

---

Facultad de Ingeniería

**Importancia de la Disposición de las Aguas  
Residuales y su Tratamiento Considerando  
los Sistemas Ecológicos**

**T E S I S**

Que para obtener el título de :

**I N G E N I E R O C I V I L**

p r e s e n t a :

**ENRIQUE CALDERON JIMENEZ**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL

AVENIDA

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-141

Al Pasante señor ENRIQUE ELISEO CALDERON JIMENEZ,  
P r e s e n t e .

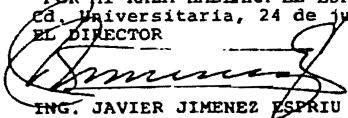
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Héctor Alvarez Ramírez, para - que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"IMPORTANCIA DE LA DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SU TRATAMIENTO CONSIDERANDO LOS SISTEMAS ECOLOGICOS"

- I. Los sistemas ecológicos
- II. Disposición de las aguas residuales
- III. Tipo de tratamiento
- IV. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 24 de julio de 1979  
EL DIRECTOR

  
ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

  
JJE/OBLH/ser

## INDICE

	Página
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. LOS SISTEMAS ECOLOGICOS.....	5
I.1.Ecología General.....	5
I.2.Conceptos Básicos de la Ecología...	6
I.3.Cadenas y Ciclos Alimenticios.....	15
CAPITULO II. DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES	22
II.1.Contaminantes del Agua.....	22
II.2.Impurezas del Agua.....	26
II.3.Composición de las Aguas Naturales	28
II.4.Características de las Aguas Resi- duales.....	29
II.5.Consecuencia de los Contaminantes- Microorganismos.....	37
II.6.Desechos Industriales en el Agua..	38
II.7.Corrosividad.....	41
II.8.Métodos para la Disposición Final de las Aguas Residuales.....	43
CAPITULO III. TIPOS DE TRATAMIENTO.....	48
III.1.Introducción.....	48
III.2.Tratamiento Preliminar.....	49

	<b>III.3.Tratamiento Primario.....</b>	<b>52</b>
	<b>III.4.Tratamiento Secundario.....</b>	<b>55</b>
<b>CAPITULO</b>	<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>68</b>

## INTRODUCCION

De todos los problemas ecológicos del hombre moderno, los que más deberían preocuparnos son los relacionados con la explosión demográfica, urbanización e industrialización. La adaptación del hombre al fenómeno ecológico no es simple, ya que se plantean difíciles problemas que requieren una profunda investigación, la misma que requerirá una actualización para adaptarla a la dinámica de la evolución social y tecnológica.

El control sanitario del ambiente en el que vivimos es muy importante, las condiciones insalubres han producido más muertes y enfermedades que cualquier otro factor. Por fortuna, la Ingeniería Sanitaria y las disciplinas actuales disponen, hoy en día, de técnicas suficientes para sanear cualquier tipo de ambiente habitado por el hombre. La aplicación de esos conocimientos es prácticamente limitada, debiendo plantearse como meta a ser alcanzada por todas las comunidades, no solo como un objetivo sanitario, sino como una característica de civilización.

La comparación de las condiciones presentes y futuras en las que vive y vivirá el hombre sirve de marco de referencia para calificar la calidad del ambiente en el que vivimos.

La contaminación podría describirse, en términos generales, como la alteración desfavorable del medio que nos rodea,

ocasionando problemas que tienden a gobernar la dinámica de la salud, de la economía y de los caracteres sociales del ser humano. La magnitud y complejidad de los problemas, representan un desafío a todos los elementos constitutivos de la sociedad.

Los desperdicios o residuos producto de la vida urbana, doméstica, social, agrícola, recreativa e industrial, que no son adecuadamente dispuestos, ocasionan alteraciones físicas, químicas y biológicas en las características del aire, agua, suelo y la creación de problemas que deterioran los recursos materiales y naturales.

La urbanización es un fenómeno real que tiene caracteres de mayor o menor alarma, dependiendo del país. A partir de los estudios demográficos se podrá estimar en forma cualitativa y cuantitativa, los problemas ambientales que pueden derivarse del incremento de las concentraciones urbanas en determinadas regiones del país.

La contaminación del agua, aparte de producir situaciones inadecuadas para que el hombre pueda usar ese recurso en la satisfacción de sus necesidades domésticas, agrícolas o industriales, origina una perturbación del medio en el que se desarrolla la comunidad o vida acuática. Esa alteración puede ocasionar que ciertas especies proliferen y otras tiendan a desaparecer, dando lugar a un desequilibrio ecológico. Al mismo tiempo aquellos que no pueden tolerar el nuevo régimen ecológico originado

tienden a reducirse.

Por ejemplo, al estudiar los cambios de una corriente de agua, por efecto de las descargas de materiales degradables, se tiene un nuevo sistema ecológico que debe adaptarse a las nuevas condiciones. Se produce primero una zona de degradación, seguida de una zona de descomposición y luego una de recuperación, para finalizar con una de aguas claras.

En cada una de esas condiciones cambian el número y tipo de especies acuáticas. Los nutrientes disponibles proveen de alimentación a ciertos microorganismos, creando una demanda de oxígeno. Los microorganismos que metabolizan los alimentos y se reproducen bajo condiciones aerobicas requieren de la presencia de oxígeno gaseoso disuelto; por tanto, mientras más abundante sea el alimento los organismos requieren más oxígeno disuelto. En caso contrario, si el alimento disminuye, las necesidades de oxígeno también disminuyen. Al producirse la reareación se restablece la concentración de oxígeno en la corriente.

Existen numerosos procesos para el tratamiento de los residuos líquidos, para su selección será necesario considerar las características del desecho y el grado de tratamiento requerido considerando el equilibrio ecológico del lugar.

Para fines del presente trabajo se enumerarán una serie de conceptos ecológicos partiendo de la propia definición de la Ecología, para abordar el problema de la contaminación de las aguas residuales en base a los métodos de disposición más em



pleados y los tipos de tratamiento recomendables sin perder de vista el aspecto ecológico.

## CAPITULO I

### SISTEMAS ECOLOGICOS

En este capítulo se presenta un enfoque ecológico a la problemática de la contaminación del medio ambiente, justificando de tal manera la importancia de la disposición de las aguas residuales y los tipos de tratamiento más usuales a que se someten.

#### 1.1. Ecología General

La Ecología contemporánea es en sí una ciencia de frontera, disciplina puente, la cual se ha convertido en los últimos 27 años en algo de tal importancia que raya en lo notable. La palabra Ecología deriva del griego OIKOS: casa y LOGOS: tratado o estudio, fue acuñada en 1869 por el científico alemán Ernest Haeckel, amigo de Charles R. Darwin, o sea que la disciplina tiene aproximadamente 108 años de edad. Sin embargo, su antecesora inmediata es la Historia Natural y ésta es tan vieja como la vida del hombre sobre el planeta. Haeckel inventó el término para describir un estudio hecho sobre la relación que guarda una especie animal con lo que le rodea, o sea, que el término en su origen fue pobre; sin embargo, la palabra gustó, tuvo aceptación y rápidamente se divulgó, también el dominio del concepto fue ampliado y a fines del siglo pasado la Ecología se entendía como una rama del saber que se dedicaba al estudio de los organismos y de su medio ambiente.

Actualmente, ha tenido diversas definiciones y clasificaciones entre las cuales podemos mencionar las más aceptadas.

"Ecología es la ciencia que estudia las relaciones del medio ambiente con los seres vivos y las relaciones que guardan éstos entre sí, estudia la estructura y función de la naturaleza y todo aquello que las demás ramas de la Biología no alcanzan a estudiar".

En su clasificación el ecólogo Ramón Margalef por cuestiones prácticas la divide en las siguientes áreas:

- a) Descripción y Ordenación del Paisaje
- b) Ecología Relacionada con la Fisiología y Etología (Ciencia del Comportamiento)
- c) Ecología Aplicada y Ecología Agrícola
- d) Ecología Demográfica
- e) Ecología Acuática
- f) Ecología Teórica.

## I.2. Conceptos Básicos de la Ecología

Una vez ubicados en las definiciones de la Ecología, así como en sus clasificaciones enunciaremos en este inciso algunos de los más importantes conceptos de ésta, con el fin de adentrarnos al campo de la Ecología Humana y de la Ecología Urbana, ésta última de especial interés para los fines que persigue este trabajo.

A continuación se presenta una relación de los conceptos básicos más importantes y su definición.

- 1) Especie.- Individuos que se cruzan entre sí y tienen descendencia fértil.
- 2) Comunidad.- Conjunto de seres vivos de diferentes especies.
- 3) Ecosistemas.- Unidad funcional de la Ecología, formado por la comunidad y los factores abióticos: Agua, suelo, luz, temperatura, etc. La comunidad está formada por: Productores (plantas), Consumidores (herbívoros y carnívoros) y desintegradores (microorganismos).
- 4) Biosfera.- Nivel máximo de organización biológica, es el conjunto de los ecosistemas, o mejor dicho, es el ecosistema de mayor magnitud en la tierra, es parte de la corteza terrestre donde hay vida.
- 5) Flujo de Energía.- Flujo unidireccional, y es el transporte de la Energía, que en forma de calorías parte del sol; llega a los productores, es transformada y tomada por los consumidores, también es usada por los desintegradores, la energía es empleada para el desarrollo de los individuos, mucha de ella se gasta en la respiración y otra parte no se utiliza. Del sol parten 5000 kilocalorías  $\text{g/cm}^2$  por segundo y un carnívoro dará 1.5 kcal/ $\text{g/cm}^2$ /seg.

6) Ciclos Biogeo-químicos.- Son los sistemas circulares cerrados y debidamente realimentados de elementos compuestos que son fundamentales para la vida, tales como: el agua, el nitrógeno, el azufre, el carbono, etc. Todos éstos tienen un depósito natural que no conviene alterar, ya que perturba el ciclo. Un elemento tarda muchos años en completar su ciclo.

7) Cadenas de Alimentos y Estructura Trófica.- Las cadenas de alimentos se producen cuando un consumidor primario o herbívoro come a un productor o planta, y el consumidor primario es a su vez comido por un consumidor secundario o carnívoro y así sucesivamente; las cadenas pueden ser simples o complejas, dentro de un ecosistema se pueden tomar muchas cadenas, e incluso llegar a entrelazarse llegando a formar una red de alimentos, todo esto es lo que da una estructura trófica a la comunidad.

8) Densidad.- Número de individuos que existen en una determinada superficie.

9) Abundancia.- Es una medida basada en la densidad y que representa que tanto aparece una especie dentro de la comunidad.

10) Dominancia.- La especie más frecuente en una comunidad, es considerada por lo general como dominante.

11) Diversidad.- Es la medida de la riqueza de la comunidad; se mide con base tanto al número de especies, como al número de in-

individuos por cada especie.

12) Biomasa.- Es la masa viva de una comunidad. El peso fresco o seco de las plantas y/o animales que colectamos en una visita al campo y posteriormente se puede hacer un cálculo con el peso de la muestra para suponer el peso del bosque en general.

13) Productividad.- Es el incremento de la biomasa en un intervalo de tiempo.

14) Competencia.- Es la lucha que se establece entre poblaciones de la misma o diferentes especies por un recurso, sobre todo cuando este es escaso.

15) Predación.- Es la acción de que un organismo destruya y se alimenta de otro.

16) Nicho Ecológico.- Es el papel que juega una especie dentro del ecosistema.

17) Habitat.- Es el lugar en el que habita o vive la especie.

18) Medio Ambiente.- Es un conjunto de factores vivos y no vivos que rodean a una especie o a una población.

19) Población.- Conjunto de individuos de la misma especie, la población tiene atributos o categorías: Mortandad, natalidad, mi

gración, distribución de edades, de sexos, etc. Es un nivel de organización biológica.

20) Equilibrio.- Implica estabilidad, solo que el equilibrio ecológico no es estático, sino que es dinámico, está sujeto a fluctuaciones, solo que éstas no logran rebasar ciertos límites, de lo contrario provocarían la extinción de una o varias especies. El equilibrio es una suma de delicados aspectos que se dan en el ecosistema, cualquier alteración del ecosistema provoca indefectiblemente una grieta en el equilibrio, y la suma de grietas no solo nos llevaría al desequilibrio, sino más bien a una catástrofe.

21) Contaminación Ambiental.- Contaminación quiere decir contagio, enfermedad, infección, etc., entonces contaminación ambiental es la enfermedad del medio, y la contaminación es de dos tipos: orgánica e inorgánica y afecta al agua, aire, suelo y a los seres vivos, y consecuentemente a la hidrósfera, atmósfera y litósfera. El ruido y los desperdicios sólidos son también contaminantes, solo que se les estudia en forma especial.

22) Impacto Ambiental.- Es la suma de acciones tanto positivas -- como negativas que el hombre dispara al emprender un cambio en una comunidad, por ejemplo: Al construir una presa, al abrir una carretera, etc., de estas acciones puede medirse su importancia y su magnitud.

23) Sucesión Biológica.- Es la evolución y desarrollo de los eco

sistemas.

Con estas definiciones, historia y conceptos, tenemos un panorama más amplio de lo que representa la Ecología en la mayoría de las ciencias del hombre.

Antes de pasar a otro tema, cabe hacer algunos comentarios finales con respecto a lo mencionado anteriormente.

La Ecología ha adquirido una enorme importancia en los últimos 25 años, y cabe afirmarse que en todas las carreras universitarias y politécnicas se ven algunos temas relacionados con la Ecología, la palabra se ha puesto de moda y todo mundo quiere hacer Ecología, sin embargo, para poder ser un ecólogo en un nivel aceptable en este siglo debe tenerse cuando menos nociones de las especialidades siguientes: Biología General, Fisiología Vegetal y Animal, Geografía, Economía, Ingeniería, Arquitectura, Sociología, Matemáticas, Físico-Química, Política, Antropología, Medicina, etc. Es tal vez una de las especialidades más multi-interdisciplinarias que existen, es en sí una ciencia puente donde confluyen distintos caminos, es extraordinariamente rica y compleja que permite abrir diferentes puertas en los estudios ecológicos bien planeados y meditados, en los cuales podemos encontrar solución a muchos de los problemas que actualmente nos agobian. En cualquier área del saber los profesionales tenemos y debemos dar una buena Ecología.



Por lo que respecta a la Ecología Humana, esta es una rama extremadamente compleja y rebasa los límites de la imaginación, ya que ésta disciplina es la encargada de preservar la vida del hombre a través de la preservación de los ecosistemas. Para fines de este capítulo, nos limitaremos a definirla como la ciencia que une en forma total y definitiva a las ciencias naturales y a las ciencias sociales.

Por consiguiente, ahora corresponde mencionar a la Ecología Urbana, la cual a su vez también implica bastante dificultad al definirla, esto debido en una buena parte por su corta edad, ya que esta disciplina es la más joven y tendrá unos 15 años de edad aproximadamente.

Así partiremos de la definición que da Toledo en su tratado de Ecología y la define como la ciencia que estudia la interrelación entre el ecosistema y el sociosistema urbano. Es decir, el estudio del hombre a nivel colectivo y a nivel individual, contemplándolo con un enfoque multidisciplinario y analizando la repercusión de las funciones que tiene el hombre en la sociedad actual y sus cambios y/o alteraciones en el medio ambiente o habitat.

Quizás elaborando un marco de referencia para entender a la Ecología Urbana, ésta debe cubrir en forma íntegra y concreta los aspectos siguientes:

a) Espacio Vital.- El hombre posee además de las necesidades biológicas, requerimientos sociales, culturales, educativos, recreativos, etc. Todas estas necesidades deben ser contempladas en la planificación del espacio para su uso.

b) Cultura Ambiental.- En México hace falta que se desarrolle una vasta difusión de todo lo relacionado con nuestro ambiente, la campaña tiene que darse en todo nivel y usando todo lo que esté a nuestra mano. Deberán hacerse estudios y programas adecuados a nuestro país, el amor por la naturaleza y por el hombre debe ser incrementado, en esta campaña los educados deberán tener participación activa, incluso el servicio militar deberá contemplar este aspecto, en algunos sitios si se dá.

c) Demografía.- Todo profesional debería participar decididamente en todo lo que se refiera al crecimiento de la población humana, deben de tomar participación en los programas de planeación familiar y buscar que la tasa de crecimiento anual en México (una de las más altas en el mundo) se reduzca, a su vez deben de participar en la búsqueda del incremento de la productividad de los ecosistemas para dominar la tasa de migración de las zonas rurales y las urbanas.

d) Contaminación Ambiental.- Pocos son los profesionales en nuestro país que están verdaderamente preparados para hacer estudios de contaminación ambiental, sin olvidar que los estudios en general se harán entre especialistas de diversas áreas. Se sabe que

la contaminación es un hecho, se conoce que existe un gran perjuicio para la vida, pero hay escasos trabajos que demuestran contundentemente el daño de los contaminantes y los trabajos que existen, y es probable que hayan sido ocultados o desvirtuados. La contaminación debe ser detectada, controlada y disminuida y se debe luchar por la aplicación de las leyes de control de la contaminación y protección a los recursos renovables.

e) Impacto sobre el Ambiente.- Este es un concepto que se ha puesto de moda recientemente, por lo menos se ha logrado que, cuando se quiere emprender una acción sobre el ambiente se haga una evaluación previa del probable efecto que sucedería; sin embargo, esta evaluación como muchas otras es subjetiva y aunque se basa en la experiencia de los científicos y técnicos, es una opinión personal y poco confiable. Lo que debería de hacerse es realizar estudios de los efectos producidos por lo que hace el hombre, asignar valores a lo observado y con esta base buscar las alternativas más viables al realizar construcciones similares, que en este sentido se cuenta con el valioso auxilio de las computadoras.

f) Modelos y Teorías.- Deberán buscarse metodologías precisas de estudio y propias para nuestro país en cuanto a la repercusión de lo urbano sobre lo natural y de las relaciones que se establecen y las que se establecerán. México a principios del siglo XXI será un país eminentemente urbano, debemos estudiar el pasado y en el presente los flujos energéticos que son propios de México, Guadalajara, Monterrey, Saltillo, Torreón, Veracruz, Tamaulipas,

Tabasco, etc., para hacer extrapolaciones, asimismo, elaborar mo  
delos matemáticos y desprender teorías sobre la compleja gama de  
soluciones entre naturales y artificiales, buscando los balances  
entre estas.

### 1.3. Cadenas y Ciclos Alimenticios

La parte final de este capítulo está dedicada a present  
tar uno de los conceptos más importantes de los sistemas ecológic  
cos: El equilibrio de la naturaleza.

Consideremos que la tierra en sus movimientos intercamb  
bia muy poca materia con el resto del universo y para fines práct  
ticos, la vida empezó en este planeta con una cantidad determinad  
da de materias primas. Hay cantidades finitas de elementos divers  
sos, por ejemplo, de oxígeno, nitrógeno, carbono, hidrógeno e hier  
ro, y la forma química y física de cada elemento puede cambiar,  
pero no en su cantidad. En contraste, la tierra está recibiendo  
energía del sol y lo seguirá haciendo, sin embargo, existen dos  
limitantes al empleo de esta energía. Primero, una gran parte  
de ella es utilizada simplemente para calentar sus capas, y en  
segundo lugar, la cantidad de energía recibida diariamente es lim  
itada y ésta puede almacenarse en diversas formas y ser utilizad  
da más adelante.

Teniendo lo anterior como base, tanto las plantas como  
los animales necesitan materias primas y energía para vivir, así  
éstas utilizan materias simples y energía solar para sintetizar

compuestos orgánicos que almacenan energía, luego los animales consumen estos productos vegetales como fuente tanto de materia como de energía. Analizando este proceso, las plantas se caracterizan por la capacidad de convertir las materias primas, bióxido de carbono y agua, en sustancias orgánicas con la ayuda de la energía solar. Este proceso es conocido como fotosíntesis. Por consiguiente, las materias primas utilizadas son pobres en energía almacenada, en tanto que los productos de la fotosíntesis son ricos en energía.

Imaginemos ahora que las plantas tuvieran la capacidad de transformar sustancias pobres en energía, en sustancias ricas en energía indefinidamente y que no se produjeran otros tipos de cambios en la tierra. Esto tendría como resultado que las sustancias pobres en energía, tales como bióxido de carbono y el agua estarían agotados, y haría una acumulación ingente de sustancias ricas en energía, tales como las que comprenden las hojas, las semillas y las ramas, y la vida cesaría. Por supuesto, ésto no ocurriría ya que las materias primas describen ciclos.

Un ciclo generalizado puede representarse como sigue (ver fig. 1.1). Supongamos que la sustancia A es una materia prima vital para una determinada especie de organismo, y que la sustancia B es uno de sus productos. La sustancia B ha de ser luego una materia prima vital para otro organismo, que produce a su vez un nuevo producto. Esta alteración de productos y de organismos que los consumen ha de proseguirse hasta que el ciclo

quede completo, esto es, hasta que algún organismo produzca de nuevo nuestra substancia original A.

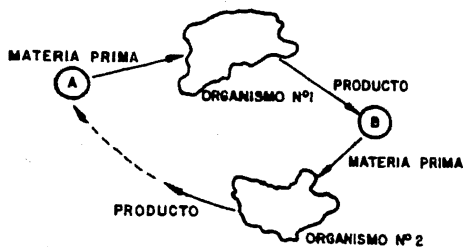


FIG. 1.1

Si se considera el promedio de un periodo prolongado de tiempo, cada producto ha de ser producido y consumido al mismo ritmo; el consumo ha de equilibrar la producción. Si alguna substancia del ciclo, por ejemplo la substancia B, se produjera con mayor rapidez, de aquella a que es consumida, empezaría a acumularse. La población del organismo núm. 2 aumentaría, ya que en respuesta a su mayor abastecimiento en alimentos, empezaría a consumir más substancia B. Finalmente, el consumo de B aumentaría suficientemente para regular su producción, y el ciclo se habría regulado en esta forma a sí mismo. Analizando el proceso inversamente, si B fuera producida a un ritmo inferior al de su demanda, la población del organismo núm. 2 disminuiría a causa de su insuficiencia. La demanda reducida resultante permitiría que la

producción igualara el consumo, y el equilibrio quedaría establecido. Toda interrupción permanente del ciclo, por ejemplo por la extinción de alguna de las especies de organismos y la incapacidad de cualquier otro organismo, para cumplir su función, conduciría necesariamente a la muerte del sistema entero.

De un modo general, en cuanto mayor sea el sistema, tanto mayor será su capacidad de adaptarse a la desigualdad. En los ecosistemas muy pequeños, el equilibrio ha de ser casi exacto para que el sistema pueda sobrevivir.

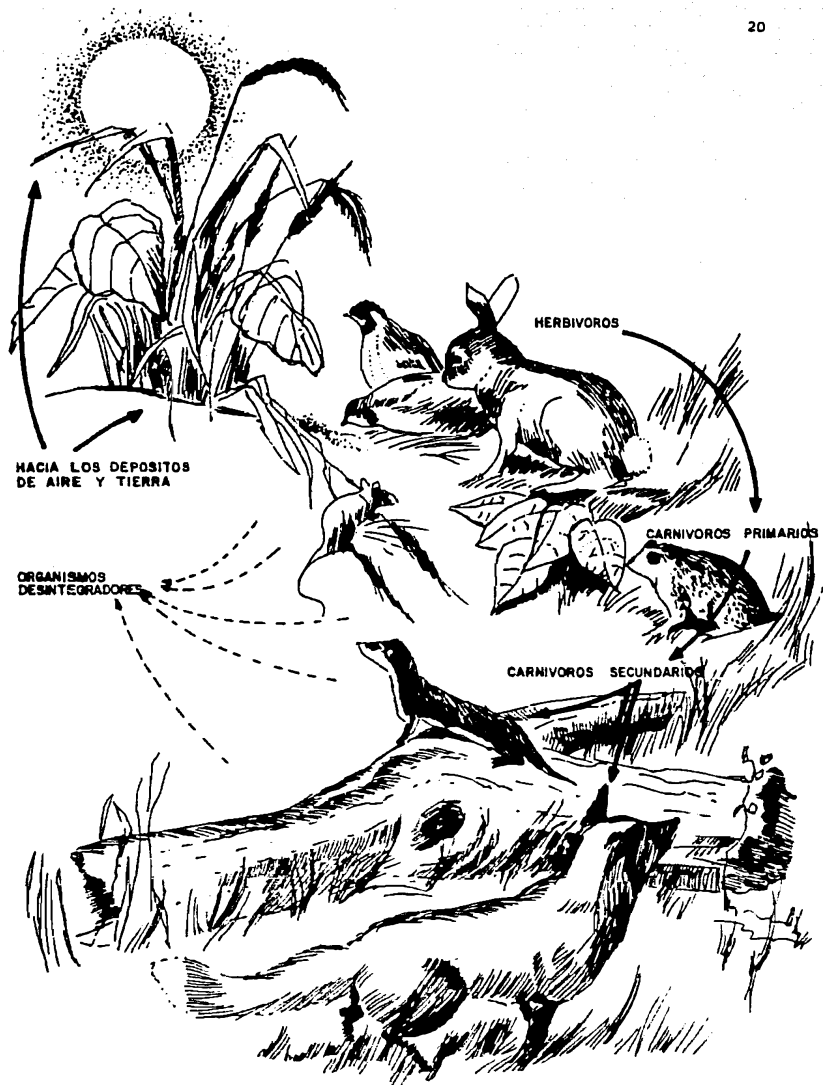
En la naturaleza, los ciclos alimentarios (cadenas de alimentos) son mucho más complejos. En todos los sistemas vivos, la energía es puesta a contribución en los procesos de fotosíntesis, que tiene lugar en los tejidos vegetales tanto en la tierra, como en el agua. Un ciclo alimentario generalizado, terrestre se muestra en la figura 1.2 y uno acuático en la figura 1.3, cabe hacer notar que algunos animales figuran ambos ciclos.

Los ecosistemas no siempre están necesariamente en equilibrio, pero de lo contrario, deberán de estarlo en el sentido opuesto en algún momento del futuro, para efecto de evitar un cambio violento de carácter. De hecho todos los ecosistemas fluctúan naturalmente. Por ejemplo, el clima varía de un año con otro, y otros trastornos, tales como la migración, sequía, inundaciones, fuego o heladas fuera de temporada pueden ocasionar el desequilibrio en el sistema ecológico. La capacidad de sobrevivir de un

ecosistema dependen de su capacidad de adaptarse a un desequilibrio, y el hombre forma una parte importante en este renglón, ya que altera violentamente los ecosistemas de la tierra. Por ejemplo, cuando una industria petrolera descarga residuos químicos o petrolíferos en las playas o lagos, destruyendo el terreno de cría de miles de aves migratorias y nadie más que el hombre, porque ni la propia naturaleza lo puede rehabilitar, necesitará que hacer un esfuerzo por impedir el avance de la contaminación en nuestro mundo y de esta manera preservar el equilibrio ecológico del cual hemos comentado.

Una vez ubicados en la problemática de la contaminación y su repercusión en la Ecología del lugar, en los capítulos posteriores se presentarán las formas en que se podrá abordar este problema que para fines de este escrito, tratará lo relativo a la contaminación del agua considerando los desechos industriales.





HACIA LOS DEPOSITOS  
DE AIRE Y TIERRA

HERBIVOROS

CARNIVOROS PRIMARIOS

ORGANISMOS  
DESINTEGRADORES

CARNIVOROS SECUNDARIOS

1.2 CICLO ALIMENTARIO DE BASE TERRESTRE GENERALIZADO

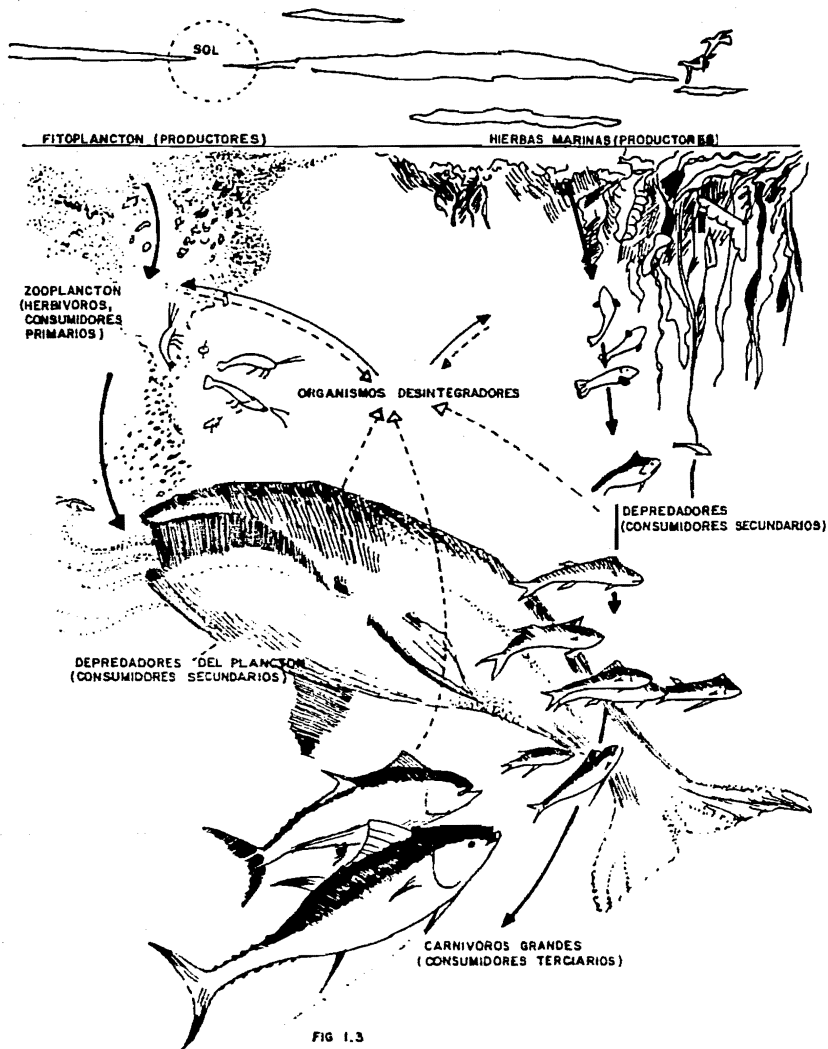


FIG 1.3

## CAPITULO II

### DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Antes de presentar los métodos para la disposición final de aguas residuales, conviene conocer los antecedentes necesarios para ir ubicándonos en el tema central de este trabajo; es decir, en este capítulo se estudiarán los contaminantes del agua, las clases de impurezas de ésta, su composición y las consecuencias de la contaminación del uso del agua en la industria considerando aspectos sobre desechos industriales y corrosividad, además de su impacto sobre el habitat humano, y por consiguiente la Ecología Urbana.

#### II.1 Contaminantes del Agua

En la química se concibe al agua pura como una sustancia que consta de moléculas de un solo tipo, donde se representan por la fórmula  $H_2O$ . Sin embargo, en la mayoría del agua contiene pequeñas cantidades de sales minerales disueltas, y estas sustancias contribuyen a menudo a darle gusto. Por ejemplo, en ocasiones hablamos de agua pura de manantial, en el sentido de una mezcla natural de agua y una pequeña cantidad de material mineral inofensiva y tal vez gustosa.

Por consiguiente, se considera contaminación del agua a la adición a la misma de materia extraña indeseable que deterio

ra su calidad, dicha calidad se puede definir como la aptitud pa  
ra. los usos beneficiosos a que se han venido dedicando para la  
bebida del hombre, de los animales, para riego de la tierra y has  
ta para la recreación. Por otra parte, la materia extraña conta  
minante podría ser o materia inerte, como la de los compuestos  
de plomo o mercurio, o materia viva, como la de los microorganismos,  
donde para cada una de estas se deberá tratar por separado  
según sea el caso.

El agua no es un líquido típico, no hay nada parecido  
a ella y una de las consecuencias de sus propiedades físicas y  
químicas es que admite la contaminación fácilmente.

La contaminación puede ocasionarse principalmente por  
la presencia de sólidos en suspensión, sustancias tóxicas, car-  
gas orgánicas y el calor.

Los sólidos en suspensión producen la reducción de la  
penetración de la luz en el agua. La luz es importante en el pro-  
ceso de fotosíntesis que aporta oxígeno y substituye al que es re-  
ducido por la respiración de los animales acuáticos. Se ha com-  
probado que la fotosíntesis es más importante que la turbulencia  
para obtener la reoxigenación del ecosistema acuático.

Siendo el oxígeno disuelto un elemento indispensable pa  
ra lograr la estabilización de la materia orgánica dispuesta en  
el agua, lo lógico será establecer condiciones de equilibrio en-

tre aquel y la demanda bioquímica del oxígeno. Esa relación nos da la pauta sobre la clase y grado de tratamiento que requiere un residuo líquido doméstico e industrial.

Los principales orígenes de la contaminación del agua son la población y la industria del azúcar, petróleo, química, papel y alcohol.

No siempre la contaminación del agua se debe únicamente a la carga orgánica, hay sustancias químicas que producen alteraciones en el medio acuático, entre los principales tenemos: Plaguicidas, herbicidas, fungicidas; fertilizantes que actúan a través del nitrógeno y fósforo como nutrientes produciendo fenómenos de eutroficación, detergentes y metales pesados.

Entre los elementos tóxicos que juegan un papel importante tenemos el mercurio, plomo, níquel, cadmio y arsénico.

Existe una relación entre el contenido de cadmio y la dureza en los sistemas de abastecimiento de agua, con las enfermedades cardiovasculares.

Por otra parte metales como zinc, magnesio, hierro, cobre, en concentraciones dos o tres veces mayores a los normales pueden producir daños que se hacen presentes solamente después de prolongados periodos.

Respecto al mercurio debemos recordar que por efecto de la luz solar hay reacciones de fotosíntesis con la presencia de la materia orgánica, que desempeña un papel catalizador y transforma los compuestos inorgánicos de mercurio en methyl-mercurio que es absorbido por los peces, creando intoxicaciones en las personas que los emplean como alimento.

En relación con el arsénico son muy conocidos los efectos que producen las altas concentraciones de ese elemento en el agua de consumo. Existen detergentes de uso doméstico que contienen arsénico en cantidades variables. Un hecho evidente constituye los riesgos de contaminación a través de los residuos que quedan en la ropa lavada.

A los contaminantes se les clasifica en: causantes de enfermedades, conservativos y no conservativos. En estos tres grupos existen ocho categorías generales:

- agentes infecciosos
- residuos que demandan oxígeno
- nutrientes de plantas
- compuestos químicos orgánicos
- compuestos inorgánicos y minerales
- sedimentos
- materias radioactivas
- calor

Entre los primeros se incluyen aquellos que se refieren a la salud pública. Los conservativos son estables y no se degradan por los procesos biológicos normales, como por ejemplo los compuestos inorgánicos, es el caso de los cloruros que pueden ser diluidos pero no reducidos en cantidad. Los contaminantes no conservativos en el sistema acuático natural cambian sus características debido a las fuerzas físicas, químicas y biológicas. El residuo líquido (agua negra) es un desecho orgánico altamente inestable y puede convertirse en bióxido de carbono, materiales inorgánicos y sustancias celulares.

El control a la prevención en la salud, agricultura, industria, pesca, recreación, etc., es de fundamental importancia para disminuir la contaminación del agua y del suelo. Resulta verdaderamente complejo valorar el impacto económico, ya que estará vinculado a la magnitud del daño que ocasione la contaminación y al grado de degradación que se produzca de ese recurso natural.

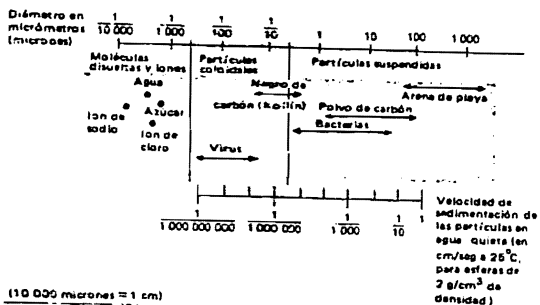
## II.2 Impurezas del Agua

Según el volumen de sus partículas, resulta práctico clasificar las sustancias extrañas en el agua de acuerdo a su volumen ya que éste con frecuencia condiciona la eficacia de los diversos métodos de purificación, la figura 2.1 muestra un aspecto de partículas arbitrariamente divididas en tres clases: En suspensión, coloidal y en disolución.

Las partículas en suspensión son las mayores, y tienen un diámetro aproximado de un micrómetro. Son lo bastante grandes para depositarse a velocidades razonables y son retenidas por filtros comunes, así también son lo suficientemente grandes para absorber la luz y hacer en esta forma, que el agua que contaminan se vea turbia y sucia.

Las partículas coloidales son tan pequeñas que su velocidad de depósito es insignificante, y pasana través de los agujeros de la mayoría de los medios filtrantes, por consiguiente no se les puede eliminar del agua por sedimentación. El agua que contiene partículas coloidales se aclara en el trayecto directo de la luz que la ilumina, pero se podrá ver turbia si se le observa respecto a un ángulo recto con respecto al haz lumínico.

La materia disuelta no se deposita, no es retenida por los filtros y no se enturbia el agua, las partículas de esta materia no son mayores de aproximadamente 1/1000 de micrómetro de diámetro. Si son eléctricamente neutros se les llama moléculas. Y si llevan una carga eléctrica, se les designa como iones.





### 11.3 Composición de las Aguas Naturales.

Las aguas naturales nunca son puras, los orígenes y naturaleza de sus impurezas se relacionan en el cuadro 2.1 y en sus propiedades varían dentro de grandes límites.

CUADRO 2-1. Impurezas en las aguas naturales

Origen	Clasificación del tamaño de las partículas				
	Suspendidas	Coloidales		Disueltas	
Atmósfera	— Polvos —		Moléculas Óxido de carbono, $CO_2$ Óxido de azufre, $SO_2$ Oxígeno, $O_2$ Nitrógeno, $N_2$	Iones positivos Hidrógeno, $H^+$	Iones negativos Bicarbonato $HCO_3^-$ Sulfatos, $SO_4^{2-}$
Tierra mineral y piedras	— Arena — — Arcillas — — Partículas de tierra mineral —		Óxido de carbono, $CO_2$	Sodio, $Na^+$ Potasio, $K^+$ Calcio, $Ca^{2+}$ Magnesio, $Mg^{2+}$ Hierro, $Fe^{2+}$ Manganeso, $Mn^{2+}$	Cloruro, $Cl^-$ Fluoruro, $F^-$ Sulfatos, $SO_4^{2-}$ Carbonato, $CO_3^{2-}$ Bicarbonato, $HCO_3^-$ Nitrato, $NO_3^-$ Diversos fosfatos
Organismos vivos y sus productos de descomposición	Algas Diatomeas Bacterias — Tierra orgánica (manto) —  Peces y otros organismos	Virus Materia colorante orgánica	Óxido de carbono, $CO_2$ Oxígeno, $O_2$ Nitrógeno, $N_2$ Sulfuro de hidrógeno, $H_2S$ Metano, $CH_4$ Diversos desechos orgánicos, algunos de los cuales producen olor y color.	Hidrógeno, $H^+$ Sodio, $Na^+$ Amonia, $NH_4^+$	Cloruro, $Cl^-$ Bicarbonato, $HCO_3^-$ Nitrato, $NO_3^-$

Las aguas naturales van, en cuanto a calidad, desde potables gustosas; hasta venenosas; en cuanto a salinidad, van de agua pura de lluvia a parcialmente salada, al agua de mar y a las grandes concentraciones de una cuenca de evaporación rodeada de tierra.

#### II.4 Características de las Aguas Residuales

En este subtema se tratará la importancia de conocer tanto las características físico-químicas de las aguas residuales, como sus efectos nocivos en el sistema de alcantarillado y en la disposición final.

Un sistema de alcantarillado hace posible la conducción y evacuación de residuos peligrosos o perjudiciales desde los sitios donde se originan. El entendimiento de las características físico-químicas y biológicas de estos residuos es esencial para el diseño y operación de los sistemas de alcantarillado, para su tratamiento y disposición final y para la adecuada solución a los problemas de Ingeniería Ambiental.

Aunque los líquidos residuales están constituidos por agua en un 99%, la materia presente ejerce una acción determinante. En la tabla II.1 se presentan las características físicas-químicas y biológicas más importantes.

Tabla II.1 CARACTERISTICA FISICOQUIMICAS Y BIOLOGICAS  
DE LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetro	Origen
<b>FISICAS</b>	
Sólidos	Acarreadas por el agua de abastecimiento, desechos domésticos y desechos industriales
Temperatura	Desechos domésticos e industriales
Color	Desechos domésticos e industriales
Olor	Descomposición de las aguas negras
<b>QUIMICAS</b>	
<b>Orgánicos:</b>	
Proteínas	Desechos domésticos y comerciales
Carbohidratos	Desechos domésticos y comerciales
Grasas y aceites	Desechos domésticos comerciales e industriales
Surfactantes	Desechos domésticos e industriales
Fenoles	Desechos industriales
Pesticidas	Desechos agrícolas
<b>Inorgánicos:</b>	
pH	Desechos industriales
Cloruros	Agua de abastecimiento, desechos domésticos e infiltración
Alcalinidad	Agua de abastecimiento, desechos domésticos e infiltración
Nitrógeno	Desechos domésticos y agrícolas

---

 QUIMICAS
 

---

## Inorgánicos:

Fosfatos	Desechos domésticos, industriales y escurrimientos naturales
Sulfuros	Agua de abastecimiento y desechos industriales
Compuestos tóxicos	Desechos industriales e infiltraciones
Metales pesados	Desechos industriales
Gases:	
Oxígeno	Agua de abastecimiento e infiltraciones
Acido sulfhídrico	Descomposición de las aguas residuales

---

 BIOLÓGICAS
 

---

Protista	Desechos domésticos y plantas de tratamiento
Virus	Desechos domésticos
Plantas	En los cuerpos de agua y plantas de tratamiento
Animales	En los cuerpos de agua y plantas de tratamiento

---

Desde el punto de vista de la concentración un líquido puede considerarse como fuerte, mediano y débil lo que significa menor o mayor dilución. Así, un líquido residual fuerte es el de mayor proporción de compuestos putrecibles. En la tabla II.2 se muestra una composición típica.

De las características físicas, la más importante es el contenido de sólidos totales el cual está compuesto de materia flotante, materia en suspensión, materia coloidal y materia en solución. Otros parámetros físicos importantes son el color, la temperatura y los olores.

Análiticamente se define el contenido de sólidos totales como toda la materia que permanece como residuo después de evaporar a 103°- 105°C. Al total de sólidos remanentes, se le puede definir como sólidos suspendidos o sólidos filtrables pasando un volumen conocido del líquido a través de un filtro de 1 micrón ( $\mu$ ).

Tabla 11.2 COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS  
AGUAS NEGRAS DOMÉSTICAS  
( en mg/l )

Constituyente	Concentración		
	Fuerte	media	débil
Sólidos totales	1200	700	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos sedimentables (ml/litro)	20	10	5
(DBO <sub>5</sub> - 20°C) Demanda bioquímica de oxígeno	300	200	100
(COT) Carbón orgánico total	300	200	100
(DQO) Demanda química de oxígeno	1000	500	250
Nitrógeno (total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosfatos	20	10	6
Orgánicos	5	3	2
Inorgánicos	15	9	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Grasas	150	100	50

Los sólidos suspendidos a su vez pueden ser sedimentables o no sedimentables, los sedimentables son capaces de depositarse en el fondo de un cono (llamado cono Imhoff) en un periodo de 60 minutos, los sólidos sedimentables representan una medida aproximada de la cantidad de lodo que puede ser removido por sedimentación.

La fracción de sólidos filtrables puede ser coloidal o disuelta, la fracción coloidal está compuesta por partículas de diámetro de  $1 \mu$  a  $1 \mu$  y no puede ser removida por sedimentación. Los sólidos disueltos son moléculas o iones de materia orgánica e inorgánica presente en el agua.

Por otra parte, la temperatura de los líquidos residuales es comúnmente más alta que el agua de abastecimiento, la temperatura es un parámetro muy importante para sus efectos en la vida acuática, las reacciones químicas, las tasas de reacción y la disponibilidad del agua para usos benéficos. Además, el oxígeno es menos soluble a mayor temperatura.

Las tasas de reacción bioquímica se incrementan a su vez, con un incremento de la temperatura, lo que significa que los efectos de la putrefacción se producirán más rápidamente y se harán más perceptibles.

La "edad" de las aguas negras puede ser determinado cuantitativamente por su color y olor. Las aguas negras en fras

co normalmente son grises. Sin embargo, con el tiempo, la actividad bacterial y la reducción de oxígeno disuelto cambia el color a negro.

El olor en las aguas negras es debido a los gases producto de la descomposición de la materia orgánica. Las aguas negras en fresco tienen un olor ligeramente jabonoso o aceitoso y un aspecto turbio. El olor más característico de las aguas negras rancias o sépticas es el del ácido sulfhídrico y otros compuestos sulfurados. Es un olor fuerte y desagradable que se presenta por la acción de los microorganismos anaeróbicos los cuales reducen los sulfatos.

Por lo que respecta a las características químicas, la materia orgánica está formada principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y en algunos casos otros importantes elementos como el azufre, el fósforo y el hierro. Las sustancias orgánicas de los líquidos residuales pueden dividirse en compuestos que contienen nitrógeno y aquellos libres de este elemento. Los principales compuestos nitrógenados son proteínas, aminas y aminoácidos y los no nitrógenados son las grasas, jabones o hidratos de carbono incluyendo la celulosa.

La estabilización de la materia orgánica, es decir la descomposición de los compuestos orgánicos por acción de las bacterias anaerobias, las primeras con ausencia de oxígeno libre. Los productos principales de la descomposición de la materia or-



gánica carbonosa son: El anhídrido carbónico, los ácidos orgánicos y metano, mientras que los productos finales de las materias nitrógenadas, además de los mencionados para la materia carbonosa; el amoníaco, los aminoácidos, aminas, indol y escutol y, compuestos sulfurados.

Los productos principales de la estabilización aeróbica son: Las sustancias nitrógenadas; los nitritos y nitratos, de los compuestos sulfurados; los sulfatos.

Por lo que respecta a la materia inorgánica, la concentración de ésta se incrementa tanto por la geología de las rocas con las cuales el agua entra en contacto, como por las aguas residuales o la natural evaporación hace que las sustancias se concentren más.

La concentración de pH nos mide la intensidad de la reacción ácida o alcalina del agua, y la corrosividad de un agua está en función del pH.

Finalmente, los gases comúnmente encontrados en los alcantarillados son:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ . Los tres primeros son comunes en la atmósfera, y los tres últimos son producto de la descomposición de la materia orgánica.

Lamentablemente en la mayoría de los casos, las explosiones son provocadas por el mismo hombre al creer que una alcan

tarilla puede conducir cualquier substancia indeseable u objeto que pueda depositarse.

El control en la descarga de substancias peligrosas son accidental o consciente, es indudablemente mejor práctica, que tratar de determinar las causas de las explosiones después del suceso.

#### II.5 Consecuencia de los Contaminantes-Microorganismos

El agua contaminada podrá ser sucia, mál oliente, corrosiva, poco apta para lavar en ella la ropa, o desagradable al gusto, pero el efecto más perjudicial del agua contaminada para el hombre ha sido la transmisión de enfermedades. La fiebre tifoidea en el hemisferio occidental y el cólera en el oriental, han sido las causas del mayor número de defunciones producidas por el agua contaminada.

El hombre vive en relación íntima con microorganismos sobre su piel y en su sistema digestivo, y el total de la población microbiana en un humano normal es tal vez de 10 millones de millones ( $10^{13}$ ), lo que en volumen representa apenas el de una tasa limosa.

En estado de salud, los humanos y los microbios viven juntos para beneficio mutuo. La hez de un humano sano no es necesariamente un manantial de enfermedad si se dispersa en el agua.

Sin embargo, algunas personas sanas, viven en armonía con organismos que puede resultar patógenos para otros. Por ejemplo en nuestro país estamos adaptados a aguas con bacilos que en los turistas provocan disentería. Por otra parte no todos los seres humanos están sanos, y la presencia en el agua de cualquier microorganismo que acompañen las aguas negras o las heces significa que el agua puede contener también organismos portadores de enfermedad. Por consiguiente, ha de suponerse que dicha agua no es sana, sin embargo, es ilusorio pedir que el agua potable esté absolutamente libre de bacterias intestinales, ya que esto haría que el agua potable resultara demasiado cara y además, ésto tampoco es indispensable para la salud.

## II.6 Desechos Industriales en el Agua

La actividad industrial, especialmente la producción de pulpa y de papel, la elaboración de alimentos y la manufactura química, engendran una gran variedad de productos de desecho que pueden ser descargados en las corrientes de agua. Algunos de estos desechos se sabe que son venenosos para la vida humana, en tanto que el efecto de otros son oscuros.

Por consiguiente para su producción la industria utiliza grandes volúmenes de agua que excede mucho el volumen combinado de otras materias primas, y del agua que entra a las plantas industriales solo se consume una pequeña fracción o se pierde por evaporación. La fracción mayor no se emplea para fines de consu-

mo, sino que se convierte en agua residual y puede contener muchos contaminantes.

Uno de los venenos industriales acarreados por el agua, conocido desde la antigüedad es el plomo. Su fuente predominante ha sido la tubería de plomo utilizada en las redes de distribución de agua. El plomo es un veneno acumulativo, e inclusive, pequeñas concentraciones, si están presentes constantemente en el agua potable podrían conducir a enfermedades graves o a la muerte. El arsénico que en algunas ocasiones se encuentra en las aguas naturales que corren a través de los minerales que contienen arsénico, es también un veneno acumulativo.

Se recomienda que los límites de seguridad del agua potable tanto como para el plomo como para el arsénico, no sean superiores a aproximadamente 0.01 ppm.

Las aguas de enfriamiento de desecho constituyen los volúmenes mayores de las aguas industriales residuales, pero suefecto contaminante es generalmente ligero. Se encuentran contaminates principalmente por el calor.

Las aguas de enjuague constituyen el segundo volumen en importancia de agua de desecho. Estas se originan en industrias como el acabado de metales, el proceso de los textiles y el lavado de legumbres.

Prácticamente todas las clases de material que entren a una planta se pueden convertir en una impureza de sus aguas residuales. Entre los contaminantes se encuentran las materias primas, así como los productos auxiliares intermedios, finales y residuales, los subproductos, lubricantes y limpiadores.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas industriales residuales son complejas; son tan variadas como la industria misma, donde se encuentran muchas clases de contaminantes. Sin embargo, es rara la contaminación con organismos patógenos. Los ácidos, álcalis y todos los tipos de contaminantes químicos se originan en la minería, función y beneficio de metales, acabados electrolíticos, manufactura de productos químicos, refinación de petróleo, elaboración de pulpa para papel, etc.

Las aguas residuales de la producción de alimentos y de otras industrias de tipo fundamentalmente orgánico, son muy diferentes de las aguas negras domésticas respecto a su composición y comportamiento. De acuerdo con lo anterior es frecuentemente, razonable y conveniente descargarlas en las alcantarillas municipales, si por otra parte son física, química e hidráulicamente aceptables y no sobre cargan a las plantas de tratamiento.

En cambio, las aguas residuales que contienen sustancias tóxicas no se pueden admitir en los sistemas de agua de desecho a menos que los flujos se regulen bien y que los flujos del sistema sean suficientemente grandes para ofrecer una dilución

aceptable, o a menos que los residuos puedan ser pretratados en su origen.

La contaminación de aguas no escapa al efecto de la contaminación del resto del medio ambiente del hombre, incluyendo el aire y suelo. Una forma común de reducir la contaminación, consiste en lavar los efluentes de las chimeneas industriales antes de su descarga; esto convierte a los contaminantes potenciales del aire en contaminantes de las aguas.

La deshidratación de los residuos sólidos pueden producir también desechos acuosos y viceversa, algunos procesos para remover los contaminantes de los residuos acuosos pueden desprender al aire gases nocivos, y descargar precipitados hacia el suelo.

La economía en el uso industrial del agua puede mejorar mediante reducción de los volúmenes de aguas residuales, recuperación del agua o de los subproductos, y la utilización de las aguas residuales.

## II.7 Corrosividad

Los ácidos corroen los metales y según vimos, los compuestos solubles de metales pueden contaminar el agua, por lo tanto, el agua que es ácida puede contaminarse con elementos metálicos más fácilmente de lo que puede hacerlo el agua pura.

El significado original de la palabra ácido es "agrio", con referencia al gusto de sustancias tales como vinagre, jugo de limón, las manzanas verdes y la leche agria. Se observó que todas estas sustancias agrias o ácidas tienen algunas propiedades en común, su presencia alteraba diversos colores vegetales naturales; por ejemplo el jugo de limón aclaraba el color de la tez. Se observó también que la corrosión de los metales por los ácidos iba acompañada de un desprendimiento de hidrógeno.

La presencia del hidrógeno es indispensable para la calidad de la acidez en el agua. El hidrógeno ha de estar en forma de átomo de hidrógeno cargados positivamente, que se designan como iones de hidrógeno,  $H^+$ , fijados a moléculas de agua, la concentración de los iones de hidrógeno se mide en términos de una expresión llamada PH (potencial de hidrógeno) la relación entre las dos unidades se muestra en el cuadro siguiente:

Concentración de iones de $H^+$ (gramos/litro)	PH
$\frac{1}{10}$	1
$\frac{1}{100}$	2
$\frac{1}{1000}$	3
$\frac{1}{1000000}$	6
$\frac{1}{1000000000}$	7

El valor del PH es el número de ceros del denominador de una fracción que expresa la concentración de iones  $H^+$  cuyo numerador es uno y cuyo denominador es múltiplo de 10.

El agua pura a 25°C tiene una concentración de  $H^+$  de 1/10 000 000 ó un PH de 7, y se dice que es neutro. Todo PH inferior a 7 implica acidez. Cuanto más bajo sea el PH de una extensión de agua tanto más propensa será ésta a ser corrosiva y por consiguiente a convertirse en contaminada con compuestos metálicos. Así, las aguas ácidas que corren por tubos de plomo se harán más tóxicas que el agua pura.

## II.8 Métodos para la Disposición Final de Aguas Residuales

Con base en los puntos anteriores, se visualiza la importancia que en nuestro país y en todo el mundo va teniendo el control de la contaminación de las corrientes, especialmente por lo que se refiere a los métodos de disposición de las aguas negras de poblaciones y resulta conducente analizar la factibilidad y aplicación de métodos de tratamiento.

El tratamiento de las aguas negras es un proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrecibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado. Una vez completado to



do proceso de tratamiento, es aún necesario disponer de los líquidos y sólidos que se hayan separado.

Hay tres métodos a seguir para llevar a cabo la disposición final de las aguas negras y éstos son:

a) Disposición por Irrigación

Consiste en derramar las aguas negras, sobre la superficie del terreno lo cual se hace generalmente, mediante zanjas de regadío. Este método es aplicable a pequeños volúmenes de aguas negras provenientes de poblaciones relativamente pequeñas en las que se dispone de la superficie necesaria, desde luego, se debe de garantizar un tratamiento previo que garantice su inocuidad y de esta manera disminuir las probabilidades de alterar el sistema ecológico de la región.

b) Disposición Subsuperficial

Este método consiste en hacer llegar las aguas negras a la tierra por debajo de la superficie, a través de excavaciones enlozadas, tuberías ranuradas o perforadas. Se eliminan las aguas negras sedimentadas provenientes de residencias en que su volumen es muy limitado.

Desde un punto de vista ecológico, se debe tener en cuenta el estudio geológico de la región ya que al introducirse las aguas entre el terreno podrían contaminar mantos acuíferos y pro-

ducir enfermedades endémicas en la región.

c) Disposición por Dilución

Consiste simplemente en descargar las aguas negras en aguas superficiales como las de un río, lago o mar, lo cual da lugar a la contaminación del agua receptora.

Esta es una de las contaminaciones más graves a que se dan lugar, ya que rompen el equilibrio ecológico del medio ambiente acuático.

Por consiguiente es importante reconocer que las vías acuáticas constituyen con frecuencia ecosistemas delicadamente equilibrados, susceptibles de ser trastornados por las aguas residuales a un grado que excede con mucho las especulaciones simplistas.

Por ejemplo en muchas regiones del mundo, especialmente en los grandes ríos de los grandes lagos y las regiones tropicales y subtropicales, las hierbas acuáticas se han multiplicado explosivamente debido al incremento de nutrientes (materia orgánica procedente de aguas residuales o de la vegetación y los compuestos de nitrógeno, fósforo o potasio) provoca un aumento de algas que por fotosíntesis ayudan a mantener un elevado balance de oxígeno en el agua: Si el crecimiento de las algas progresa el agua se vuelve verde y la luz no penetra, reduciéndose de es-

ta manera la capacidad de fotosíntesis; en una última etapa las algas llegan a formar una capa continua en la superficie que impide totalmente la penetración de la luz en la masa de agua y la correspondiente producción de oxígeno. En este proceso las algas mueren y con los otros seres acuáticos que sucumben se decatan en el fondo formando una capa de materia orgánica que en su descomposición inicial absorbe oxígeno del disuelto en el agua. En un agua sin oxígeno no pueden sobrevivir nada más que las bacterias anaerobias y desaparecen todos los seres vivos útiles, lo que da lugar a la llamada descomposición anaeróbica y a la producción de hidrógeno sulfurado el cual produce a su vez malos olores.

Lo anterior ha obstaculizado la industria pesquera, la navegación, el riego y la producción de energía hidroeléctrica. Asimismo, han llevado enfermedad y hambre a comunidades que dependen de dichas extensiones de agua.

Como ya lo estudiamos, el grado de contaminación depende de la dilución, o sea del volumen de las aguas negras y de su composición, en comparación con el volumen de agua con que se mezclan. Sin embargo, aunque las aguas receptoras mantengan su condición aerobia, la contaminación bacteriana sigue, y si no se eliminan de las aguas negras los sólidos flotantes, éstos serán una evidencia de la contaminación.

En los casos en que el oxígeno disuelto del agua receptora no sea suficiente para mantener la descomposición aerobia,

ésta tendrá lugar y por consiguiente la putrefacción, resultando de lo anterior condiciones indeseables para el equilibrio ecológico del habitat.

Al hombre siempre le han gustado las orillas del agua. Destruir la calidad de estas regiones limitadas de la tierra equivale a reducir tanto su humanidad como los recursos que lo sustentan.

## CAPITULO III

### TIPOS DE TRATAMIENTO

#### III.1. Introducción

El presente capítulo trata acerca de los elementos esenciales de los sistemas de tratamiento preliminar, primario y secundario. Es decir, ahora se presentará el aspecto técnico del presente trabajo con el objeto de considerar algunas teorías y recomendaciones que servirán como base para dar forma a una serie de alternativas para la solución del problema de la contaminación de agua y sus repercusiones en el medio ambiente, cuestiones que ya hemos mencionado en los anteriores capítulos.

Consideraremos nuevamente que los desechos transportados por el agua de fuentes tales como los hogares, hospitales, escuelas y edificios comerciales contienen desechos de alimentos, heces humanos, papel, jabón, detergentes, polvo, ropa y otros residuos diversos y por supuesto microorganismos.

Esta mezcla se designa como "aguas negras sanitarias" o "domésticas", y es uno de los principales problemas a resolver en las poblaciones urbanas, en las cuales se deben diseñar sistemas para lograr su solución de acuerdo a una planeación de recursos y políticas adecuadas para cada poblado.

### III.2 Tratamiento Preliminar

Las aguas que contienen desechos, aumentados en ocasiones por el agua de lluvia que se escurre, corren por una red de tubos de desagüe de las calles, y la acción microbiana tiene lugar durante el curso: Los productos químicos alimentarios de alta energía se degradan en compuestos de energía baja, con consumo de oxígeno. Es como si las aguas ardieran lentamente. Cuanto más actividad de esta tiene lugar antes de que las aguas negras se viertan en agua libre, tanto menos tiene lugar después; por consiguiente, este proceso ha de considerarse como el comienzo de la purificación.

Cuando las aguas negras llegan a la planta de tratamiento, pasan primero a través de una serie de tamices que eliminan los objetos grandes, tales como ratas o toronjas; luego a través de un mecanismo de trituración que reduce todos los objetos remanentes a un tamaño lo suficientemente pequeño para ser tratado eficazmente durante el periodo siguiente, que consiste en una serie de cámaras de depósito, diseñadas para eliminar primero, el cascajo pesado, tal como la arena, que el agua de lluvia arrastra de las superficies de las carreteras y luego más lentamente cualquier sólido suspendido, susceptibles de depositarse en una hora más o menos.

Las instalaciones utilizadas para este tipo de tratamiento, están dirigidas para separar o remover desechos que pueden dificultar los procesos o dañar las instalaciones, estructu-

ras móviles, equipos y bombas. La eliminación de aceites y grasas se hace en esta etapa, cuya presencia dificulta el tratamiento. Un caso particular es el de las gasolinerías.

Para lograr los propósitos anteriores se utilizan rejillas de barras de acero con separación de 2 a 5 centímetros, algunas veces montadas en bandas de limpieza automática. Se emplean también cribas finas con aberturas de 3 mm. montadas en bandas, discos o tambores. El material recopilado se elimina enterrándolo o quemándolo algunas veces se trituran y se incorporan nuevamente al efluente.

Por otra parte, las aguas negras conducidas por colectores contienen cantidades de arena, gravilla y cenizas que es necesario remover, este material podría depositarse en las tuberías de conducción, tanques y dañar las bombas por abrasión. Se diseñan desarenadores como canales manteniendo velocidades de 0.30 cm/seg. y en un tiempo de retención de un minuto deberá resolverse la forma de mantener la velocidad para gastos mínimos y máximos, esto se logra utilizando como regulador del flujo un vertedor proporcional o de Parshall. Los hay también del tipo patentado autolimpiables, dentro de los más recientes es el que consta de un tanque de fondo cónico al cual se inyecta aire elevando la materia orgánica permitiendo el depósito de arenilla. El volumen de arena removido es de 10 a 50 litros por cada 1000 metros cúbicos de agua, su eliminación final será mediante su utilización como material de relleno.

Los desmenuzadores son dispositivos que se utilizan para cortar y triturar sólidos hasta un tamaño que no obstruyan o dañen las instalaciones y tuberías, algunos equipos constan de rejillas fijas y cortador móvil o bien rejillas móviles y cortador fijo, existen numerosos equipos patentados.

Por lo que se refiere a la remoción de grasas y aceites, la forma más común es utilizando desgrasadores de caja en cuyo interior se adapta un deflector de tal manera que el flujo se obligue hacia abajo, acumulándose en la parte superior el aceite y grasa, este dispositivo se emplea en pequeños gastos. Cuando se trata de una instalación mayor se construye en tanque aplicándose aire difundido a razón de 750 litros de aire por metro cúbico de agua por tratar, el tiempo de retención es de 20 a 30 minutos, se recomienda también el empleo de 100 a 400 litros por metro lineal de tanque. La práctica general es remover las grasas y aceites en el tanque de sedimentación primario por medio de un desnatador, la eficiencia es baja pues no se elimina el aceite soluble.

El tratamiento entero hasta este punto, ha sido relativamente poco costoso, pero no se ha logrado todavía gran cosa. Si las aguas negras son ahora vertidas en un río, como desafortunadamente suele ser a menudo, esto no se ve tan mal, porque la corriente no lleva sólidos visibles, pero sigue constituyendo con todo un poderoso contaminante, que lleva una fuerte carga de microorganismos, muchos de los cuales son patógenos, y elementos nu



tritivos orgánicos considerables, que requerirán más oxígeno a medida que su descomposición avance.

### III.3 Tratamiento Primario

El tratamiento primario es básicamente la separación de los sólidos suspendidos por sedimentación, reduciendo por este proceso hasta un 60% en un plazo de 2 1/2 horas. La velocidad de sedimentación está dada por la ecuación de Stokes:

$$v = \frac{4}{3} \frac{g}{C_D} \frac{(e_1 - e) d}{e}$$

donde V es la velocidad de sedimentación; g aceleración de la gravedad;  $C_D$  coeficiente de arrastre;  $e_1$  densidad de la partícula; e es la densidad del agua y d es el diámetro de la partícula. La fórmula anterior es aplicada solamente para partículas discretas que no cambian ni se alteran al sedimentarse; pero en el caso de las aguas negras los sólidos contenidos están formados por una gran cantidad de materia orgánica y organismos vivos siendo su comportamiento en un término medio de material floculado.

En realidad una variedad de condiciones influyen en el asentamiento de partículas como lo es el tamaño, la concentración, el peso específico de las partículas; temperatura del agua; forma del tanque y dispositivos como deflectores y fondo; la velocidad y longitud de recorrido; si cuenta o no con remoción mecánica de

lodos; y la acción del viento.

Los tanques de sedimentación simple se emplean en las plantas de tratamiento de aguas negras, utilizándose para separar los sólidos sedimentables mediante el proceso de sedimentación, los lodos se extraen para su digestión. Actualmente a este tipo de tanques se adapta equipo mecánico para la recolección de lodos, pudiendo ser forma cuadrada, rectangular, circular, en las dos primeras el flujo es horizontal y el segundo radial.

Asimismo, los tanques de sedimentación rectangulares se construyen de concreto o acero, donde se adapta una cadena sin fin que pase por ruedas de engrane accionadas por un motor, sobre la cadena se amarran rastras de madera que se mueven lentamente sobresaliendo una porción en la superficie permitiendo empujar las natas formadas y en el fondo arrastran los lodos depositados hacia unas tolvas donde son extraídas, otras veces se acondiciona un puente viajero del mismo ancho del tanque fijando una ras tra superior para empujar natas y otra inferior para arrastrar lodos, su movimiento se hace por su propio mecanismo rodando sobre guías de acero en ambos lados del tanque. Estos tipos de tanque contarán con deflectores de entrada y salida, vertedores de extracción del efluente a razón de  $200 \text{ m}^3/\text{m lineal/día}$ ; la capacidad será a razón de  $50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$  con una profundidad media no mayor de 3.50 metros, la relación largo-ancho será de 3 a 5, cuando estos tanques están precedidos de un proceso de aereación el tiempo de retención es de 45 a 75 minutos, la pendiente del piso

es de 2%, el grado de eficiencia es una eliminación del 90 a 95% de sólidos sedimentables que representa de 40 a 50% de sólidos suspendidos totales.

Los tanques de sedimentación circulares constan de un cilindro de concreto o acero, el fondo tiene una pendiente de 8 a 12% convergiendo al centro donde se localizan las tolvas. A estos tanques se les adaptan dos o cuatro armaduras con distribución simétrica donde se le adaptan unas rastras con paletas en ángulo de tal manera que empujen el lodo hacia el centro, estas armaduras se fijan a un cilindro de acero central que funciona como deflector y que a su vez se solda una rueda dentada, cuyo movimiento lo proporciona un motor colocado en la parte central con acceso a la periferia a través de un puente. También es posible adaptarle una rastra superficial para remover de la superficie material flotante, deberá acondicionarse con tubería de entrada, deflector y vertedor perimetral y canal de salida, la eficiencia es semejante al sedimentor rectangular descrito. Posiblemente este tipo de tanque tenga un funcionamiento más eficiente, pero deberá estudiarse cuidadosamente por que requiere mayor espacio y es más costosa su construcción.

El tanque Imhoff consta de dos cámaras donde se combina el proceso de sedimentación (cámara superior) y el proceso de digestión (cámara inferior). Estas cámaras están conectadas por una abertura en traslape de tal manera que los gases producidos en la cámara de digestión se desvían hacia otro dispositivo de respira-

ción con ello se evita el llamado cortocircuito que sucede en la fosa séptica.

La cámara de sedimentación se calcula para un tiempo de retención de 2 a 3 horas, la velocidad de flujo no debe sobrepasar de 0.30 m/seg., se instalarán dos deflectores, uno de entrada y otro de salida, el fondo estará integrado por dos paredes convergentes con una inclinación superior de 45° dejando una ranura no menor de 0.20 metros en traslape para dar paso a los sólidos sedimentados. La cámara de digestión su capacidad se determina a razón de 50 a 80 litros por habitante y la cantidad de lodo deberá permanecer por lo menos dos meses, el piso estará formado por secciones con pendientes de 30° o mayores. Al tanque Imhoff se le acondicionará una cámara de espumas expuestas a la atmósfera cuyas dimensiones serán el 25% de la proyección horizontal de la cámara de digestión, así como las tuberías necesarias para extraer los lodos. El resultado obtenido en estos tanques es tratamiento parcial por lo cual deberá continuarse con un proceso secundario, este método actualmente está en desuso por producir efluentes no mayores de 10 000 habitantes y deberán ser construidos fuera del área urbana.

#### III.4. Tratamiento Secundario

Cuando el tratamiento primario no es suficiente para proporcionar la calidad deseada de un agua residual, estos se someten a tratamientos donde la acción de organismos vivos interviene

nen para transformar la materia orgánica biodegradable en otros más estables.

Dentro de los tratamientos secundarios más utilizados citaremos:

- a) Proceso de Lodos Activados
- b) Zanjas de Oxidación
- c) Filtros Biológicos de Oxidación
- d) Lagunas de Estabilización

Los compuestos orgánicos oxidables son transformados por microorganismos contenidos en la propia materia orgánica, mediante una acción biológica compleja acompañada de una reacción química, la suma de estos se conoce como reacción bio-química. Las sustancias biodegradadas y las no biodegradadas, aparecen en los sólidos resultantes. La asimilación biológica por los microorganismos es metabólica en gran parte, pero una porción aparecerá en la suspensión floculada ya sea atrapada o simplemente arrastrada. Por tratarse de un proceso biológico aerobio se debe suministrar el oxígeno molecular necesario para garantizar en todo momento un ambiente que favorezca el desarrollo de los organismos aerobios.

a) Proceso de Lodos Activados

El proceso de lodos activados empleado como tratamiento secundario de las aguas negras ha sido muy eficaz, donde los organismos vivos aerobios y la materia orgánica se mezclan íntimamente.

te en un medio ambiente favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos como los organismos; y el medio ambiente está formado por las aguas negras, el éxito dependerá el mantener oxígeno disuelto en el agua para que exista un equilibrio entre los organismos y el material nutriente, así como su distribución donde sucede la reacción.

El proceso de activación de lodo de las aguas negras consiste básicamente en aerear el licor mixto compuesto por el efluente de la sedimentación primaria, y un volumen de lodo activo procedente de la sedimentación secundaria, el lodo activado está constituido esencialmente por bacterias, hongos, metazoarios y protozoarios.

El proceso de aereación se hace en tanques cuyo diseño se hará distinguiendo si se emplea aire difundido o agitación mecánica, en cualesquiera de los dos sistemas es necesario exponer capas delgadas al contacto con el aire introducido para que se facilite la absorción y la oxidación, conviniendo en establecer un mezclado adecuado para que todas las porciones del líquido estén en contacto con el oxígeno, el tamaño de la burbuja es importante pues entre más pequeña sea ésta, mayor superficie presentará para su contacto, cuando se emplee chorros de aire habrá necesidad de utilizar mezcladores para romper las grandes burbujas de aire.

Las instalaciones se construyen de concreto o lámina de

acero cuyo volumen se determina para un periodo de retención de 6 a 8 horas cuando se aplica aire difundido y se emplea aereación mecánica, se incrementa en un 50% por lo menos. Las profundidades son de 3,00 a 4.50 metros y las necesidades de oxígeno será suministrado por compresores de aire. En el proceso antes descrito se necesita disponer de sedimentadores secundarios cuyo tiempo de retención son de 2 a 3 horas, produciendo un líquido brillante y cristalino.

#### b) Zanjas de Oxidación

Modificaciones al proceso convencional de lodos activados. Una planta típica de lodos activados convencional consiste en contar un tanque aereador y sedimentador secundario, y de éste último extraer el lodo llevando un porcentaje al influente del aereador mezclando previamente con las aguas negras por tratar, por razones de economía y aduciendo ventajas en eficiencia se han ideado modificaciones al proceso convencional como son la aereación escalonada, aereación acelerada, la digestión aerobia y otros. Todos estos sistemas proponen cambios ya sean omitiendo el sedimentador primario, aereando previamente el lodo activo, inyectando el efluente por tratar en varios puntos, aereación doble y otras novedades.

#### c) Filtros Biológicos de Oxidación

La filtración biológica de las aguas negras consisten básicamente en hacer pasar las aguas negras a través de un lecho de oxidación con cultivo biológico, compuesto por una masa micro

biana heterogénea de gran actividad biológica que vive en medio aerobio. A diferencia del sistema de lodos activados la biomasa se encuentra adherida al material del filtro formado por piedras con diámetros de más de 5 cm. La materia orgánica disuelta en el agua entra en contacto con los organismos a través de una fina película (interfaz) que se renueva constantemente, a este medio se le proporciona aire atmosférico para mantener condiciones aerobias.

Los filtros son de forma circular fabricados con concreto reforzado, donde se acondiciona un medio filtrante utilizándose se piedra rodada, grava, piedra triturada o escoria cuyos diámetros deberán estar entre 1.50 y 2.50 metros. Este tipo de filtro se le llama "Filtro de Goteo" o de escurrimiento, el cual consta de tres partes: lecho filtrante, sistema de distribución del agua por tratar y sistema recolector. El lecho filtrante tiene un doble propósito, contar con huecos donde circule el aire y proporcionar una gran superficie donde se puede formar la mayor cantidad de cultivo biológico. El sistema distribuidor consta de dos o cuatro brazos giratorios acondicionados con boquillas (aspersores) para derramar el agua sobre la superficie del filtro, siendo velocidad lenta para que permita entre los pasos la entrada de aire. El sistema recolector tiene dos funciones, recolectar el agua filtrada y permitir la ventilación del medio filtrante para proporcionar condiciones aerobias, otras veces esta ventilación puede efectuarse en forma forzada llamando a estos filtros goteadores de gran gasto.



La construcción de filtros de escurrimiento han tenido gran desarrollo mejorando la calidad del efluente y rendimiento, lográndose una mayor capacidad mezclando el efluente del filtro con el gasto normal de aguas negras en proporciones hasta de 10 a 1 y recirculándolo por el filtro, las diferentes maneras de -- llevar esta recirculación adquieren diferentes denominaciones: - Biofiltro, Filtro Ocelo, Aerofiltro y otros nombres patentados.

d) Lagunas de Estabilización

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, - (S.A.R.H.) y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (S.A.H.O.P.) han diseñado la mayor parte de los sistemas construídos en la República para el tratamiento de aguas residuales municipales mediante lagunas de estabilización. Los otros sistemas existentes han sido diseñados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia principalmente son los de: Ojinaga, Chih., Metztitlán, Hgo., San Blas, Nay., Sonoita, Son., según la información obtenida en la propia Secretaría de Salubridad y Asistencia. Por lo tanto se puede decir que el criterio para diseñar lagunas de - estabilización en México es esencialmente utilizada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Por consiguiente, describiremos una secuela de cálculo de acuerdo con la información que se obtuvo por parte de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, y antes se presentará una clasificación de lagunas de estabilización.

**LAGUNAS DE ESTABILIZACION  
CLASIFICACION**

1. Lagunas Anaerobias, en las que la producción de ácidos orgánica y la fermentación de éstos con producción de metano son las reacciones dominantes.
  
2. Laguna Facultativa, en las que la estratificación termina y tiene como resultado que las reacciones anaerobias predominen en las capas inferiores y que la oxidación aerobia junto con la fotosíntesis, ocurra en las zonas superiores.
  
3. Lagunas de Maduración, son semejantes a las facultativas excepto que, usualmente, se localizan después de las lagunas facultativas y se utilizan exclusivamente para la reducción de organismos patógenos.
  
4. Lagunas de Alta Tasa, que son aerobias a través de toda su profundidad y se utilizan principalmente para obtener una máxima producción de algas, con el propósito de cosecharlas en el afluente.

Ahora nos referimos a una secuela de cálculo que utiliza la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y que puede presentarse como sigue:

- 1) Los datos iniciales para el diseño son los que previamente sirvieron para proyectar la red de alcantarillado de la población a

la cual se le va adicionar un sistema de tratamiento. Estos datos consisten en:

- Población actual y de proyecto.
- Aportación per cápita.
- Gasto medio de aguas residuales.
- Gasto mínimo y máximo de aguas residuales calculados con el coeficiente de Harmon.
- Tipo de sistema de alcantarillado y manera de funcionar.
- Lugar propuesto para el vertido de las aguas residuales.

2) Se selecciona el tipo de sistema de lagunas de estabilización que se diseñarán, ya sean anaerobias, facultativas, aerobias o combinaciones de ellas, y en función de esto se ligen las cargas orgánicas que se aplicarán, la profundidad del agua y las eficiencias esperadas en cada tipo de lagunas.

3) Se supone una carga orgánica unitaria valuada en términos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno estandarizada ( $DBO_5$ ), y con los datos del punto 1 se calcula la carga orgánica total que producirá la población.

4) De acuerdo con los puntos 1 y 2, se calcula el área que requerirán las lagunas. Esta subdivide en varias unidades, y al mismo tiempo, se establece una o más etapas de construcción de la obra

en función de las condiciones económicas.

5) Si se diseñan dos o más tipos de lagunas, se aplican los puntos 2 y 4, a cada uno de los tipos elegidos para determinar el número de unidades y sus áreas respectivas.

6) En función del tipo de lagunas, del número de unidades y de sus áreas correspondientes, se diseña el arreglo de conjunto del sistema y se dimensionan los bordos, excavaciones y terraplenes.

7) Una vez dimensionadas las lagunas se procede al cálculo hidráulico de todas las estructuras de entrada, interconexión y salida teniendo en cuenta los datos del punto 1, los cuales, junto con los del punto 4, determinan el tiempo de retención de las unidades. Este cálculo hidráulico se hace teniendo presente la cota a la cual debe entregarse el efluente del sistema, con el objeto de calcular la cota a la cual debe llegar el efluente de aguas residuales.

8) Se hacen los ajustes necesarios en los puntos anteriores que lo requiera para dejar terminado el proyecto.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

La observación atenta de las actividades de los hombres de ciencia del medio ambiente revela que se ocupan de aquellos aspectos de la biología, la química, la física, la demografía y la ingeniería que tratan de las acciones recíprocas entre el hombre y el resto de la Tierra, especialmente de aquellas que tienden a romper sistemas y procesos previamente establecidos.

La especialidad biológica que se ocupa de las relaciones entre organismos y su medio ambiente es la ecología, y el deterioro de la pureza de las sustancias especialmente de los componentes de la biosfera, es la Contaminación.

Por consiguiente, la ciencia ambiental se refiere a las decisiones que la gente adopta en relación con los problemas del medio ambiente, en base a la aplicabilidad de las teorías que surgen de las investigaciones actuales en el campo de la ingeniería ambiental.

Los errores del pasado se pueden evitar y puede acelerarse y fomentarse los desarrollos del futuro mediante una mejor comunicación entre los científicos y los ingenieros, entre las universidades y el público, entre las industrias y los usuarios de

sus productos, y entre los ciudadanos y sus legislaturas. Es muy importante en el avance del campo una participación más amplia del gobierno en la ingeniería, en la ciencia y en los tópicos humanos; el apoyo dado a los proyectistas y diseñadores mediante la ciencia y tecnología de las computadoras, y los promisorios desarrollos que han ocurrido en la mecanización, la instrumentación y la automatización, en general.

Las fuentes naturalmente limpias y amplias de aguas para las ciudades e industrias se están volviendo más difíciles de encontrar y más costosas de proyectar y desarrollar. La administración de la calidad cada día es más difícil, en tanto que la de manda pública por corrientes limpias, lagos y aguas de estuarios, para disfrutar de la pesca y la recreación se hacen cada vez más persuasivas. Conforme aumentan las presiones sobre el recurso h idrológico, los intereses tienden a ser más intensos. El diseño, construcción y operación de los sistemas cada vez mayores, se encuentran en espera de la atención no sólo de los ingenieros que diseñan y de los científicos que apoyan, sino también de los economistas, los científicos en política y los encargados de la planeación urbana y regional del país.

Las plantas industriales situadas en áreas rurales o en poblados pequeños con plantas de tratamiento que no pueden manejar las cargas hidráulicas o contaminantes de las fábricas, deben estar preparadas para captar, tratar y evacuar por sí mismas sus

aguas residuales.

También las grandes ciudades pueden requerir tratamientos separados por razones técnicas y políticas. Por consiguiente, las descargas de aguas residuales a las aguas receptoras se someten a reglamentación por parte de las agencias gubernamentales correspondientes.

Las industrias próximas a las aguas de litoral pueden descargar sus aguas residuales al océano bajo condiciones menos estrictas que las aplicadas generalmente a las aguas terrestres.

La evacuación subterránea de las aguas residuales es costosa. Las formaciones geológicas deben ser capaces de dispersar las aguas residuales sin menoscabo de proteger contra la contaminación a las aguas residuales, deben ser suficientemente limpias, para no obstruir las formaciones subterráneas encontrarse relativamente libres de ácidos no neutralizados o de otros productos químicos que puedan atacar al material de los pozos y a los minerales que componen las formaciones geológicas, y no deben proveer nutrientes a los crecimientos biológicos.

Se deberán presentar estudios a las autoridades correspondientes acerca de los tipos de tratamiento más adecuados para las aguas residuales aceptando las técnicas que ofrezcan mayores beneficios desde el punto de vista económico como también ecológi

co, y se tendrá presente como principal objetivo el bienestar social de acuerdo a un programa permanente que garantice la continuidad de políticas gubernamentales en beneficio de la sociedad y preservación del medio ambiente.



## B I B L I O G R A F I A

1. TURK, A. 1973. Ecología. Contaminación y Medio Ambiente. Edit. Interamericana. México.
2. ODUM, E.P. 1976. Ecología. Edit. Interamericana. México.
3. HAWLEY, A.H. 1975. Ecología Humana. Edit. Tecnos-Madrid.
4. CASTELLS, 1976. La Cuestión Urbana. Siglo Veintiuno Editores. México.
5. KIRPATRICK, C.M. 1971. Ecología Urbana, Hoy. The Wildlife Society News, U.S.A.
6. MEADOWS, D.H. 1972. Los Límites del Crecimiento. Fondo de Cultura Económica. México.
7. UNIKEL, L. 1975. El Desarrollo Urbano de México. Ciencia y Desarrollo. México.
8. MASKEW, GEYER Y OKUN. 1973. Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales. Editorial Limusa. México.
9. MASKEW, GEYER Y OKUN. 1973. Purificación de Aguas y Tratamiento de Remoción de Aguas Residuales. Editorial Limusa. México.
10. DIVERSOS AUTORES. Tratamiento de Aguas Residuales. 1976. Apuntes impresos por el Centro de Educación Continua, D.E.P.F.I., UNAM.
11. DIVERSOS AUTORES. Ecología Urbana. 1977. Apuntes impresos por el Centro de Educación Continua, D.E.P.F.I., UNAM.
12. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DEL 29 DE MARZO DE 1973. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. SARH y S.S.A.
13. DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, 1976. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Editorial Limusa.