presente en el suelo. Las concentraciones de Hg en los suelos van de 10 a 500 ppb, en Suecia hay un promedio de 60 ppb y en Estados Unidos 100 ppb. El análisis de 912 muestras indicó concentraciones promedio de Hg de 96 ppb en el Oriente de los Estados Unidos, 55 ppb en el Poniente y 71 ppb por todo el país. Se han encontrado concentraciones de Hg mucho más elevadas en Rusia en la regiones de Crimea y Valle de Donets, y en la Meseta del Colorado.

La retención de Hg en suelos se debe no solamente a adsorción iónica por materiales orgánicos e inorgánicos y a la formación de enlaces covalentes con compuestos orgánicos, sino también a las bajas solubilidades del Hg como fosfato, carbonato y especialmente sulfuro. Muchos compuestos inorgánicos de Hg agregados al suelo se descomponen para producir Hg°. En presencia de materia orgánica y otros factores conducentes a la reducción el Hg de compuestos orgánicos mercuriales, también puede degradarse a Hg°. En general, las reacciones del tipo  $\text{Hg}_2^{2+} = \text{Hg}^\circ$  son comunes en muchos suelos, y parecen ser provocadas por radiación solar. El Hg° resultante puede volatilizarse o convertirse en HgS por la acción de bacterias anaerobias reductoras de S.

La adsorción molecular por arcillas comunes en suelos, puede ocurrir también con pesticidas mercuriales como acetato de fenil mercurio en un rango de pH de 5-7. Ni las sales de  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  ni las de  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$  son enlazadas fir-



memente en el suelo. Por lo general, la acumulación de Hg en suelos se debe al S y al C orgánico. Se cree que las sustancias húmicas con contenido de S conservan al Hg en forma soluble. También, bajo condiciones alcalinas, el HgS puede convertirse en  $Hg_2S$ , el cual es soluble.

De acuerdo con lo anterior, los suelos tratados con compuestos de etil y fenil Hg, emanan vapor de  $Hg^0$  de sus capas superiores. Parece ser que esto sucede con mayor frecuencia cuando existen altos contenidos de humedad que cuando son bajos, se ha observado la degradación microbiológica de pesticidas en suelos, en el caso de Semesan, 2-cloro 4-(hidroximercuri) fenol, por especies de *Peenicillium* y *Aspergillus*. La degradación química y biológica del suelo ocurre simultáneamente.

Los productos de degradación de pesticidas que contienen Hg, ya sean gaseosos o en solución, iónicos o no, son retenidos por la materia orgánica y la arcilla.

#### 6.6.3.4. Efectos en plantas y alimentos.

Más del 40% de los pesticidas comunes con contenido de metales contiene Hg. En 1969 se registraron más de 400 formulaciones distintas, constituidas por 60 diferentes compuestos. El consumo anual de Hg para pesticidas, ha descendido de 140 a 68 ton métricas entre 1967 y 1970, y continúa disminuyendo. Los pesticidas para semillas, que contienen Hg, son usados especialmente en los granos grandes. La degradación microbiológica, difusión aérea, deslave, y la erosión del suelo, han contribuido a la disipación de estos pesticidas en una escala más amplia.

Existen dos caminos de entrada del Hg al ciclo alimenticio, primero, el Hg presente en el suelo puede entrar en las raíces de las plantas, en algunos casos quizá después de una conversión previa a monometil Hg o Hg°. Segundo el Hg presente en rocíos foliares, en el polvo o la

lluvia, o en vapores exhalados por el suelo bajo gradientes de temperatura día-noche, puede entrar en el tejido de la hoja. Las plantas inhalan y exhalan Hg<sup>0</sup> a través de los estomas. El Hg exhalado puede ser el producto de reducción de un compuesto pesticida absorbido del suelo por las raíces y translocado a las hojas. En la mayoría de las plantas las concentraciones de Hg van de 10 a 200 ppb. En plantas creadas cerca de depósitos de Hg se encontró un contenido de 500 a 3,500 ppb de Hg.

En evaluaciones anteriores sobre la actividad fungicida de los compuestos de etil Hg mezclados en el suelo, se observó que su efectividad era mucho más alta que lo esperado por el contenido de Hg. La elevada efectividad fungicida del Ceresan M en el suelo, p-e-etil mercurio tolueno sulfoanilida con un contenido de Hg de 3.2, estaba relacionada a su presencia en "estado volátil". El consumo de cereales tratados ocasion

nó toxicidad general en Irak. La ingestión de Hg por suelos tratados con  $Hg_2Cl_2$  se ha encontrado que es insignificante en zanahorias, papas, lechuga, y frijoles. La translocación de Hg ocurre en muchos tejidos de plantas, incluyendo los de las hojas y frutos de manzanos y los tubérculos de la papa. En este estudio, después de varias aplicaciones foliares al final de la estación de crecimiento, la concentración de Hg fue 10 veces más alta en los tubérculos de las plantas rociadas que en los controles. Se encontraron residuos apreciables de acetato de fenil mercurio en el tubérculo de las papas después de que el follaje había sido rociado con una solución de 0.005% de este compuesto. La traslocación de Hg de las hojas a los frutos de los manzanos y de las hojas al tubérculo de las papas, también se ha observado en otros experimentos.

El tratamiento foliar del arroz en Japón, que fue discontinuado desde 1969, causó concentraciones en exceso de 200 ppb de Hg en el grano, comparadas con cerca de 10 ppb en el arroz de otros países. La traslocación de Hg se localizó en

la primera generación de granos de trigo y chícharos creados en una arcilla arenosa que no había sido tocada previamente por Hg, de semillas tratadas con Ceresan M. La concentración de Hg en las nuevas semillas fue más alta donde el pH del suelo era 4.9 que el suelo que tenía pH 6.2, y fue varias veces la concentración de Hg de los controles.

La contaminación por flujos gaseosos de minas con contenido de Hg ha dado como resultado la acumulación de éste en los tejidos de las plantas especialmente en zanahorias, pero también en cebollas y papas. La concentración de Hg en tejidos de animales que comen semillas contaminadas con este metal, es significativamente más alta que en la propia semilla, lo que indica una velocidad más baja de excreción que de ingestión.

#### 6.6.3.5. Efectos en el hombre.

Después de ingerido se acumula en el hígado y especialmente en los riñones, muchos compuestos mercuriales orgánicos e inorgánicos se rompen y liberan  $Hg^{2+}$ , siempre que se desarrolle acidez.

El vapor de  $Hg^0$  inhalado es retenido en la sangre y parcialmente oxidado por los eritrocitos a  $Hg^{2+}$ . Los vapores de  $Hg^0$  y de dimetil Hg, así como muchos compuestos orgánicos mercuriales, debido a su solubilidad en lípidos y carencia de carga, pueden difundirse a través de las membranas celulares y llegar a sitios sensibles asociados con procesos vitales. La acumulación de Hg en el cerebro, tiene cerca del 98% forma de monometilo. La vida media del  $CH_3-Hg^+$  en el hombre se estima en 70 días.

La toxicología de los compuestos mercuriales se centraliza en torno a la afinidad de los iones de  $Hg^{2+}$  por los grupos -SH tales como los que se encuentran en proteínas que contienen cistina y cisteína, especialmente la inactivación de ciertos compuestos de -SH esenciales para la división mitótica celular. De este modo, se ha observado rompimiento cromosómico de linfocitos en sujetos expuestos a  $CH_3Hg^+$  a través del consumo de pescado. La serina, cistina y cisteína son factores importantes en la formación de porfirina, un compuesto clave para la síntesis de hemoglobina. Al combinarse con

estos amino ácidos, el Hg también interfiere con la oxigenación. El envenenamiento por  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  de mujeres embarazadas, ha ocasionado bebés con defectos congénitos. El suceso de Minamata (ingestión de peces contaminados por Hg) indicó que el feto humano es capaz de acumular  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  a una concentración de 30% superior a la de la madre. Infantes nacidos de madres quienes desde tres años antes habían estado acumulando grandes cantidades no dañinas de  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ , padecieron de retraso mental y parálisis cerebral.

En Estados Unidos se ha estimado la ingestión promedio de Hg en 40, 50 o 100  $\mu\text{g}$  por día, dependiendo de si la dieta es sin carne, con algo de carne o principalmente de pescado.

Las concentraciones de Hg en pescado marino o de agua dulce normalmente son  $< 100$  y  $< 200$  ppb, respectivamente. Al -- igual que en los tejidos animales, el Hg en los peces es en su mayor parte metilado. Cerca del 98% del Hg metilado es absorbido gastrointestinalmente; del Hg inorgánico, solamente

cerca del 1%. El 90% de los compuestos alquil mercuriales, son eliminados eventualmente en las heces fecales, la contaminación humana con este metal, puede ser rastreada fácilmente, ya que el Hg se acumula en el cabello en forma similar a como lo hace en las plumas.

#### 6.6.3.6. Métodos de control.

Las medidas más efectivas para aliviar la situación, son de tipo administrativo, se puede prohibir o evitar la descarga de Hg en aguas públicas por parte de las industrias y limitar la aplicación de compuestos de Hg en la agricultura.

Se pueden reducir los efectos nocivos por la continua contaminación de peces y mariscos, negando temporalmente las licencias para pescar en aguas contaminadas.

El Hg proveniente del aire ingerido por el follaje, ya sea como vapor o polvo o por lluvia, ofrece otra área de ataque.



Así, el vapor de S precipita al Hg aéreo, el S contenido en aerosoles, si bien contamina en otros sentidos, puede ser un beneficio para el riesgo que representa el Hg. La aplicación de S o cal-S es eficaz contra la vaporización del Hg en vertederos y en suelos.

Se han propuesto compuestos con contenido de S para inactivar a los fungicidas mercuriales en la manufactura de pulpa.

La ingestión de Hg por las raíces de las plantas se ha minimizado neutralizando el suelo a un pH superior a 6.5 mediante la aplicación de cal. No solamente se precipitará el Hg como carbonato, hidróxido o hidroxicarbonato, sino que los iones de Ca predominarán sobre cualquier traza de Hg iónico en competencia por los sitios de intercambio en la superficie de la raíz. La posibilidad de que la cal causara deficiencias en Fe, Cu o Zn se podría prevenir por aplicación foliar de metales quelatados.

Ya que la metilación del Hg es el proceso clave en la toxicología del metal, se debe considerar el evitarla. Se ha observado que la proporción de desarrollo de  $\text{CH}_4$  en suelos puede disminuirse por la aplicación de  $\text{NO}_3^-$ . De hecho, el desarrollo del organismo metilador *methanobacterium omelianskii*, fue virtualmente evitado en presencia de concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en suelos, arriba de ciertos niveles.

Entre los métodos modernos para la determinación de Hg en muestras biológicas, se tiene activación de neutrones y absorción atómica sin llama.

#### 6.6.4. Cadmio

##### 6.6.4.1. Generalidades.

La preocupación acerca de los efectos del cadmio, se basa en la tendencia de los metales a acumularse en los ma

mferos, con lo cual el metal puede reemplazar al Zn en ciertas enzimas, causando enfermedades. La extensa literatura sobre toxicología del cadmio tal como la que se refiere a la destrucción de eritrocitos, deterioro testicular y degradación renal, está basada principalmente sobre observaciones de daños agudos provocados en animales o accidentalmente ocurridos en el hombre. La exposición del ser humano a un nivel bajo, crónico, de Cd puede dar por resultado desordenes respiratorios, como enfisema, fallas gástricas e intestinales, anemia, osteomalacia y enfermedades por hipertensión del corazón.

La presencia del Cd en el ambiente, está ligada normalmente a la del Zn debido a su comportamiento geo-químico y a su incompleta técnica de separación.

Se ha encontrado una correlación elevada entre el consumo de Zn per capita y el número de defunciones en 14 diferentes países, debido a hipertensión, una enfermedad

frecuentemente asociada con el Cd. En otro estudio se estableció que "quizá la cercana asociación de metales con enfermedades vasculares, es el cadmio".

La cantidad promedio de Cd por gramo de ceniza de riñón de 117 pacientes de tensión normal fue  $2,940 \pm 120 \mu\text{g}$ , mientras que de 17 pacientes hipertensivos fue  $4,200 \pm 390 \mu\text{g}$ . Por otro lado, en un estudio sobre el contenido renal de Cd en 80 pacientes, no se midieron valores más altos en aquellos que padecían enfermedades cardiovasculares o enfermedades degenerativas vasculares, que en los controles. Las dudas, por lo tanto, prevalecen.

Las fundiciones de Zn son particularmente nocivas por el daño que ellas causan al ambiente por sus emisiones de humo conteniendo ZnO y CdO. La crisis de contaminación atmosférica de 1949 en Donora, Pa. fue debida principalmente a la descarga al aire de 150 kg de Cd por día de la planta local de sinterizado y hornos de Zn. Cerca en Palmerton, Pa., una considerable -- área de tierra ha sido despojada de su vegetación, por esta acción durante un largo período de tiempo.

#### 6.6.4.2. Fuentes.

Aunque el Cd está presente en forma mineral en la corteza terrestre en una concentración promedio de 0.18 ppm se considera también como un contaminante. La presencia de Cd en el aire se debe a las actividades industriales, las cuales pueden o no estar directamente asociadas con éste. De entre las primeras, las emisiones de Cd de la producción primaria de Zn, Pb y Cu durante 1968 rebasaron las 1,000 ton métricas, y aquellas procedentes de fundiciones, soldadura, calcinación, galvanizado y actividades de producción de acero, fueron más o menos lo mismo. Otras 20 ton métricas de Cd fueron emitidas en la manufactura de plásticos, baterías, pigmentos, aleaciones de metales y fertilizantes. Solo con otros metales, el Cd es un agente etiológico (transmisor de enfermedades) por la condición llamada "humo de metal productor de fiebre". La producción total de Cd de los Estados Unidos de América en 1968 fué 4,800 ton métricas, mientras que el consumo en aquel año ascendió a 6,000 ton métricas, en su mayor parte por galvanización, pigmentos y plásticos.

Las emisiones de las actividades industriales que no están directamen-

te asociados con Cd, también pueden ser de importancia. Entre estas están los procesos de combustión que involucran carbón, petróleo, madera, papel y basura orgánica urbana, debido a la presencia general de Cd en los materiales biológicos. Se ha reportado una concentración de Cd en carbón superior a 50 ppm. Un promedio mundial de 0.01 ppm de Cd ha sido reportado en petróleo de fósiles. Se encontraron concentraciones de Cd en cinco muestras de aceite para motor con un promedio de 0.48 ppm, y la descarga total aérea en los Estados Unidos de América de Cd procedente de aceite para motor en 1968 se estimó en 850 kg. Mayores contenidos en ciertos aceites de motor pueden provenir de la adición de antioxidantes como ditiofosfato de Zn. En vista del gran consumo anual en los Estados Unidos de América de carbón y lignita ( $5 \times 10^8$  ton métricas) tanto como petróleo destilado y residual ( $2.4 \times 10^{11}$ ) las cantidades de Cd liberado por combustión pueden contribuir importantemente a la contaminación del aire.

El papel, así como el carbón y el petróleo, contiene Cd, porque este, contrariamente al Pb, fácilmente entra a las plantas. Además el

papel puede contener Cd debido a la manufactura de pulpa en recipientes galvanizados (ejem. revestidos con Zn-Cd), llenados con soluciones corrosivas. El Cd presente en la fracción inflamable de la basura sólida, producida en los Estados Unidos de América a una velocidad de más de 300,000 ton. métricas por día, por combustión, podría llegar a transportarse en el aire principalmente porque el Cd es muy volátil en una variedad de combinaciones.

Finalmente, el Cd llega al aire como polvo, resultado de desgaste de los neumáticos de un auto. Aunque algunas marcas de gasolina contienen trazas de Cd, la mayoría no lo tienen. El aumento en concentración de Cd en suelos cercanos a la carretera aumenta con la proximidad al tránsito, principalmente se debe al desgaste de los neumáticos de los carros. Un estudio de espectrografía de emisión, produjo valores en un rango de 20 a 90 ppm de Cd en hu-  
le de neumático. La presencia de Cd en neumáticos, se debe al uso de compuestos de Zn en los procesos de vulcanización. En otro estudio la concentración de Cd en neumáticos de auto ha sido

estimada en 20.2 ppm procedente de la cantidad de ZnO y el contenido de Cd del Zn técnico en compuestos usados para vulcanizar una cantidad conocida de hule.

La cantidad de Cd descargada anualmente al ambiente en los Estados Unidos de América por desgaste de neumáticos de automóvil, se estimó en alrededor de 6 ton métricas para 1966, así como para 1968. Ambas estimaciones se derivaron de los valores promedio para el número de millas-vehículo, la distancia en millas o vida de una llanta, la cantidad de hule gastado cuando una llanta es descartada y el contenido de Cd en el hule. No hay información disponible sobre el flujo crítico de la distribución del tamaño de partícula de Cd contenido en polvo de neumático, que determine flotación aérea del material.

#### 6.6.4.3. Efectos en suelo y plantas.

El Cd como un elemento del aerosol, al igual que otros metales alcanza las plantas y el suelo por precipitación y por deposición directa. La segunda especialmente ocurre en el lado donde sopla el viento de las fábricas y minas que manejan Zn.



Debido a que el Cd es un constituyente normal de depósitos marinos, está presente como impureza de fertilizantes de fósforo, llegando así a la zona de las raíces de las plantas. La disponibilidad actual de Cd procedente de fosfatos en suelos es desconocida. Además, el Cd es un constituyente de fungicidas usados rutinariamente sobre el césped y ocasionalmente sobre árboles frutales. También se aplica como un antihelmin-to para ganado, apareciendo en el estiércol. También el Cd se encuentra en la mayor parte de los suelos de caminos vecinales debido a los neumáticos de carros y aceite de motores. El metal es fácilmente absorbido a través de las raíces de importantes cultivos alimenticios, especialmente los granos mayores: trigo, maíz, arroz, avena y mijo. También, el Cd puede estar presente en hortalizas como chícharos, remolacha y lechuga. Se ha encontrado que el Cd se mueve fácilmente de la raíces a las hojas de rábano. Como sucede en otros metales, el incremento del pH del suelo mediante la aplicación de cal, contuvo un poco la ingestión de Cd por las plantas.

Cuando las plantas se han creado en suelos localizados en un

medio atmosférico contaminado, el problema es cuál fracción de Cd acumulado por las plantas, proviene del suelo y cuál del aire.

La leche contiene Cd como resultado de que el ganado - pasta en sitios contaminados. En un estudio realizado con muestras de leche del mercado de 61 ciudades, las - concentraciones variaron entre 17 y 30 g/l.

#### 6.6.4.4. Efectos en el hombre.

Aunque observaciones anteriores indicaban que el Cd esta ba ausente en el feto, descubrimientos más recientes indican que el Cd materno puede cruzar y lo hace, la membra na de la placenta. En ausencia virtual de un mecanismo homeostático, el Cd se acumula rápidamente, especialmente en los riñones, en una proporción de 5 mg por década hasta la edad de 60 años; aquí, los amino ácidos ricos en - grupos - SH, como cisteína, son los instrumentos para li- gar al Cd. La vida media biológica del Cd en el hombre - se estima de 10 a 25 años.

La dieta diaria promedio en los Estados Unidos de América contiene según dos estudios realizados, de 23 ug a 92 ug de Cd. El segundo estudio indica una relación de concentración Zn/Cd de 173, y más Cd en el Oeste que en el Este de los Estados Unidos de América. Una dieta rica en alimentos marinos y productos de grano, puede ocasionar una ingestión diaria elevada de Cd. Los cigarrillos constituyen otra fuente de Cd. El Cd ingerido es absorbido por la sangre en una proporción de 5%, el Cd inhalado cerca del 30%. Las naciones predominantemente costeras como Japón, donde la dieta promedio consiste de arroz y pescado, padecen de una gran incidencia de enfermedades del corazón, más que las naciones continentales.

La enfermedad cardiovascular también ha sido relacionada con la blandura del agua. Así durante 1960-1962 el número de muertes por enfermedades cardiovasculares entre hombres de 65 años de edad en Glasgow, Escocia, área de agua blanda, fué 855, mientras que en Londres, área de agua dura, el número fué 581. El número de muertes por enfermedades de la coronaria fué 610 en Glasgow y 388 en Londres.

Estudios sobre enfermedades cardiovasculares en relación a la blandura del agua, por lo general carecen de datos sobre el Cd. Se sostiene en el presente tema de discusión que existe relación entre el Cd presente en el agua para beber y la blandura del agua.

Información obtenida principalmente en animales, indica que bajo ciertas circunstancias la potencia biológica del Cd, puede atenuarse administrando compuestos que contengan grupos tiol, agentes secuestrantes del tipo EDTA, Zn, o Se. Con la sal de Ca del EDTA, la excreción de un número de metales, incluyendo al Cd, aumentó marcadamente en orina. Dosis apropiadas pueden conducir a una rápida desintoxicación. El Zn puede competir efectivamente con Cd o Hg por ciertos sitios de enzimas. Específicamente, los tres metales compiten por grupos -SH y con frecuencia forman complejos con aminoácidos que contienen el grupo tiol como la cisteína. Se han administrado compuestos de tiol para contrarrestar al Cd.

#### 6.6.4.5. Métodos de control.

La instalación de precipitadores electrostáticos y scrubbers en chimeneas y otros efluentes de fábricas que manejan Cd, ha demostrado ser un medio efectivo para reducir la emisión del metal a la atmósfera. En un caso particular la instalación combinada de ciclones, filtros de mangas y precipitadores, dió por resultado la colección diaria de 15,000 kg de polvo, de los cuales 500 kg eran Cd.

El control de la química del Cd en suelos, ofrece otra posibilidad de disminuir la entrada del metal al ciclo alimenticio. El encalar el suelo puede precipitar al metal no solamente como carbonato, sino también como sulfato y fosfato, dependiendo de la abundancia de estos aniones. Además, el efecto competitivo del  $\text{Ca}^{2+}$  y las consecuencias fisiológicas y químicas de un incremento del pH del suelo, puede resultar de utilidad para abatir la ingestión de Cd por las raíces de las plantas.

## CAPITULO SIETE.

### ASPECTOS LEGALES:

#### 7.1. Existentes en México:

##### 7.1.1. Tesis de mejoramiento del ambiente:

El hombre moderno comprende cada día mejor, el hecho de que su modo de vivir viene establecido por el ambiente que lo rodea.

Nuestras autoridades conscientes de esta mentalidad y en un revolucionario y franco anhelo de mejorar nuestro medio ambiente, crearon la tesis de mejoramiento del ambiente: (85)

- I. El desarrollo urbano industrial es compatible con el mantenimiento del equilibrio ecológico; con el mejoramiento del ambiente y con la disminución de los efectos de la contaminación mediante la técnica y los recursos adecuados a los adelantos de la ciencia.

- II. La lucha contra la contaminación constituye acción permanente determinada por el propio proceso de desarrollo.
- III. La participación y la responsabilidad para combatir la contaminación y mejorar el ambiente es plenaria pero en mayor medida obliga a quienes en grado mayor contribuyen al deterioro de la naturaleza propicia al hombre.
- IV. La humanidad tiene derecho a usar los recursos de la naturaleza para asegurar su crecimiento y desarrollo pero nadie lo tiene para abusar y destruir este patrimonio.
- V. Los pueblos fuertes carecen de fuerza moral y jurídica para impedir el crecimiento y la industrialización de los débiles.
- VI. El mejoramiento del ambiente debe identificarse con el proceso mismo de la vida individual y colectiva y conatural con la organización política, económica, cultural y social de las colectividades.

- VII. El derecho a la vida, a la salud, genera la responsabilidad de procurar la pureza del agua, del aire y la fertilidad de la tierra.
- VIII. El derecho a la vida y a la salud individual dá origen a la obligación de trabajar por la vida, la salud y el bienestar colectivo.
- IX. El bienestar colectivo depende del medio ambiente sano que permite el perfeccionamiento y desarrollo de las facultades personales.
- X. El ambiente que condiciona las más trascendentes características físicas, psíquicas y morales es el hogar donde se forma la célula social más depurada o sea la familia.



7.1.2. Organismos encargados de mejoramiento del ambiente  
en México:

a) Organismos oficiales:

- 7.1.2.1. I. Subsecretaría de mejoramiento del ambiente.  
II. Comité central coordinador de programas.  
III. Consejo de salubridad general.

b) Organismos no oficiales:

- I. Asociación mexicana contra la contaminación.

7.1.2.1. Subsecretaría de mejoramiento del ambiente:

Una de las grandes preocupaciones del actual gobierno, ha sido mejorar el ambiente relacionándolo íntimamente con el desarrollo económico, industrial y social del país.

Esta inquietud ha cristalizado en la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.<sup>(85, 15)</sup>

Los objetivos de esta Subsecretaría son:

1. Prevenir y controlar la contaminación ambiental.
2. Normar las políticas de acción individual y colectiva que permitan mantener y reconstruir el equilibrio ecológico.
3. Emitir dictámenes técnicos relativos al cumplimiento de la Ley y Reglamentos de la prevención y control de la contaminación ambiental.
4. Contribuir a la formación de una conciencia de responsabilidad social para participar activamente en el mejoramiento de las condiciones del medio.
5. Orientar y contribuir con los organismos oficiales y privados en la realización de las tareas que propician la salubridad y la estética de las poblaciones.
6. Promover a las comunidades para la creación de comités especiales orientados hacia el desarrollo de hábitos óptimos de higiene individual y social y - a procurar la mejor calidad del aire, del agua, - de los suelos y los alimentos.

7. Contribuir a la multiplicación de áreas recreativas, campos deportivos y campamentos vacacionales.
8. Colaborar en la realización de campañas de salud y educación higiénica en general.

Las funciones son las siguientes:

1. La Subsecretaría tiende a combatir la contaminación y mejorar las condiciones del ambiente en el territorio nacional.
2. Tendrá a su cargo la difusión, por todos los medios a su alcance, de aquello que se refiera concretamente a sus objetivos.

Estructura de la Subsecretaría:

Dependerá directamente del C. Secretario de Salubridad y Asistencia, asimismo para sus funciones se integrará con cinco Direcciones:

1. DIRECCION DE INVESTIGACION
2. DIRECCION DE PLANEACION
3. DIRECCION DE COORDINACION

4. DIRECCION DE OPERACION
  5. DIRECCION DE CONTROL
- Y UN CONSEJO TECNICO.

7.1.2.2. Comité central coordinador de programas para el -  
mejoramiento del ambiente:

El Comité Central Coordinador de Programas para el Mejoramiento del Ambiente tiene como objetivos:

1. Promover y aportar literatura e instructivos de la fauna y cuidado de viveros, invernaderos, forestación y reforestación.
2. En coordinación con: S.S.A.; S.R.H.; S.O.P., C.F.E., Gobiernos Estatales y Municipales dirigir acciones para crear viviendas a nivel estatal, municipal y local.
3. Preparar personal auxiliar de los extensionistas agrícolas, recolección y selección de semillas, de árboles frutales, ornamentales y plantas diversas.
4. En coordinación con las delegaciones de agricultura y con los Ayuntamientos programar forestación de parques y jardines.
5. Programa de conservación de suelos por localidades.

6. Organizar brigadas voluntarias para el cuidado de la fauna local, auxilio en incendios.
7. Aprovechar los graneros del pueblo para prácticas.
8. Informar acerca del uso y abuso de plaguicidas.
9. Informar, investigar y orientar en prácticas en el conocimiento de los fenómenos de simbiosis, parasitismo, saprofitismo y predadores útiles, equilibrio ecológico y biocenosis.
10. Estimular la creación de parques recreativos y áreas rústicas destinadas a la reforestación, campamentos vacacionales.
11. Organizar concursos y premiar.

### 7.1.3 Legislaciones existentes.

7.1.3.1. Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación:  
Ambiental:

México cuenta con una Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, la cual fué expedida por decreto del Poder Ejecutivo Federal en la Ciudad de México, a los 12 días de Marzo de 1971.

La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, comprende disposiciones generales, la prevención y control de la contaminación del aire, del agua y del suelo, regulando las sanciones a que se hacen acreedores los infractores a la mencionada Ley.

El Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Salubridad y Asistencia y del Consejo de Salubridad General, aplica las materias correspondientes a las siguientes Secretarías: Recursos Hidráulicos, Agricultura y Ganadería e Industria y Comercio.

por la importancia que tiene prevenir y controlar la contaminación ambiental, se permite la aplicación supletoria del Código Sanitario, de sus Reglamentos, de la Ley Federal de Ingeniería Sanitaria, así como las leyes que de alguna manera estén relacionadas con las tierras, las aguas, el aire, la flora y la fauna, sobre todo el territorio nacional, es decir, el Ejecutivo Federal, a

través de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, cuenta con los fundamentos jurídicos necesarios, para imponer las sanciones correspondientes a los sujetos contaminantes del medio ambiente, que no cumplan con las disposiciones establecidas por la ley. (85)

7.1.3.2. Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos:

El Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos fué expedido de acuerdo a la fracción I del artículo 89, de la Constitución Política Mexicana y fundado en los artículos 1º, 2º, 3º, 5º, y 9º de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, este reglamento fué expedido con fecha 8 de Septiembre de 1971 en la Ciudad de México.

El reglamento en mención contiene reglas generales, disposiciones sobre humos y polvos, medidas de orientación y educación, vigilancia para cumplir con la Ley, implementándola con la inspección necesaria, así como la regularización de las sanciones y el procedimiento para aplicarlas incluyendo la regulación del recurso administrativo de inconformidad. Definiendo además los conceptos de acción popular, para que cualquier persona denuncie ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia las fuentes de contaminación y realizar di



ligencias necesarias para evaluar la acción mencionada. El reglamento rige en toda la República, con el fin de proveer la observancia de la Ley en cuanto a la emisión de humos y polvos en el aire.

En cada Estado las autoridades dependientes del Ejecutivo, auxiliarán en la aplicación del presente reglamento.

El Ejecutivo ha dictado medidas fiscales convenientes para facilitar a las industrias establecidas o por establecerse que eviten, controlen o abatan la contaminación causada por emisión de humos y polvos y para ésto, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público realiza estudios conducentes a la fabricación e importación de equipos necesarios. (85)

7.1.3.3. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas.

El Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas fué expedido de acuerdo a la fracción I del Artículo 89 de la Constitución Política Mexicana y fundado en los Artículos 1, 2, 3, 5 y 9 de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, este reglamento fué expedido con fecha 29 de Marzo de 1973 y entró en vigor el 29 de mayo de 1973.

El Reglamento en mención contiene disposiciones generales, prevención y control de la contaminación de las aguas, medidas de orientación y educación, vigilancia para cumplir con la Ley, implementándola con la inspección necesaria, así como la regularización de las sanciones y el procedimiento para aplicarlas incluyendo la regulación del recurso administrativo de inconformidad. Definiendo además los conceptos de acción popular para que cualquier persona denuncie ante las Secretarías de Salubridad y Asistencia o de Recursos Hidráulicos, las fuentes de contaminación y realizar diligencias necesarias para evaluar la acción mencionada.

El Reglamento rige en toda la República con el fin de proveer la observancia de la ley en cuanto a la emisión de contaminantes en las aguas.<sup>(85)</sup>

#### 7.1.3.4. Código Sanitario:

El nuevo Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos fué decretado por el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos y fué publicado en el Diario Oficial el 13 de Marzo de 1973.

El nuevo Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos se encuentra en vigor a partir del 13 de Abril de 1973 y constituye la principal base jurídica para la conservación y restauración y mejoramiento de la salud, considerada ésta no solo como un estado de ausencia en enfermedades, sino referida a una situación de bienestar físico, mental y social, en la que el hombre desarrolla sus máximas potencialidades para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

El nuevo Código Sanitario está dividido en 15 títulos, los cuales a la vez se dividen en capítulos, enumeraremos los títulos y posteriormente analizaremos los que son de interés en esta Tesis. Los títulos son los siguientes: (85)

PRIMERO: De la salubridad y de las autoridades sanitarias.

- SEGUNDO: De la promoción y mejoramiento de la salud.
- TERCERO: Del saneamiento del ambiente.
- CUARTO: De la higiene ocupacional.
- QUINTO: De la prevención y control de las enfermedades y accidentes.
- SEXTO: De la rehabilitación de los inválidos.
- SEPTIMO: Del ejercicio de las disciplinas de la prestación de los servicios para la sa lud.
- OCTAVO: Del adiestramiento y formación del per sonal para la salud.
- NOVENO: De la investigación para la salud.
- DECIMO: De la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.
- UNDECIMO: Del control de alimentos, bebidas no alcohólicas, bebidas alcohólicas, tabaco, medicamentos, aparatos y equipos

médicos, productos de belleza, perfumería y aseo, estupefacientes, sustancias psicotrópicas, plaguicidas y fertilizantes.

DUODECIMO: De la sanidad internacional.

DECIMO TERCERO: De las estadísticas y de la Geografía para la salud.

DECIMOCUARTO: De las autorizaciones y registros.

DECIMOQUINTO: De la inspección, medidas de seguridad, sanciones y sus procedimientos administrativos.

Los títulos que son de interés para esta tesis son el Tercero y el Undécimo. Analizaremos cada título indicando capítulos y artículos que tengan alguna aplicación a la prevención y control de la contaminación ambiental.

TITULO TERCERO: Del Saneamiento del Ambiente.

Este título consta de 10 Capítulos, que son los siguientes:

- I. Disposiciones Generales.
- II. De la atmósfera.
- III. Del suelo.
- IV. Del agua.
- V. Del mar territorial.
- VI. De las radiaciones ionizantes, electroo magnéticas e isótopos radiactivos.
- VII. De las poblaciones.
- VIII. De los edificios y construcciones.
- IX. De las vías generales de comunicación y de los transportes.
- X. De los cadáveres.

Los seis primeros capítulos tienen aspectos relacionados con este trabajo y enumeraremos los diferentes artículos de estos capítulos.

TITULO TERCERO: Del Saneamiento del Ambiente.

CAPITULO I: Disposiciones Generales.

ARTICULO 44. La Secretaría de Salubridad y Asistencia realizará actividades de mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente tendiente a preservar la salud, así como de prevención y control de aquellas condiciones del ambiente que perjudican a la salud humana. El Consejo de Salubridad General dictará disposiciones generales sobre estas materias.

ARTICULO 45. Es atribución de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, establecer las normas técnicas y operativas, así como realizar programas por sí misma y coordinadamente con las Secretarías de Marina, de Industria y Comercio, de Agricultura y Ganadería, de Comunicaciones y Transportes, de Recursos Hidráulicos, de Educación Pública o con cualquier otra institución del sector público, social o privado, para la realización de las actividades a que se refiere el artículo anterior.

ARTICULO 46. La Secretaría de Salubridad y Asistencia realizará y fomentará investigaciones y promoverá programas, cuya finalidad sea la preservación de los sistemas ecológicos y el mejoramiento del medio, así como aquellos para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación del ambiente:

CAPITULO II: De la Atmósfera.

ARTICULO 47. Es atribución de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la prevención y control de la emisión de contaminantes en la atmósfera, que dañen o



puedan dañar la salud de los seres humanos, como polvos, vapores, humos, gases, ruidos y otros.

ARTICULO 48. El Ejecutivo Federal determinará los límites permisibles de emisión o descarga de contaminantes, que alteren la atmósfera y dañen la salud de los seres humanos.

ARTICULO 49. La Secretaría de Salubridad y Asistencia dictará normas técnicas generales y promoverá el desarrollo de programas encaminados a la prevención y control de la contaminación atmosférica, producida por fuentes naturales o artificiales.

CAPITULO III: Del Suelo.

ARTICULO 50. Es atribución de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la prevención y control de la contaminación del suelo, que dañe o pueda dañar la salud de los seres humanos.

ARTICULO 51. El Ejecutivo Federal determinará los casos en que la contaminación del suelo, dañe o pueda dañar la salud de los seres humanos y reglamentará la recolección, depósito, alejamiento, tratamient

to y destino final de desechos sólidos o infiltrables capaces de producir contaminación y de otros contaminantes de los suelos.

ARTICULO 52. La Secretaría de Salubridad y Asistencia dictará normas técnicas generales y promoverá el desarrollo de programas, encaminados a la realización de obras destinadas a la recolección, depósito, alejamiento, tratamiento y destino final de desechos sólidos o infiltrables capaces de producir contaminación y de otros contaminantes del suelo.

CAPITULO IV: Del Agua

ARTICULO 53. Es atribución de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la prevención y control de la contaminación del agua para consumo humano, uso doméstico y aprovechamiento agrícola o industrial, cuando dañe o pueda dañar la salud de los seres humanos, sin perjuicio de la aplicación de los ordenamientos vigentes que sobre la materia, contiene la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y la Ley Federal de Aguas.

ARTICULO 54. El Ejecutivo Federal determinará las

condiciones que deberán llenar las aguas para el consumo, uso y aprovechamiento a que se refiere el artículo anterior.

ARTICULO 55 . El Consejo de Salubridad General dictará disposiciones sanitarias generales sobre las siguientes materias:

I. Ejecución de obras de abastecimiento de agua potable y desague de ciudades y poblados, así como la modificación y ampliación de los sistemas ya establecidos, que se efectúen por las autoridades federales o locales y por particulares;

II. Zonas de protección de ríos, manantiales, depósitos y en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones; y

III.- Ejecución de obras relacionadas con el alejamiento, tratamiento y destino de los desechos conducidos o no por sistemas de alcantarillado.

ARTICULO 56. Las autoridades, empresas o particula-

res no podrán suspender o disminuir la dotación de los servicios de agua potable y avenamiento de los edificios habitados, sólo podrán reducirse en los términos del artículo 38 de la Ley Federal de Aguas.

ARTICULO 57. Los usuarios que aprovechen en su servicio, aguas que requieran ser usadas posteriormente por los habitantes de alguna población, estarán obligados a devolverlas sin alteración nociva a la salud de dichos habitantes, de acuerdo con los reglamentos correspondientes.

ARTICULO 58. En los ríos, lagos, lagunas o en cualquier otra fuente, cuyas aguas se utilicen para uso doméstico, para balnearios o para criaderos de fauna acuática, queda prohibido descargar aguas residuales que contengan contaminantes, en cantidades superiores a los máximos permisibles señalados en los reglamentos respectivos.

ARTICULO 59. Sólo podrán ser utilizadas las aguas residuales para usos agrícolas, en los casos y bajo las condiciones que determinen los reglamentos de

este Código y los de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

CAPITULO V: Del Mar Territorial.

ARTICULO 60. La Secretaría de Salubridad y Asisten  
cia en coordinación con la Secretaría de Marina es-  
tablecerá el control y vigilancia sanitarios en el  
mar territorial.

ARTICULO 61. Las naves infectadas o sospechosas de  
infección que fondeen, pretendan fondear o hacer es-  
cala en el mar territorial, deberán sujetarse a las  
medidas destinadas a asegurar sus condiciones sani-  
tarias y a impedir la introducción al territorio na  
cional de enfermedades transmisibles.

ARTICULO 62. Las autoridades sanitarias, sin contra  
riar los principios del derecho internacional, podrán  
implantar las medidas preventivas y, de restricción  
de tránsito necesarias en el mar territorial, a fin  
de evitar o controlar la diseminación de enfermeda-  
des.

ARTICULO 63. Es atribución de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en coordinación con la Secretaría de Marina, la adopción de medidas sanitarias, tendientes a prevenir y controlar la contaminación de las -- aguas de las zonas adyacentes al mar territorial, ajustándose, al realizar esa acción, a las normas del derecho internacional.

ARTICULO 64. Las medidas sanitarias de prevención y control de la contaminación del medio marino se aplicarán:

I. En las playas del territorio nacional, en los casos en que la contaminación marina ponga en peligro la salud humana;

II. En las aguas marinas interiores y el mar territorial, en los casos en que la contaminación marina ponga en peligro la salud humana; y

III. En una zona adyacente al mar territorial, con las modalidades que establece el artículo anterior, cuando la contaminación ponga en peligro la salud humana o el equilibrio ecológico del medio marino en el territorio nacional.

ARTICULO 65. Las autoridades sanitarias en coordinación con la Secretaría de Marina, podrán tomar las medidas necesarias a impedir a cualquier nave, la evacuación de substancias o desperdicios que puedan contaminar las áreas mencionadas en el artículo anterior.

CAPITULO VI: De las Radiaciones Ionizantes, Electromagnéticas e Isótopos Radioactivos.

ARTICULO 66. La posesión, comercio, distribución, transporte y utilización de isótopos radiactivos, así como la eliminación de los mismos, se sujetará en lo que se refiere a las condiciones sanitarias, a lo que establecen este Código y sus reglamentos.

ARTICULO 67. Para realizar una o varias de las actividades mencionadas en el artículo anterior. se requiere autorización sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

ARTICULO 68. Para los efectos de este Código se consideran potencialmente fuentes de radiaciones, los reactores nucleares, los aceleradores de partículas cargadas

de electricidad, las fuentes de neutrones, los aparatos de microondas, de radar y de rayos X, infrarrojos, ultravioletas y laser, así como los isótopos radiactivos naturales y artificiales y cualquier otra fuente de naturaleza análoga que expresamente determine el Consejo de Salubridad General, oyendo la opinión del Instituto de Energía Nuclear.

ARTICULO 69. La importación, exportación, posesión, comercio o distribución de los equipos y aparatos a que se refiere el artículo anterior, requiere autorización sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

ARTICULO 70. La Secretaría de Salubridad y Asistencia, oyendo la opinión del Instituto Nacional de Energía Nuclear y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, podrá establecer las normas técnicas para el uso y aprovechamiento de los equipos y aparatos, destinados a la utilización de isótopos radiactivos.

ARTICULO 71. Sin perjuicio de lo que establecen la Ley Federal del Trabajo y sus reglamentos, en relación con labores peligrosas e insalubres, el cuerpo humano sólo



podrá ser expuesto a las radiaciones ionizantes dentro de los máximos permisibles, con excepción de su aplicación para la investigación médica, de diagnóstico y de terapéutica.

ARTICULO 72. Se prohíbe la adición de isótopos radiactivos naturales o artificiales o de productos que los contengan, a los alimentos, a las bebidas y a los productos de perfumería, belleza y aseo.

Del título Undécimo tenemos que está dividido en 10 capítulos que son los siguientes:

- I. Disposiciones Generales
- II. De los Alimentos y Bebidas no Alcohólicas
- III. De las Bebidas Alcohólicas
- IV. Del Tabaco
- V. De los Medicamentos
- VI. De los Aparatos y Equipos Médicos
- VII. De los Productos de Belleza, Perfumería y Aseo
- VIII. De los Estupefacientes
- IX. De las Substancias Psicotrópicas
- X. De los Plaguicidas y Fertilizantes.

Únicamente el Capítulo X es de interés para esta tesis, a continuación indicamos los artículos de este capítulo:

CAPITULO X: De los Plaguicidas y Fertilizantes.

ARTICULO 330. Para los efectos del presente Código, se considera como:

I. Plaguicida, a cualquier substancia o mezcla de substancias que se destinen a destruir, controlar, prevenir o repeler la acción de cualquier forma de vida animal o vegetal, incluyendo insecticidas, desecantes y defoliantes, cuando puedan ser perjudiciales a la salud del hombre; y

II. Fertilizante, a cualquier substancia o mezcla de substancias que se destine a regular el crecimiento de las plantas, cuando pueda ser perjudicial a la salud del hombre.

ARTICULO 331.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Ganadería, para fines de control sanitario, establecerá la clasificación y las características de los

diferentes productos a que se refiere este Capítulo, de acuerdo al riesgo que representen directa o indirectamente para la salud humana.

ARTICULO 332. Durante el proceso de los plaguicidas y fertilizantes, se evitará el contacto y la proximidad de los mismos con alimentos y otros objetos cuyo empleo, una vez contaminados, representen un riesgo para la salud humana.

ARTICULO 333. Las etiquetas y contraetiquetas de los envases de plaguicidas y fertilizantes, deberán ostentar claramente la leyenda sobre los peligros que implica el manejo del producto, su forma de uso, sus antídotos en caso de intoxicación y el manejo de los envases que los contengan o lo hayan contenido, de acuerdo a lo que disponga la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

ARTICULO 334. La Secretaría de Salubridad y Asistencia podrá autorizar la importación o proceso de plaguicidas de acción residual y clorados, o alguna o algunas de las operaciones que integran a este último, solamente cuando

éstos no entrañen un peligro grave para la salud del hombre, ni puedan contaminar el medio ambiente y no sea posible la substitución adecuada de los mismos.

ARTICULO 335. La Secretaría de Salubridad y Asistencia determinará en qué casos los productos podrán contener más de una substancia plaguicida o fertilizante, el tipo de substancia que deben utilizarse o el empleo a que se destine el producto.

ARTICULO 336. La Secretaría de Salubridad y Asistencia autorizará:

- I. Los solventes utilizados en los plaguicidas y fertilizantes, así como los materiales empleados como vehículo, los cuales no deberán ser tóxicos por sí mismos, ni incrementar la toxicidad del plaguicida o fertilizante; y
- II. Los envases de plaguicidas y fertilizantes, los cuales deberán asegurar la estabilidad del producto que contienen y evitar o disminuir los riesgos derivados de su manejo.

ARTICULO 337. La Secretaría de Salubridad y Asistencia determinará las condiciones sanitarias que deberán cumplirse para embalar, almacenar y transportar plaguicidas y fertilizantes. Para el control sanitario de estos productos en materia de adulteración, contaminación y alteración, se aplicarán los artículos 235, 236 y 237 de este Código.

#### 7.1.3.5 LEY DE INGENIERIA SANITARIA.

Las disposiciones Legales de la 7.1.3.5 a la 7.1.3.9 sirvieron como base para la elaboración de los aspectos jurídicos existentes para prevenir y controlar la contaminación ambiental, únicamente hacemos referencia de ellas y pueden ser localizadas en la bibliografía de este capítulo. (85, 86)

7.1.3.6 Principales disposiciones legales referentes a la prevención y control de la contaminación ambiental y temas conexos.

Diario Oficial 1971, 1972 y primer trimestre de 1973, en las fechas que se indican.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Acuerdo por el que se constituye una Comisión Intersecretarías Transitoria que se denominará Comisión de Estudios del Lago de Texcoco, 20 de marzo de 1971.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Ley Federal para Prevenir Controlar la Contaminación Ambiental. 23 de marzo de 1971.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Acuerdo por el que se aprueba el Plan Lago de Texcoco, y las recomendaciones formuladas por la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco. 23 de junio de 1971.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica

originada por la Emisión de Humos y Polvos. 17 de septiembre de 1971.

Secretaría de Industria y Comercio. Decreto que declara de utilidad nacional el establecimiento y ampliación de las empresas que al mismo se refieren. 25 de noviembre de 1971.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Fe de erratas del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de humos y polvos, publicado el 17 de septiembre de 1971. 10 de diciembre de 1971.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Instructivo que describe las características, uso e interpretación de la Carta de Humos de Ringelmann. 25 de enero de 1972.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Acuerdo por el que se crea en la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 29 de enero de 1972.

Departamento del Distrito Federal. Acuerdo por el que se

declaran zonas sujetas al programa de forestación y reforestación, destinadas a ampliar las áreas verdes del Distrito Federal, la Serranía de Guadalupe, el Cerro del Tepeyac, el Cerro de la Estrella, la Serranía de Santa Catarina y el Cerro de Zacaltépetl. 7 de marzo de 1972.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Aviso por el que se hace del conocimiento de los propietarios de las industrias, que el 17 de mayo próximo se vence el plazo para presentar a la Secretaría de Salubridad y Asistencia el estudio sobre las características de su empresa a que se refiere el Artículo Segundo Transitorio del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica debido a la emisión de humos y polvos. 8 de abril de 1972.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Decreto por el que se autoriza una emisión especial de estampillas postales conmemorativas de la "Campaña del Mejoramiento del Ambiente". 24 de junio de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Norma oficial de requisitos para envases de plaguicidas. D.G.N.K. - 373 - 1972, 3 de julio de 1972.



Secretaría de Industria y Comercio. Norma oficial para el rotulado de plaguicidas. D.E.N.K. 371-1972. 3 de julio de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Acuerdo que fija las bases a las que se sujetará la fabricación de equipos y dispositivos para prevenir y controlar la contaminación ambiental. 14 de julio de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Decreto que señala los estímulos, ayudas y facilidades que se otorgarán a las empresas industriales a que se refiere el Decreto del 23 de noviembre de 1971. 20 de julio de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Norma oficial para el almacenamiento y transporte de plaguicidas. D.F. N.K.-374-1972. 28 de julio de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Norma oficial para la clasificación toxicológica de los plaguicidas. D.G. N.K.-370-1972. 28 de julio de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Norma oficial del Método de Prueba para determinar la densidad aparente

visual del humo empleando la Carta de Ringelmann.  
(Fuentes Estacionarias). D.G.N.AA-1-1972. 5 de -  
agosto de 1972.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Acuerdo  
que concede a los industriales nacionales, los sub-  
sidios que procedan en razón de los equipos y adita-  
mentos que importen con objeto de evitar, controlar  
o abatir la contaminación causada por la emisión de  
humos y polvos. 14 de agosto de 1972.

Secretaría de Industria y Comercio. Instructivo pa-  
ra solicitar los beneficios de los Decretos del 23  
de noviembre de 1971 y 19 de julio de 1972, para las  
empresas que se declaren de utilidad nacional. 14  
de septiembre de 1972.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Acuerdo  
que modifica y adiciona el diverso del 23 de diciem-  
bre de 1970, por el que se ordenó la constitución de  
un fideicomiso para el estudio y fomento de conjuntos,  
parques y ciudades industriales en las entidades fede-  
rativas de la República. 15 de diciembre de 1972.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Declaración particular que exime de Impuestos a Compomex de Guadalajara, S. A. de C.V., en la fabricación de mejoradores orgánicos de suelos, a partir del tratamiento de basura. 9 de febrero de 1973.

Secretaría de Industria y Comercio. Acuerdo que dispone que la importación de desinfectantes, insecticidas, etc., queda sujeta al requisito de previo permiso de la Secretaría de Industria y Comercio, hasta por el término de dos años. 26 de febrero de 1973.

Secretaría de Salubridad y Asistencia. Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos. 13 de marzo de 1973.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. 29 de marzo de 1973.

## 7.2. Aspectos legales necesarios en México:

Iremos indicando en cada una de las diferentes áreas de contaminación, las disposiciones legales que consideramos sean necesarias.

- 7.2.1. Con respecto al aire se cuenta: con la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, el Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación - Atmosférica originada por humos y polvos y el Código - Sanitario el título Tercero Capítulo II.

Estas disposiciones legales únicamente previenen la contaminación ocasionada por humos y polvos, por lo que consideramos de gran necesidad la reglamentación de gases, entre los principales contaminantes que se deben de tomar en cuenta: (87) (88)

Bióxido de azufre

Oxidos de nitrógeno

Hidrocarburos

Monóxido de carbono

Oxidos fotoquímicos

Acido clorhídrico

### 7.2.2. Agua:

Actualmente se cuentan con las siguientes disposiciones legales para prevenir y controlar la contaminación de aguas:

Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental; el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, el Código Sanitario en el título Tercero, Capítulos IV y V, Ley de Conservación del Suelo y Agua, Ley Federal de Aguas.

Analizando estas disposiciones legales pensamos que sería conveniente que se realizaran legislaciones para Prevenir y Controlar la Contaminación en:

- I. Mar Territorial.
- II. Esteros
- III. Aguas subterráneas.

Señalamos que el Código Sanitario en el título Tercero, Capítulo V, indica unos artículos con respecto a mar territorial, hasta la fecha el Ejecutivo Federal no ha dictado ninguna ley o reglamentación a lo anterior.

- 7.2.3. Con relación a la contaminación de suelos se cuenta con la Ley de Conservación de Agua y del Suelo; con las prohibiciones de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación, con las formas de disponer de los desechos sólidos con el Código Sanitario, Título 3, Capítulo III y el Título XI, Capítulo X.

A la fecha el Ejecutivo Federal no ha dictado ninguna Ley o reglamento a lo anterior.

Actualmente se ha realizado el anteproyecto para Prevenir y Controlar la Contaminación originada por los plaguicidas, a continuación se señala cuál es el índice de este anteproyecto: (85) (88)

Anteproyecto para la prevención y control de la contaminación ambiental originada por los plaguicidas: (89)

- I. Disposiciones Generales
- II. Comité Nacional de Control de Plaguicidas
- III. Clasificación de Plaguicidas
- IV. Envases y Rotulaciones de Plaguicidas
- V. Fabricación y Formulación de Plaguicidas.

- VI. Medidas de Precaución en la Fabricación y Formulación de Plaguicidas.
- VII. Importación de Plaguicidas.
- VIII. Venta y Almacenamiento de Plaguicidas.
- IX. Responsables Técnicos de las Negociaciones que Manejan Plaguicidas.
- X. Registros de Plaguicidas
- XI. Transporte de Plaguicidas.
- XII. Aplicación de Plaguicidas.
- XIII. Medidas de Orientación y Educación para el Manejo de Plaguicidas.
- XIV. Sanciones.

#### 7.2.4. Ruido:

A la fecha no se cuenta con ninguna disposición legal - que controle este contaminante.

Hasta ahora se ha realizado el anteproyecto del reglamento del ruido. Este trabajo se encuentra en la Procuraduría General de la República y en fecha próxima entrará - en vigor. (88) (90)

Este anteproyecto comprende los siguiente capítulos:

- I. Disposiciones Generales.
- II. De la Prevención y Control de la Contamina---  
ción del Ambiente por Ruido.
- III. Medidas de Orientación y Educación.
- IV. De la Vigilancia e Inspección.
- V. Sanciones y Procedimientos para su Aplicación
- VI. Del Procedimiento para la Aplicación de San--  
ciones.
- VII. Recurso Administrativo de Inconformidad.
- VIII. De la Acción Popular.

#### 7.2.5. Radiación:



Actualmente la única disposición legal existente es la del Código Sanitario en título III, Capítulo VI., que nos indica aspectos someros de las radiaciones ionizantes, electromagnéticas e isótopos radiactivos. A la fecha el Ejecutivo Federal no ha dictado ninguna Ley o Reglamentación a lo anterior.

Consideramos muy importante este renglón de contaminación y actualmente se hacen estudios para realizar una reglamentación de equipos que produzcan radiactividad.  
(85)

### 7.3. Aspectos legales existentes en otros países:

#### 7.3.1. Japón:

La contaminación llegó a ser un gran problema en Japón en 1969 desde entonces la T. V. y los periódicos nacionales han lanzado campañas continuas contra la contaminación, el gobierno aboga frecuentemente por la calidad de vida.

Japón cuenta con una nueva oficina de protección ambiental cuyas funciones son la de controlar y coordinar, en todo el gobierno nacional, esta oficina tiene rango de ministerio o Secretaría dentro del Gobierno .

El Ministerio de Salud y Bienestar opera 213 estaciones para medir la calidad del aire, en el año fiscal de 1969 que terminó en marzo de 1970, último año en que se dieron datos oficiales, 82 de estas estaciones tuvieron datos que pasan los límites máximos permisibles, en 17 ciudades la contaminación no ha cambiado en los últimos 3 años.

Leyes y Reglamentos complejos. La industria Japonesa tiene que resolver problemas ya que sus legislaciones son muy complejas.

Se desarrollan promedios a nivel nacional y los gobiernos locales están autorizados a fijar penas a los que contaminan; una cosa que complica las disposiciones legales es que los gobiernos locales pueden dar acuerdos a las diferentes industrias, tratando cada caso en particular. Estos acuerdos individuales pueden ser más fuertes que las disposiciones nacionales.

En lo que respecta a aguas están divididas en 6 tipos de agua y los límites a los que se desea llegar en 1977 son:

Los Parámetros siguientes:

p.H.	6.5 - 8.5
D.B.O.	5.0 mg/l
Sólidos en suspensión	50 mg/l
Oxígeno disuelto (O.D.)	2 mg/l

Además se prohíbe y tienen diferentes límites en cada Municipio de los siguientes elementos:

Cianuro

Mercurio

Cadmio

Plomo

Cromo

Arsénico

El Japón está insistiendo especialmente en humos, polvos y óxidos y bióxidos de azufre y nitrógeno en la atmósfera. Actualmente se han desarrollado 7 procedimientos para limpiar gases de chimeneas, se está haciendo un esfuerzo mayor para quitar el azufre del combustible, para el presente año se proyectan tener en funcionamiento 24 plantas para remover sulfuro con capacidad de ----- 635,000 barriles por día.

Los industriales Japoneses están gastando ahora el 10% en promedio de inversiones de capital para el control de la contaminación.

Se llevan también programas de plantas de tratamiento de agua centralizadas. La primera fase del proyecto que se completó y comenzó en 1971 y maneja 8 millones de galones/día, el costo es de 31 millones de dólares.

En estas plantas, las aguas deben de traer un tratamiento previo y no deben exceder los siguientes parámetros:

600 mg/l DBO.

600 mg/l Sólidos en suspensión

y si pasan estos límites son acreedores a una multa de \$ 12.5 por 1000 galones.

Las autoridades locales tienen poder político y legal para imponer promedios más estrictos. (14) (91) (92)

7.3.2. Italia:

Italia cuenta con una ley que limita el contenido de azufre en los combustibles. En el año de 1972 la industria y el gobierno hicieron frente a la contaminación del aire. El Gobierno fijó el 31 de marzo de 1972 para que todas las compañías realizaran el registro de sus emisiones. Las autoridades Municipales realizaron estudios para fijar los límites y los principales contaminantes.

Contaminante	mg/m <sup>3</sup>	Tiempo de Muestreo
Polvo en suspensión	0.30	84 hr
	0.75	30 min
Oxidos de	0.20	24 hr
Nitrógeno	0.56	30 min
Hidrocarburos	275	30 min
Monóxido de Carbóno	57	30 min
Acido Clorhídrico	0.045	24 hr
Oxidos de azufre	0.40	24 hr

Italia importa control tecnológico de la contaminación de Alemania, Suiza e Inglaterra. Algo de investigación se realiza en Italia por medio del gobierno y compañías estatales.

El sistema de eliminación de basuras es bastante eficiente y tiene gran desarrollo dentro del país, se utiliza la manceración, se cuenta con 100 unidades en operación, algunas de ellas con sistemas de precipitación electrostática. (8) (9) (10)

### 7.3.3. Holanda:

Los Holandeses están particularmente interesados en la contaminación porque ellos tienen que hacer frente a uno de los más graves problemas: El de densidad de población, ya que ésta es de 998 habitantes/milla cuadrada, es una de las más altas en el mundo.

Los ríos más grandes de Holanda el Rhin, el Meuse, y el Scedde que nacen fuera del país y los ríos Holandeses llevan consigo la contaminación al país.

Alrededor del 65% de la población depende del agua recién llegada del Rhin. De acuerdo con análisis de aguas del río, se encontró cerca de 300 mg/l de cloruros, 77 mg/l de sulfatos y 6 mg/l BOD y también traía pequeñas cantidades de fosfatos, nitratos, fenoles y metales pesados.

La contaminación del aire es un problema en las áreas industriales, especialmente en la sección de Rotterdam - Botlek donde viven 1,100,000 habitantes ocupando un área de 235 millas cuadradas con cerca de 50 refinerías y plantas químicas.

Durante un calmado y asoleado fin de semana del pasado Septiembre los niveles de contaminantes sobrepasó cinco veces las cantidades normales establecidas por la nación en contaminación de aire.

El pasado verano también hubo problemas graves ya que el caudal del río Rhin disminuyó de su nivel normal y los problemas de contaminación de agua fueron más graves.

Nueva Ley de Aguas.

El gobierno Danés, en Noviembre de 1969 puso en vigor el control de contaminación del agua y actualmente está en operación. Este control prohíbe la descarga de productos de desecho, contaminantes o sustancias dañinas a los ríos o mares a no ser que hayan obtenido un permiso especial del gobierno.



#### 7.3.4. Austria:

La más grande actividad de control ambiental existente en Austria es probablemente un proyecto financiado por la Cámara de Comercio Semioficial Federal solamente para catalogar en el país las leyes de Estado y locales. Aunque la conservación de la naturaleza está sobre el gobierno Federal la Constitución de Austria deja la protección ambiental a los estados individuales. Sin embargo, Austria creó el Ministerio Federal de Salud Pública y Protección Ambiental a principios de este año. Este Ministerio está encabezado por Engrid Leodotter, M. D. quien planea intentar que la protección ambiental sea una obligación federal dice que el nuevo Ministerio deberá desarrollar los estándares de control de la contaminación lo más pronto posible.

El interés público sobre materias de control ambiental está naciendo, la presión local en el Estado de Styria forzó a las autoridades a prescribir 216 estipulaciones anticontaminantes especiales en una refinera de aceite, planeada para 20000 barriles por-

día. El proyecto fué abandonado por los costos adicionales proyectados.

Austria está en favor de la ayuda a su industria para el pago de control de la contaminación, pero no ha obtenido mucho dinero todavía. El Gobierno Federal había prometido el año pasado, contribuir con \$ 8 millones para igualar la participación financiera de la industria en proyectos específicos de disminución de la contaminación, pero sólo menos de \$ 4 millones han sido entregados a la fecha.

Expertos del gobierno consideran que el costo para el control de la contaminación es de \$ 400 millones de los cuales la mayoría tendría que proceder de la industria.

### 7.3.5. Bélgica:

Bélgica tiene pocos límites nacionales específicos de contaminantes y se ha enfocado más a nivel regional. Se espera que las regulaciones nacionales se fijen en fecha próxima.

Los legisladores procesaron un cuadro básico para códigos de contaminación del agua en 1952 y una medida similar para la contaminación del aire en 1964. La ley del aire permite al gobierno decretar cualquier medida que juzgue necesaria para combatir la contaminación. Sin embargo hay estándares nacionales respecto al aire, una tercera parte del país no tiene esos estándares.

Solamente cuatro reglamentaciones que afectan principalmente a las industrias especializadas como las dedicadas a fermentaciones han sido promulgadas bajo las antiguas leyes de contaminación del agua. Una nueva ley creó tres autoridades, casi gubernamentales, para frenar la contaminación municipal e industrial. A pesar del presupuesto anual de \$700,000

asignados para los grupos, no ha habido una acción realmente significativa todavía.

La gran mayoría de reglamentaciones de limpieza del aire se enfocan al bióxido de azufre.

La provincia al este de Flandes que incluye la unidad de Antwerp ha fijado una emisión límite de 1700 ppm pero la mayoría de las fuentes deben operar considerablemente más bajo que el máximo, ya que el límite de  $\text{SO}_2$  está marcado a 280 mg por metro, 24 horas, con un promedio anual no mayor de 150 mg por metro. El nivel diario permitido es 40% más bajo que el estándar en Estados Unidos, pero el promedio anual es permitido aquí dos veces más bajo de las correcciones de aire limpio en 1970.

En cualquier otro lugar las restricciones de azufre se aplican solamente al equipo de calefacción. Recientemente 4 grandes ciudades (Bruselas, Antwerp, Liege y Charleroi) donde el promedio de los niveles de  $\text{SO}_2$  en el aire son mayores de 150 mg/metro fueron clasificados como zonas especialmente protegidas.

A principios de Agosto de 1973 los combustibles líquidos para calentamiento para estas ciudades deberán tener un contenido de azufre menor del 1%.

Los combustibles líquidos para la industria y generación de energía eléctrica deben someterse únicamente a máximos de azufre de 1.6% para la gasolina, 1.5% para el Diesel y arriba de 4.5% para combustibles de aceite más pesados.

Es probable que en el futuro se prohíba el uso de carbón mineral en forma líquida con un contenido promedio de azufre de 5% para la generación eléctrica.

En general, el promedio eventual nacional para el contenido de azufre en los combustibles ha sido fijado legalmente a un máximo de 3%.

En vista de que el control continúa fijándose, los requerimientos para combustible de azufre de 1% se esperan que asciendan de 13.5% de una demanda total en 1973 a un 45% en 1980. Esto afectará los precios de los combustibles y a la industria petrolera ya que no

hay equipo en Bélgica actualmente para eliminar el azufre. No hay códigos de emisión uniforme para los tiros de las chimeneas en Bélgica, asimismo, no hay códigos nacionales para las emisiones de partículas ni para óxidos de nitrógeno.

La ley de control de contaminación del agua de hace 20 años ha tenido muy poco o inclusive ningún impacto en la industria nacional. Pero en lo que se refiere al control del aire algunas regiones tienen restricciones.

En el área industrial de Antwerp las descargas de hidrocarburos de las refinerías están limitadas a 220 ppm en los grandes ríos, 100 ppm en pequeñas corrientes y 5 ppm a los pequeños canales o muelles. Estas cantidades de hidrocarburos son bastante generosas aunque se espera que se reduzcan a un máximo de 20 ppm y en algunos casos hasta cero. Existen también códigos que ya tienen tiempo de establecidos que restringen severamente las descargas de fenoles, cianuros y otros compuestos tóxicos. Para el futuro un código sobre partículas no está fuera de consideración. Esto recaerá más fuertemente sobre la industria del acero. (14)(91)(92)

### 7.3.6. Brasil:

El Gobierno Federal Brasileño ha repetido que no participará en ningún acuerdo de control de la contaminación que pueda estorbar el desarrollo económico de la nación ahora progresando cerca de un 10% anual, uno de los crecimientos más rápidos del mundo. Muchos han tomado ésto con el significado de que Brasil no tiene planes para controlar la contaminación.

En realidad mientras Brasil está lejos de ser un modelo de nación respecto al control de la contaminación, leyes mínimas han sido promulgadas donde ha sido necesario.

La actitud del Gobierno podría ser descrita más correctamente así: Brasil es un país muy grande, con muchas áreas sin desarrollar en espera de industria. En general su naturaleza puede asimilar actualmente o en un futuro cercano los tiraderos de desperdicio con sólo localizar los efectos, si los hay. Por lo tanto, las grandes inversiones en equipo para control de la contaminación no son justificadas.

Sin embargo el país tiene un programa de reforestación, respaldado por incentivos de impuestos y la manufactura de los insecticidas DDT y BHC fué prohibida el año pasado, sin embargo, se sigue utilizando - mientras los fabricantes apelen a las cortes.

Además Brasil no está ajeno a los problemas de contaminación. Hace algunos años la descarga de aceite - de los barcos de paso casi inutilizó las famosas playas de Copacabana e Ipanema. El gobierno decretó - multas para los barcos que limpiaran sus tanques de aceite fuera de 6 millas de costa.

Hubo un caso en el que un buque extranjero pagó - \$75,000 por contaminación de las playas de la costa de Sao Paulo. Respecto a tierra no hay leyes federales totales y cada estado y cada condado se defiende por sí mismo.

Se están haciendo acuerdos mediante la unión de estados para combatir problemas comunes. Las regulaciones permiten una DQO de 300 mg/l. Hay limita--



ciones para el dióxido de azufre y el ruido de las fábricas fuera de sus límites, debe ser abajo de 85 db.- La ejecución es a través de multas, si una compañía no quiere cooperar la multa puede ser doble en el segundo mes, triplicada en el tercero, etc. En teoría casi todas las multas son perdonadas si la compañía promete usar el dinero para tratar sus desperdicios. (14,91,92)

### 7.3.7 Canadá

La responsabilidad para el control de la contaminación en Canadá está dividida en tres niveles como en Estados Unidos: Federal, Provincial y Municipal. La ejecución es irregular pero se está asegurando la construcción del cuadro de ley, tanto en el gobierno federal como en algunas provincias, especialmente en Ontario. Por ejemplo, las constantes y fuertes reglamentaciones sobre contaminación por los barcos.

El gobierno no ha fijado una guía para enfatizar el establecimiento de estándares del aire, que son más estrictos en algunos aspectos que sus contrapartidas en los Estados Unidos.

La responsabilidad federal se extiende a la contaminación que pueda afectar simultáneamente a varias provincias o proyectarse internacionalmente. Es también responsable de las áreas fuera de las playas y del Articulo Canadiense y fija guías para la legislación provincial.

Las provincias establecen sus propios estándares y

proveen agencias reforzadores mientras que los municipios tienen la autoridad para tratar con problemas específicos dentro de sus límites.

Poderes Federales:

La autoridad ambiental de casi todas las agencias federales en Canadá fueron combinadas en un engrandecimiento del Depto. de Pesca y Forestación en Junio de 1971. Jack Davies el último Ministro de pesca es el Primer Ministro del Ambiente en el país.

El actual arsenal legal del gobierno incluye el acta de la pesca recientemente reforzada para proveer medidas que puedan proteger la pesca más que procesar a algún culpable, ya que el daño haya sido hecho.

El acta del agua Canadiense, entre otras cosas, brinda una cooperación federal provincial en enjuiciamientos y fija limitaciones en los fosfatos y detergentes.

El acta de la pureza del aire similar en su concepto, entró en vigor en Noviembre de 1971. Otras leyes re--

cientemente reforzadas son las de acta de barcos de Canadá, acta de las aguas del Norte y de la contaminación del mar Artico. La industria más grande del país pulpa y papel fué afectada con reglamentaciones de contaminación del agua en Noviembre pasado por el Acta de la Pesca.

Mientras que las nuevas reglamentaciones son más leves que las consideradas aquí, todavía requerirán reducciones de 70% en DBO y descargas de sólidos en sus pensión de los aserraderos existentes y el 85% de nuevas unidades. El gobierno está preparando reglamentaciones para las refinerías de aceite, plantas empacadoras de pescado, operaciones petroquímicas y fundiciones.

Mientras que el Canadá ha reducido rápidamente el D.D.T. y fosfatos de detergentes, no hay planes para restricción del uso de las gasolinas como lo hizo Estados Unidos.

Canadá eliminó el impuesto federal sobre ventas de -- equipo de control de la contaminación. (En vigor con

un 12% de subsidio) y bajó los pagos de importación e impuestos.

También hay pláticas para hacer préstamos a largo plazo y bajo costo para el control en plantas pero no se han establecido programas definidos. El gobierno ha discutido su elaboración con las agencias americanas, asegurándoles que todos los programas de préstamos no deberán ser considerados como una competencia deshonesto o un atentado de subvención de la industria Canadiense. Casi todas las provincias han establecido sus propios departamentos del ambiente. Ontario, la provincia más industrializada tiene unos enjuiciamientos más estrictos y más comprensivos con leyes generalmente tan difíciles o más difíciles que las federales. Ha tenido un Acta de Control de Contaminación del Aire desde 1967, la que regula algunos asuntos como el escape de los automóviles, fundiciones, plantas de asfalto y combustibles con contenido de azufre.

La contaminación del agua está siendo manejada por la Comisión de Recursos de Agua de Ontario quien ha sabi-

do pedir a las plantas específicas que regresen el agua de proceso tan pura o más pura de lo que era originalmente. La Comisión tiene planes contingentes para el derramamiento de aceite y materiales dañinos y ha estado activo a lo largo de los grandes Lagos.

El Ministro de Desarrollo recientemente detuvo a Toronto de tirar cargas saladas de nieve a los ríos y lagos y ha tratado de quitar los incineradores de la ciudad a menos que los controles de las chimeneas es tén graduados.

La Imperial Oil, una nueva refinería de Edmonto, representa un ejemplo de los costos del control de la contaminación. La compañía gastó 13 millones en equipo para el control de la contaminación de 200 millones de la inversión total. La industria de pulpa y papel estima que se necesitarán 700 millones durante los próximos 5 años, comparado con los 150 millones gastados en los últimos 10 años. (14) (91) (92)

### 7.3.8. Inglaterra.

En el siglo XIII el gobierno de Eduardo I, torturaba a los ciudadanos que quemaban hulla dentro de Inglaterra. Actualmente nadie es literalmente torturado, pero se han establecido leyes que condenan a los violadores a altas multas, sentencias de cárcel y cierre de plantas en casos extremos.

Sin embargo los enjuiciamientos pueden ser confusos porque son manejados por muchas autoridades locales. La situación de la contaminación del agua será solventada para 1973 si una consolidación planeada se efectúa dentro de las 10 fronteras regionales y se lleva a cabo como está planeada.

Las descargas industriales fuera del Reino Unido están bajo la supervisión de la Alkali Inspectorated.

El nivel de partículas en el aire de Inglaterra es sólo una quinta parte de lo que fué en 1954. Y a pesar de que Inglaterra y Gales tienen 1100 millas de ríos bastante contaminados las aguas de la nación están siendo más limpias. (14) (91) (92)

Leyes complejas del agua:

La mayoría de la legislación de la contaminación del agua está contenida en 6 actas parlamentarias dictadas entre 1937 y 1967. En teoría, se supone que las leyes previenen las descargas de materiales venenosos o nocivos de las plantas industriales o de los desechos de agua municipal en los ríos sin corriente. En la práctica los enjuiciamientos y el acatamiento son extremadamente complejos, con estándares fijados por 1300 autoridades municipales para aguas de desecho y con 30 autoridades para ríos.

La industria debe tratar efluentes "por los medios más usados". Una frase interpretada variablemente y algunas veces en términos arbitrarios.

El obtener permiso para descarga de una nueva planta frecuentemente depende más de un negocio hábil que de un conocimiento de la tecnología o de la ley, por que las autoridades locales no tienen restricciones fijadas. Los artículos regulados más comunes son: DQO, pH, sólidos en suspensión, cloro, Hg, Cr, Cu,  $\text{NH}_4$ , metanol y permanganatos.



Otras restricciones pueden ser aumentadas a discreción de las autoridades.

Estatutos del Aire:

Los códigos industriales de la contaminación del aire están contenidos en el Acta de Pureza del Aire de 1958, 1968, así como en el Acta de Trabajos Alkali de 1906. Estas actas requieren un registro anual de las industrias manufactureras y la Alkali Incorporated debe estar satisfecha de que los controles son "los medios mejores usados para prevenir el escape de gases nocivos u ofensivos a la atmósfera y para hacer esos gases menos dañinos".

Las emisiones de  $SO_2$  en el Reino Unido han ido disminuyendo pero no se han reducido drásticamente. En el combustible del petróleo, el azufre está limitado a un 2.6% y muchos creen que deberían hacerse restricciones para alcanzar un 1%.

Las informaciones muestran que el  $SO_2$  ha sido reduci

do en un 25% en los últimos 11 años pero todavía el promedio más alto es de 0.05 ppm en todo el país.  
(14)(91)(92)

### 7.3.9 Francia:

Recientemente el gobierno ha notificado reglamentaciones para las fábricas de cemento que afectan con polvo y para las chimeneas industriales. Se está trabajando sobre reglas para las industrias de fierro y acero, plantas de carbón y plantas de energía.

Las autoridades están también estimulando a las compañías de hule que utilicen métodos menos contaminantes en los depósitos de desperdicio de sólidos.

Bajo la ley de 1917 que fijaba normas generales de seguridad y salud, las aprobaciones para plantas nuevas tenían que provenir de autoridades locales. Las reglamentaciones eran frecuentemente o muy ligeras o muy estrictas y no pueden ser prácticamente enjuiciados además, los inspectores del gobierno eran considerados ineptos para juzgar las materias técnicas.

En los últimos 3 años el gobierno nacional ha intentado implantar nuevas reglamentaciones para plantas y hacer nuevas tablas para substituir las antiguas. Se

ha enfatizado sobre el control de la contaminación del agua, con regulación de aire que apenas empieza a recibir atención. Toda la industria tiene mucha influencia para el mejoramiento de los nuevos requerimientos. (14)(91)(92)

### 7.3.10. Estados Unidos:

#### Agencia de Protección Ambiental:

Creación y autoridad. La Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency - EPA) fué establecida en la sección ejecutiva como una agencia independiente conforme al Plan de Reorganización 3, de 1970, efectivo Diciembre 2, 1970.

Próposito.- La Agencia de Protección Ambiental fué creada para permitir una acción gubernamental coordinada y efectiva, para asegurar protección del ambiente por la disminución sistemática y control de la contaminación a través de la integración apropiada de una variedad de investigación, de control, ambiente estandar y actividades anticontaminantes del Estado y gobiernos locales, grupos privados y públicos, individuales e instituciones educacionales. EPA también apoya los esfuerzos con otras agencias Federales con respecto al impacto de sus operaciones en el ambiente, y es especialmente encargada de hacer públicos sus comentarios escritos sobre sus determi-

naciones cuando éstas sean poco satisfactorias desde el punto de vista de la salud pública o bienestar o calidad del ambiente. En conclusión, la EPA está designada a servir como un abogado del público por un ambiente habitable.

Organización. El Administrador de la Agencia de Protección Ambiental es responsable de brindar toda la supervisión a la Agencia. Le ayuda un Delegado Administrador. La estructura de la organización se muestra más adelante.

#### ACTIVIDADES

Programas de Aire y Agua: Las funciones de este programa incluyen:

- 1) Desarrollo de estándares para calidad de aire y agua.
- 2) Desarrollo y Evaluación del Programa de Políticas.
- 3) Dirección técnica, apoyo y evaluación de las actividades regionales del aire y del agua.

- 4) Desarrollo de programas para asistencia técnica y transferencia de tecnología, y
- 5) Programas selectos de demostración.

Los estandares desarrollados y establecidos contra el mayor tipo de contaminantes del aire para proteger la salud pública y proteger de efectos al suelo, agua, vegetación, materiales, animales, clima, visibilidad, y comodidad personal y bienestar. A través del programa de transferencia de tecnología, la información de control de contaminación obtenida de la investigación y proyectos de demostración es ofrecida gratuitamente a los usuarios potenciales para que pueda ser utilizada. Estos programas están bajo la Dirección del Administrador Auxiliar para Programas de Aire y Agua.

Pesticidas, Desperdicio Sólido y Radiación: El Administrador Auxiliar para Programas Categóricos es responsable de los pesticidas, manejo de desperdicio sólido y programas de radiación de la Agencia. Estas actividades y programas incluyen:

- 1) Desarrollo de estándares ambientales y de fuente de contaminación.
- 2) Registro de actividades pesticidas designados a asegurar el cumplimiento de productos presentes y propuestos con requerimientos de seguridad y eficiencia.
- 3) Programas de demostración selectos, tales como actividades relacionadas a concesiones a municipalidades para demostrar la tecnología existente o avanzada en depósitos de desperdicio, y
- 4) Contribución técnica selecta y programas de asistencia, tales como provisión de asistencia a los Estados y otras agencias teniendo programas de radiación.

Cumplimiento:

El Administrador Auxiliar de Cumplimiento y Consultoría General es el jefe de oficina de la ley y principal consejero del Administrador en materias respecto al cumplimiento de los estándares para proteger el ambiente de la nación. Esta oficina es responsable del cumplimiento de los estándares de calidad del ambiente, incluyendo la recolección y preparación de información evidencial y conducir a los procedimientos de cumplimiento.



Planeación y Administración: La oficina bajo la dirección del Administrador Auxiliar para Planeación y Administración, es responsable en una forma básica para la Agencia, por la planeación de todos los programas de actividades, administrando los recursos de la Agencia; desarrollando y conduciendo un programa de inspección comprensiva, desarrollando y conduciendo programas administrativos y sistemas; y representando al Administrador en tratos con otras agencias Federales en las áreas fiscales y de administración.

Investigación y Control.

El principal consejero científico es el Administrador de Investigación y control, quien es responsable del programa nacional de investigación en busca de controles tecnológicos de todas las formas de contaminación. La oficina brinda supervisión directa a las actividades de los laboratorios de la Agencia comprometidos en la investigación nacional o investigación básica y política de dirección técnica o aquéllos laboratorios comprometidos en operaciones de apoyo de las responsabilidades de los Administradores Regionales de la Agen-

cia. Una coordinación de varios programas de investigación está designada a producir una síntesis de conocimientos de las ciencias biológica, física y social las cuales pueden ser interpretadas en términos de las totales necesidades humanas y ambientales. Administración de los programas select de demostración, planeación de programas para controlar la calidad ambiental, y coordinación de la Agencia que controla los esfuerzos con aquéllas de otras agencias federales, los Estados y otros cuerpos públicos, son las funciones generales de esta oficina.

Centros de Investigación y Laboratorios: Las áreas primarias de responsabilidad de los Centros Nacionales de Investigación Ambiental son de investigación de los efectos a la salud (Cincinnati, Ohio) e investigación de sistemas ecológicos (Corvallis, Ohio).

El Laboratorio de Investigación Ambiental del Oeste, de Las Vegas, Nevada, conduce investigación de efectos de radiación.

Oficinas Regionales: Las 10 oficinas regionales de

la EPA representan el compromiso de la Agencia de desarrollar fuertes programas locales para combatir la contaminación. Los Administradores Regionales son los principales representantes en las regiones en contactos y relaciones con las agencias Federales, de Estado, interestatales, y locales, industria, instituciones académicas y otros grupos públicos y privados. Estos son responsables de llevar a cabo dentro de sus regiones los objetivos de los programas nacionales establecidos por la Agencia. Ellos desarrollan, proponen y realizan un programa nacional aprobado para actividades de protección ambiental comprensivas e integradas.

AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL

Ofna. de Derechos Civiles  
y Asuntos Urbanos

Ofna. de Legislación

Ofna. de Actividades  
Federales

A D M I N I S T R A D O R

Ofna. de Asuntos Interna-  
cionales

D E L E G A D O  
A D M I N I S T R A D O R

Ofna. de Asuntos  
Públicos

Administrador Auxiliar  
p/Planeación y Control

Administrador Auxiliar  
p/Cumplimiento y  
Consultoría General.

Administrador Auxiliar  
p/Programas de Aire y  
Agua

Administrador Auxiliar  
p/Programas Categóri-  
cos.

Administrador Auxiliar  
p/Investigación y  
Control

Ofna. de Admón.

Ofna. de Consul-  
toría General.

Ofna. de Programas  
de Aire.

Ofna. de Programas  
de Pesticidas.

Ofna. de Control

Ofna. de Planea-  
ción y Evaluación

Ofna. de Cumpli-  
miento General.

Ofna. de Programas  
de Agua

Ofna. de Programas  
de Radiación\*

Ofna. de Programas  
de Operación.

Ofna. de Admón.  
de Recursos.

Ofna. de Cumpli-  
miento de Agua.

Ofna. de Admón. de  
Program. de Desper-  
dicio Sólido.

Ofna. de Investi-  
gación.

OFICINAS REGIONALES

I  
Boston

II  
New York

III  
Philadelphia

IV  
Atlanta

V  
Chicago

VI  
Dallas

VII  
Kansas City

VIII  
Denver

IX  
San Francisco

X  
Seattle

\* Lund. H. F. Industrial Pollution Control Handbook.

## CAPITULO OCHO

## PRINCIPALES FACTORES EXTERNOS Y SUS EFECTOS POR LA CONTAMINACION.

8.1 Generalidades:

No es necesario ser muy observador para notar que el grado de concentración de contaminantes atmosféricos en una ciudad varía cotidianamente, observándose días en que la atmósfera es más transparente y otros en que es más opaca, o dicho más técnicamente, el margen de visibilidad se modifica con el tiempo, aún sin la presencia de condensaciones acuosas. Esto ocurre a pesar de que las fuentes de contaminación permanecen constantes.

Podemos concluir que ésto es debido a la combinación de fuentes de contaminación y factores meteorológicos adversos a la difusión adecuada de esos contaminantes en la atmósfera.

Los principales agentes contaminantes están presentes en las grandes ciudades y la cantidad en que se producen es en grado sumo función del número de habitantes de esas ciudades,-

así de como sus actividades y el control o falta de control de ellas. (14) (20)

## 8.2 Principales aspectos geográficos:

La atmósfera es una capa que se extiende sobre la tierra, se ha determinado que el 99.9% de su masa se encuentra en los primeros 85 km y el 50% solo en los primeros 5 km. - Aún así si todos los contaminantes se distribuyeran homogéneamente en estos 5 km de la atmósfera, su concentración con las fuentes actuales de contaminación, todavía estaría muy lejos de ser peligrosa para la humanidad. - Pero únicamente pequeñas cantidades de contaminantes llegan a alturas mayores de 3 km sobre el nivel del suelo. (93)

## 8.3 Principales aspectos meteorológicos:

La meteorología de la contaminación del aire tiene dos aspectos importantes: los efectos negativos que ejercen los contaminantes atmosféricos en las condiciones climáticas y la capacidad de la atmósfera para eliminar los contaminantes atmosféricos.

### A) Efectos en el Clima:

El parámetro que influye principalmente en el clima mundial es el equilibrio del calor en la Tierra, el cual se encuentra *determinado por las cantidades de calor recibido, retenido y reflejado por la Tierra, del que depen* -

den la salud y bienestar de los sistemas ecológicos. Los fenómenos climatológicos como el viento, las tormentas, las nubes, nieve, lluvia y los cambios de energía asociados a ellos, dependen en gran parte del equilibrio del calor.

Al agregar a la atmósfera bióxido de carbono y aerosoles se ejerce una influencia notoria en el equilibrio térmico. El bióxido de carbono es una fuente absorbedora de las radiaciones infrarrojas, que además refleja en forma especial las de longitud de onda de 12 a 18 micras. Como consecuencia, un aumento en el  $\text{CO}_2$  atmosférico podría actuar como el vidrio de un invernadero, produciendo el efecto denominado invernadero, lo que hace que la temperatura de la capa atmosférica inferior aumente.

Como resultado de experimentos efectuados al respecto se observó que un cambio en la concentración del  $\text{CO}_2$  de 300 a 600 ppm. correspondería un aumento en la temperatura de  $2.34^\circ\text{C}$ . Actualmente se calcula que la concentración promedio existente es de 320 ppm., y que el aumento anual promedio del contenido de éste compuesto en la atmósfera es de 0.7 ppm.; aumento que se efectúa no obstante su absorción por la biósfera y océanos durante los procesos fotosintéticos.

Hasta hace poco existía un equilibrio entre la emisión de  $\text{CO}_2$  y su consumo, sin embargo el equilibrio se ha alterado a causa de que las fuentes emisoras del compuesto van día a día en aumento. Se ha estimado que para principios del próximo Siglo, la concentración aumentará a 370 ppm., con el correspondiente aumento de la temperatura mundial promedio, que será de  $0.49^\circ\text{C}$ .

La turbidez atmosférica es también un factor importante en el balance del calor del sistema atmosférico de la Tierra y que quizá tiene una mayor influencia en el clima que el aumento del bióxido de carbono. Se considera que juega un papel importante en la disminución de la temperatura que ha sido observada desde 1940 como un resultado del aumento del coeficiente de reflexión del planeta, gracias al incremento que las partículas han tenido en la atmósfera.

El efecto neto de la turbidez quizá haga ascender el coeficiente de irradiación del planeta y descender la temperatura media del sistema tierra-atmósfera. Es este un efecto contrario al producido por el aumento del  $\text{CO}_2$ .

Se ha afirmado que la tendencia en gran escala al -



enfriamiento observado en el hemisferio norte, desde 1955 aproximadamente, es ocasionado por la alteración del equilibrio de radiación por las partículas finas y este efecto ya ha invertido cualquier tendencia a un ascenso de la temperatura debido al incremento del  $\text{CO}_2$ .

Sin embargo, no se sabe cuales de los dos aspectos es el que prevalecerá, pero no cabe lugar a duda el peligro que corre nuestro ambiente.

#### B) Efectos en la Niebla:

Las nieblas en el momento de la formación inicial tienen una densidad de 1000 núcleos de condensación/ml. cuando está limpia y al estar moderadamente contaminada su densidad es de 70 000/núcleos de condensación/ml. Se ha observado que la duración de la niebla aumenta al aumentar los núcleos de condensación, por ello es que las nieblas más duraderas de las zonas urbanas se encuentran relacionadas con la superabundancia de los núcleos de condensación, que produce una niebla de gotitas de mayor tamaño.

Las nieblas más prolongadas disminuyen la entrada de rayos solares, dificultan e inhiben la ventilación atmosférica de una región.

### C) Efectos en la Precipitación:

Por las dificultades que ofrecen los estudios de laboratorio a este respecto es más difícil determinar la relación que existe entre la contaminación del aire y la precipitación pluvial, además porque existen diversos factores urbanos que tienden a aumentar éste fenómeno como lo son: la adición de vapor de agua proveniente de procesos de combustión e industriales, corrientes térmicas de tiro ascendente procedentes de calentamiento local, mayor número de núcleos de condensación que hacen que se formen mayor número de nubes y núcleos de condensación adicionales que posiblemente actúen como centros de congelamiento para las partículas de niebla poco enfriadas.

No obstante, se ha observado en diversas regiones un aumento de la precipitación con el crecimiento de la población y con el consiguiente de concentración de partículas.

De manera general, existen pequeños aumentos de precipitación en localidades que se encuentran en las rutas de los vientos procedentes de las ciudades y que la siembra de nubes con el aerosol de los contaminantes es por lo menos una causa de este incremento.

D) Efectos en la penetración de la radiación solar:

La cantidad de energía solar que llega a las ciudades es mucho menor que la que se observa en áreas rurales, a causa de la capa de materia en partículas que cubre la mayoría de las grandes ciudades.

Las partículas son más eficaces como atenuantes de la radiación cuando el ángulo del sol es pequeño, ya que la longitud del trayecto de la radiación a través de las partículas depende de la elevación del sol. Así, para una cantidad dada de partículas, la radiación solar disminuirá al máximo en ciudades de altitud alta y durante el invierno.

La disminución de la radiación solar total por las partículas se debe a la absorción que sufre, puesto que la mayor parte de la radiación dispersada por el polvo atmosférico sigue su camino.

Se puede resumir que la radiación solar total recibida es inversamente proporcional a la concentración de humo y de partículas suspendidas. Las radiaciones más afectadas son las ultra-violeta y las que sufren menor afeccción son las infrarrojas.

Este hecho cobra importancia al tomar en cuenta el efecto bactericida de la radiación ultra violeta, así como el aspecto de reducción de la intensidad de la radiación solar o los cambios en sus distribuciones del espectro por tener ingerencia en la fotosíntesis de los vegetales, y por consecuencia contribuye a cambios en los sistemas ecológicos.

Otro papel importante que juega la radiación es el desencadenamiento de reacciones fotoquímicas, reacciones que se llevan a cabo entre los contaminantes atmosféricos en presencia de radiación, principalmente ultra violeta.

E) Efectos en la visibilidad:

La disminución de la visibilidad es probablemente uno de los efectos más comunes de la contaminación del aire que es percibido por el individuo común.

Los daños causados por la disminución de la visibilidad son tanto de índole económico, porque afecta la transportación, y de índole ecológico.

La visibilidad disminuye debido a dos efectos ópticos que ejercen las moléculas gaseosas y aerosoles en la radiación visible:

- Menor paso de luz del objeto al observador, como un resultado de la absorción y dispersión del haz de luz incidente.
- La iluminación del aire intermedio resulta de la dispersión de la luz en la línea de visión por las partículas y moléculas que se encuentran en dicha línea, lo que afecta el contraste entre el objeto y el fondo, haciendo que los objetos oscuros tengan una sombra cada vez más clara al hacerse más distantes.

La visibilidad depende de la concentración y naturaleza de las partículas suspendidas en la atmósfera, así como del volumen de aire en que este material se encuentre mezclado. El volumen depende a su vez de la capa de inversión y de la velocidad del viento, de modo que cuanto más baja se encuentre la base de inversión y menor la velocidad del viento, hay menor aire disponible para diluir los contaminantes, pero en zonas donde el viento es muy fuerte la *velocidad puede disminuir debido al acarreo de polvo superficial.*

También se encuentran actuando la humedad relativa - en la visión total, puesto que el tamaño de las partículas higroscópicas varía de acuerdo con las condiciones - de humedad si ésta es alta, pero no en saturación. Las - partículas higroscópicas al absorber agua aumentan su - tamaño y por consecuencia disminuyen la visibilidad. -- Cuando la humedad relativa excede aproximadamente al 70% muchos tipos de partículas presentan un cambio de fase - y se transforman en gotas de niebla, lo que acentúa aún - más el problema de la visibilidad. Existen compuestos - como el hidróxido de sodio, el cloruro de calcio, ácido - sulfúrico, cloruro mercurioso, yoduro de sodio que experi - mentan cambios de fase a una humedad relativa inferior - a 50%.

El carbón, el alquitrán, los metales y otras partí - culas opacas afectan también la visibilidad. Los cris - tales transparentes la entorpecen por dispersar la luz, - entre los que se encuentran a compuestos cristalinos de - hierro, de aluminio, de silicio y de calcio, que pueden - existir en forma de sulfatos, nitratos, fluoruros y clo - ruros.

Aunque los aerosoles son los que contribuyen en ma - yor parte a éste aspecto el bióxido de nitrógeno disminu - ye también la visibilidad, puesto que absorbe eficiente -

mente la radiación del espectro visible.

Por otra parte, si se le concede un tiempo razonable a la atmósfera, es capaz de deshacerse de los contaminantes gaseosos y partículas emitidas. La capacidad que la atmósfera tiene para autopurificarse depende de varios parámetros, que varían tanto en espacio como en tiempo; entre los que se encuentran los siguientes:

- 1) El viento: Determina la conducción de contaminantes en la dirección descendente del viento, así como su dilución lo que hace que sean distribuidos en un gran volumen.

El volumen ocupado por los contaminantes emitidos en un tiempo determinado depende de la velocidad media del viento, es decir, a una velocidad de viento menor resulta una mayor concentración de contaminantes y viceversa.

- 2) Estratificación térmica de la atmósfera o gradiente vertical de temperatura: Se presenta el fenómeno de inversión, esto es, la presencia de una región en la cual la temperatura aumenta con la -

altura, y que juega un papel muy importante -  
atrapando los contaminantes.

- 3) Difusión turbulenta: Es el mecanismo por el -  
cual los contaminantes se dispersan en direccio-  
nes laterales respecto a la del viento. Su mag-  
nitud es determinada principalmente por fluctua-  
ciones en el viento y en la temperatura, tanto -  
en el espacio como en el tiempo.

Los contaminantes se pueden difundir siempre y cuan-  
do no haya movimientos propios del aire que tiendan-  
a evitar esa difusión, que en forma natural se efec-  
túa en los lugares de mayor a menor concentración, -  
pero en condiciones anormales los lugares de mayor -  
concentración los retienen en tanto sean más inten-  
sos los movimientos horizontales, facilitan más la -  
difusión del tipo llamado de remolino, sin embargo, -  
si los remolinos son grandes a pesar de que muevan -  
la contaminación, la transportan sin dispersarla; -  
existen en la atmósfera remolinos grandes, que en -



meteorología se llaman sistemas sinópticos de los cuales los más conocidos son los ciclones o centros de baja presión y que circulan en sentido contrario al de las manecillas del reloj y los anticiclones o centros de alta presión con circulación en el sentido de las manecillas del reloj.

Además de difundirse debido a movimientos horizontales, los cuerpos extraños en la atmósfera tienden a difundirse en sentido vertical, si los movimientos verticales son hacia abajo, estos limitan la difusión hacia arriba, produciendo la concentración de los niveles próximos al terreno, sólo los movimientos hacia arriba facilitan la difusión.

Los movimientos verticales hacia arriba o hacia abajo están asociados con sistemas meteorológicos. En primera aproximación en los anticiclones hacia abajo, estos últimos sistemas generalmente también tienen vientos de menor intensidad, las grandes desgracias ocurridas en diferentes partes del mundo han estado asociadas con situaciones anticiclónicas.

Las corrientes verticales en las ciudades son más intensas que sobre el campo independientemente de la hora del día, debido a las corrientes de tipo convectivo que se producen por las diferencias de calentamiento en las distintas superficies.

Hay otro factor muy importante en los movimientos verticales, lo que se conoce con el nombre de estabilidad termodinámica, lo cual significa que en la atmósfera estable no se faciliten los movimientos verticales hacia arriba y una atmósfera inestable propicia los movimientos verticales hacia arriba dependiendo de su grado de inestabilidad.

El grado de estabilidad depende de la distribución de la temperatura con la altura; usualmente la temperatura disminuye con la altura y cuando la temperatura aumenta con la altura se dice existe una inversión de temperatura. En

una inversión de temperatura los movimientos verticales se suprimen ya que es una situación de estabilidad atmosférica y si la inversión está cerca de la superficie materialmente atrapa a todos los contaminantes evitando su difusión y estas inversiones son muy comunes en las ciudades y sobre todo cuando hay situaciones anticiclónicas.

Otro dato meteorológico de gran interés en el aspecto de contaminación es la lluvia ya que lava la atmósfera, es decir las gotas absorben parte de la contaminación. (14,93,94)

#### 8.4 La ciudad de México y su problemática:

La ciudad de México por estar a una altura de 2,000 m sobre el nivel del mar en una altitud tropical y además situada en un valle, presenta características muy particulares, ya que en latitudes tropicales los sistemas clásicos de ciclones y anticiclones tienen menos intensidad que en las latitudes extratropicales pero los fenómenos convccionales tienen mayor intensidad. Para saber con detalle to

das las características micrometeorológicas son necesarias varias estaciones meteorológicas de superficie en distintos rumbos de la ciudad y también varios instrumentos para detectar la distribución vertical de la temperatura. Se ha estudiado que en términos globales la visibilidad promedio en la ciudad de México ha ido disminuyendo año con año, pero no se han realizado estudios de correlación de concentración de contaminantes con los distintos parámetros meteorológicos.

Con objeto de poder precisar con todo detalle que condiciones meteorológicas propician contaminación atmosférica, recomendamos los siguientes pasos:

1. Análisis de los datos de dirección del viento en distintas partes y correlacionar con la concentración de contaminantes.
2. Estudio de difusión de distintos contaminantes tanto a nivel teórico como experimental.

3. Análisis químico de lluvia para ver a qué grado se lava la atmósfera.

Con estos datos se puede ayudar a planificar la localización menos dañina de las zonas urbanas e industriales. (95)

#### 8.5 Aumento en el costo de producción por el control de la contaminación:

Está bastante claro que la contaminación ambiental resulta costosa, y el limpiar el ambiente también originará costos sustanciales, aunque no somos insensibles al asunto del costo total de la anticontaminación, no tenemos dudas de que, en nombre de ella, se justifica cualquier costo muy elevado, no solo nos interesa el tamaño de la cuenta sino también quién debe cubrir los costos. Aunque es una mentira decir que es el público el que fundamentalmente cubrirá los costos, ya sea en un aumento de impuestos o en el alza de

los precios de los artículos de consumo. En muchos casos, el efecto inicial es tan importante como el último. Al distribuir los costos contra la contaminación hay esencialmente dos grupos sociales que pueden pagar. Uno de ellos es el de los contaminadores y el otro es el público, o sean, las personas que la sufren.

Hay que aceptar el punto de vista prevaleciente de que se cumple con equidad y justicia al imponer los costos de la anticontaminación al contaminador. La naturaleza de estas cargas, ya sea que se imponga su tributo a los contaminadores, o si se les anima a encontrar su solución menos costosa, o si son requeridos para pagar los costos que ocasionan la reducción de las emisiones, será tal, que afectará los costos de producción.

Lo mejor que se puede decir es que, a la larga, y durante un período de equilibrio general, los costos de contaminación afectarán a los precios, ganancia e inversión, en la

producción, de varias maneras. Discutiremos el caso simple de un aumento de precios y en seguida alguna evidencia de la magnitud de los efectos del costo y finalmente el caso más complejo de ajuste de equilibrio general.

Hay que observar que si los contaminadores pagan los costos, o si se les cargan impuestos, es de esperar que los precios aumenten.

Si el peso de los programas es soportado por los contaminadores, hay temor del efecto de dichos costos adicionales y podrán afectar hasta con la ruina de las industrias.

Reuniendo las evidencias sobre los costos de control de contaminantes de diferentes industrias, y basando los cálculos en estrictas medidas de control y en los costos del control de contaminantes.

A continuación mostramos una tabla con el cálculo de los costos de un estricto control de la contaminación como por

centaje de los costos actuales de producción.

TABLA 8.1:

<u>GRUPO INDUSTRIAL:</u>	<u>PORCENTAJE:</u>
Alimentos y animales vivos	1 - 5
Bebidas y tabaco	1 - 5
Materia prima de vidrio	1 - 10
Manejo de algodón, frijol, soya, maíz, cáñamo y demás leguminosas	1 - 5
Materias primas de metales, tex- tiles, papel, fibras y concentra- dos.	5 - 10
Combustibles Minerales	5 - 10
Productos de Petróleo	5 - 10
Aceites, grasas, ceras	5 - 10
Artículos Manufacturados como: textiles, hierro y acero, meta- les no ferrosos, cemento y simi- lares.	5 - 10
Maquinaria y equipo de transporte	5 - 10



\* Boulding G. Sthal  
Costos de la descontaminación.

Los datos mostrados en esta tabla reflejan mejores conjeturas, porque los valores más bajos mostrados, representan a valores más probables, mientras que los valores superiores representan lo peor que pudiera suceder a una industria.

Lo más notable de estos datos es que el aumento extremo de los costos de producción, debido a la imposición de estrictos programas de control para la contaminación no es más del 10% en ninguna industria y el valor más probable para la mayoría de las industrias es del 5%. Las industrias basadas en la Agricultura, los alimentos, bebidas, tabaco y fibras, salen ligeramente con aumento del 1% en los costos.

humos, siendo el frente de ésta el que observa el operador; se coloca la carta lo más próxima posible a la línea visual del observador a la pluma, perpendicular a dicha línea y a una distancia tal del observador, que las retículas en la carta aparezcan como campos grises uniformes (18' m -- aproximadamente), se mira hacia la parte más densa de la pluma, en donde ésta tiene el mismo diámetro que la salida de la chimenea y se compara su color con los tonos de la carta. En el caso en que exista vapor de agua en la pluma, la lectura debe hacerse en el punto donde se haya disipado el vapor, siempre que sea posible, la línea de la visual debe quedar en ángulo recto con relación a la dirección del viento.

#### Obtención de lecturas:

Cada lectura individual se obtiene determinando el número de la tarjeta cuyo tono sea el más cercano al del humo observado. En los casos en que el humo sea más claro que la tarjeta número 1, se le debe asignar el valor cero; si es más oscuro que la tarjeta número cuatro, se le debe asignar el valor cinco. No se permite expresar valores en fracciones de unidad, debiendo registrarse siempre los valores con el número de la tarjeta cuyo tono se asemeja más al del humo comparado.

GRADO 1 \_\_\_\_\_ 20 %

GRADO 2 \_\_\_\_\_ 40 %

GRADO 3 \_\_\_\_\_ 60 %

GRADO 4 \_\_\_\_\_ 80 %

GRADO 5 \_\_\_\_\_ 100 %



Las lecturas para determinar el porcentaje de densidad aparente visual del humo, se efectúan una cada 15 o 30 segundos en forma consecutiva.

El cálculo del porcentaje de densidad aparente visual del humo para el período total de observaciones, se efectúa aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DAV} = \frac{N_e \times 20}{N}$$

En donde:

- D.A.V. = Densidad Aparente Visual del Humo.  
 Ne = Número total de equivalentes al número uno.  
 N = Número total de lecturas.

El 20 es la equivalencia en porcentaje de densidad del número 1. El valor Ne se obtiene multiplicando el número de lecturas individuales de cada tarjeta por el número correspondiente de la misma y sumando los valores parciales obtenidos.

Los datos se deben obtener y registrarse de acuerdo con la Tabla 1.

## T A B L A 1

Registro de Observaciones y Cálculos para determinar el porcentaje de densidad aparente visual del humo empleando la carta de Ringelmann.

Fecha: \_\_\_\_\_ Nombre de la Empresa: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Nombre del Observador: \_\_\_\_\_ Carácter: \_\_\_\_\_

Identificación de la fuente observada: \_\_\_\_\_

Sitio desde donde se efectuó la observación: \_\_\_\_\_

Distancia aproximada al cañón de la chimenea: \_\_\_\_\_

Condiciones de iluminación: \_\_\_\_\_

Hora de iniciación de las lecturas: \_\_\_\_\_

Hora de terminación de las lecturas: \_\_\_\_\_

## Determinación de grasas y aceites en aguas residuales.

### 1. Alcance:

El método para determinar el contenido de grasas y aceites hasta una concentración de 650 mg/l en aguas residuales, por medio de extracción con solvente empleando el aparato Soxhlet.

### 2. Resumen:

El método consiste en acidificar una muestra líquida para formar una masa que se separa por filtración. De esta masa se hace la extracción usando un solvente con ayuda del aparato Soxhlet.

### 3. Definiciones:

#### 3.1. Agua residual.

Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

### 4. Aparatos y Equipo:

Aparato de extracción Soxhlet, estilo II. Fuente de vacío. Embudo Büchner

subestilo IIIa. de 12 cm de diámetro. Manto eléctrico de calentamiento.

Material común de laboratorio.

#### 5. Materiales y reactivos:

Papel filtro "Whatman" No. 40 de 11 cm de diámetro. Discos de tela muse-  
lina de 11 cm de diámetro.

Suspensión filtro ayuda, tierra de diatomáceas -sílice; 10 g/l de agua des-  
tilada.

Acido clorhídrico concentrado, Hexano normal con punto de ebullición de  
69°C o triclorotrifluoretano de punto de ebullición de 47.5°C.

#### 6. Preparación del espécimen:

Se colecta la muestra de agua residual en un matraz de boca ancha aforando  
a un litro. Se agregan aproximadamente 10 ml del HCl hasta obtener un pH  
de 1.0.

#### 7. Procedimiento:

7.1 Se prepara un filtro con el disco de tela muselina sobreponiendoles el  
disco de papel filtro, se coloca en el embudo "Büchner", se moja la te  
la y el papel, y se presiona hacia abajo el contorno de este último.

Se pesa el frasco de extracción y se extrae en el aparato de Soxhlet usando hexano o triclorotrifluoretano a velocidad de 20 ciclos por hora, durante cuatro horas.

7.6 Se destila el solvente del frasco extractor en un baño de agua a 85°C, o en el manto ajustado para una destilación lenta, se seca el frasco colocándolo en un baño de vapor y se extrae el aire a través del frasco aplicando vacío por un tiempo de 15 minutos.

7.7 Se enfría el frasco en un desecador durante un periodo de 30 minutos y se pesa.

#### 8. Cálculos:

La cantidad de grasa y aceite se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$G = \frac{1000 P}{t \cdot v}$$

En donde :

G = Contenido de grasa total, en miligramos por litro  
t

P = Incremento en el peso del matraz, en miligramos

v = Volumen de la muestra, en mililitros.



## 9. Apéndice:

### 9.1. Observaciones:

9.1.1. Cuando no se puedan hacer inmediatamente las determinaciones, las muestras deben preservarse agregando 1 ml de ácido sulfúrico por cada 80 g de muestra.

Las muestras no deben preservarse con cloroformo o benzoato de sodio cuando se vayan a hacer determinaciones de grasas.

9.1.2. Es preferible usar el triclorotrifluoretano en virtud de que no es inflamable. Cualquiera que sea el solvente usado, éste no debe dejar residuo al evaporarse.

### 9.2. Bibliografía:

9.2.1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association y Waster Pollution Control Federation 13th Edition.

9.2.2. British Standard 2690; 1956, "Methods of Testing Water used in Industry".

9.2.3. Norma Oficial Mexicana. "Estructuración de Normas" DGN-R-50-1972.

9.2.4. Norma Oficial Mexicana "Clasificación y Tamaños Nominales para Utensilios de Vidrio Usados en Laboratorios. DGN-P-19-1973.

9.2.5. Norma Oficial Mexicana, "Magnitudes y Unidades de Base del Sistema Internacional. (81)" DGN-Z-1-1971.

9.2.6. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

9.2.7. Reglamento de la Ley sobre Pesas y Medidas.

9.2.8. Norma Oficial Mexicana, "Método de Muestreo de Aguas Residuales." DGN-AA3\_1973.

Determinación del Valor del pH de las aguas residuales:

1. Alcance:

El método para determinar el valor del pH de las aguas residuales.

## 2. Fundamento:

El método se basa en que al poner en contacto dos soluciones de diferente concentración de iones hidrógeno, se establece una fuerza electromotriz, si una de las soluciones tiene una concentración de iones conocida (pH), por medio de la fuerza electromotriz producida, se puede conocer el pH de la otra solución (solución problema), ya que esa fuerza electromotriz es proporcional al pH de la solución problema.

## 3. Definiciones:

### 3.1. Acidez:

Es la capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con los iones hidroxilos.

### 3.2. Alcalinidad:

Es la capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con los iones hidrógeno.

### 3.3. Aguas residuales:

Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal,

industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

#### 3.4. Valor del pH:

Es la acidez/alcalinidad del agua expresada en términos de la relación entre la fuerza electromotriz (E) en volts, entre un electrodo de vidrio y uno de referencia cuando se sumergen en agua, y la fuerza electromotriz (Es) en volts, entre los mismos electrodos cuando se sumergen en una solución reguladora de referencia, la relación se calcula como sigue:

$$\text{Valor del pH} = \text{pHs} + \frac{(E - E_s) F}{2.3026 RK}$$

En donde:

F = El Faraday

R = La constante de los gases.

K = La temperatura termodinámica (temperatura centígrada + 273.16)

pHs = El valor del pH asignado de la solución reguladora de referencia.

#### 4. Aparatos y Equipo.

#### 4.1. Medidor de pH:

4.1.1 El medidor de pH debe ser capaz de medir el pH de un agua dentro del intervalo de 0 a 14 por medio del empleo de un electrodo de vidrio y otro de referencia.

4.1.2. El medidor de pH debe calibrarse con una solución reguladora patrón cuyo pH se encuentre cerca de aquél que se desea medir, y comprobarse usando cuando menos otras dos soluciones de pH diferente, uno menor y otro mayor de aquél en que se hizo la calibración. La diferencia entre cualquiera de las tres lecturas y el pH propio de la solución patrón, no debe exceder de 0.1 unidades de pH.

#### 4.1.3. Exactitud de la calibración:

A la temperatura ambiente de 25°C y para cualquier voltaje de entrada, el error de indicación debido a la inexactitud de la calibración no debe exceder de 0.1 unidades de pH.

4.1.4. Cada división sobre la escala de la carátula del aparato debe representar no más de 0.1 unidades de pH. La distancia mínima entre dos marcas adyacentes cualquiera que sea su denominación debe ser de 0.75 mm.

## 5. Procedimiento:

- 5.1. Una vez ajustado y comprobado el aparato siguiendo el procedimiento indicado en el manual del mismo, se retira el recipiente con la solución patrón y se lavan los electrodos con agua destilada, quitando el exceso con un material adecuado de acuerdo a las instrucciones del fabricante del aparato y evitando friccionar la superficie de los electrodos.
- 5.2. A continuación se efectúa la determinación del pH en la muestra a una temperatura de 25° C, de acuerdo con las indicaciones del manual del aparato. Se permiten las determinaciones a otras temperaturas siempre y cuando el medidor del pH esté equipado con los mecanismos compensadores adecuados.

## 6. Interpretación de resultados:

El resultado se lee directamente en la carátula del aparato.

## 7. Bibliografía:

- 7.1.1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.  
American Public Health Association.

American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. 13th Edition.

7.1.2. Water Quality Terminology ISO/TC 147/SCI (Secretariat-2) 2 June 1973.

7.1.3. British Standard 3422: 1961. " Specification for Laboratory Defection pH Metera".

7.1.4. 1972 Annual Book of ASTM Standards, Parte 23, Water, Atmospheric Analysis. Designation: D 1293.

7.1.5. Reglamento de la Ley sobre Pesas y Medidas.

7.1.6. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

7.1.7. DGN-R-50-1972 Norma Oficial Mexicana. "Estructuración de Normas".

7.1.8 DGN-AA-3-1973 Norma Oficial Mexicana. "Método de Muestreo de Aguas Residuales".

7.1.9. DGN-Z-1-1971 Norma Oficial Mexicana. "Magnitudes y Unidades de Base del Sistema Internacional (SI)".



## Determinación de Sólidos Sedimentables en aguas residuales:

### 1. Alcance:

Método para determinar el volumen de sólidos sedimentables en aguas residuales.

### 2. Fundamento:

El método se basa en la propiedad que tienen los cuerpos, de asentarse en niveles progresivos de acuerdo a sus diferentes densidades.

### 3. Definiciones:

#### 3.1. Sedimentación:

Es la operación por medio de la cual, las partículas sólidas suspendidas en un líquido, se asientan debido a la fuerza de la gravedad.

#### 3.2. Sólidos sedimentables:

Son las materias que se depositan en el fondo de un recipiente debido a la operación de sedimentación.

### 3.3. Agua residual:

Es el líquido de composición variada proveniente de usos - municipal, industrial, comercial, agrícola pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

### 4. Aparatos y Equipo:

Cono de sedimentación estilo I (Imhoff) aforado a un litro. La división mínima de la escala del cono, debe representar no más de 0.1 ml.

### 5. Procedimiento:

- 5.1. Se mezcla cuidadosamente la muestra no filtrada a fin de asegurar una distribución pareja de los sólidos a través de todo el cuerpo del líquido teniéndose especial cuidado en desalojar a las partículas del ángulo formado entre el lado y la base del recipiente muestreador.
- 5.2. Se llena el cono de sedimentación con la muestra hasta el aforo y se la deja asentar durante un tiempo de 45 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se revuelve ligeramente el líquido cercano a las paredes del recipiente y se deja reposar durante un lapso de tiempo, se revuelve ligeramente el líquido cercano a las paredes del recipiente y se deja reposar durante un lapso de tiempo de 15 minutos.

## 6. Interpretación de resultados:

El volumen de materia sedimentable se lee directamente en el cono y se informa como ml/l.

## 7. Apendice:

### 7.1. Bibliografía:

- 7.1.1. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, American Public Health Association, American Works Association y Water Pollution Control Federation 13 th Edition.
- 7.1.2. British Standard 2690: 1956. — "Methods of Testing. Water used in Industry".
- 7.1.3. Norma Oficial Mexicana. "Estructuración de Normas". DGN-R-50-1972.
- 7.1.4. Norma Oficial Mexicana. "Clasificación y Tamaños Nominales para Utensilios de Vidrio Usados en Laboratorios". DGN-P-19-1973.

7.1.5. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de

Aguas:

7.1.6. Reglamento de la Ley sobre Pesas y Medidas.

7.1.7. Norma Oficial Mexicana. "Método de Muestreo de Aguas Residuales". DGN-AA-3-1973.

7.1.8. Norma Oficial Mexicana. "Magnitudes y Unidades de Base del Sistema Internacional(SI)". DGN-Z-1-1971.

7.1.9. Manual del Ingeniero Químico. John H. Perry, 3a. Edición, 1966.

## Método de Muestreo de Aguas Residuales:

### 1. Alcance:

Lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinarles sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y potencial de hidrógeno (pH).

### 2. Definiciones:

- 2.1. Agua residual.- Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.
- 2.2. Canal abierto.- Cualquier conducto en el cual el agua fluye presentando una superficie libre.
- 2.3. Descarga.- Es el conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algún cuerpo receptor.

- 2.4. Muestra simple.- Es aquella muestra individual tomada en un corto período y de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para completar el volumen necesario.
- 2.5. Muestra compuesta.- Es la que resulta del mezclado de varias muestras simples.

### 3. Aparatos y Equipo:

#### 3.1. Recipientes para las muestras:

- 3.1.1. Material de los recipientes.- Los recipientes para las muestras deben ser de materiales químicamente inertes al contenido de las aguas residuales. Se recomiendan los recipientes de polietileno o vidrio.
- 3.1.2. Para la determinación de grasas y aceites, los recipientes deben ser de vidrio, de boca ancha con aforo a un litro.

- 3.1.3. Tapones o cierres.- Los tapones deben proporcionar un cierre hermético en los recipientes y se recomienda que sean de material afín al del recipiente.
- 3.1.4. Preparación de los recipientes.- Los recipientes deben estar limpios en su interior antes de proceder al muestreo.
- 3.1.5. Capacidad de los recipientes.- Se recomienda que los recipientes tengan una capacidad mínima de 2 litros.

### 3.2. Etiquetas para las muestras:

- 3.2.1. Se deben tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se permite el empleo de etiquetas pegadas o colgadas, o el numerar los frascos anotándose la información en una hoja de registro. Estas etiquetas deben contener como mínimo la siguiente información:

Identificación de la descarga.

Número de muestra.

Fecha y hora de muestreo.

507

Punto de muestreo.

Nombre y firma del muestreador.

### 3.2.2. Hoja de registro.

3.2.2.1. Se debe llevar una hoja de registro con la información que permita identificar el origen de la muestra y todos los datos que en un momento dado permitan duplicar el muestreo.

3.2.2.2. Se recomienda que la hoja de registro contenga la siguiente información:

Los datos citados en el inciso 3.2.1.

Resultados de pruebas de campo practicadas en la descarga muestreada.

Cuando proceda, el gasto o flujo de la descarga de aguas residuales que se muestrean.

Descripción del punto de muestreo de manera que cualquier persona pueda tomar otras muestras en el mismo lugar.



Descripción cualitativa del olor y el color de las aguas residuales muestreadas.

### 3.3. Equipo de recolección de muestras:

3.3.1. Tomas de muestreo.- Se recomienda se instalen ~~estas tomas~~ en conductos a presión o en conductos ~~que~~ no permitan el fácil acceso para muestrear a cielo abierto con el objeto de caracterizar debidamente las aguas residuales.

Las tomas deben de tener un diámetro adecuado para muestrear correctamente las aguas residuales en función de los materiales que puedan contener, deben ser de la menor longitud posible, y procurar situarlas de tal manera que las muestras sean representativas de la descarga. Se recomienda el uso de materiales similares a los del conducto, de acero al carbón o de acero inoxidable.

3.3.2. Válvulas y accesorios.- Cada toma de muestreo debe tener una válvula de cierre que permita el paso libre de las aguas residuales y de los materiales que puedan contener y proporcionar el cierre hermético de la toma.

Esta válvula y los accesorios necesarios para su instalación, deben ser de material similares a los de las tomas y/o los conductos en que éstas se instalen.

3.3.3. Recipiente muestreador.- Deben ser de material inerte al contenido de las aguas residuales, se recomiendan las cubetas de polietileno, de 5 a 15 litros de capacidad.

#### 3.4. Material común de laboratorio:

#### 3.5. Muestreadores automáticos:

Se permite su empleo siempre y cuando se operen de acuerdo con las instrucciones del fabricante, dándoles el correcto y adecuado mantenimiento y se tenga cuidado de obtener muestras representativas de las aguas residuales.

#### 4. Procedimiento:

4.1. Cualquiera que sea el método de muestreo específico que se aplique a cada caso, debe cumplir los siguientes requisitos:

- 4.1.1. Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existen en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en ellas las determinaciones correspondientes.
- 4.1.2. Las muestras deben representar lo mejor posible las características del efluente total que se descarga por el conducto que se muestrea.
- 4.1.3. Al efectuarse el muestreo, deben anotarse los datos según los incisos 3.2.1. y 3.2.2.

4.2. Muestreo en tomas:

Se deja escurrir un volumen aproximadamente igual a 10 veces el volumen del agua residual que se va a muestrear y a continuación se llena el recipiente de muestreo ayudándose con un embudo. Para las determinaciones de grasas y aceites y de materia flotante, las muestras se toman directamente en los recipientes descritos en los incisos 3.1.2.

4.3. Muestreo en descargas libres:

4.3.1. Cuando las aguas residuales descarguen libremente en forma de chorro, debe emplearse el siguiente procedimiento.

4.3.1.1. La cubeta se debe enjuagar repetidas veces antes de efectuar el muestreo.

4.3.1.2. Se introduce la cubeta en el chorro para obtener la muestra. De ser posible, se toma directamente la muestra en el recipiente para la muestra.

4.3.1.3. La muestra se transfiere totalmente de la cubeta al recipiente para la muestra con la ayuda de un embudo. Para las determinaciones de grasas y aceites y de materia flotante, las muestras se toman directamente en los recipientes descritos en los incisos 3.1.2. y 3.2.

#### 4.4. Muestreo en canales:

4.4.1. Se recomienda tomar las muestras al centro del canal, de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado.

- 4.4.2. El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo.
- 4.4.3. El recipiente muestreador, atado con una cuerda o sostenido con la mano de preferencia enguantada, se introduce en el agua residual completamente y hasta el fondo y se jala verticalmente hacia afuera.
- 4.4.4. La muestra se transfiere totalmente al recipiente para la muestra con la ayuda de un embudo.
- 4.4.5. La muestra para la determinación de materia flotante se obtiene siguiendo el procedimiento anterior sustituyendo el recipiente muestreador por el indicado en el inciso 3.2.
- 4.4.6. La muestra para la determinación de grasas y aceites se debe tomar directamente en el recipiente señalado en el inciso 3.1.2.; de no ser posible, se permite transferir cuantitativamente la muestra del recipiente de muestreo al recipiente aforado.

#### 4.5. Cierre de los recipientes de muestreo:

Los tapones o cierres de los recipientes para las muestras deben fijarse en su lugar con alambre, cinta o cordón para prevenir su remoción durante el transporte.

#### 4.6. Volumen de la muestra:

Se recomienda un volumen mínimo de 2 litros.

4.6.1. Se recomienda que las muestras sean compuestas (ver inciso 2.4.) de tal forma que representen el promedio de las variaciones en los contaminantes durante un ciclo de operación. El procedimiento para la obtención de dichas muestras es el siguiente:

4.6.1.1. El intervalo de tiempo entre la toma de cada muestra simple para integrar la muestra compuesta, debe ser el suficiente para determinar la variabilidad de los contaminantes del agua residual.

4.6.1.2. Las muestras compuestas se obtienen mezclando muestras simples de volúmenes proporcionales al gasto o flujo de descarga medido en el sitio y momento del muestreo.

4.6.1.3. Las muestras compuestas se deben tomar de tal manera que cubran las variaciones de la descarga durante 24 - horas como mínimo.

4.7. Preservación de las muestras:

Sólo se permite agregar a las muestras los preservativos indicados en los Métodos de Prueba.

4.8. Se recomienda que el intervalo de tiempo entre la extracción de la muestra y su análisis sea mayor posible y que no exceda de tres días.

5. Apéndice.

5.1. Observaciones:

5.1.1. Es muy importante tomar las debidas precauciones de seguridad y de higiene en el muestreo en función del tipo de aguas residuales que se están muestreando.

5.2. Bibliografía:

- 5.2.1. 1972 Annual Book of ASTM Standards.
- 5.2.2. Standard Methods of the examination of water and wastewater, American Public Health Association. Water Works association and water Pollution Control Federation 13th. Edition.
- 5.2.3. Gagind and Sampling Industrial Wastewaters. J.G. Rabosky y Donald D. Horaido, Chemical Engineering/January 8. 1973, Vol. 30 Núm. 1.
- 5.2.4. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.
- 5.2.5. DGN-R-50-1972 "Norma Oficial Mexicana". "Estructuración de Normas".
- 5.2.6. DGN-Z-1971 "Norma Oficial Mexicana". "Magnitudes y Unidades de Base del Sistema Internacional (SI)".



5.2.7. British Standard 1328-1969 "Methods of Sampling Water Used in Industry".

"Determinación de Materia flotante en Aguas Residuales"

1. Alcance:

Método para determinar el contenido de materia flotante en aguas residuales.

2. Definiciones:

2.1. Materia flotante:

Material que flota libremente en la superficie del líquido y que queda retenido en la malla especificada.

2.2. Agua residual.

Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

### 2.3. Descarga.

Es el conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algún cuerpo receptor.

### 2.4. Muestra simple.

Es aquella muestra individual tomada en un corto período y de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para completar el volumen necesario para el análisis.

### 2.5. Malla.

Es la tela de alambre entretejido que forma cuadros del mismo tamaño.

### 2.6. Abertura de la malla.

Es la separación libre entre los alambres que forman cada cuadro del tejido.

## 3. Aparatos y equipo:

### 3.1. Malla de material químicamente inerte que es adaptable al embudo de

filtración especificado y con abertura de 3 mm. (Ver inciso 7.1.1.)

3.2. Recipiente de boca no menor de 7 cm de diámetro, aforado a un volumen que se encuentre entre 2 y 5 litros.

3.3. Material común de laboratorio.

#### 4. Preparación del espécimen:

4.1. Usando el recipiente, se toma la muestra simple, directamente de la descarga.

4.2. En el caso de que la descarga sea inaccesible, se permite la toma de la muestra en el punto accesible del conducto más próximo a dicha descarga siempre y cuando éste no obstaculice la libre salida del material flotante de la misma.

4.3. Se deja sedimentar la muestra durante 15 minutos.

#### 5. Procedimiento:

- 5.1. Se vierten aproximadamente las dos terceras partes superiores de la muestra a través de la malla, teniéndose cuidado de que la materia flotante que sobrenada, quede retenida en dicha malla.

Se permite el empleo de una cucharilla para arrastrar hacia la malla toda aquella materia flotante que todavía quedara sobre la superficie de la muestra que se está vertiendo o aquella adherida a las pa redes del recipiente.

#### 6. Interpretación de resultados:

- 6.1. Inmediatamente después de filtrada la muestra, se procede al examen de la malla.
- 6.2. La ausencia de material retenido en la malla observando a ~~simple vista~~ta, se considera como "ninguna" materia ~~ret~~enida en la malla.

#### 7. Apéndice:

- 7.1. Observaciones.

7.1.1. El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, establece se emplee una malla de 3 mm de abertura. A falta de ésta, se permite el empleo de la malla normalizada designación DGN 2'2. M cuyas características se especifican en la Norma Oficial Mexicana DGN-B-231-1970.

## 7.2. Bibliografía.

7.2.1. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

7.2.2. Norma Oficial Mexicana. DGN-R-50-1972. "Estructuración de Normas".

7.2.3. Norma Oficial Mexicana. DGN-B-231-1970. "Requisitos de las Cribas para Clasificación de Materiales".

7.2.4. Norma Oficial Mexicana. DGN-AA-3-1973. "Método de Muestreo de Aguas Residuales".

## Determinación de la Temperatura en Aguas Residuales:

### 1. Alcance:

Método de determinación de la temperatura en las descargas de aguas residuales.

### 2. Definiciones:

#### 2.1. Agua residual.

Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

#### 2.2. Amplitud de gama.

Es la diferencia Algebraica entre los límites de medición.

#### 2.3. Descarga.

Es el conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algún cuerpo receptor.

### 3. Aparatos y equipo:

- 3.1. Termómetros de vidrio que se ajusten a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana. DGN-CH-5 en vigor (Ver inciso 6.2.6.).
- 3.2. Termopozos.
  - 3.2.1. Los termopozos pueden ser de plata alemana acero al níquel para temperaturas ordinarias, o cualquier otro material que cumpla con los requisitos de conductividad de los anteriores.
  - 3.2.2. Deben conducir el calor radialmente en la extremidad tan bien como sea posible y, axialmente tan mal asimismo como sea posible para prevenir transferencia de calor a partir del cuerpo caliente.
  - 3.2.3. Deben tener paredes tan delgadas como lo permitan las características de resistencia mecánica.
  - 3.2.4. Deben fijarse al tubo que conduce al agua tan firmemente como sea posible y la profundidad de su inserción debe ser compatible con las condiciones del flujo.

3.2.5. La base del termopozo no debe sobresalir más allá de la pared del tubo a fin de evitarse el flujo de calor a través de dicha base; y en ciertos casos, la pared del tubo debe aislarse alrededor de la sección de medición.

3.2.6. Se permite el empleo de sustancias de relleno de la mejor conductividad posible en los termopozos, siempre y cuando se empaquen adecuadamente y no se evaporen o quemem a la temperatura de medición, ni formen depósitos o incrustaciones.

3.2.7. No se permite el empleo de mercurio metálico como relleno en aquellas posiciones donde sus vapores tóxicos puedan acumularse.

### 3.3. Otros instrumentos medidores de temperatura:

Se permite el empleo de otros instrumentos medidores de temperatura, siempre y cuando se ajusten a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes y cumplan cuando menos con los requisitos de amplitud de gama y precisión establecidos para los termómetros de vidrio.

## 4. Procedimiento:



- 4.1. En el caso de inmersión directa del elemento termométrico en el agua, se sumerge el elemento sensible del instrumento medidor de temperatura en la corriente de agua, hasta tal profundidad en donde se obtenga la máxima temperatura, a fin de asegurarse la máxima transferencia de calor del agua al elemento termométrico.
- 4.2. En el caso de que no sea posible la inmersión directa, se permite el empleo del termopozo, el cual se inserta en la pared del tubo, usándose el instrumento medidor de temperatura.
- 4.3. Se espera un período de tiempo suficiente, a efecto de obtenerse lecturas constantes.
- 4.4. Las determinaciones de temperatura deben hacerse en las descargas. (Ver inciso 6.1.1.).
- 4.5. En tuberías curvadas, se recomienda la inserción del vástago del termómetro en posición a lo largo del eje del tubo y de frente a la corriente aguas arriba. En tuberías de pequeño diámetro, esta posición es obligatoria.

- 4.6. En aquellos casos en que el fluido no se encuentre bien mezclado, se debe usar un dispositivo que produzca turbulencia aguas arriba del punto de medición.

## 5. Interpretación de resultados:

Las lecturas se obtienen directamente de la escala del aparato medidor de temperatura, y se informan en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) con aproximación 0.1.  $^{\circ}\text{C}$ .

## 6. Apéndice:

### 6.1. Observaciones.

- 6.1.1. En caso de que no sea posible la determinación de la temperatura en la forma en que se indica en el inciso 4.4., ésta se puede determinar en el punto accesible del conducto más próximo a la descarga.

### 6.2. Bibliografía.

- 6.2.1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater  
American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 13th. Edition.
- 6.2.2. 1972 Annual Books of ASTM Standards Parts 23 and 30.
- 6.2.3. British Standard Code 1041: 1943 Temperature Measurement.
- 6.2.4. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.
- 6.2.5. Reglamento de la Ley sobre Pesas y Medidas.
- 6.2.6. Norma Oficial Mexicana. DGN-CH-5-1972. "Termómetros Industriales de Vidrio".
- 6.2.7. Norma Oficial Mexicana. DGN-CH-7-1972. "Sistemas Termales Aplicados como Elementos Primarios de Medición".

- 6.2.8. Norma Oficial Mexicana. DGN-R-50-1972. "Estructuración de Normas".
- 6.2.9. Norma Oficial Mexicana. DGN-Z-1-1971. "Magnitudes y Unidades de Base del Sistema Internacional (SI)".
- 6.2.10. Norma Oficial Mexicana. DGN-AA-3-1973. "Método de Muestreo de Aguas Residuales".

## CONCLUSIONES.

- 1.- Hacer una breve reseña de el Problema de la Contaminación Ambiental. Señalar cuales son las principales causas de la Contaminación Ambiental. Indicar cuales son las principales clases de Contaminación y dar las definiciones de las mismas.
- 2.- El bienestar colectivo debe estar regido por un medio ambiente sano que permita el perfeccionamiento y desarrollo de las facultades. Se debe tener un conocimiento claro y conciso de lo que es Contaminación Ambiental para poder aplicar las soluciones efectivas a estos problemas.
- 3.- Se aprecia la necesidad de emprender actividades tendientes a acelerar y difundir la formación en los principios de la Ecología, siendo igualmente indispensable fuera de las áreas especializadas, es decir, entre las profesiones que tienen alguna relación con la Ecología.
- 4.- Es indispensable que haya conciencia de las restricciones cuantitativas del medio ambiente natural, así como de las consecuencias que tendría una extralimitación en el uso de los recursos que nos ofrece.
- 5.- Existe el convencimiento de los elevados niveles que ha alcanzado el crecimiento demográfico en el mundo, y que tan solo este problema debe obligar a la Humanidad a buscar un estado de equilibrio global en el Planeta.
- 6.- A pesar de que aún hay regiones subpobladas, al considerar al mundo como un todo, se vislumbra que el crecimiento de la población se acerca a un punto crítico, - sí es que no se ha llegado ya a éste.

- 7.- Dado el acervo finito y declinante de los recursos no renovables y del espacio limitado del planeta, debemos aceptar el principio de que el creciente número de habitantes acabará por vivir en un nivel de vida inferior.
- 8.- Se debe tener presente las consecuencias que puede originar el rompimiento del equilibrio entre la sociedad humana, así como el equilibrio entre ella misma y su habitat.
- 9.- Probablemente la primera tarea que debe afrontar la Humanidad, es la rectificación rápida y radical de la actual situación mundial desequilibrada y que se deteriora de una manera peligrosa.
- 10.- En lo futuro para llegar a un equilibrio global, es necesario concertar medidas internacionales y realizar actividades conjuntas de largo alcance.
- 11.- La planeación hacia el equilibrio nacional debe hallar su fundamento en el cambio básico de valores y objetivos a nivel individual, nacional y mundial.
- 12.- Dar las bases para estudiar cualquier problema de Contaminación Ambiental y establecer las técnicas para hacer un inventario de emisores y emisiones de contaminantes. Señalar cuales son las principales fuentes de contaminación atmosféricas. Mencionar las clasificaciones más habituales de los principales contaminantes del aire.
- 13.- Indicar cuales son los efectos químicos, físicos y biológicos de los principales contaminantes.
- 14.- Mostrar las técnicas que se realizan en nuestro país para establecer los grados de contaminación atmosférica.

- 15.- Dar una descripción de los principales equipos de control de los contaminantes atmosféricos, señalando las conveniencias de el uso de cada uno y una descripción de los costos de los mismos.
- 16.- La energía eléctrica en algunos casos se produce por el uso de combustibles no renovables (petróleo, carbón), no se debe desperdiciar ya que la producción de la misma origina contaminación del aire.
- 17.- La mayoría de los vehículos de motores de combustión ciclo Otto y diesel contaminan el ambiente, consideramos que el utilizar un solo automóvil entre varias personas ayudará a que el tránsito sea más fluido y se disminuya la contaminación atmosférica.
- 18.- Mantener los autos y camiones en condiciones mecánicas aceptables para que quemé la totalidad del combustible, conducir los autos correctamente, no acelerar cuando no sea necesario y no acelerar el motor indebidamente.
- 19.- Usar los medios de transporte colectivo cuando sea posible e insistir, en que estos servicios se mejoren.
- 20.- Se debe buscar la optimización de todos los procesos para aprovechar al máximo todos los subproductos y desechos de los mismos, cuando esto no sea factible instalar los equipos de control adecuados para evitar emisiones de contaminantes.
- 21.- El crecimiento inmensurado de la población y la industria han incrementado la producción de desechos que contaminan el medio ambiente; las aguas de desecho ya sea de tipo municipal, industrial, agrícola o de cualquier otro tipo, son las causantes de la contaminación de las aguas de ríos, cuencas, mares, lagunas, etc., por la adición de sustancias no biodegradables, o bien, degradables por la acción de determinados microorganismos que habitan en las aguas, pero que

al alcanzar ciertos niveles hacen que los mecanismos - de la biodegradación sean insuficientes para reiterarle al agua su calidad original por la formación de compuestos inertes.

- 22.- Debemos reconocer que el agua no es un recurso infinito e inalterable, por el contrario, este medio, que es esencial para la vida, al estar contaminado representa un peligro para la salud, y por lo tanto para la vida en nuestro Planeta.
- 23.- Ante el complejo problema de la contaminación de las - aguas, se hace indispensable contar con técnicos capacitados que aborden el problema, evitando la generación de efluentes contaminados y que controlen la calidad - de las aguas.
- 24.- Es necesario que se emprendan acciones contra la contaminación de las aguas, pero no únicamente deben ser - correctivas, sino que también preventivas que eviten - su contaminación.
- 25.- La naturaleza de las aguas residuales industriales es - diferente una de otra, ya que ella depende tanto del - proceso en sí, como de los compuestos empleados como - materias primas, de los productos y subproductos, etc., lo que representa que los desechos y por lo tanto la - contaminación generada sean tan variados como la industria misma.
- 26.- Para realizar las acciones tendientes a abatir, controlar y evitar la contaminación de las aguas, es indispensable llevar a cabo estudios de investigación que - sienten las bases de tales acciones, que en general - tendrán como miras la restauración y mejoramiento de - nuestro medio ambiente.
- 27.- Es conveniente que cada población cuenta con las plantas de tratamiento de aguas negras necesarias, con el fin de evitar la contaminación de los cuerpos receptores, pudiendo llevarlas hasta los métodos de tratamiento Terciario, haciendo posible el reuso de agua tratada, lo cual representa además un medio que alivie el problema de suministro de agua que en muchas poblaciones prevalece.



- 28.- Este mismo criterio debe de seguirse con los efluentes industriales, en donde el agua tratada es recirculada al proceso.
- 29.- Por la marcada diferencia que existe entre cada efluente de aguas residuales industriales, es conveniente que cada industria trate sus aguas en forma individual; porque de otra manera representan serios problemas en el tratamiento de aguas negras de toda la población, cuando son vertidas directamente al drenaje municipal,
- 30.- La contaminación de los efluentes de aguas residuales industriales, puede abatirse sí se reduce al mínimo la cantidad de substancia de desperdicio que en ellas se desechan.
- 31.- La disposición de los desechos sólidos en tiraderos a cielo abierto, ocasiona malos olores, reproducción de gérmenes patógenos, etc., que son arrastrados por el viento fuera de la zona dedicada a este fin, contaminando el aire de las poblaciones vecinas, esto se debe a que la degradación en su mayor porcentaje es en un medio anaerobio; el agua de lluvia así como la de escurrimiento superficial se contamina al pasar lentamente por el estrato de basura en descomposición,arrastrando materiales en estado de degradación incompleta y substancias tóxicas, además día a día como una consecuencia de la explosión demográfica se dispone en menor cantidad de terrenos utilizables para este fin.
- 32.- La erosión natural incrementada por la deforestación y modificación de nuestra superficie terrestre originadas por el hombre, superando la capacidad de la naturaleza para contrarrestar su efecto, ha disminuido la fertilidad del suelo, ya que los nutrientes que están en su superficie son arrastrados por el viento al no existir una capa silvícola protectora, originando la contaminación del aire con las llamadas tolva-  
neras y alterando el régimen hidrológico.

- 33.- La erosión ha propiciado la utilización de fertilizantes, los cuales al ser utilizados sin una técnica adecuada además de no incrementar el rendimiento agrícola, afecta a la economía del agricultor.
- 34.- La limitación de agua limpia para uso agrícola, ha incrementado la utilización de aguas negras con fines de riego, incrementándose en algunos casos la producción, debido a la cantidad de nutrientes contenidos en éstas, pero provocando en muchos casos contaminación de cultivos ya sea por gérmenes patógenos o sustancias tóxicas.
- 35.- La necesidad de proteger los cultivos contra toda clase de plagas, ha resultado en el uso extenso de una inmensa variedad de productos específicos para combatir cada tipo de plaga, los cuales al ser aplicados sin una técnica apropiada contaminan el agua, el suelo y el aire, pudiendo llegar a alterar el crecimiento de las plantas, volver estéril al suelo y dañar a la población. Su tiempo de degradación así como su toxicidad son variables, de acuerdo con su composición química, siendo algunos compuestos fácilmente acumulables por los organismos vivos.
- 36.- Los metales pesados provenientes de distintas fuentes tanto urbanas como industriales y utilizados algunos de ellos en la manufactura de plaguicidas, contaminan el suelo, aire y agua, acumulándose en los sistemas biológicos, la probabilidad de daño se basa en su actividad fisiológica, el reemplazo de un metal pesado por otro en una enzima puede llegar hasta inhibir su funcionamiento, provocando en los organismos vivos daño a distintos niveles inclusive la muerte, de aquí la importancia de conservar en equilibrio la relación entre los metales pesados y el medio ambiente.
- 37.- La utilización de técnicas adecuadas para combatir o controlar cada una de estas formas de contaminación, seleccionada en cada caso de acuerdo al tipo de contaminante, la fuente de donde proviene o la causa que lo origina, nos conducirá a la conservación de nuestros recursos naturales y en consecuencia a la preservación de nuestro medio ambiente.

- 38.- Indicar cuales son los organismos encargados del Mejoramiento en nuestro País. Señalar cuales son los aspectos legales existentes en nuestro País en lo referente a Contaminación Ambiental. Mencionar cuales son los aspectos legales en materia de Contaminación Ambiental, que es necesario implantar en nuestro País.
- 39.- Dar una breve descripción de las regulaciones y políticas en materia de Contaminación Ambiental, en algunos Países del Mundo.
- 40.- Se debe de crear conciencia en cada mexicano del fenómeno de la contaminación y de sus efectos, motivar a cada individuo a que ayude a solucionar los problemas ocasionados por la contaminación, por convencimiento propio.
- 41.- El mejoramiento del Ambiente debe identificarse con el proceso mismo de la vida individual y colectiva y con la organización política, económica, cultural y social de las colectividades.
- 42.- Hacer una descripción de los aspectos geográficos y meteorológicos que están relacionados con la contaminación ambiental. Dar un enfoque de los factores que han hecho que el problema de la contaminación atmosférica sea grave en la Ciudad de México.
- 43.- Dar algunas generalidades de los aumentos de costos de producción ocasionados por el control de la contaminación. Se debe dar toda clase de estímulos y ayuda, que propicien la descentralización urbana e industrial.
- 44.- Se tiene que buscar el mejor aprovechamiento de los contaminantes para disminuir el aumento en el costo de producción por su control.

APENDICE UNO:

## 1. RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUE

TROY, NEW YORK, U.S.A.

NIVELES

MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA AMBIENTAL.

## 2. NORTH STAFFORDSHIRE POLYTECHNIC

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

NORTH STAFFORDSHIRE POLYTECHNIC

COLLEGE ROAD, STOKE ON-TRENT ST42DE

ENGLAND.

CURSO SOBRE INVESTIGACION DE EFLUENTES INDUSTRIALES

CONTAMINADOS.

## 3. NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY

SOCORRO, NEW MEXICO

NIVELES A QUE SE IMPARTE

LICENCIATURA EN INGENIERIA AMBIENTAL

PSICOLOGIA AMBIENTAL

## 4. RICE UNIVERSITY

HOUSTON, TEXAS

DEPTO. DE CIENCIA E INGENIERIA AMBIENTAL

CIENCIA E INGENIERIA AMBIENTAL MATERIA

GRADOS: MAESTRIA

NIVELES: DOCTORADO

## 5. ILLINOIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

CHICAGO 60616

PROGRAMAS DE EDUCACION

GRADOS: MAESTRIA

NIVELES: DOCTORADO

MATERIAS

INGENIERIA AMBIENTAL

QUIMICA AMBIENTAL

BIOLOGIA AMBIENTAL

MATERIAS

FUNDAMENTOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA Y AGUA DE DESECHO

QUIMICA AMBIENTAL

MICROBIOLOGIA GENERAL

ESTADISTICAS BASICAS PARA LAS CIENCIAS DE LA VIDA.

## OPCION INGENIERIA AMBIENTAL.-

## ELECTIVAS

- ANALISIS DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- INGENIERIA BIOQUIMICA
- PROCESOS FISICOS DE TRATAMIENTO DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- TRATAMIENTO DE DESECHOS INDUSTRIALES
- DISEÑO DE PROCESOS DE INGENIERIA SANITARIA
- INVESTIGACION Y TESIS

## OPCION QUIMICA AMBIENTAL.-

## ELECTIVAS

- ANALISIS DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- TECNICAS AVANZADAS EN ANALISIS AMBIENTAL
- PRINCIPIOS DE QUIMICA DEL AGUA
- PROCESOS QUIMICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- TRATAMIENTO DE DESECHOS INDUSTRIALES
- INVESTIGACION Y TESIS.

## OPCION BIOLOGICA AMBIENTAL.-

## ELECTIVAS

- INGENIERIA DE SAUJD AMBIENTAL
- ANALISIS DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- EL HOMBRE Y SU MEDIO AMBIENTE

- ECOLOGIA DE SISTEMAS ACUATICOS
- INGENIERIA BIOQUIMICA
- INVESTIGACION Y TESIS

DOCTORADO.-

LICENCIATURA EN CIENCIAS DE INGENIERIA.

UNDERGRADUATE

- PRINCIPIOS DE QUIMICA AMBIENTAL
- INTRODUCCION A INGENIERIA DE RECURSOS DE AGUA
- FUNDAMENTOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- DISEÑO DE INGENIERIA SANITARIA
- INGENIERIA DE SALUD AMBIENTAL
- CONTROL DE CONTAMINACION INDUSTRIAL
- INTRODUCCION AL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE.

GRADUATE

- QUIMICA AMBIENTAL
- ANALISIS DE AGUA Y AGUA DE DESECHO
- TECNICAS AVANZADAS EN ANALISIS AMBIENTAL
- PRINCIPIOS DE QUIMICA DEL AGUA
- EL HOMBRE Y SU MEDIO AMBIENTE.

- ECOLOGIA DE SISTEMAS ACUATICOS
- TEMAS ESPECIALES SOBRE BIOLOGIA AMBIENTAL
- INGENIERIA BIOQUIMICA
- RECURSOS AVANZADOS DE AGUA I
- RECURSOS AVANZADOS DE AGUA II
- PROCESOS FISICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA Y DESECHOS
- PROCESOS QUIMICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS DE DESECHO
- TRATAMIENTO DE DESECHOS INDUSTRIALES
- DISEÑO DE PROCESOS DE INGENIERIA SANITARIA I
- DISEÑO DE PROCESOS DE INGENIERIA SANITARIA II
- INSTRUMENTACION Y ANALISIS DE CONTAMINACION DE AIRE
- INGENIERIA DE CONTAMINACION DE AIRE

6. UNIVERSITY OF FLORIDA

COLLEGE OF ENGINEERING

GAINESVILLE, FLORIDA 32601

ESTUDIOS EN CIENCIAS DE INGENIERIA AMBIENTAL.

GRADO DE LICENCIATURA: NIVEL

- CURSOS REQUERIDOS:
- CONCEPTOS DE CIENCIAS DE INGENIERIA AMBIENTAL
  - INTRODUCCION A LA ECOLOGIA
  - INGENIERIA EN ABASTECIMIENTO DE AGUA



- TRATAMIENTO DE LODOS Y AGUAS DE DESECHO
- INTRODUCCION AL MEDIO AMBIENTE DE LAS COSTAS Y OCEANOS
- CIENCIAS DE INGENIERIA AMBIENTAL
- ANALISIS DE AGUA Y AGUAS DE DESECHO
- OTRAS MATERIAS TECNICAS.

MATERIAS

MATERIAS OPTATIVAS:

( 3 A ESCOGER )

- INTRODUCCION A LA SALUD RADIOLOGICA
- INTRODUCCION A LA CONTAMINACION DEL AIRE
- SISTEMAS ECOLOGICOS Y GENERALES
- INTRODUCCION A DESECHOS SOLIDOS
- INTRODUCCION A LA ADMINISTRACION DE LAS FUENTES AMBIENTALES
- INGENIERIA EN SALUD PUBLICA.

GRADO DE MAESTRIA: NIVEL

MATERIAS

- 1) CONTAMINACION DELAIRE
- 2) BIOLOGIA AMBIENTAL
- 3) QUIMICA AMBIENTAL
- 4) ADMINISTRACION DE LOS RECURSOS AMBIENTALES
- 5) SALUD RADIOLOGICA

- 6) DESECHOS SOLIDOS
- 7) ECOSISTEMAS
- 8) CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA
- 9) ABASTECIMIENTOS DE AGUA.

GRADO DE INGENIERIA:

GRADO DE DOCTORADO:

ES NECESARIO TENER LA MAESTRIA EN INGENIERIA DE CIENCIAS AMBIENTALES

CURSOS PARA GRADUADOS

- 1) OPERACIONES AVANZADAS DE TRATAMIENTO DE DESECHOS
- 2) DISEÑO AVANZADO DE INGENIERIA AMBIENTAL I
- 3) DISEÑO AVANZADO DE INGENIERIA AMBIENTAL II
- 4) ADMINISTRACION DE LA CALIDAD DEL AGUA. SEMINARIO
- 5) SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA
- 6) INGENIERIA AVANZADA DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA
- 7) SISTEMAS DE ESTUARIOS
- 8) SISTEMAS DE TRANSPORTE DE CONTAMINACION
- 9) QUIMICA AMBIENTAL
- 10) RESIDUOS RADIACTIVOS
- 11) PRODUCTOS ELECTRONICOS DE RADIACION

- 12) INSTRUMENTACION AMBIENTAL
- 13) MUESTREO Y ANALISIS DEL AIRE CONTAMINADO
- 14) MEDIDAS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
- 15) METEOROLOGIA AMBIENTAL
- 16) EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
- 17) SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS  
OTRAS MATERIAS

7. CHARLES COUNTY  
COMMUNITY COLLEGE  
LA PLATA, MARYLAND

CURSOS:

1. GRADO A. A.

PROGRAMA DE DOS AÑOS DE TECNOLOGIA PARA LA DISMINUCION DE LA  
CONTAMINACION.

2. CERTIFICADO DE UN AÑO EN TECNOLOGIA DE DESECHOS SOLIDOS.

3. CERTIFICADO DE UN AÑO EN TECNOLOGIA SANITARIA

4. SEMINARIOS PROFESIONALES Y CURSOS CORTOS PARA ADMINISTRACION  
DE DISMINUCION DE CONTAMINACION.

5. GRADO A. A.

PROGRAMA DE DOS AÑOS EN TECNOLOGIA DE DESECHOS SOLIDOS.

## 8. THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

WILKES-BARRE CAMPUS

WILKES-BARRE PENNSYLVANIA 18708

ESPECIALIZACION DE DOS AÑOS.

TECNICO EN INGENIERIA PARA CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE. ESTA ESPECIALIZACION PREPARA GRADUADOS EN TECNICOS PARA CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE (CALIBRACION, INSTALACION Y OPERACION DE MUESTREO Y EQUIPO DE MONITOREO, INSPECCIONES DE PLANTA, ETC.).

## 9. SULLIVAN COUNTY COMMUNITY COLLEGE

LOCH SHELDRAKE, NEW YORK 12759

DIPLOMA - CARRERA DE UN AÑO

TECNICO AUXILIAR EN CONTROL DE LA CONTAMINACION DE AIRE Y AGUA

CURSO:

- EFECTOS BIOLÓGICOS E INORGÁNICOS EN CONTAMINACION DE AGUA
- QUÍMICA DE CONTAMINACION DE AGUA
- EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

OTRAS MATERIAS.

WASHINGTON STATE UNIVERSITY

ESTA UNIVERSIDAD OFRECE LOS SIGUIENTES CURSOS.

1. LICENCIATURA:

LICENCIATURA DE CIENCIAS EN CIENCIAS AMBIENTALES.

2. GRADO DE MAESTRIA.

MAESTRIA DE CIENCIAS EN CIENCIA AMBIENTAL.

TANTO LA LICENCIATURA COMO LA MAESTRIA PUEDEN ESTAR DENTRO  
DE ESTAS SEIS AREAS DE ESPECIALIZACION:

- ECOLOGIA AGRICULTURAL
- CIENCIA BIOLOGICA
- ECOLOGIA CULTURAL
- SALUD AMBIENTAL
- RECURSOS NATURALES
- CIENCIA FISICA.

ADEMAS, EXISTE TAMBIEN LA MAESTRIA EN CONTAMINACION DEL AIRE:

EL ESTUDIANTE DEBE TENER UN GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERIA,  
FISICA O EN CIENCIAS BIOLOGICAS.

WASHINGTON STATE UNIVERSITY

PULLMAN, WASHINGTON 99163

E.U.A.

HARVARD UNIVERSITY

FACULTAD ARTES Y CIENCIAS

LOS CURSOS IMPARTIDOS SE ENCUENTRAN DENTRO DE LAS AREAS DE INGENIERIA E INGENIERIA AMBIENTAL.

LOS CURSOS PARA GRADUADOS EN GRADO SUPERIOR SON:

1. INGENIERIA. DISEÑO O PLANES DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA. APLICACION A LOS PROBLEMAS DEL ABASTECIMIENTO DEL AGUA Y SU CONTAMINACION. DESIGNACION COMPRENSIVA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

PRERREQUISITOS: GRADUADO EN INGENIERIA O GRADO MEDIO.

2. FENOMENOS DE TRANSPORTE EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA.  
TEORIA DEL TIEMPO DE RESIDENCIA, DISTRIBUCION Y SU APLICACION A LA PURIFICACION DE RIOS Y CORRIENTES, PROCESO DE SIGNIFICADO COMUN DE LA TECNOLOGIA MODERNA DE CONTROL DE LA CONTAMINACION.
3. SISTEMA DE INGENIERIA PARA EL CONTROL AMBIENTAL.  
ASPECTOS DE INGENIERIA PARA LA COLECCION Y DISPOSICION DE LAS AGUAS Y DESECHOS SOLIDOS. INTERCAMBIOS SIGNIFICANTES ENTRE LAS FASES GASEOSAS; LIQUIDAS Y SOLIDAS EN EL AMBIENTE INTERCAMBIO GEOGRAFICO.

COLECCION DE DATOS, PROGRAMAS DE MONITOREO Y CONTROL. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Y OPERACION DEL CONTROL DE LA CONTAMINACION.

PRERREQUISITOS: CIENCIAS DE INGENIERIA EN GRADO MEDIO.

4. CALIDAD DEL AGUA Y SU ADMINISTRACION

PRERREQUISITOS: CIENCIAS DE INGENIERIA PARA NO GRADUADOS O GRADUADOS EN GRADO MEDIO.

5. CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.

PRERREQUISITOS: CIENCIAS DE INGENIERIA PARA NO GRADUADOS O GRADUADOS EN GRADO MEDIO.

6. MODELOS QUÍMICOS DE AGUAS NATURALES Y CONTAMINADAS.

PRERREQUISITOS: FÍSICO-QUÍMICA: EJEM. CIENCIAS DE INGENIERIA PARA GRADUADOS Y NO GRADUADOS DE NIVEL MEDIO. EXPERIENCIA EN COMPUTACION.

7. MECANICA Y SEPARACION DE PARTICULAS.

PRERREQUISITOS: BASES FUERTES EN MECANICA DE FLUIDOS.

8. CONTROL AMBIENTAL

9. METODOS INSTRUMENTALES PARA EL ANALISIS AMBIENTAL.

10. IDENTIFICACION Y MEDICION DE LOS CONTAMINANTES DEL AIRE.
11. TECNOLOGIA DE AEROSOLES.
12. INGENIERIA EN PROTECCION RADIOLOGICA.  
PRERREQUISITOS: FISICA PARA GRADUADOS DE NIVEL MEDIO O CIENCIAS  
DE SALUD AMBIENTAL.
13. INTRODUCCION A LA PROTECCION RADIATIVA

HARVARD UNIVERSITY

FACULTAD DE ARTES Y CIENCIAS  
(FACULTY OF ARTS AND SCIENCES)  
HOLYOKE CENTER 822

CAMBRIDGE. MASS. 02138

E. U. A.



ENSEÑANZA SOBRE ESTUDIOS DEL MEDIO AMBIENTE  
EN UNIVERSIDADES E INSTITUTOS EN SUECIA.

LA EDUCACION DEL MEDIO AMBIENTE EN SUECIA PUEDE SER DIVIDIDA EN 4 PARTES.

1. EL CONOCIMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE. - LA ENSEÑANZA DE MATERIAS Y CURSOS DISPONIBLES QUE TENGAN RELACION CON LOS ASPECTOS DE CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE.
2. LA DEMANDA DE UN CURSO INTRODUCTORIO SOBRE PROBLEMAS DEL MEDIO AMBIENTE Y RELACIONARLO CON UN CURSO INTERDISCIPLINARIO. CURSOS DE ESTE TIPO HAN SIDO OFRECIDOS POR VARIOS AÑOS ESTOS CURSOS SON IMPARTIDOS PARA ESTUDIANTES DE DIFERENTES FACULTADES Y PARA QUIENES TRABAJAN EN ESTA RAMA.
3. LA NECESIDAD DE ABASTECER DE TECNICOS ALTAMENTE CAPACITADOS EN EL MEDIO AMBIENTE.
4. MUCHAS GENTES CON DIFERENTE VOCACION, TRATAN DIRECTAMENTE CON PROBLEMAS DEL MEDIO AMBIENTE, EN SUS PROFESIONES, NO SIENDO ESPECIALISTAS EN EL RAMO. ES POR ELLO QUE DEBEN DE ADQUIRIR UN CONOCIMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE HUMANO.

CURSOS UNIVERSITARIOS

5. CURSOS CORTOS INTRODUCTORIOS.

OBJETIVOS: DAR UN CONOCIMIENTO CORTO Y CONCISO DE PROBLEMAS DEL MEDIO AMBIENTE, DANDO UN CONOCIMIENTO OBJETIVO DEL PROBLEMA, DANDO AL ESTUDIANTE LA HABILIDAD DE CRITICA PARA LOS PROBLEMAS SOCIALES.

ASPIRANTES: ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS Y DE INSTITUTOS DE ALTA ENSEÑANZA.

ADMISION: EDAD 25 AÑOS, TRABAJANDO 5 AÑOS EN ESTA ESPECIALIDAD.

DURACION: 40 SEMANAS.

LUGAR: LUNDS UNIVERSITY. S-221 01 LUND SUECIA.

PROGRAMA: PARA CURSO CORTO DE INTRODUCCION DE CONTAMINACION Y PLANEACION DE RECURSOS NATURALES.

2 SEMANAS

INTRODUCCION

TEMARIO: 2 SEMANAS

SOCIEDAD Y MEDIO AMBIENTE.

SUELOS DIFERENTES CLASES DE TRATAMIENTO. CONTAMINACION DE AGUAS. CONTAMINACION DEL AIRE.

ENSEÑANZA SUPERIOR E INVESTIGACION CIENTIFICA EN HOLANDA:

LOS CURSOS SOBRE TEMAS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE SON

LOS CURSOS INTERNACIONALES DE INGENIERIA HIDRAULICA Y DE INGENIERIA SANITARIA Y SON LOS SIGUIENTES.

I. CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA.

ORGANIZADO POR: UNIVERSIDAD TECNICA DE DELFT- FUNDACION UNIVERSITARIA NEERLANDESA DE COOPERACION INTERNACIONAL.

SECUNDADO POR: LA ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD.

PROGRAMA: EL CURSO VERSARA SOBRE LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION DEL AGUA Y SOBRE EL ABSATECIMIENTO DE AGUA POTABLE E INDUSTRIAL.

DURACION: UN AÑO.

IDIOMA: INGLES.

LUGAR: DELFT.

II. CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA II.

ORGANIZADO POR: UNIVERSIDAD TECNICA DE DELFT. FUNDACION UNIVERSITARIA NEERLANDESA DE COOPERACION INTERNACIONAL.

SECUNDADO POR: LA ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD.

PROGRAMA: EL CURSO VERSARA SOBRE EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE, MEDIDAS SANITARIAS Y ADMINISTRACION DE LA SALUD PUBLICA EN LAS ZONAS EN LAS FASES AGRARIAS.

DURACION: UN AÑO.

IDIOMA: INGLES.

LUGAR: DELFT.

III. CURSO INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL MEDIO  
AMBIENTE.

ORGANIZADO POR: UNIVERSIDAD TECNICA DE DELFT. FUNDACION UNIVER-  
SITARIA NEERLANDESA DE COOPERACION INTERNACIONAL.

PATROCINADO POR: LA UNESCO.

PROGRAMA: LA PRIMORDIAL FINALIDAD DEL CURSO ES PROPORCIONAR  
CONOCIMIENTOS MAS ESPECIALIZADOS DE LOS CAPITULOS  
DE QUIMICA Y BIOLOGIA IMPORTANTES PARA EL MEDIO  
AMBIENTE.

IDIOMA: INGLES.

DIPLOMA: SE CONCEDE DIPLOMA.

DURACION: UN AÑO.

LUGAR: DELFT.

CURSO DE UN AÑO.

ESTOS CURSOS COMENZARON EN 1971 EN LA UNIVERSIDAD DE LUND.

ESTAN BASADOS EN LOS SIGUIENTES PRINCIPIOS.

PROGRAMA: DIVIDIDO EN 40 PARTES.

- |      |  |  |
|------|--|--|
| 6.P. | ESTUDIANTES DE CIENCIAS.   | 6.P. ESTUDIANTES DE CIENCIAS SOCIALES.       |
| 6.P. | LEYES BASICAS Y ECONOMICAS.  | 6.P. QUIMICA, MEDICINA Y PSICOLOGIA BASICAS. |
| 6.P. | PLANEACION Y GEOGRAFIA ECONOMICA.  | 6.P. ECOLOGIA Y GEOCIENCIA.                  |
| 6.P. | ECOLOGIA Y GEOCIENCIA II.  |  |
| 4.P. | AGRICULTURA, TECNOLOGIA FORESTAL Y SUS EFECTOS EN LA NATURALEZA.   |  |
| 8.P. | MANEJO GENERAL DEL AIRE AMBIENTE.<br>(AIRE, AGUA SUELO)  |  |
| 5.P. | HIGIENE DEL MEDIO AMBIENTE<br>TOXICOLOGIA  |  |
| 5.P. | LA SOCIEDAD Y EL MEDIO AMBIENTE<br>(LEGISLACION, PLANEACION REGIONAL, CONSERVACION DE RECURSOS NATURALES). |  |

UNIVERSIDADES QUE IMPARTEN  
ESTOS CURSOS.

STOCKHOLMS UNIVERSITY  
DROTTMIMGATTAN 116  
S-113 60 STOCKHOLM.

UPSALA UNIVERSITY  
S-751 01 UPSALA  
SUECIA

LUNDS UNIVERSITY  
S-221 01 LUND  
SUECIA

SKOGSHOGSKOLAN  
ROSLAGSVAGEN  
S-104 05 STOCKHOLM.  
SUECIA.

A-2 APENDICE DOS:

Abreviaturas de los nombres de las unidades que se utilizaron en esta tesis.

## 1. Lineales

Å	Angstrom
mm	milímetro
cm	centímetro
m	metro
km	kilómetro
μ	micrón
in	pulgada
ft	pie
yd	yarda
mi	milla

## 2. De superficie

mm <sup>2</sup>	milímetros cuadrados
-----------------	----------------------

## 2. De superficie

cm <sup>2</sup>	centímetros cuadrados
m <sup>2</sup>	metros cuadrados
in <sup>2</sup>	pulgadas cuadradas
ft <sup>2</sup>	pies cuadrados

## 3. De volumen

in <sup>3</sup>	pulgadas cúbicas
ft <sup>3</sup>	pies cúbicos
gal	galón
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
m <sup>3</sup>	metro cúbico
l	litro

## 4. De masa

g	gramo
Kg	kilogramo
lb	libra
ton	tonelada



## 5. De tiempo

t	tiempo
seg	segundo
min	minuto
hr	hora

## 6. De presión

atm	atmósfera
c.a.	columna de agua
m m Hg	milímetros de mercurio
c. Hg.	columna de mercurio

## 7. De velocidad

$\frac{\text{cm}}{\text{seg}}$	centímetro por segundo
$\frac{\text{m}}{\text{seg}}$	metro por segundo
$\frac{\text{km}}{\text{hr}}$	kilómetro por hora

$\frac{\text{ft}}{\text{seg}}$	pie por segundo
$\frac{\text{ft}}{\text{min}}$	pie por minuto
$\frac{\text{min}}{\text{hr}}$	minuto por hora
$\frac{\text{r}}{\text{seg}}$	revolución por segundo
$\frac{\text{r}}{\text{min}}$	revolución por minuto
cps	ciclos por segundo
cpm	ciclos por minuto

#### 8. De ruido

db	decibel
I	intensidad

#### 9. De radiación

Ci	curie
rd	rad.

## 10. De resistencia

ohm    ohm

## 11. De Química

ppm    partes por millón

p.m.    peso molecular

p.e.    peso equivalente

ppb    partes por billón

BIBLIOGRAFIA:

1. Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biósfera (MAB). Informe Final. Primera Reunión. Paris. 9-19 Nov. (1971).
2. González, G., J., Fernández, A., A., Segura, P., L.  
Ecología.  
Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.  
México, D. F. (1972).
3. Hanlon, J., Dr. La Salud, Los Valores y el Ambiente del Hombre. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 72 (4) 316-324 (1972).
4. Kormondy, E., J.  
Concepts of Ecology.  
Prentice - Hall, Inc.  
New Jersey (1969).
5. Meadows, D., H., Meadows, D., H., Randers, J., Behrens III, W., W.  
Los Límites del Crecimiento.  
Fondo de Cultura Económica.  
México (1972).
6. Odum, E., P.  
Fundamentals of Ecology  
2d. Ed.  
W. B. Saunders Co.  
Philadelphia (1971).

7. Oficina Sanitaria Panamericana y Escuela de Salud Pública, Universidad de Texas. Discusiones Técnicas sobre Contaminación del Medio Ambiente. Consecuencia de los Cambios Ambientales para la Salud. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 72 (4) 286-315 (1972).
8. Voigt, J.  
La Destrucción del Equilibrio Biológico  
Alianza Editorial  
Madrid (1971).
9. Turk, A., Dr., Turk., J., Dr., Witts, J., T, Dr.  
Ecología - Contaminación - Medio Ambiente  
Nueva Ed. Interamericana, S. A. de C. V.  
México, D. F. (1973).
10. Wannoi, L., L., Dr. Contaminación del Ambiente. Determinación de Prioridades para Programas de Acción. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 72 (4) 325-343 (1972).
11. Terradas, J.  
Ecología, Hoy  
Editorial Teide, S. A.  
Barcelona (1971).
12. Dubos, W.  
Only One Earth  
W. W. Norton and Co., Inc.  
New York (1972).
13. Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental.  
México, D. F.  
1971.

14. Lund, H. F.  
Industrial pollution control handbook.  
Mc. Graw.  
1971.
  
15. Boletín - México - El Mejoramiento del ambiente una perspectiva de la nación.  
México, D. F.  
Julio 1972.
  
16. Stewart, R. W. The environment and your government. Federal Pollution control.  
33-47 1971.
  
17. Curso corto sobre contaminación ambiental con énfasis en contaminación atmosférica.  
Universidad de Texas.  
El Paso, Texas.  
1973.
  
18. Bricio, D. F. Ing. - Las máquinas de combustión. Memoria I reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental.  
Vol. II, Pág. 693 - 699.
  
19. La protección de nuestro medio. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente.  
Estocolmo, Suecia.  
1972.
  
20. Chovin, P.  
La Polución atmosférica.  
Oilos Tau 1969  
México.

21. America Association for the Advancement of Science Symposium.  
Global effects of environmental pollution.  
Dic. 1968.  
Dallas, Texas.
22. Meluin, B.  
Our Precarious habitat an integrated approach to understanding  
man's effect on his environmental.  
Washington, D. C.  
1967.
23. William, T. I.  
Personal air pollution monitoring devices.  
New York.  
1970.
24. Massuet, V.  
La lucha contra el polvo en la industria.  
Cedel 1970.  
España.
25. Control of particulate emissions.  
Manpower development staff.  
Institute for air pollution training.  
New York.  
1972.
26. Yañez, E. Ing. Precipitadores electrostáticos. Revista del Ins-  
tituto Mexicano de Ingenieros Químicos, 3 volumen, No. XIV, Pag.  
35-44.  
1973.
27. Boulding, G. S.  
Costos de la descontaminación.  
Pax Mex.  
1973.

28. Besselleve, E. B.  
The Treatment of Industrial Wastes  
Mc. Graw Hill Book Co.  
New York (1969).
  
29. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York  
Manual de Tratamiento de Aguas Negras  
Ed. Limusa - Wiley, S. A.  
México, D. F. (1964).
  
30. Cleaning Our Environment, The Chemical  
Basis for Action.  
American Chemical Society.  
Washington, D. C. (1969).
  
31. Seels, F., H. (Calgon Corp.) Industrial Water Pretreatment.  
Chemical Engineering. 26 27-32 (1973).
  
32. Hoover, W., E., Jr., Peoples, R., F., and Hoerner, J., A.  
Wastewater Treatment for an integrated pulp and paper mill.  
Journal of Water Pollution Control Fed. 45 (3) 523-530. (1973).
  
33. Ceresa, M., and Lancy, L., E. Metal Finishing Waste Disposal.  
Metal Finishing April, May, June 2-20 (1968).
  
34. Dugan, P., R.  
Biochemical Ecology of Water Pollution.  
Plenum Press  
New York (1972).



35. Clark, J., W., Warren, V., Jr., Mark, H., J.  
Water Supply and Pollution Control  
2d. Ed.  
International Tex Book Co.  
Scranton, Pennsylvania (1971).
36. Fair, G., M., John G., C., Okun, D., A.  
Ingeniería Sanitaria y Aguas Residuales.  
Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales.  
Vol. II  
Ed. Limusa - Willey, S. A. y Centro Regional de Ayuda Técnica,  
Agencia para del Desarrollo Internacional.  
México (1971).
37. Standard Methods for the examination of Water and Waste-Water.  
Including Bottomm and Sediments and Sludges.  
11d Ed.  
American Public Health Association, Inc.  
New York (1972).
38. Rex water Screening equipment. Bulletin No. 315-13  
Rex Chain Belt Inc. (1967).
39. Graham, K., A.  
Manual de Ingeniería de los Recubrimientos Electrolíticos.  
Compañía Editorial Continental, S. A.  
México (1967).
40. Reglamento para la Prevención y Controlar la Contaminación de  
Aguas. S. R. H., S. S. A., Diario Oficial, 29 de marzo de 1973.

41. Colin, B., Ing., Castillo, I., Ing., Abarca, M., A., Desarrollo de Nuevos Productos a partir de la Lignina Recuperada de los Licores Negros. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. México (1973).
42. Dicker, D., W., G. Biodegradability of Detergents. Rep. on the Prog. of Appl. Chem. 48 334-42 (1963).
43. Huddleston and Allred. Determination of non ionic Surfactant biodegradability. Physical properties vs. Colometry J. Am. Oil Chem. Soc. 42 (11) 983-86 (1966).
44. Swisher, R., D. the Chemistry of Surfactant Biodegradation. J. Am. Oil Chem. 40 648-56 (1963).
45. Heyman, and Molt. Biodegradation of linear alkylated Sulfonates. Environ. Sci. and Technol. 2 (10) 773-78 (1968).
46. Baptist, J., N., Gholson, R., K., and Coon, M., J. Hydrocarbon oxidation by a bacterial enzyme system. I. Products of octane oxidation. Biochim. Biophys. Acta. 69 40- 47 (1963).
47. Patty, F., A. Industrial Hygiene and Toxicology Vol II 2d Ed. Interscience Publishers, Inc. New York (1958).

48. Renn, C., E., Kline, W., A., and Orgel, G. Destruction of alkyl sulfonates in biological wastes treatment by Field Test, J. Water Pollution Control. Fed. 36 864-79 (1964).
49. Stewart, J., E., Finnerty, W., R., Kallior., E., and Stevenson, D., P., Esters from bacterial oxidation of olefins. Science. 132 557-64 (1960).
50. Evans, W., C. The microbiological degradation of aromatic compounds. J. Gen. Microbiol. 32 177-84 (1963).
51. Alpert, R., Lundgren, D., G., Marchessault, R., H. and Cote, W., A. Properties of poly-Beta-hydroxybutyrate. 1. General Consideration concerning the naturally occurring polymer. Biopolymers 1 545-56 (1963).
52. Mc. Kenna, E., J., and Kallio., R., E. Hydrocarbon Structure: its effect on bacterial utilization of Alkenes. In Heu Keleian, H., and Dondero, N. (eds). Principles and Applications of Aquatic Microbiology, Wiley, New York. 452 pp.
53. Zobell, C., E. Action of Microorganisms on Hydrocarbons. Bacterial. Rev. 10 1-49 (1946)
54. Baptist, J., N., Gholson, R., K., and Coon, M., J. Hydrocarbon oxidation by a bacterial enzyme system. I. Products of octane oxidation. Biochim. Biophys. Acta 69 40-47 (1963).

55. Johnson, P., A., and Quayle, J., R. Microbial growth on C, compounds. *Biochem, J.* 95 859-67 (1965).
56. Kestes, A., S., and Foster, J., W. Diterminal oxidation of long Chain alkanes by bacteria, *J. Bacteriol.* 85- 859-69 (1963).
57. Acero Rueda, J.  
Industrialización de Desechos Sólidos,  
Memoria I Reunión Nacional Sobre Problemas  
de Contaminación Ambiental.  
México, D. F.  
2: 969-78 (1973).
58. Boletín Buhler de México, S. A. de C. V.  
1-4.
59. Guajardo, R.  
Problema de la Contaminación de los Suelos Agrícolas  
Debido al Empleo de Aguas Negras.  
Memoria I Reunión Nacional Sobre Problemas  
de Contaminación Ambiental.  
México, D. F.  
2: 1005-7 (1973).
60. Vázquez Soto, J.  
Diferentes Métodos de Control de la Erosión,  
Memoria I Reunión Nacional sobre Problemas  
de Contaminación Ambiental.  
México, D. F.  
2: 1141-46 (1973).

61. Núñez E., R.  
El Uso de los Fertilizantes y la Contaminación del Medio Ambiente,  
Memoria I Reunión Nacional sobre Problemas de Contaminación Ambiental,  
México, D. F.  
2: 1019-23 (1973)
62. Davies, E.  
Los Plaguicidas y el Ambiente,  
Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana,  
480-90 (1973).
63. Suárez Muñoz-Ledo, R.  
Posibilidades de Contaminación de Suelos por el Uso de Plaguicidas,  
Memoria I Reunión Nacional sobre Problemas de Contaminación Ambiental,  
México, D. F.  
2: 1047-52 (1973)
64. Hayes, W. J.  
Manual Clínico sobre Substancias Tóxicas,  
Publicación Científica 143,  
Organización Panamericana de la Salud,  
México (1966).
65. Thompson, W. T.  
Agricultural Chemicals,  
Book I - Insecticides,  
Thompson Publications,  
Fresno, California (1970)

66. Thomson, W. T.  
Agricultural Chemicals  
Book II - Herbicides,  
Thomson Publications,  
Fresno California (1970).
67. Thomson, W. T.  
Agricultural Chemicals,  
Book III - Fumigants, Growth Regulators,  
Repellents and Rodenticides,  
Thomson Publications,  
Fresno, California (1970).
- 67'. Thomson, W. T.  
Agricultural Chemicals,  
Book IV - Fungicides,  
Thomson Publications,  
Davis, California (1967).
68. Echegaray Alemán, A.  
Contaminación del Suelo y Agua por  
Pesticidas,  
Memoria I Reunión Nacional sobre Problemas  
de Contaminación Ambiental,  
México, D. F.  
2: 1091-96 (1973)
69. Newson, L. D.  
Consequences of Insecticide Use on Nontarget  
Organism,  
Ann. Rev. Entom.  
12: 257-86 (1967)

70. Mumma, R. O.; Wheeler, W. B., Frear, E. H. and Hamilton, R. H.  
Dieldrin, Extraction of Accumulations by Root Uptake,  
Science,  
152: 530-31 (1966)
71. Alfaro, A.  
Plaguicidas Agrícolas,  
Ministerio de Agricultura  
Inst. Nac. Ing. Agron.  
Madrid  
560 (1968)
72. Street, J. C.  
Ecological System: Domestic Animals  
Chicester C. Research in Pesticides.  
Academic Press,  
379 (1965).
73. Smith, R. F., Hoskins, W. M. and Fullmer, O. H.,  
Secretion of DDT in Milk of Dairy Cows Fed low Residue  
Alfalfa,  
Jour, Econ. Entom.  
41: 759 - 63 (1948)
74. Gannon N., Link R. and Decker G.  
Insecticide Residues in the Milk of Dairy Cows  
Fed Insecticides in their Daily Ration,  
Jour, Agric. Food Chem.  
7: 829 - 32 (1959)

75. Durham, W. F., Armstrong, J. F., Upholt, W. M. and Heller, C.,  
Insecticide Content of Diet and Body Fat of Alaskan Natives,  
Science.  
134: 1880-1 (1961)
76. Gannon, N., Link, R. and Decker, G.,  
Storage of Dieldrin in Tissue and its Excretion in Milk of Dairy Cows Fed Dieldrin in their Test,  
Jour, Agrc. Food Chem,  
7: 824-26 (1959)
77. Ahmed, M. K., Casida, J. E. and Nichols, R. E.,  
Bovine Metabolism of Organophosphorous Insecticides: Significance of Rumen Fluid with Particular Reference to Parathion,  
Jour. Agr. Food Chem.  
6: 740-45 (1958)
78. Funckes, A., Hayes, G. and Hartwell, W. U.  
Urinary Excretion of Paranitrophenol by Volunteers Following Dermal Exposure to Parathion at Different Ambient Temperatures,  
Jour. Agric. Food Chem.,  
11: 1963 (1963)
79. De la Jara, F.  
Efectos Fisiológicos y Toxicológicos de Plaguicidas Organofosforados en Mamíferos,  
Bol. Tec. Shell. D. M. S.,  
61: 11 (1968)



- 79'. Ordóñez, B. R.  
Aspectos Generales de los Efectos,  
en la Salud de la Contaminación  
Ambiental.  
Memoria I Reunión Nacional Sobre Problemas de  
Contaminación Ambiental.  
México, D. F.  
1: 221-226 (1973).
80. Knaak, J. B., Tallant, M. J., Bartley, W.  
and Sullivan, L.,  
The Metabolism of Carbaril in the Rat,  
Guinea Pig and Man,  
Jour. Agric. Food Chem.,  
13: 537 - 42 (1965)
81. Gyrisco, G. G., Lisk, D. J., Ferting, S. N., Hundleston,  
E. W., Fox, F. H., Holland, R. F., and Trimmerger, G.,  
The Effects of Feeding High Levels of Sevin on  
Residue Flavor and Odor of the Milk of Dairy Cattle.  
Jour. Agric. Food Chem.,  
8: 409-10 (1960)
82. Castro, M.,  
Acción de los Insecticidas no Fosforados,  
Seminarios Otoño 1969.  
Rama de Entom. Col. de Pstgrad.  
Chapingo,  
16-37 (1970).
83. Medidas Precautorias de la Dirección General  
de Sanidad Vegetal para el Uso Racional de  
Insecticidas,  
Medio Ambiente,  
México,  
2: 7-8 (1973)

84. Mortvedt,  
Micronutrient in Agriculture,  
Soil Sci. Soc. Am. Proc.,  
Madison Wis.
85. Temática de problemas de mejoramiento del ambiente. Secretaría  
de Salubridad y Asistencia.  
México.  
1972.
86. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.  
México.  
1972.
87. Nikolaeva, T.  
Maximum permissible concentrations of toxic substances in the  
atmosphere.  
Gigiena, Japón.  
1969.
88. Giberson, W. L.  
New challenges in environmental health control.- U. S. Public  
Health Services Trans Studies.  
Washington, D. C.  
1965.
89. Anteproyecto para el reglamento para la prevención y control de  
la contaminación ambiental originada por los plaguicidas.  
México.  
1973.

90. Anteproyecto para el reglamento para la prevención y control de la contaminación ambiental originada por el ruido.  
México.  
1972.
91. Stone R. W.  
Evaluation at pollutions.- Chemical engineering, Vol. 2 No. XIX.  
Pag. 34- 39  
1971.
92. Datos y Tablas del Centro Interprofesional Técnico de Estudios de la Contaminación.  
New York.  
1969.
93. Smith A. R.- Soc. Chem. Ind.  
Some aspects of air pollution.  
London.  
1970.
94. Aits huller, A. P.  
Air Pollution.- U. S. Dept. of health education.  
Welfare, Cincinnati, Ohio, U. S.  
1964.
95. Márquez, M. E. Dr.  
La Contaminación atmosférica en México.  
Memoria I Reunión Nacional, sobre problemas de  
Contaminación ambiental. Vol. I, Pag. 61-75.  
1973.