



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

GUÍA DEL MAESTRO
INGENIERÍA AMBIENTAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
JULIO CESAR HERNANDEZ BRIONES

BAJO LA DIRECCION DE:
M. I. FELIPE ORTIZ ARREDONDO

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO., ABRIL DE 2010



C. U. 17 de noviembre de 2009

C. JULIO CESAR HERNÁNDEZ BRIONES

Pasante de Ingeniería Civil

Presente.

Con relación a su oficio enviado al H. Consejo Académico de la Facultad en el que solicita titularse bajo la opción de elaboración de texto, libro de prácticas o guía del maestro, me permito informarle que en la sesión ordinaria del 17 de noviembre del año en curso, **este cuerpo colegiado acordó aceptar la opción de titulación de guía de maestro de la materia de "Ingeniería Ambiental"** del plan de estudios de Ingeniería Civil, bajo la dirección del M. I. FELIPE ORTIZ ARREDONDO.

El contenido aprobado por el H. Consejo Académico es el siguiente:

INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO I.- ECOLOGÍA.

1. ECOLOGÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS.

- 1.1 EL MEDIO AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS.
 - 1.1.1 EL BIÓXIDO DE CARBONO Y LA VIDA.
 - 1.1.2 EL ECOSISTEMA.
 - 1.1.3 EL MEDIO AMBIENTE.
- 1.2 EL HOMBRE EN LOS ECOSISTEMAS.
 - 1.2.1 LA ECOLOGÍA Y EL HOMBRE.
- 1.3 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL.
- 1.4 ÉTICA AMBIENTAL.
- 1.5 DEFINICIONES Y CONCEPTOS AFINES.
 - 1.5.1 INGENIERÍA AMBIENTAL.
 - 1.5.2 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA AMBIENTAL.
 - 1.5.3 EL PAPEL DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL.
 - 1.5.4 SALUD Y SALUD PÚBLICA.
 - 1.5.5 HIGIENE.
 - 1.5.6 CIENCIAS Y ESTUDIOS RELACIONADOS.
- 1.6 LEGISLACIÓN AMBIENTAL.

CAPÍTULO II.- EL AGUA.

2. EL AGUA.

- 2.1 PARÁMETROS FÍSICOS.
 - 2.1.1 SÓLIDOS EN EL AGUA.
 - 2.1.2 TURBIDEZ.
 - 2.1.3 COLOR.
 - 2.1.4 SABOR Y OLOR.
 - 2.1.5 TEMPERATURA.
 - 2.1.6 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.
- 2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS.
 - 2.2.1 CONCEPTOS QUÍMICOS.
 - 2.2.1.1 QUÍMICA INORGÁNICA.
 - 2.2.1.2 QUÍMICA ORGÁNICA.
 - 2.2.1.3 FUERZAS DE VAN DERWAALS.
 - 2.2.1.4 CICLO DEL CARBONO.
 - 2.2.1.5 CICLO DEL NITRÓGENO.
 - 2.2.1.6 CICLO DEL FÓSFORO.
 - 2.2.1.7 CICLO DEL AZUFRE.
 - 2.2.1.8 OXIDACIÓN BIOLÓGICA: ALIMENTOS, ENERGÍA.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Dirección



- 2.2.1.9 SOLUCIONES.
- 2.2.2 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.
- 2.2.3 ALCALINIDAD.
- 2.2.4 ACIDEZ.
- 2.2.5 DUREZA.
- 2.2.6 FLUORURO.
- 2.2.7 NITRÓGENO.
- 2.2.8 METALES.
- 2.2.9 MATERIA ORGÁNICA.
- 2.2.10 NUTRIENTES.
- 2.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS.
 - 2.3.1 MICROBIOLOGÍA.
 - 2.3.1.1 DEFINICIÓN.
 - 2.3.1.2 BACTERIOLOGÍA.
 - 2.3.1.3 MICOLOGÍA: HONGOS, LEVADURAS.
 - 2.3.1.4 ALGAS.
 - 2.3.2 PATÓGENOS.
 - 2.3.2.1 EPIDEMIOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PATÓGENOS EN EL SER HUMANO.
 - 2.3.2.2 PARÁSITOS DEL HOMBRE.
 - 2.3.2.3 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS A TRAVÉS DEL AGUA.
 - 2.3.3 EPIDEMIOLOGÍA.
 - 2.3.3.1 DEFINICIONES: FOCO, FUENTE DE INFECCIÓN, PORTADOR, VECTOR, FOMITE, VEHÍCULO.
 - 2.3.3.2 FACTORES DE TRANSMISIÓN DE UNA ENFERMEDAD.
 - 2.3.3.3 PROPIEDADES GENERALES DE LAS EPIDEMIAS.
 - 2.3.3.4 INSECTOS Y ROEDORES.
- 2.4 AGUA EN EL PLANETA.
 - 2.4.1 DISTRIBUCIÓN.
 - 2.4.2 RACIONALIZACIÓN.
 - 2.4.3 CICLO DEL AGUA.
 - 2.4.4 UTILIDAD DEL CICLO HIDROLÓGICO.
- 2.5 CALIDAD DEL AGUA.
 - 2.5.1 CONTAMINANTES Y SUS ORÍGENES.
 - 2.5.2 EN RÍOS.
 - 2.5.3 EN LAGOS.
 - 2.5.4 POTABLE.
 - 2.5.5 DOMÉSTICA.
 - 2.5.6 DESECHOS MUNICIPALES.
- 2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS.
 - 2.6.1 BÁSICOS.
 - 2.6.1.1 MEZCLADO.
 - 2.6.1.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.
 - 2.6.1.3 SEDIMENTACIÓN.
 - 2.6.1.4 FILTRACIÓN.
 - 2.6.1.5 DESINFECCIÓN.
 - 2.6.1.6 TRATAMIENTOS AVANZADOS DE POTABILIZACIÓN.
 - 2.6.1.7 TRATAMIENTO PRELIMINAR.
 - 2.6.2 AGUAS RESIDUALES.
 - 2.6.2.1 LODOS ACTIVADOS.
 - 2.6.2.2 FILTROS BIOLÓGICOS.
 - 2.6.2.3 CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS.
 - 2.6.2.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.
 - 2.6.2.5 DIGESTIÓN ANAEROBIA.
 - 2.6.2.6 TRATAMIENTO AVANZADOS DE AGUAS RESIDUALES.
 - 2.6.3 LODOS.
 - 2.6.3.1 TRATAMIENTO DE LODOS.
 - 2.6.3.2 DIGESTIÓN DE LODOS.
 - 2.6.3.3 DISPOSICIÓN DE LODOS.
- 2.7 DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.

CAPÍTULO III.- AIRE.

3. EL AIRE.

3.1 CONTAMINANTES.

- 3.1.1 PARTÍCULAS.
- 3.1.2 HIDROCARBUROS.
- 3.1.3 MONÓXIDO DE CARBONO.
- 3.1.4 ÓXIDOS DE AZUFRE.
- 3.1.5 ÓXIDOS DE NITRÓGENO.
- 3.1.6 OXIDANTES FOTOQUÍMICOS.

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Dirección

3.2 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES.

3.3 ATMÓSFERA.

- 3.3.1 CALOR.
- 3.3.2 PRESIÓN.
- 3.3.3 VIENTO.
- 3.3.4 HUMEDAD.
- 3.3.5 HUMEDAD RELATIVA.
- 3.3.6 DISPERSIÓN.

3.4 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE PARTÍCULAS.

- 3.4.1 CÁMARAS SEDIMENTADORAS GRAVITACIONALES.
- 3.4.2 CICLONES Y COLECTORES CENTRÍFUGOS.
- 3.4.3 COLECTORES HÚMEDOS.
- 3.4.4 CHIMENEAS.
- 3.4.5 FILTROS.
- 3.4.6 PRECIPITADORES ELECTROSTÁTICOS.

3.5 DISPOSITIVOS PARA GASES.

- 3.5.1 ADSORCIÓN.
- 3.5.2 ABSORCIÓN.
- 3.5.3 CONDENSACIÓN, COMBUSTIÓN.

CAPÍTULO IV.- RESIDUOS SÓLIDOS

4. RESIDUOS SÓLIDOS.

4.1 TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS.

- 4.1.1 DESECHOS MUNICIPALES.
- 4.1.2 DESECHOS INDUSTRIALES.
- 4.1.3 DESECHOS PELIGROSOS.

4.2 RECOLECCIÓN.

4.3 RELLENO SANITARIO.

- 4.3.1 TIPOS DE RELLENO.
- 4.3.2 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO.
- 4.3.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE UN RELLENO SANITARIO.

4.4 INCINERACIÓN.

4.5 REUTILIZACIÓN.

4.6 TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS PELIGROSOS.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

- Anexo No. 1. Lista de abreviaturas y símbolos.
- Anexo No. 2. Glosario de Términos.
- Anexo No. 3. Evaluación de un Impacto Ambiental.

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Facultad, en el sentido que antes del Examen profesional deberá cumplir con los requisitos de nuestra legislación y deberá imprimir el presente oficio en todos los ejemplares de su guía de maestro.

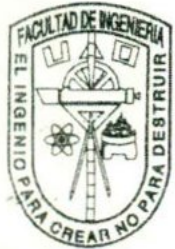
Atentamente

"EL INGENIO PARA CREAR NO PARA DESTRUIR"

DR. GILBERTO HERRERA RUIZ

Director

c.c.p. Archivo
*GHR/DHM



AGRADECIMIENTOS

Agradezco, a Dios, por ayudarme en la vida,

a mis maestros por ayudarme en mi formación,

a mis mamás, a mi esposa y a mi tía por quererme sin condiciones,

a mis hijos por brindarme felicidad.

ÍNDICE

Págs.

INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO I.- ECOLOGÍA.

1. ECOLOGÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS.	1
1.1 EL MEDIO AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS.	1
1.1.1 EL BIÓXIDO DE CARBONO Y LA VIDA.. . . .	1
1.1.2 EL ECOSISTEMA.	2
1.1.3 EL MEDIO AMBIENTE.. . . .	3
1.2 EL HOMBRE EN LOS ECOSISTEMAS.. . . .	5
1.2.1 LA ECOLOGÍA Y EL HOMBRE.	5
1.3 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL.	6
1.4 ÉTICA AMBIENTAL.	9
1.5 DEFINICIONES Y CONCEPTOS AFINES.	9
1.5.1 INGENIERÍA AMBIENTAL.	9
1.5.2 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA AMBIENTAL.	10
1.5.3 EL PAPEL DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL.	10
1.5.4 SALUD Y SALUD PÚBLICA.	11
1.5.5 HIGIENE.	12
1.5.6 CIENCIAS Y ESTUDIOS RELACIONADOS.	13
1.6 LEGISLACIÓN AMBIENTAL.	14

CAPÍTULO II.- EL AGUA.

2. EL AGUA.	17
2.1 PARÁMETROS FÍSICOS.	18
2.1.1 SÓLIDOS EN EL AGUA.	19
2.1.2 TURBIDEZ.	21

2.1.3 COLOR.	22
2.1.4 SABOR Y OLOR.	23
2.1.5 TEMPERATURA.	24
2.1.6 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.	24
2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS.	25
2.2.1 CONCEPTOS QUÍMICOS.	26
2.2.1.1 QUÍMICA INORGÁNICA.	26
2.2.1.2 QUÍMICA ORGÁNICA.	27
2.2.1.3 FUERZAS DE VAN DERWAALS.	27
2.2.1.4 CICLO DEL CARBONO.	32
2.2.1.5 CICLO DEL NITRÓGENO.	33
2.2.1.6 CICLO DEL FÓSFORO.	35
2.2.1.7 CICLO DEL AZUFRE.	36
2.2.1.8 OXIDACIÓN BIOLÓGICA: ALIMENTOS, ENERGÍA.	37
2.2.1.9 SOLUCIONES.	38
2.2.2 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.	41
2.2.3 ALCALINIDAD.	42
2.2.4 ACIDEZ.	42
2.2.5 DUREZA.	43
2.2.6 FLUORURO.	43
2.2.7 NITRÓGENO..	44
2.2.8 METALES.	44
2.2.9 MATERIA ORGÁNICA.	44
2.2.10 NUTRIENTES.	45
2.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS..	46
2.3.1 MICROBIOLOGÍA.	47
2.3.1.1 DEFINICIÓN.	47
2.3.1.2 BACTERIOLOGÍA.	49
2.3.1.3 MICOLOGÍA: HONGOS, LEVADURAS.	52
2.3.1.4 ALGAS.	53
2.3.2 PATÓGENOS.	54

2.3.2.1	EPIDEMIOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PATÓGENOS EN EL SER HUMANO.	54
2.3.2.2	PARÁSITOS DEL HOMBRE.	58
2.3.2.3	ENFERMEDADES TRASMITIDAS A TRAVÉS DEL AGUA.	59
2.3.3	EPIDEMIOLOGÍA.	59
2.3.3.1	DEFINICIONES: FOCO, FUENTE DE INFECCIÓN, PORTADOR, VECTOR, FOMITE, VEHÍCULO.	60
2.3.3.2	FACTORES DE TRANSMISIÓN DE UNA ENFERMEDAD.	61
2.3.3.3	PROPIEDADES GENERALES DE LAS EPIDEMIAS.	64
2.3.3.4	INSECTOS Y ROEDORES.	64
2.4	AGUA EN EL PLANETA.	65
2.4.1	DISTRIBUCIÓN.	65
2.4.2	RACIONALIZACIÓN.	67
2.4.3	CICLO DEL AGUA.	68
2.4.4	UTILIDAD DEL CICLO HIDROLÓGICO.	70
2.5	CALIDAD DEL AGUA.	70
2.5.1	CONTAMINANTES Y SUS ORÍGENES.	71
2.5.2	EN RÍOS.	72
2.5.3	EN LAGOS.	73
2.5.4	POTABLE.	73
2.5.5	DOMÉSTICA..	74
2.5.6	DESECHOS MUNICIPALES.	75
2.6	TRATAMIENTO DE AGUAS.	76
2.6.1	BÁSICOS.	76
2.6.1.1	MEZCLADO.	77
2.6.1.2	COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.	77
2.6.1.3	SEDIMENTACIÓN.	79
2.6.1.4	FILTRACIÓN.	81
2.6.1.5	DESINFECCIÓN.	82
2.6.1.6	TRATAMIENTOS AVANZADOS DE POTABILIZACIÓN.	84
2.6.1.7	TRATAMIENTO PRELIMINAR.	85
2.6.2	AGUAS RESIDUALES..	87

2.6.2.1 LODOS ACTIVADOS.	87
2.6.2.2 FILTROS BIOLÓGICOS.	89
2.6.2.3 CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS.	89
2.6.2.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.	91
2.6.2.5 DIGESTIÓN ANAEROBIA.	92
2.6.2.6 TRATAMIENTO AVANZADOS DE AGUAS RESIDUALES.	93
2.6.3 LODOS.	93
2.6.3.1 TRATAMIENTO DE LODOS.	94
2.6.3.2 DIGESTIÓN DE LODOS.	94
2.6.3.3 DISPOSICIÓN DE LODOS.	95
2.7 DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.	95

CAPÍTULO III.- AIRE.

3. EL AIRE.	97
3.1 CONTAMINANTES.	98
3.1.1 PARTÍCULAS.	98
3.1.2 HIDROCARBUROS.	100
3.1.3 MONÓXIDO DE CARBONO.	102
3.1.4 ÓXIDOS DE AZUFRE.	103
3.1.5 ÓXIDOS DE NITRÓGENO.	106
3.1.6 OXIDANTES FOTOQUÍMICOS.	107
3.2 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES.	108
3.3 ATMÓSFERA.	110
3.3.1 CALOR.	111
3.3.2 PRESIÓN.	112
3.3.3 VIENTO.	113
3.3.4 HUMEDAD.	113
3.3.5 HUMEDAD RELATIVA.	114
3.3.6 DISPERSIÓN.	115
3.4 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE PARTÍCULAS.	116
3.4.1 CÁMARAS SEDIMENTADORAS GRAVITACIONALES.	117

3.4.2 CICLONES Y COLECTORES CENTRÍFUGOS.	117
3.4.3 COLECTORES HÚMEDOS.	118
3.4.4 CHIMENEAS..	118
3.4.5 FILTROS.	118
3.4.6 PRECIPITADORES ELECTROSTÁTICOS..	119
3.5 DISPOSITIVOS PARA GASES.	119
3.5.1 ADSORCIÓN.	119
3.5.2 ABSORCIÓN.	120
3.5.3 CONDENSACIÓN, COMBUSTIÓN.	121

CAPÍTULO IV.- RESIDUOS SÓLIDOS

4. RESIDUOS SÓLIDOS.	123
4.1 TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS.	123
4.1.1 DESECHOS MUNICIPALES.	125
4.1.2 DESECHOS INDUSTRIALES.	126
4.1.3 DESECHOS PELIGROSOS.	128
4.2 RECOLECCIÓN.	130
4.3 RELLENO SANITARIO.	131
4.3.1 TIPOS DE RELLENO.	131
4.3.2 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO.	132
4.3.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE UN RELLENO SANITARIO.	136
4.4 INCINERACIÓN.	137
4.5 REUTILIZACIÓN.	137
4.6 TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS PELIGROSOS.	139
BIBLIOGRAFÍA.	142
ANEXOS.	145
Anexo No. 1. Lista de abreviaturas y símbolos..	146
Anexo No. 2. Glosario de Términos.	147
Anexo No. 3. Evaluación de un Impacto Ambiental.	154

INTRODUCCIÓN

La presente Guía del Maestro concentra los temas tratados de la materia de Ingeniería Ambiental en la carrera de Ingeniería Civil en un solo documento para apoyar la labor docente en la impartición del curso.

Cabe mencionar que la guía del maestro cumple una función docente para la materia de Ingeniería Ambiental. Este trabajo se sustenta mediante la información de fuentes bibliográficas, atendiendo a los temas que se han establecido en el programa vigente de la materia.

La estructura es en torno a cuatro capítulos los cuales presentan en términos generales lo siguiente:

En el *Capítulo I* se destaca el concepto de Ecología y de medio ambiente. Se incluye la interpretación de los elementos bióticos (con vida) y de los elementos abióticos (sin vida) en un ecosistema. Se caracteriza al bióxido de carbono como uno de los problemas ambientales atmosféricos más importantes proveniente de la quema de combustibles fósiles, la tala de bosques y el desgaste del humus del suelo. Se contextualizan algunas definiciones y funciones en relación a la Ingeniería Ambiental.

En el *Capítulo II*, el Agua, se hace un estudio generalizado pero completo de todas las características del agua. Se presentan sus parámetros químicos y físicos, su estructura molecular, la bacteriología y microbiología.

Se muestran la turbidez, el olor, el color, el sabor, los sólidos suspendidos, la conductividad, la temperatura. Se destacan también el enlace covalente – puente de hidrógeno y la formación de la molécula del agua, la alcalinidad, acidez, dureza, las cantidades permisibles de nitrógeno, fluoruro, metales, materia orgánica, nutrientes.

Se destacan también los parámetros biológicos del agua, donde se explican los tipos de bacterias y microbios en el agua, así como los organismos patógenos más comunes y las enfermedades que pueden provocar.

Los tratamientos de agua son un punto fuerte en este capítulo, ya que se habla de la sedimentación, coagulación, filtración, la floculación, la aereación, lodos activados, lagunas de estabilización, etc.

En el *Capítulo III*, se habla de los principales contaminantes del aire y de sus efectos en la salud. Los dispositivos de control de partículas que se utilizan. Se habla de la atmósfera y de fenómenos meteorológicos como la presión, el calor, el viento, humedad y la humedad relativa, etc.

En el Capítulo IV, los Residuos Sólidos se definen como aquellos desperdicios que no son transportados por el agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar. En el caso de los residuos sólidos municipales se aplican términos más específicos a los residuos alimenticios putrescibles (biodegradables), llamados basura y a los residuos sólidos no putrescibles, los cuales se designan simplemente como desechos.

Se presenta una tipología de desechos sólidos, desechos municipales, desechos industriales y peligrosos. Se destaca la reutilización y reciclaje, la recolección.

En el índice se detalla todos los puntos tratados en esta Guía del Maestro.

CAPÍTULO I

ECOLOGÍA

1. ECOLOGÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS

“La voz griega “oikos” significa casa o lugar para vivir y la ecología (oikos logos) es literalmente el estudio de los organismos en su hogar, en su medio ambiente nativo. La ecología se ocupa de la biología de grupos de organismos y sus relaciones con el medio ambiente.

La Ecología es una ciencia multidisciplinaria que recurre a la Biología, la Climatología, la Ingeniería Química, la Mecánica, la Ética, etc.

Los organismos vivos se agrupan como factores bióticos del ecosistema; por ejemplo, las bacterias, los hongos, los protozoarios, las plantas, los animales, etc. En pocas palabras, los factores bióticos son todos los seres vivos en un ecosistema o en la biosfera.

Por otra parte, los factores químicos y los físicos se agrupan como factores abióticos del ecosistema. Esto incluye a todo el ambiente inerte; por ejemplo, la luz, el agua, el nitrógeno, las sales, el alimento, el calor, el clima, etc. Los factores abióticos son los elementos no vivos en un ecosistema o en la biosfera.”¹

1.1 EL MEDIO AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS

1.1.1 EL BIÓXIDO DE CARBONO Y LA VIDA

El bióxido de carbono es un compuesto orgánico formado por un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno ($O=C=O$).

El bióxido de carbono (CO_2) es un componente natural de la atmósfera y su densidad es de 679.97 mg/metro cúbico de aire. Su concentración en la composición del aire es apenas del 0.032%; sin embargo, es el compuesto orgánico más importante para el sostenimiento de la biosfera (conjunto de todos los seres vivos en la tierra).

¹ VILLEE, Claude A. *Biología*. 1998. Págs. 696 – 698.

Sin el CO₂ la vida de los organismos fotosintéticos y de los animales no sería posible, pues el CO₂ sirve como base para la formación de compuestos orgánicos que son nutrientes para las plantas y los animales.

El bióxido de carbono (CO₂) es fijado en el tejido conectivo del cloroplasto, luego, el bióxido de carbono fijado se utiliza en el citoplasma para sintetizar sacarosa.

“Uno de los *problemas ambientales* más importantes que se están produciendo en la actualidad es la acumulación del bióxido de carbono (CO₂) atmosférico. Sin duda el CO₂ adicional proviene de la quema de combustibles fósiles, la tala de bosques y el desgaste del humus del suelo (el complejo orgánico coloidal que contiene la tierra).

El contenido atmosférico de CO₂ normalmente se mide en términos de su concentración en relación con los demás gases en partes por millón en volumen (ppmv).

Puesto que la masa del carbono que contiene el planeta es prácticamente constante, el aumento debe de provenir de otro depósito de almacenamiento.

Se dice que las tasas de transferencia en gigatoneladas (1 Gt = 10⁹ toneladas) de carbono anuales, en 1995 era de 760 Gt, en comparación con 610 Gt en 1860.”²

1.1.2 EL ECOSISTEMA

“Se dice Ecosistema, para indicar una unidad natural de partes vivientes o inertes con interacciones mutuas para producir un sistema estable en el cual el intercambio de sustancias entre las plantas vivas e inertes es de tipo circular.

Ecosistema es el conjunto de todos los organismos (factores bióticos) que viven en comunidad y todos los factores no vivientes (factores abióticos) con los cuales los organismos actúan de manera recíproca. Es considerado como un conjunto de especies vegetales y animales que acoplados al ambiente generan un flujo de energía y un ciclo de la materia.

Existe un fino equilibrio entre los factores bióticos y abióticos en los ecosistemas.

Relaciones

Interdependencia. Para que los organismos interactúen deben coexistir y presentar posición de nicho (alimento, lugares de reproducción, morada) en algunas de sus dimensiones.

Competencia. Es frecuente que dos especies coexistan en el mismo hábitat y entran en disputa por el mismo nicho, para satisfacer sus necesidades.

² HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 113, 115.

Depredación. Se da cuando un animal caza y mata a otro, por lo general, más débil para alimentarse, aunque no siempre implica matar a la presa, como caso de los herbívoros que se alimentan de semillas, frutas y hojas sin matar la planta.

Parasitismo. Se presenta cuando el organismo llamado parásito, se nutre de los tejidos y sustancias orgánicas del cuerpo de otro ser causándole algún daño.

Simbiosis. Consiste en la asociación de organismos distintos, llamados simbioses, que interactúan mediante dos modalidades. En la simbiosis obligada o conjuntiva se presenta una interacción tan íntima, que los simbioses involucrados no pueden sobrevivir el uno sin el otro. En la simbiosis disyuntiva o facultativa, la asociación entre organismos es voluntaria, pudiendo vivir independientemente.

Comensalismo. Es una variante de relación entre dos organismos, en la cual una sola especie se beneficia mientras que la otra no resulta afectada.

Cadena Alimenticia. La transferencia de la energía alimenticia desde su origen en las plantas a través de una sucesión de organismos, cada uno de los cuales devora al que le precede y es devorado a su vez por el que le sigue, se llama cadena alimenticia. Los autótrofos son los organismos que producen su propio alimento como las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis. Los heterótrofos, son los que necesitan alimentarse de otros organismos para sobrevivir.³

1.1.3 EL MEDIO AMBIENTE

Es la atmósfera natural que rodea a los seres vivos. El medio ambiente debe tener condiciones adecuadas de temperatura, humedad, luz solar, oxígeno que permita respirar y anhídrido carbónico que permita a las plantas realizar la fotosíntesis, agua, suelo y otros factores que permitan la supervivencia humana, animal y vegetal.

Son los factores que contribuyen a crear un entorno particular alrededor de un organismo.

Elementos Físicos

1. Sustancias inorgánicas: bióxido de carbono, agua, oxígeno, etc. Estas sustancias existen sin necesidad de que un organismo vivo intervenga en su formación. Pueden ser líquidas, gaseosas y sólidas.

2. Sustancias orgánicas: Se forma por la acción de los organismos vivos vegetales y animales mediante proceso metabólico a partir de materia inorgánica (vegetal), por ingesta animal y luego por degradación y síntesis sucesivas.

³ VILLEE, Claude A. *Biología*. 1998. Págs. 116 – 120.

3. Factores ambientales: Condiciones ambientales que fijan un marco referencial, influyen y son influidos por los organismos. Los factores ambientales son condiciones, no se consumen. La materia o sustancia son recursos, ya que se consumen y reciclan por lo tanto son agotables por el uso.

Elementos Bióticos

Los componentes bióticos fundamentales de un ecosistema son los productores, los consumidores y los descomponedores.

-Los productores: Son los organismos capaces de producir alimentos a partir de las sustancias químicas del ambiente. Para poder fabricar alimentos necesitan la energía de la luz solar. En este proceso son indispensables los materiales y la energía.

-Los consumidores: Son aquellos organismos que se comen a los productores, porque no pueden fabricar alimentos, se denominan herbívoros o consumidores primarios. Si se alimentan de éstos, se llaman consumidores secundarios.

-Los degradadores o descomponedores: Son los organismos que utilizan con alimento, los restos de vegetales y animales. En esta forma, obtienen la energía química que necesitan para realizar todas sus funciones. La acción descomponedora de estos organismos permite devolver al ambiente los nutrientes que los productores han tomado del suelo.

Pirámide de Energía

Una pirámide de energía es la representación gráfica de los niveles tróficos (alimenticios) por los cuales la energía proveniente del Sol es transferida en un ecosistema.

La fuente absoluta de energía para los seres vivos en la Tierra es el Sol. La energía que el Sol emite actualmente es de 1366.75 W/m^2 (hace 400 años era de 1363.48 W/m^2).

Cuando se realizaron los estudios de la captación de energía por los organismos productores (plantas), la Irradiación Solar (IS) era de 1365.45 W/m^2 . Actualmente, la energía aprovechable por los organismos fotosintéticos es de 697.04 W/m^2 ; sin embargo, los organismos fotosintéticos solo aprovechan 0.65 W/m^2 y el resto se disipa hacia el entorno no biótico (océanos, suelos, atmósfera), de ahí al Espacio Sideral y al Campo Gravitacional. La atmósfera absorbe 191.345 W/m^2 , manteniendo así la temperatura troposférica mundial de $35.4 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.2 EL HOMBRE EN LOS ECOSISTEMAS

1.2.1 LA ECOLOGÍA Y EL HOMBRE

La ecología es la ciencia que estudia a los organismos en su propio hábitat y las relaciones que mantienen a los seres vivos con su entorno.

De manera que al entender todo esto se puede decir que para lograr la armonía del hombre con la naturaleza es necesario que exista un control y una planificación acorde con el desarrollo social, educativo y económico del país, sin que para ello se deteriore el ambiente.

La vida del hombre depende necesariamente de los recursos naturales de los ecosistemas. Estos recursos son parte de la ecología y al destruirlos, no sólo se destruye el ecosistema sino el futuro de las generaciones venideras. Es importante no alterar la ecología porque al afectarla se estaría perturbando el medio ambiente en donde se encuentran gran número de seres vivos y no vivos.

Un recurso natural se refiere a todo lo que puede servir al hombre como medio para alcanzar un fin determinado, los recursos están en función de las necesidades y de las capacidades del hombre.

Los recursos naturales renovables son algunos recursos que pueden regenerarse de manera natural o artificial, constituyen los recursos naturales y si son bien manejados pueden utilizarse por siglos. Entre los más importantes están la energía solar, que constituye una fuente.

Los recursos naturales no renovables incluyen recursos indispensables para la supervivencia humana, como el carbón, el petróleo y el gas natural, que se han formado mediante procesos de millones de años de duración. Estos recursos se acabaran muy pronto y nada se podrá hacer para recuperarlos. *Los recursos naturales* eran suficientes para satisfacer las necesidades de todos los organismos. El crecimiento desmedido de la población humana y el urbanismo desenfrenado plantean problemas serios al respecto. En la actualidad, se hace necesario una cuantificación rigurosa de los recursos naturales y una planeación racional de su aprovechamiento.

El rápido crecimiento de la población, el acelerado crecimiento urbano y el crecimiento industrial que la mayoría de las veces carece de control y planificación, han sido causa directa del deterioro ambiental, pues el hombre, para lograr su proceso de desarrollo económico, ha utilizado mal los bosques (desarrollo maderero), los suelos (desarrollo agrícola), las aguas, los lagos, los ríos, los puertos, contaminando casi todo el ambiente, poniendo en peligro su especie y otras especies animales y vegetales que se establecen en las comunidades.

Las recomendaciones más importantes en el uso de los recursos naturales por parte del hombre podrían ser:

La contaminación es un fenómeno global que afecta al ambiente industrial interno y a los medios receptores externos (agua, aire, suelo). El reconocimiento de que la humanidad debe aprender a servirse del ambiente sin destruirlo provocó que en junio de 1972, las Naciones Unidas convocaran a una Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente en Estocolmo.

Desarrollo Sostenido

- La agricultura
- La energía
- La industria

tienen un mayor impacto en el medio ambiente son:

Los componentes de este crecimiento poblacional y la globalización de la actividad humana que

reconocido mucho después de haberlas puesto en uso.

Por otra parte, la tecnología moderna ha aumentado la cantidad de productos de desecho que se convierten en contaminantes, incluso, algunas de esas sustancias que ayudan al desarrollo agrícola, industrial y al cuidado de la salud tienen efectos secundarios adversos que se han

La actitud del hombre hacia el medio ambiente se ha transformado gradualmente desde la exploración, hasta la explotación de los recursos del planeta. La práctica de explotación se generalizó a partir del Siglo XVII, dando origen a un proceso de deterioro cada vez más importante del medio natural y del ambiente hasta que, hace pocos años, en varias regiones se empezó a evidenciar el agotamiento de los suelos, los cursos de agua contaminados, algunas especies animales y vegetales a punto de extinguirse, la destrucción de bosques, etc.

La Tierra en su conjunto (aire, agua, suelo y seres vivos) integra un solo cuerpo llamado biosfera. Pese a que no todos los actos del hombre afectan a la biosfera, éste puede ser considerado como el principal transformador del medio ambiente en razón del carácter y alcance de sus actividades relativas al entorno.

1.3 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL

- Mejor aprovechamiento de los recursos.
- Mejor selección de áreas industriales y comerciales.
- Desarrollo efectivo de los planes educativos, en cuanto a conservación ambiental a todos los niveles de educación.
- Cumplimiento de normas legales para el uso, defensa y mejora del ambiente local.
- Desarrollo tecnológico adecuado a las necesidades de la localidad, a fin de impedir el deterioro ambiental.

En esta reunión aparecieron dos posiciones antagónicas: a) La detención de la contaminación para mejorar la calidad de vida y b) El desarrollo a costa de la contaminación.

"A partir de ese momento se inició una evolución en la forma de enfocarlos asuntos ambientales. En la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, "La Cumbre de la Tierra" (el informe "Nuestro futuro" en Brasil, 1992), se señaló al mundo y a sus dirigentes la importancia y urgencia de adoptar medidas para proteger el medio ambiente y encontrar la manera de que la interacción personas – medio ambiente asegure el *desarrollo sostenible* de la sociedad humana.

Dentro de este concepto, la protección medio-ambiental actúa como motor de desarrollo a causa del gran esfuerzo de gestión, avance tecnológico e inversión que tal protección exige.

El desarrollo sostenido, es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer el futuro. Esta idea de desarrollo, fue manejado en el informe "Nuestro futuro", aporta una nueva dimensión a la formulación de políticas económicas y ecológicas.

Evaluación del impacto ambiental

Una EIA, es un actividad cuyo propósito es identificar y pronosticar el impacto del ambiente biogeofísico y en la salud y bienestar humanos, de las propuestas legislativas, las políticas, los programas, los proyectos, y los procedimientos operativos, e interpretar y comunicar información acerca de los impactos.

Un manifiesto del impacto ambiental (MIA) es el documento público resultante, el cual redacta en un formato especificado por organismos nacionales, estatales o locales autorizados.

Un inventario ambiental es una descripción del ambiente tal como existe en un área donde está considerando llevar a cabo una acción específica propuesta.

Una auditoría posterior a la construcción es un estudio realizado varios años o décadas después para verificar la exactitud de las predicciones de la EIA.⁴

"La Industria y el Medio Ambiente

Se están produciendo cambios sustanciales en las relaciones entre los conceptos Desarrollo Industrial y Protección del Entorno Natural, considerados antagónicos tiempo atrás. Estos cambios significan pasar de la preocupación por la lucha contra la contaminación a darle cada vez más importancia a su integración con el factor económico.

Este concepto está cambiando, actualmente se tiende a la modificación y desarrollo de nuevos procesos industriales que reducen drásticamente la contaminación y también la recuperación de

⁴ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 687

subproductos, agua y energía. En la actualidad la armonización entre la competitividad y la protección ambiental es una condición necesaria para la expansión industrial.

Propuesta: Estrategia de Gestión Ambiental en la Industria

La estrategia de la gestión ambiental en la industria es un elemento esencial de la competitividad a mediano y largo plazo, aunque pueda originar costos adicionales en el corto plazo. En efecto, los costos ambientales generados por las actividades productivas pueden ser considerados como un sumando más de lo que se conoce como el costo de la "no calidad".

Esta estrategia trata de:

- Identificar los costos medio-ambientales indeseados, generados por el ciclo producción-consumo que perturba al ciclo ecológico natural,
- Cuantificar los costos en la medida de lo posible,
- Asignar responsabilidades,
- Interrumpir el proceso de transferencia de dichos costos,

El resultado de la gestión ambiental es una disminución en los costos medio ambientales y con esto apoyar el desarrollo de la calidad ambiental.

El esfuerzo de minimizar los costos medioambientales desencadena en la industria modificaciones profundas, que no sólo afectan a la forma de producir, sino que repercuten en la selección de los objetivos sociales, en los procesos de investigación y el desarrollo de nuevos productos, en la estrategia comercial, en los esquemas organizativos y en los sistemas de gestión y control.

El resultado final es el aumento de la competitividad como consecuencia de la integración de la función ambiental a la Gestión de Calidad Total de las empresas.

Las empresas enfrentan la obligación de reducir la generación de residuos e incentivar su reciclado, esto representa una economía que contribuye a mejorar la competitividad y a promover una imagen verde de la organización, mientras que tratarlos o disponerlos será cada vez más caro y difícil.

Las organizaciones deben adoptar una actitud proactiva con respecto a la protección del ambiente, considerándola cada vez menos como un problema y cada vez más como un patrimonio a generar."⁵

⁵ PRANDO, Raúl R. *Manual de la Gestión de Calidad Ambiental*. 1998. 184 pp.

1.4 ÉTICA AMBIENTAL

La ética ambiental o ética medioambiental es la parte de la filosofía y la ética aplicada que considera las relaciones éticas entre los seres humanos y el ambiente natural o medio ambiente. Ejerce influencia en una larga lista de disciplinas como el derecho, la sociología, economía, ecología, geografía, etc. En su campo incluye la estética de la naturaleza y otras ramas de la investigación filosófica (epistemología, metafísica, axiología, etc.)

“Teorías éticas

La ética es la ciencia o teoría que guía el comportamiento moral. La moral es la aplicación de estos principios éticos. Las teorías son:

1. Ética de la media de oro. (Aristóteles, 384 - 322 a.C.). La mejor solución se consigue por la razón y la lógica y es un compromiso, o media de oro, entre extremos de exceso y deficiencia.
2. Ética con base en derechos. (John Locke, 1632 – 1704). Toda persona es libre o igual y tiene derecho a la vida, a la salud, la libertad y las posesiones.
3. Ética con base en deberes. (Immanuel Kant, 1728 - 1804). Toda persona tiene el deber de actuar de un modo tal que sea universalmente aceptable para todos, sin excepción.
4. Ética utilitaria (John Stuart Mill, 1806 -1873). La mejor opción es la que produce el beneficio máximo para el mayor número de personas.”⁶

Considero que la mejor forma de estas teorías es conjuntarlas todas. Es aquí donde uno de los deberes para el Ingeniero Civil es comprometerse a cuidar el medio ambiente como una forma de mejorar la calidad de vida, para las presentes y futuras generaciones. Sin embargo son decisiones que siempre dependen de la misma persona o bien de las grandes empresas que realizan grandes construcciones.

1.5 DEFINICIONES Y CONCEPTOS AFINES

1.5.1 INGENIERIA AMBIENTAL

La ingeniería ambiental es la rama de la ingeniería que estudia los problemas ambientales de forma integrada, teniendo en cuenta sus dimensiones ecológicas, sociales, económicas y tecnológicas, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible o desarrollo sustentable.

⁶ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 718 – 719.

El ingeniero ambiental debe saber reconocer, interpretar y diagnosticar impactos negativos y positivos ambientales, evaluar el nivel del daño ocasionado en el ambiente (en el caso de un impacto negativo) y proponer soluciones integradas de acuerdo a las leyes medioambientales vigentes.

1.5.2 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA AMBIENTAL

La ingeniería ambiental moderna tuvo sus comienzos en Londres a mediados del siglo XIX, cuando se estableció que una red de alcantarillado adecuada podría reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua como el cólera. La introducción desde ese entonces de la purificación de agua y del tratamiento de aguas residuales ha transformado a las enfermedades transmitidas por el agua de principales causas de muerte a rarezas en los países industrializados.

Desde hace tiempo varias sociedades han generado movimientos conservacionistas y leyes para restringir acciones públicas que podrían perjudicar al medio ambiente.

1.5.3 EL PAPEL DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL

La ingeniería ambiental contribuye a mantener la capacidad de sostenimiento del planeta y a garantizar mediante la conservación y preservación de los recursos naturales, una mejor calidad de vida para la generación actual y para las generaciones futuras. Esta disciplina, en pleno desarrollo, ve cada vez más claro su objetivo y ha venido consolidándose como una necesidad, ya que proporciona una serie de soluciones propicias para enfrentar la actual crisis ecológica que vive el planeta. Por esto, es considerada por muchas personas como una profesión de gran futuro.

En pocas palabras, el cometido principal de la ingeniería ambiental consiste en proteger al medio ambiente de mayor degradación, preservar las partes de éste que se encuentran en buenas condiciones, y mejorarlo y revitalizarlo donde sea necesario.

La actuación del ingeniero ambiental como cualquier ingeniero, tiene por función resolver problemas concretos recurriendo a la tecnología. Por este motivo, su mercado de trabajo es bastante heterogéneo y se distribuye entre la administración central, sus servicios descentralizados a nivel regional, la administración local, empresas industriales, empresas de consultoría, empresas de servicios, organizaciones no gubernamentales, instituciones de investigación y enseñanza superior.

Una de las actividades que debe desarrollar el ingeniero ambiental es la evaluación de la duración, magnitud y reversibilidad de las alteraciones causadas por la actividad humana en el medio ambiente, independientemente de su naturaleza adversa o benéfica.

El ingeniero ambiental debe estar facultado para:

- Planificar el uso sostenible del medio ambiente
- Proponer políticas medioambientales
- Elaborar Estudios de Impacto Ambiental
- Gestión Ambiental
- Medidas de mitigación y control de procesos contaminantes
- Diagnosticar y evaluar aspectos ambientales
- Elaborar soluciones medioambientales
- Fiscalizar procesos medioambientales
- Monitorear recursos naturales
- Proponer soluciones o administrar instalaciones de carácter ambiental, tales como plantas de disposición final de residuos peligrosos, plantas de disposición final de residuos comunes, estaciones de transferencia, etc.

El ingeniero ambiental debe poseer conocimientos de matemáticas, mecánica, biología, química, termodinámica, operaciones unitarias, balance de masas, aspectos jurídicos (normativas legales ambientales), ingeniería civil, mecánica de fluidos, física, geofísica, hidrología, geología, diseño de procesos de tratamientos de efluentes, gestión de residuos, producción agrícola, pecuaria y forestal, aspectos socioeconómicos entre otras disciplinas académicas.

1.5.4 SALUD Y SALUD PÚBLICA

La salud (del griego "Usana") es el estado de completo bienestar físico, mental y social, no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades, según la definición de la Organización Mundial de la Salud realizada en su constitución de 1946. También puede definirse como el nivel de eficacia funcional o metabólica de un organismo tanto a nivel micro (celular) como en el macro (social). En 1992 un investigador agregó a la definición de la OMS: "y en armonía con el medio ambiente", ampliando así el concepto.

La salud pública es una ciencia de objeto multidisciplinario y sin lugar a dudas el objeto primordial y pilar central de estudio para la formación actualizada de todo profesional de la salud, que obtiene, depende y colabora con los conocimientos a partir de todas las ciencias y sus diferentes protocolos de investigación, siendo su actividad eminentemente social, cuyo objetivo es ejercer y mantener la salud de la población, así como de control o erradicación de la enfermedad.

Las funciones esenciales de la salud pública son el conjunto de actuaciones que deben ser realizadas con fines concretos, necesarios para la obtención del objetivo central, que es asimismo la finalidad de la salud pública, es decir, mejorar la salud de las poblaciones.

Las funciones esenciales de la salud pública son:

- Vigilancia de la salud pública, investigación y control de riesgos y daños en salud pública.
- Promoción de la salud.
- Desarrollo de políticas y capacidad institucional de planificación, y gestión en materia de salud pública.
- Evaluación y promoción del acceso equitativo a los servicios de salud necesarios.
- Desarrollo de recursos humanos y capacitación en salud pública.
- Garantía y mejoramiento de la calidad de los servicios de salud individual y colectiva.
- Investigación en salud pública.
- Reducción del impacto de las emergencias y desastres en la salud.

1.5.5 HIGIENE

La Higiene es el conjunto de conocimientos y técnicas que deben aplicar los individuos para el control de los factores que ejercen o pueden ejercer efectos nocivos sobre su salud. La higiene personal es el concepto básico del aseo, limpieza y cuidado de nuestro cuerpo.

Sus objetivos son mejorar la salud, conservarla y prevenir las enfermedades. Se entiende como higiene:

- Limpieza, aseo de lugares o personas.
- Hábitos que favorecen la salud.
- Reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores y tensiones ambientales que surgen en el lugar de trabajo y que pueden provocar enfermedades, quebrantos de salud, quebrantos de bienestar, incomodidad e ineficacia de los trabajadores y los ciudadanos.
- La higiene personal es la parte de la medicina que trata de los medios en que el hombre debe vivir y de la forma de modificarlos en el sentido más favorable para su desarrollo

Los retretes y vestuarios separados para hombres y mujeres dotados de lavabos, situados en las proximidades de los puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de los locales de aseo, cuando no estén integrados en éstos últimos.

1.5.6 CIENCIAS Y ESTUDIOS RELACIONADOS

La filosofía ambiental y la ética ambiental

La ciencia del medio proveerá una tecnología adecuada para sustituir los recursos naturales explotados, como también para reducir y reciclar los desechos contaminantes y acaso la biogenética concorra a la solución con la diversidad de nuevas formas de vida. Pero sólo una sabiduría ecológica puede desafiar la crisis de supervivencia mediante un cambio radical en la actitud hacia la naturaleza.

La degradación ambiental no es sólo problema que exige soluciones científico-técnicas; en realidad no es tanto un problema en el sentido objetivo de algo exterior al hombre como un problema de conciencia o de actitudes y conducta humanas.

La crisis ecológica deriva a la postre en el planteamiento de un nuevo sistema ético, la bioética como puente entre los hechos científicos y los valores morales. El problema moral se ha tomado "específico" para el hombre por el imperativo de la supervivencia y de una responsabilidad solidaria a fin de preservar la biosfera terráquea. La pregunta de la ética es entonces cómo debemos vivir, al menos para sobrevivir, pero conciliando el imperativo de supervivencia con el de dignidad humana y conciliación es el objeto de estudio de la Antropología.

El primer principio de la ética ambiental es el de reciprocidad o mutua obligación por la interdependencia de los seres vivientes en un cuerpo cósmico (ecosfera) amenazado por la patogenicidad del cuerpo técnico (tecnosfera) o conjunto de organismos sintéticos que consumen energía y producen desechos desequilibrando el ecosistema natural.

La filosofía ambiental

Inspira la utopía de una civilización ecológica e impulsa un nuevo proyecto político (económico y social) en la humanidad post - moderna. Por de pronto se denuncia el peligro de la dinámica expansiva de la civilización industrial misma y se replantea la dialéctica del progreso.

El concepto moderno de progreso cuantitativo, crecimiento material, expansión productiva, aumento del confort y de la población global, etc., ha ingresado en un decisivo cuestionamiento (progreso no es un concepto que implique necesariamente un valor positivo: hablamos del progreso de una enfermedad y el crecimiento desordenado es la filosofía del cáncer). Se propone un paradigma alternativo al paradigma de desarrollo tradicional, uno que eleve globalmente la calidad de vida, un desarrollo técnico con miras al crecimiento cualitativo, a la creación y preservación de las mejores condiciones humanas.

Otros estudios relacionados

En la Revista de Filosofía Aplicada, en 1953, Alan Marshall expuso la idea comúnmente aceptada del equilibrio ecológico existente entre los seres animados (entidades vivientes) y los inanimados (entidades no vivientes).

Para Marshall, como para otros pensadores del ambiente, el rápido proceso de industrialización en los últimos 300 años ha dado lugar a un importante desequilibrio. Hoy, las preocupaciones crecientes sobre el calentamiento global subrayan la aceptación general de que la preservación del ambiente es un asunto de vital importancia. Sin embargo, los motivos por los que uno acepta o rechaza los argumentos a favor de la preservación son un objeto de debate ético y esto invariablemente incluye una postura personal sobre los animales no humanos y sus derechos.

1.6 LEGISLACIÓN AMBIENTAL

LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO

Leyes generales, federales y nacionales.

“La ley ambiental mexicana es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sin embargo, existen otras leyes federales y nacionales que inciden en varios aspectos en la relación de las ganaderías industriales con los recursos naturales. Estas leyes son: Ley de Aguas Nacionales, Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, Ley General de Salud, Ley Federal de Metrología y Normalización y la Ley Federal de Sanidad Animal.

i) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La legislación ambiental mexicana es relativamente joven. La LGEEPA se publica en 1988 y partir de esa fecha se ha modificado en concordancia con los cambios en la Ley de la Administración Pública, con las necesidades de ampliar, profundizar y hacer más eficiente las acciones en materia de protección ambiental y con el objetivo de reforzar el proceso de federalización a través de la descentralización de las funciones de la administración pública.

En la administración pasada (1994-2000), la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP -ahora sólo Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales- realizó una importante labor para hacer compatibles las atribuciones federales, con las estatales y municipales.

Como resultado de este esfuerzo, en diciembre de 1996 se publica un decreto por el cual se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley. El centro de estas modificaciones es la transferencia de atribuciones, funciones y recursos a las entidades federativas, proceso que afecta de manera sustancial el carácter de las leyes ambientales de los estados elaboradas a fines de los ochenta y principios de los noventa.

La LGEEPA tiene cuatro reglamentos:

1. En Materia de Impacto Ambiental
2. En Materia de Residuos Peligrosos
3. En Materia de Evaluación del Impacto Ambiental
4. En Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica

Con excepción del recurso agua, la función de inspección y fiscalización del cumplimiento de la LGEEPA recae en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). En el caso de las leyes ecológicas estatales, esta función está a cargo de las procuradurías estatales.

Los problemas ambientales del sector agropecuario, ocupan un lugar marginal en el cuerpo de esta Ley.

ii) Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1° de diciembre de 1992 señala que "La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal quien la ejercerá directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

En México se ha legislado en materia de agua desde hace más de cinco décadas. La ley actual abroga la de 1972 que tenía, como las anteriores, un carácter predominantemente normativo y administrativo. La Ley de Aguas Nacionales vigente contiene cambios sustanciales relativos a la administración del agua, el papel de la autoridad y la responsabilidad de los usuarios respecto de este recurso. Es además una ley coercitiva que establece sanciones y penalidades para los infractores.

La Comisión Nacional del Agua es una importante dependencia del sector público que hereda gran parte de las funciones que anteriormente estaban a cargo de una secretaría de estado, la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Acorde con el rol secundario que se ha asignado a la agricultura en el proceso de desarrollo, esta secretaría reducida al nivel de una Comisión, pasó a formar parte de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en la década de los ochenta.

Con la creación de la SEMARNAP en 1994, se integró al esquema orgánico de esa secretaría, pero con un peso e importancia destacados. Entre las importantes funciones que están a cargo de esta Comisión, está la vigilancia del cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales, proponer la elaboración de normas oficiales mexicanas y responder por su vigilancia, establecer condiciones particulares de descarga, otorgar permisos y licencias de uso y descarga de agua y aplicar la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.

Todas estas atribuciones hacen que la CNA sea una dependencia con un poder político que está por encima del que tienen varias secretarías de estado; sus atribuciones -consideradas excesivas desde varios puntos de vista- le permiten actuar como juez y parte en todo lo que tenga que ver con el recurso agua.

La LAN contiene disposiciones de orden público e interés social que se ejercen a través de la CNA en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, y que sientan las bases para:

1. Establecer y hacer cumplir las condiciones particulares de descarga,
2. Exigir un permiso para descargar aguas residuales en cuerpos receptores del dominio público,
3. Ordenar la suspensión de actividades cuando:
 - No se cuente con el permiso de descarga,
 - No se cumpla con la norma oficial mexicana correspondiente o con las condiciones particulares de descarga,
 - Se deje de pagar el derecho por el uso del bien público y
 - Se utilice el proceso de dilución,
4. Realizar las obras necesarias cuando exista riesgo de daño para la población o para el ecosistema, con cargo a quien resulte responsable,
5. Infraccionar e imponer sanciones que van de 50 a 10,000 días de salario mínimo por 18 causas entre las que se encuentran: diluir aguas residuales, descargar sin cumplir lo establecido por la Ley y usar aguas nacionales sin el título respectivo. Artículos 4°, 5°, 7°.

Existe un Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.⁷

⁷ <http://www.fao.org/WAIRDOS/LEAD/X6372S/x6372s09.htm#>. Citado 30 de noviembre de 2009.

CAPÍTULO II

EL AGUA

2. EL AGUA

El agua (del latín *aqua*) es el compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). El término agua se aplica únicamente al estado líquido de este compuesto, mientras que se asigna el término hielo a su estado sólido y el término vapor de agua a su estado gaseoso.

El agua es un recurso natural esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.



Figura 2.1.- Molécula de Agua

"Una molécula de agua consiste en un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, unidos formando un ángulo de 105° . Al estar unido cada átomo de hidrógeno con un elemento muy electronegativo como el oxígeno, el par de electrones del enlace estará muy atraído por éste. Estos electrones forman una región de carga negativa, que polariza eléctricamente a toda la molécula. Esta cualidad polar explica el fuerte enlace entre las moléculas, así como ciertas propiedades del agua poco comunes, por ejemplo, el hecho de que se expande al solidificarse."⁸

⁸ Microsoft Corporation. *Agua*. Microsoft Student 2009.

Estructura del agua

"Su fórmula general es de H_2O . El agua en realidad es una mezcla conteniendo varias combinaciones de los isotopos existentes de sus dos elementos. 1H , 2H , 3H , ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . La razón mínima isotópica de H y O en aguas naturales es la siguiente: $^2H / ^1H$, = 1:69000 y $^{18}O / ^{17}O / ^{16}O$ = 1:5:2500. El peso molecular del agua normal ($^1H_2 ^{16}O$) es de 18.0154 g/mol, el del agua deuterada ($^2H_2 ^{16}O$) es de 20.0276 g/mol y el del agua tritiada ($^3H_2 ^{16}O$) es de 22.0315 g/mol."⁹

2.1 PARÁMETROS FÍSICOS

El agua presenta una infinidad de características físicas y químicas, entre los parámetros físicos se presentan algunos de estos.

A temperatura ambiente el agua es líquida, inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes debido a la refracción de la luz al atravesarla, ya que absorbe con mayor facilidad las longitudes de onda larga (rojo, naranja y amarillo) que las longitudes de onda corta (azul, violeta), desviando levemente estas últimas, provocando que en grandes cantidades de agua esas ondas cortas se hagan apreciables.

Entre las propiedades físicas del agua tenemos:

- Es un líquido incoloro, inodoro y sinsabor.
- Se transforma fácilmente en los tres estados de agregación (sólido, líquido y gaseoso).
- A 100° C se produce su ebullición en condiciones normales de presión (es decir, al nivel del mar a 760 mm de Hg).
- Se solidifica a 0° C en forma de hielo.
- Es un compuesto con elevada capacidad calorífica, esto es, requiere mucho calor para elevar su temperatura.
- A 4° C adquiere su mayor densidad, que se considera con valor de 1 (es la base para la densidad). Si su temperatura baja a partir de 4° C su densidad se eleva, pues la solubilidad decrece inversamente con la densidad; ésta es la razón por la que el hielo flota, pues ocupa más volumen.
- Es el disolvente universal por excelencia; todos los gases, así como numerosos sólidos y líquidos se disuelven en ella.
- Su densidad y fluidez permiten que su energía potencial, al ser almacenada en presas, se aproveche en las caídas de agua para producir energía eléctrica.

Otras propiedades del agua según su estado físico, también son:

⁹ RODRÍGUEZ, Mellado J.M. y R. Marín Galván. *Fisicoquímica de aguas*. 1999. Pág. 2

“Propiedades físicas no asociadas a cambios de estado

- Viscosidad.- El movimiento irregular de las moléculas de un líquido y un gas en general y del agua en particular, da lugar que en parte de ésta pueda desplazarse con respecto a otra fluyendo. No obstante, las fuerzas de atracción entre las moléculas se oponen a este desplazamiento, dando lugar a una resistencia, a la cual se denomina Viscosidad.
- Tensión superficial.- Es la energía necesaria por unidad de área para expandir la superficie del líquido o el trabajo necesario para incrementar, a temperatura constante la superficie del líquido en una cantidad igual al área de una cara de un cubo que contiene una masa de líquido igual a un mol de vapor.
- Densidad.- Es la masa por unidad de volumen.
- Compresibilidad.- Es la posibilidad de una sustancia de reducir su volumen ante un aumento de presión. La compresibilidad del agua es de 5×10^{-5} bares.
- Capacidad calorífica.- Es la capacidad del agua para almacenar energía calorífica. El agua tiene un calor específico de $1.0 \text{ cal } ^\circ\text{C}^{-1}$ a $15 \text{ }^\circ\text{C}$, cantidad que no varía con la temperatura.
- Conductividad térmica.- Mide la capacidad de un cuerpo para conducir la energía térmica.
- Velocidad del sonido en el agua.- Tiene un valor de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ de 1.497 m s^{-1}

Propiedades físicas asociadas a cambios de estado

- Presión de vapor.- Cuando las moléculas de agua pasan a fase de vapor se irán acumulando lentamente en la cámara de aire sobre el líquido hasta producir una determinada presión, a la que se denomina presión de vapor de agua.
- Punto de fusión.- Es la congelación del agua. Para el agua pura es de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a una 1 atm de presión.
- Punto de ebullición.- Es cuando el agua se evapora a presión constante, el punto de ebullición es de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 1 atm de presión.
- Sublimación.- Cuando el agua pasa de fase hielo a vapor.¹⁰

2.1.1 SÓLIDOS EN EL AGUA

Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la carga de sólidos. Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proviene de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado.

¹⁰ RODRÍGUEZ, Mellado J.M. y R. Marín Galvín. *Fisicoquímica de aguas*. 1999. Págs. 9-21.

Los métodos para la determinación de sólidos son empíricos, fáciles de realizar y están diseñados para obtener información sobre los diferentes tipos de sólidos presentes. Para un estudio del agua es importante considerar su clasificación, estos consisten en:

"a) Sólidos Totales (ST). Suma de los sólidos suspendidos y sólidos disueltos. Consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103 °C a 105 °C.

b) Sólidos Volátiles (SV). Los sólidos totales sometidos a combustión a una temperatura de 600 °C, durante 20 minutos, transforman la materia orgánica a CO₂ y H₂O. Esta pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica o volátil (SV), los sólidos que no volatilizan se denominan sólidos fijos (SF).

c) Sólidos Suspendidos (SS). Constituyen uno de los límites que se fijan a los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Son constituidos por los sedimentables, en suspensión y sólidos coloidales que no pasen el filtro estándar de fibra de vidrio.

Los SS se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra (50 ml) a través de crisoles "GOOCH" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante. En la actualidad se prefiere utilizar filtros de membrana con un tamaño de poro de aproximadamente 1.2 micrómetros (1.2 x 10⁻⁶ metros).

d) Sólidos Sedimentables. Los sólidos sedimentables son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partícula corresponde a 10 micras o más y que pueden sedimentar por la acción de la gravedad."¹¹

El esquema mostrado nos da una clasificación de los sólidos más clara en cuanto a los tamaños de partículas.

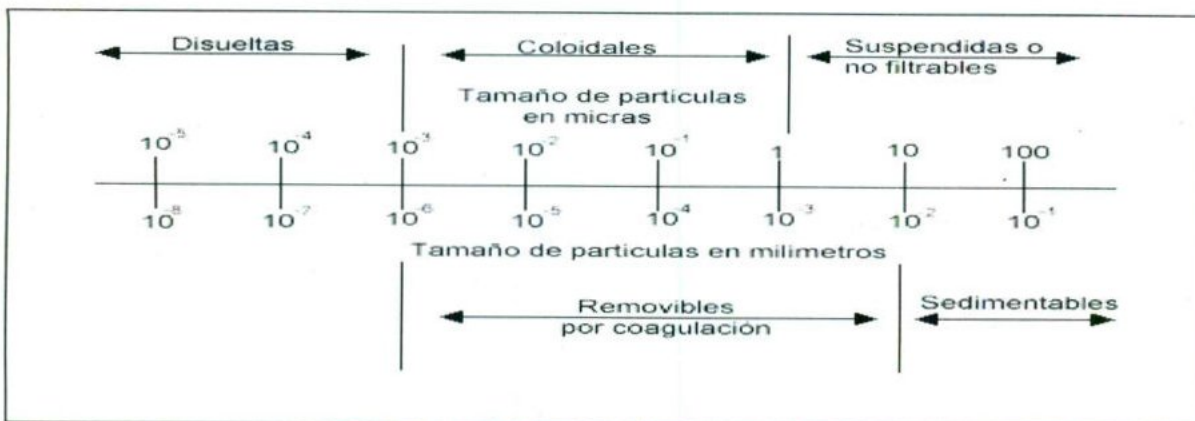


Tabla 2.1.- Clasificación de sólidos en el Agua.

Las normas mexicanas vigentes que se utilizan para determinar a los sólidos se mencionan a continuación:

¹¹ ACEVEDO, Arreguín Luis Antonio. *Caracterización fisicoquímica del agua. Manual de laboratorio*. 1989. Pág. 147.

- **NMX-AA-004-1977**, Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales.
- **NMX-AA-020-1980**, Aguas - determinación de sólidos disueltos totales.
- **NMX-AA-034-1981**, Análisis de agua - determinación de sólidos.

2.1.2 TURBIDEZ

Se entiende por turbidez a la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión.

“Cuanto más sólidos en suspensión haya en el líquido, generalmente se hace referencia al agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad. La turbidez del agua se puede eliminar por medio de la floculación – decantación y por filtración, la presencia de turbidez impide la desinfección por cloro u ozono.”¹²

La turbidez es causada por partículas suspendidas que interfieren el paso de la luz a través del agua. Las partículas varían en tamaño desde coloidales hasta granulares.

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Presencia de fitoplancton y/o crecimiento de las algas.
- Presencia de sedimentos procedentes de la erosión.
- Presencia de sedimentos suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa).
- Descarga de efluentes, como por ejemplo escorrentías urbanas, mezclados en el agua que se analiza.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez, o Nefelometric Turbidity Unit (NTU). El límite de turbidez del agua para consumo humano, según la OMS (Organización Mundial para la Salud), no debe superar en ningún caso las 5 NTU y estará idealmente por debajo de 1 NTU.

Los sistemas filtrantes, de las plantas de tratamiento del agua para consumo humano deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU (0.5 NTU para filtración convencional o directa) en por lo menos 95% de las muestras diarias de cualquier mes.

El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90° cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

¹² MERE, Alcocer Francisco Javier. *Tratamiento y control de la contaminación de Aguas Urbanas*. 2003. Pág. 31.

En México para medir la turbidez de las aguas se ha adoptado una unidad estándar arbitraria, la cual relaciona la turbidez causada por 1mg/l de SiO₂ (óxido de silicio) con una unidad de turbidez.

La medición de la turbidez puede hacerse por métodos visuales o instrumentales. El método instrumental hace uso de la nefelometría para medir la intensidad de la luz dispersada por las partículas que causan la turbidez. Los resultados se expresan en términos de "unidades de turbidez nefelométricas" (U.T.N.).

La turbidez es de importancia por tres razones principales:

- Proporciona un aspecto antiestético al cuerpo de agua.
- Disminuye la capacidad de filtración, debido a la presencia de partículas de muy pequeñas.
- Afecta en la desinfección, ya que a mayor turbidez es mayor la necesidad de desinfección.

La Norma que permite la cuantificación de éste parámetro es la que se da a continuación: **NMX-AA-038-1981**, Análisis de agua - determinación de turbidez.

2.1.3 COLOR

La coloración del agua puede ser debida a materias orgánicas e inorgánicas disueltas en disolución coloidal. El color del agua tiene importancia desde el punto de vista higiénico, ya que es un indicativo de donde procede el agua.

El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.

Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.

El color debido a la materia en suspensión se conoce como color aparente. El color verdadero es causado por sustancias de tipo vegetal. Muchas aguas residuales industriales son altamente coloreadas e imparten color a las aguas en las que se descargan, destacan las aguas residuales industriales provenientes de la industria textil, de pulpa y papel y de colorantes orgánicos.

La remoción del color verdadero es difícil. La determinación del color se hace por medios colorimétricos utilizando soluciones estándar arbitrarias a partir de cloroplatinato de potasio (K₂PtCl₆) teñidas con pequeñas cantidades de cloruro de cobalto.

Una unidad de color (UC) es igual al color producido por 1mg/l de platino como (K_2PtCl_6). Es un indicativo de las aguas residuales domésticas, cuando son frescas, el color es grisáceo; a medida que los compuestos orgánicos son desdoblados por las bacterias y las condiciones ambientales se tornan anaerobias, el color cambia a negro.

La legislación cuenta con dos normas para la determinación del color, éstas ofrecen los lineamientos generales y específicos para la determinación de dicho parámetro. Dichas normas son: la **NMX-AA-017-1980**, Aguas - determinación de color y la **NMX-AA-045-1981**, Análisis de agua - determinación de color (escala platino).

2.1.4 SABOR Y OLOR

Olor

La detección de olores y su cuantificación es muy difícil. Las personas tienen diferentes grados de sensibilidad para los olores; además, la exposición continua a un olor tiende a que la sensibilidad disminuya.

"Generalmente resulta de la presencia de materia orgánica en descomposición o de la reducción de sulfatos por bacterias a gas sulfhídrico (H_2S) y amoníaco (NH_3).

Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor."¹³

El mal olor es la principal característica de este parámetro ya que afecta la salud humana debido a lo desagradable del mismo y a la posibilidad de que en la industria se generen gases tóxicos que estén solubles en las aguas residuales y posteriormente por efectos de presión, temperatura y solubilidad sea liberados a la atmósfera.

La norma utilizada para la determinación de éste parámetro es la siguiente; **NMX-AA-083-1982**, Análisis de agua - determinación de olor.

Sabor

Es bastante subjetivo, pero normalmente el sabor va en función de las sales. El límite de NaCl (cloruro de sodio) es de 300-400 mg y el de sulfato de calcio de 500-600 mg. El sabor también va a depender de la temperatura, la ideal es de 10 a 14°C para que resulte agradable.

¹³ MERE, Alcocer Francisco Javier. *Tratamiento y control de la contaminación de Aguas Urbanas*. 2003. Pág. 35

"El sabor puede ser causa de muchos factores como las sustancias orgánicas disueltas micropoluentes, sales, algas, fenoles. El sabor se trata por aereación, carbón activado, y por ozono."¹⁴

2.1.5 TEMPERATURA

El agua pura es un líquido inodoro e insípido, tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0 °C y su punto de ebullición de 100 °C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse. Puede existir en estado sobreenfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar fácilmente a unos -25 °C sin que se congele.

A 20 °C se precisan 540 calorías para evaporar un gramo de agua, lo que da idea de la energía necesaria para romper los puentes de hidrógeno establecidos entre las moléculas del agua líquida y posteriormente, para dotar a estas moléculas de la energía cinética suficiente para abandonar la fase líquida y pasar al estado de vapor.

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción.

2.1.6 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Conductividad eléctrica (K)

Depende de la cantidad de sales disueltas presentes y para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de SDT (Sólidos Disueltos Totales, miligramos sobre litro).

$$K = \frac{\text{Conductividad (S/m)}}{\text{SDT (mg/l)}}$$

¹⁴ MERE, Alcocer Francisco Javier. *Tratamiento y control de la contaminación de Aguas Urbanas*. 2003. Pág. 33

Las unidades son Siemens por metro (S/m) en sistema de medición del Sistema Internacional y micromhos por centímetro (mmho/cm) en unidades estándar de EU. Su símbolo es k or σ .

Si se conoce el valor aproximado de K para un agua en particular, la medición de la conductividad da una indicación rápida del contenido de STD.

Conductividad del agua

"Esta propiedad mide la capacidad de un cuerpo para conducir la energía térmica a su través. La conductividad térmica del agua aumenta ligeramente con la temperatura (a presión constante), considerando el intervalo comprendido entre su punto de ebullición y de fusión. (0 °C y 100 °C). En concreto, su valor a 20 °C y 1 atm es de 5.87×10^{-3} watos $\text{cm}^{-1} \text{°C}^{-1}$.

La variación de la conductividad térmica con la temperatura del agua no es totalmente lineal, presentando un máximo cerca de 130 °C mientras que en el intervalo comprendido entre 0 °C y 80 °C puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$C_1 (\text{watt cm}^{-1} \text{°C}^{-1}) = 0.00587 \times [1 + 0.00281 (t - 20)]^{15}$$

Conductividad eléctrica y TDS (o SDT)

Índice TDS o sólidos disueltos totales (siglas en inglés de Total Dissolved Solids) es una medida de la concentración total de iones en solución. K es realmente una medida de la actividad iónica de una solución en términos de su capacidad para transmitir corriente.

Cuando la solución está más concentrada ($\text{TDS} > 1000 \text{ mg/l}$, $K > 2000 \text{ ms/cm}$), la proximidad de los iones en solución entre ellos inhibe su actividad y en consecuencia su habilidad de transmitir corriente, a pesar de que la concentración física de sólidos disueltos no queda afectada.

2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

Las reacciones y propiedades de los elementos químicos y sus compuestos, excepto el carbono y sus compuestos, se estudian en la química orgánica.

¹⁵ RODRÍGUEZ, Mellado J.M. y R. Marín Galvín. *Fisicoquímica de aguas*. 1999. Pág. 13.

Entre las principales reacciones químicas inorgánicas del agua se tiene:

1) Reacciona con los óxidos ácidos, 2) Reacciona con los óxidos básicos, 3) Reacciona con los metales, 4) Reacciona con los no metales y 5) Se une en las sales formando hidratos.

Entre otras generalidades químicas del agua:

- Es un compuesto muy estable; sin embargo, se ha observado que el hidrógeno y oxígeno se descomponen por encima de 1 600 °C.
- Su molécula está formada por hidrógeno y oxígeno en proporción de 1:8 en masa y de 2:1 en volumen.
- Su fórmula química es H_2O ; es decir, el oxígeno está unido a cada hidrógeno por medio de un enlace covalente sencillo (existe un par de electrones que los unen).
- Su masa molecular es 18.016 moles.
- El agua se descompone con un voltámetro por medio de la corriente eléctrica, empleando un electrólito (disolución que conduce la electricidad y contiene iones positivos y negativos). En el cátodo (electrodo negativo) se desprende hidrógeno y en el ánodo (electrodo positivo) el oxígeno.
- En la síntesis volumétrica del agua (preparación de compuestos químicos a partir de sustancias más sencillas) se observa que el hidrógeno y el oxígeno se combinan siempre en proporción de 2:1.
- Reacciona con algunos metales como el sodio, el potasio (produciendo una reacción violenta) y el calcio dando el hidróxido del metal correspondiente e hidrógeno que se desprende en forma de gas.

2.2.1 CONCEPTOS QUÍMICOS

Los conceptos químicos a tratar, se enfocan al estudio del agua y a cuestiones generales de la Química General. A continuación se presentan dichos conceptos.

2.2.1.1 QUÍMICA INORGÁNICA

"La química inorgánica estudia las reacciones y propiedades de los elementos químicos y sus compuestos, excepto el carbono y sus compuestos, que se estudian en la química orgánica. Históricamente la química inorgánica empezó con el estudio de los minerales y la búsqueda de formas de extracción de los metales a partir de los yacimientos.

La química inorgánica resulta demasiado heterogénea para constituir una materia de estudio adecuada. La materia de esta asignatura incluye las leyes elementales de la química con sus

símbolos y nomenclatura y una introducción a los métodos experimentales aplicados en química, incluidas las prácticas de laboratorio propias de la química experimental.

Una mayor comprensión del comportamiento químico de los elementos y de los compuestos inorgánicos ha permitido desarrollar una gran variedad de técnicas de síntesis y ha posibilitado el descubrimiento de nuevas sustancias inorgánicas. La química inorgánica moderna se entrecruza con otros campos científicos como la bioquímica, la metalurgia, la mineralogía, la química orgánica, la química física y la física del estado sólido.

2.2.1.2 QUÍMICA ORGÁNICA

Rama de la química en la que se estudian el carbono, sus compuestos y reacciones. Existe una amplia gama de sustancias (medicamentos, vitaminas, plásticos, fibras sintéticas y naturales, hidratos de carbono, proteínas y grasas) formadas por moléculas orgánicas.

Los químicos orgánicos determinan la estructura de las moléculas orgánicas, estudian sus reacciones y desarrollan procedimientos para sintetizar compuestos orgánicos.¹⁶

El agua se compone de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. En el mundo de la química orgánica si se le agregan seis átomos de carbono, a seis moléculas de agua, se transforma en un azúcar. No es así de sencillo, pero cuando se forma una cadena de azúcar en una planta o en cualquier organismo, se obtiene una fórmula empírica de los azúcares nombrados hexosas, que se caracterizan por la presencia de seis átomos de carbono en su molécula, por seis moléculas de agua, su fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$. Las hexosas más importantes son la glucosa y la galactosa, que son aldehídos, y la fructosa, que es una cetona, similar a un aldehído pero menos reactiva.

2.2.1.3 FUERZAS DE VAN DER WAALS

Las Fuerzas de Van der Waals, son fuerzas intermoleculares atractivas, pero poco intensas, que se ejercen a distancia entre moléculas. Son fuerzas de origen eléctrico que pueden tener lugar entre dipolos instantáneos o inducidos y entre dipolos permanentes.

Las fuerzas entre dipolos instantáneos o inducidos se producen entre moléculas no polares como es el caso del oxígeno, el nitrógeno o el cloro, y también entre átomos como el helio o el neón y reciben el nombre de fuerzas de dispersión.

¹⁶ Microsoft Corporation. *Química*. Microsoft Student 2009.

Este tipo de fuerzas son las responsables de que estas sustancias puedan ser licuadas e incluso solidificadas. Las nubes electrónicas de las moléculas o de los átomos sufren vibraciones y producen dipolos con una orientación determinada, pero de vida muy breve ya que un instante después el dipolo tiene la orientación contraria. Estos dipolos inducen otra deformación en las moléculas contiguas y originan fuerzas de atracción entre ellas.

Las fuerzas entre dipolos permanentes se producen cuando las moléculas son polares, como el dióxido de azufre (SO_2) o el monóxido de carbono (CO), y existe atracción entre el polo de una molécula y el polo opuesto de otra molécula contigua. Estas fuerzas siguen siendo débiles pero son más intensas que las fuerzas de dispersión y, aunque éstas siguen existiendo, predominan las de atracción dipolo-dipolo.

“LA ESTRUCTURA QUÍMICA DEL AGUA, PUENTE DE HIDRÓGENO

La molécula del agua está constituida por dos átomos de hidrógeno unidos por sendos enlaces covalentes al átomo de oxígeno. Cada enlace covalente implica la compartición de dos electrones entre los átomos de hidrógeno, en que cada átomo aporta un electrón.

Por lo tanto, los electrones puestos en juego en ambos enlaces covalentes son cuatro. Estos electrones enlazantes, se suelen representar por pares de puntos o trazos, de manera que la molécula de agua puede representarse por los símbolos de los elementos de hidrógeno y oxígeno unidos por trazos:

H-O-H. Ésta fórmula sugiere una estructura lineal

Además existen en el átomo de oxígeno dos pares de electrones, que no participan en enlace, situados en un nivel de menor energía, o última capa. Al considerar los 8 electrones situados en la última capa del oxígeno, 2 pares enlazantes y 2 pares no enlazantes, la teoría de Repulsión de Pares Electrónicos del Nivel de Valencia, predice la forma de la molécula de agua.

Esta teoría establece que los pares electrónicos del nivel de valencia, que corresponden a la última capa energética, se sitúan en el espacio de manera que entre ellos exista la mínima repulsión ocasionada por su carga negativa.

Si los cuatro pares fuesen de igual naturaleza se podría predecir una estructura tetraédrica regular para el agua, porque la mejor manera de acomodar cuatro cargas negativas en el espacio, para que exista entre ellas la mínima interacción, es situándolas en los vértices de un tetraedro, cuyos lados subtienen un ángulo de 109.5° . Puesto que sólo dos pares de electrones son enlazantes, éstos están compartidos entre los núcleos de O e H y por lo tanto estos electrones están más cerca a ambos núcleos.

Los dos pares no enlazantes están sólo localizados sobre el átomo de O por lo que tienden a ocupar mayor espacio alrededor de este átomo y en consecuencia a restarle espacio a los pares enlazantes. Por lo tanto, el ángulo que subtiende las dos uniones oxígeno-hidrógeno es 104.5° , menor que el ángulo tetraédrico.



Figura 2.2.- Molécula de Agua donde se muestra el ángulo de unión entre los elementos.

Si sólo se considera los núcleos de los átomos de la molécula de agua, esta especie debería tener una estructura plana, puesto que tres puntos, que no están en línea, definen un plano. Si ahora se considera a los electrones enlazantes y no enlazantes de la molécula de agua, su estructura es la de un tetraedro irregular.

Cabe deducir que si la molécula de agua no es lineal, tampoco será una especie polar. Una molécula polar presenta dos polos o centros de gravitación de carga negativa y positiva que resultan de la diferente concentración de electrones en el espacio. Aquel sitio donde exista una mayor concentración da origen a un centro donde gravita carga negativa y en el otro extremo de ese espacio gravitará, por consecuencia, carga positiva.

Al existir un dipolo en tal molécula, ésta puede atraer a sus vecinas por fuerzas de atracción entre cargas de diferente signo.

Estas fuerzas se denominan atracción dipolo-dipolo, las cuales son importantes en sustancias al estado líquido o sólido donde la cercanía molecular es muy grande.

Polaridad del Agua

La polaridad de la molécula de agua no sólo es consecuencia de su geometría tetraédrica irregular, sino que también de la naturaleza de sus átomos: hidrógeno, el átomo más pequeño

de la Química y el oxígeno, un átomo pequeño, pero principalmente de alta electronegatividad. Este término denota a los átomos que presentan gran capacidad de atraer electrones de enlace hacia sí. Por lo tanto, el átomo de oxígeno de la molécula de agua atrae hacia sí los electrones de los enlaces covalentes con los hidrógenos; hecho que da lugar a una polaridad de enlace. Si la polaridad de enlace se representa por la letra δ , con su correspondiente signo, entonces la molécula de agua podrá representarse como el dibujo.

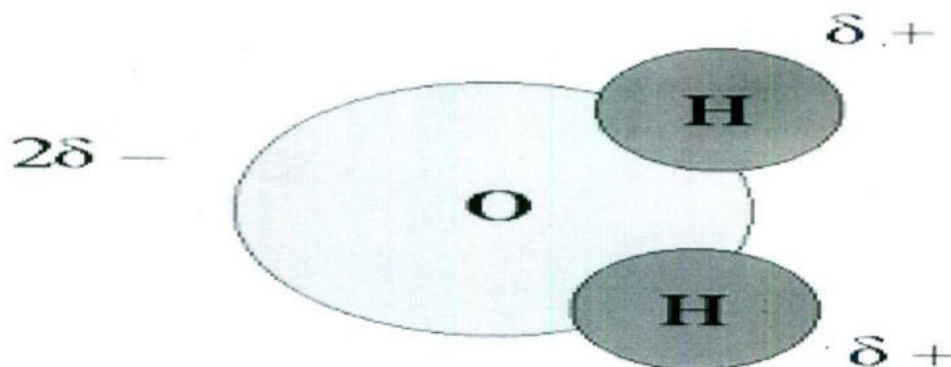


Figura 2.3.- Polaridad de la Molécula de Agua

Además el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace.



Figura 2.4.- Formación del puente de hidrogeno en la Molécula de Agua

El resultado es que la molécula de agua aunque tiene una carga total neutra (igual número de protones que de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones, lo que la convierte en una molécula polar, *alrededor del oxígeno* se concentra una densidad de carga negativa, mientras que los núcleos de hidrógeno quedan desnudos, desprovistos parcialmente de sus electrones y manifiestan, por tanto, una densidad de carga positiva. Por eso en la práctica la molécula de agua se comporta como un dipolo:



Figura 2.5.- Dipolo de la Molécula de Agua

Así se establecen interacciones dipolo-dipolo entre las propias moléculas de agua, formándose enlaces o puentes de hidrógeno, la carga parcial negativa del oxígeno de una molécula ejerce atracción electrostática sobre las cargas parciales positivas de los átomos de hidrógeno de otras moléculas adyacentes.



Figura 2.6.- Interacción entre Dipolo - Dipolo de la Molécula de Agua

Enlace: Puente de Hidrógeno

Dado que el átomo de oxígeno es pequeño y bastante electronegativo, la concentración de electrones en su entorno es elevada, por lo que las cargas negativa sobre oxígeno y positiva entre los átomos de hidrógeno son considerables. Se deduce que las atracciones dipolo-dipolo entre moléculas de agua son importantes, en realidad muy fuertes, porque las moléculas polares de agua, siendo pequeñas, pueden acercarse mucho más que moléculas mayores y pueden atraerse fuertemente por su gran polaridad. Esta atracción dipolo-dipolo que es inusualmente fuerte y en la que participa el átomo de hidrógeno se denomina puente de hidrógeno.

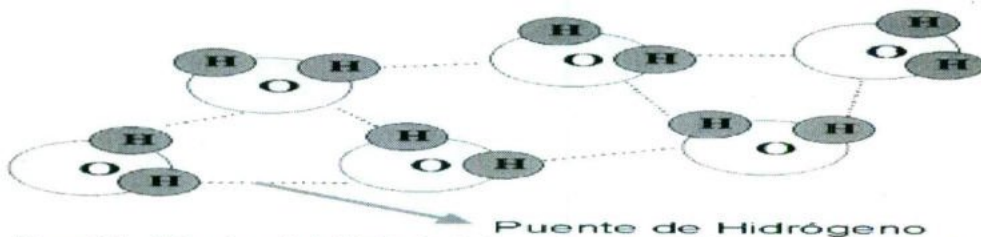


Figura 2.7.- Estructura de la Molécula de Agua. Puente de Hidrogeno, dipolo-dipolo.

Esta asociación intermolecular que se da en el agua líquida y en el hielo; se suele representar por una línea de puntos. La energía de los puentes de hidrógeno es aproximadamente un 1% del enlace covalente. Esta gran diferencia de energía hace la distinción entre el enlace

covalente, que es un enlace químico y por lo tanto muy fuerte y el mal llamado enlace de hidrógeno, que sólo es una asociación física, porque es una atracción dipolo-dipolo.

El puente de hidrógeno que se establece, hace que las moléculas de agua adopten una estructura que deja huecos hexagonales que forman una especie de canales a través de la red tridimensional.



Figura 2.8.- Estructura de la Molécula de Agua. Enlace Puente de Hidrogeno.”¹⁷

2.2.1.4 CICLO DEL CARBONO

“El carbono, vital para todos los seres vivos, circula de manera continua en el ecosistema terrestre. En la atmósfera existe en forma de dióxido de carbono, que emplean las plantas en la fotosíntesis. Los animales usan el carbono de las plantas y liberan dióxido de carbono, producto del metabolismo. Aunque parte del carbono desaparece de forma temporal del ciclo en forma de carbón, petróleo, combustibles fósiles, gas y depósitos calizos, la respiración y la fotosíntesis mantienen prácticamente estable la cantidad de carbono atmosférico. La industrialización aporta dióxido de carbono adicional al medio ambiente.

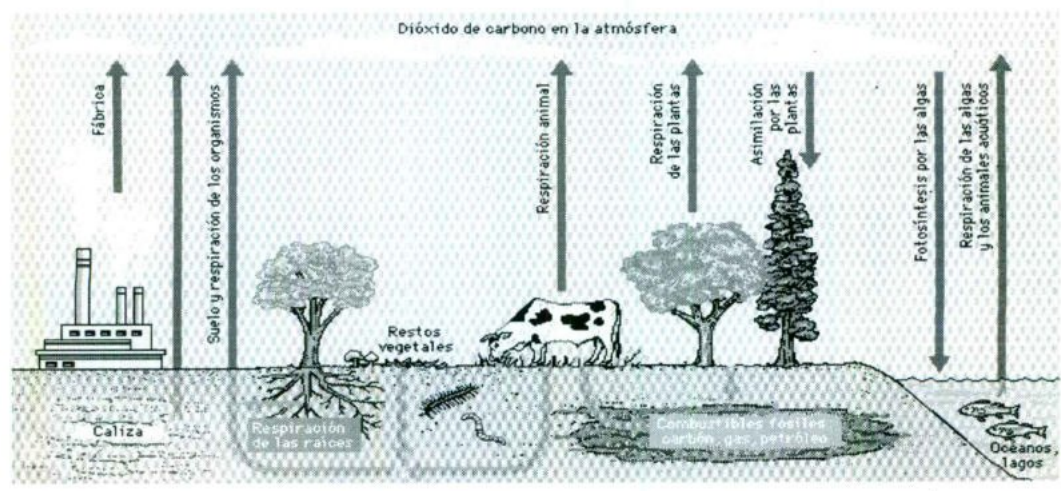


Figura 2.9.- Ciclo del Carbono.

¹⁷ CHANG, Raymond. *Química General*. 2002. Y BROWN, Leyma. *Química de la Ciencia*. 1998.

A escala global, el ciclo del carbono implica un intercambio de CO_2 entre dos grandes reservas: *la atmósfera y las aguas del planeta.*

El CO_2 atmosférico pasa al agua por difusión a través de la interface aire-agua. Si la concentración de CO_2 en el agua es inferior a la de la atmósfera, éste se difunde en la primera, pero si la concentración de CO_2 es mayor en el agua que en la atmósfera, la primera libera CO_2 en la segunda.

En los ecosistemas acuáticos se producen intercambios adicionales. El exceso de carbono puede combinarse con el agua para formar carbonatos y bicarbonatos. Los carbonatos pueden precipitar y depositarse en los sedimentos del fondo. Parte del carbono se incorpora a la biomasa (materia viva) de la vegetación forestal y puede permanecer fuera de circulación durante cientos de años. La descomposición incompleta de la materia orgánica en áreas húmedas tiene como resultado la acumulación de turba. Durante el periodo carbonífero este tipo de acumulación dio lugar a grandes depósitos de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas.¹⁸

2.2.1.5 CICLO DEL NITRÓGENO

Es un proceso cíclico natural en el curso del cual el nitrógeno se incorpora al suelo y pasa a formar parte de los organismos vivos antes de regresar a la atmósfera. El nitrógeno, una parte esencial de los aminoácidos, es un elemento básico de la vida. Se encuentra en una proporción del 79% en la atmósfera, pero el nitrógeno gaseoso debe ser transformado en una forma químicamente utilizable antes de poder ser usado por los organismos vivos. Esto se logra a través del ciclo del nitrógeno, en el que el nitrógeno gaseoso es transformado en amoníaco o nitratos.

La energía aportada por los rayos solares y la radiación cósmica sirven para combinar el nitrógeno y el oxígeno gaseosos en nitratos, que son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones. La fijación biológica es la responsable de la mayor parte del proceso de conversión del nitrógeno, se produce por la acción de bacterias libres fijadoras del nitrógeno, bacterias simbióticas que viven en las raíces de las plantas, cianobacterias, ciertos líquenes y epífitas de los bosques tropicales.

El nitrógeno fijado en forma de amoníaco y nitratos es absorbido directamente por las plantas e incorporado a sus tejidos en forma de proteínas vegetales.

¹⁸ VILLEE, Claude A. *Biología*. 1998. Págs. 112-114.

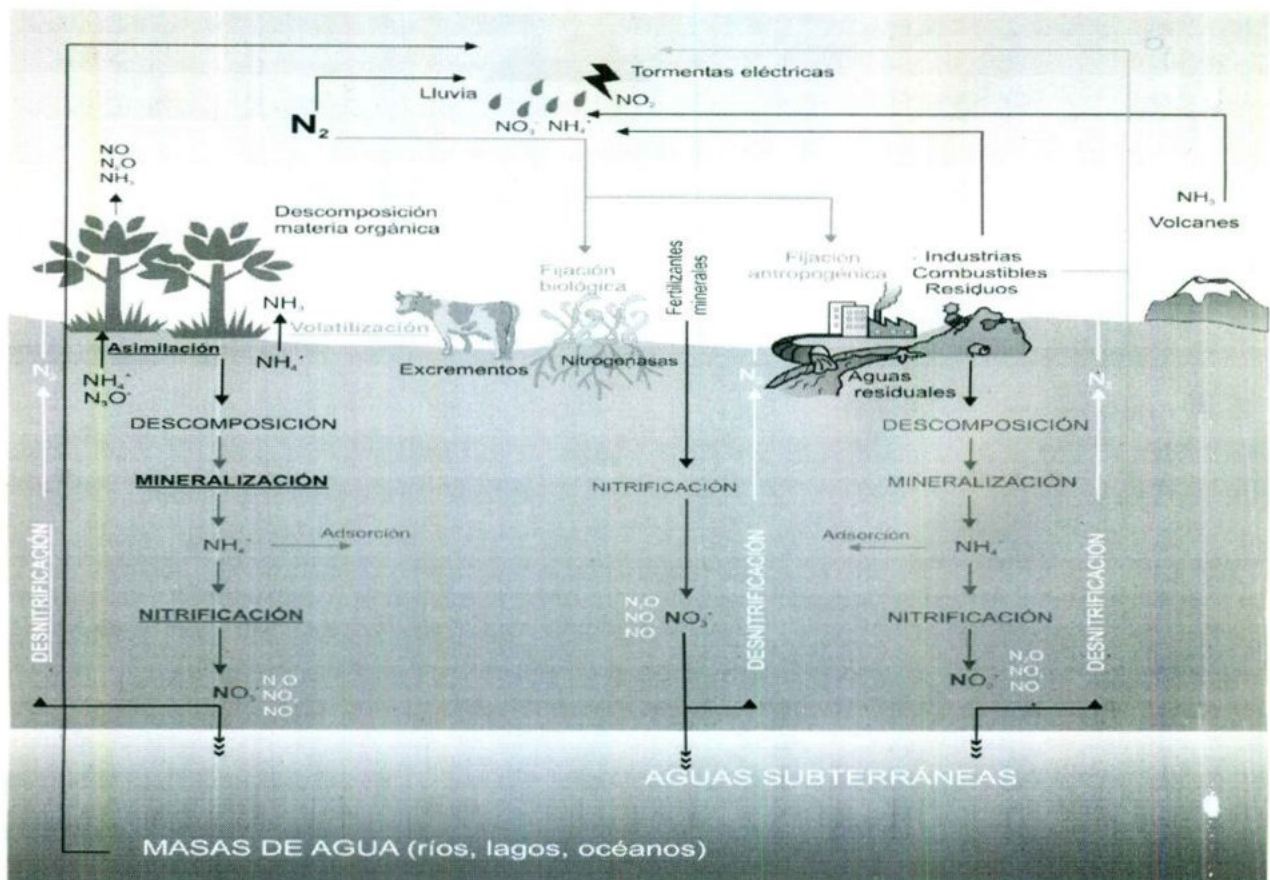


Figura 2.10.- Ciclo del Nitrógeno.

Cuando las plantas y los animales mueren, los compuestos nitrogenados se descomponen produciendo amoníaco, un proceso llamado amonificación. Parte de este amoníaco es recuperado por las plantas; el resto se disuelve en el agua o permanece en el suelo, donde los microorganismos lo convierten en nitratos o nitritos en un proceso llamado nitrificación. Los nitratos pueden almacenarse en el humus en descomposición o desaparecer del suelo por lixiviación, siendo arrastrado a los arroyos y los lagos. Otra posibilidad es convertirse en nitrógeno mediante la desnitrificación y volver a la atmósfera.

La tala indiscriminada de bosques, los residuos animales y las aguas residuales han añadido demasiado nitrógeno a los ecosistemas acuáticos, produciendo un descenso en la calidad del agua y estimulando un crecimiento excesivo de las algas. Además, el dióxido de nitrógeno vertido en la atmósfera por los escapes de los automóviles y las centrales térmicas se descompone y reacciona con otros contaminantes atmosféricos dando origen al smog fotoquímico.

2.2.1.6 CICLO DEL FÓSFORO

El fósforo se encuentra en la naturaleza principalmente en forma de rocas fosfáticas y apatito. A partir de estas rocas y debido a procesos de meteorización, el fósforo se transforma en ion fosfato y queda disponible para que pueda ser absorbido por los vegetales. A partir de las plantas, el fósforo pasa a los animales, volviendo de nuevo al medio tras la muerte de éstos y de los vegetales, así como por la eliminación continua de fosfatos en los excrementos. Un caso especial lo constituyen los excrementos de las aves, que en zonas donde son particularmente abundantes forman auténticos "yacimientos" de fósforo, conocidos como guano.

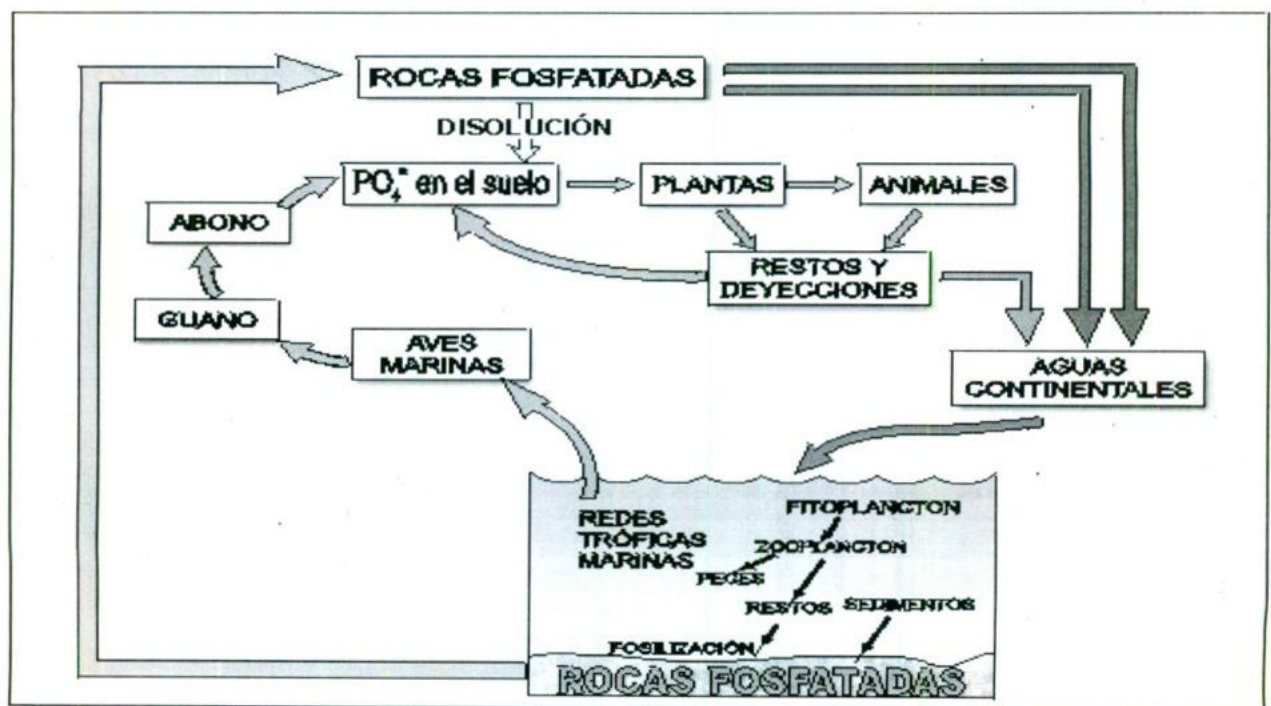


Figura 2.11.- Ciclo del Fósforo.

El fósforo proveniente de las rocas puede ser también arrastrado por las aguas, llegando a los océanos. Parte de este fósforo puede sedimentar en el fondo del mar formando grandes acúmulos que, en muchos casos, constituyen reservas que resultan inaccesibles, ya que tardarán millones de años en volver a emerger y liberar estas sales de fósforo, generalmente gracias a movimientos orogénicos. Pero no todo el fósforo que es arrastrado hasta el mar queda inmovilizado, ya que parte es absorbido por el fitoplancton, pasando a través de la cadena alimentaria hasta los peces, que posteriormente son ingeridos por los seres humanos o constituyen la fuente de alimento de numerosas aves.

2.2.1.7 CICLO DEL AZUFRE

El azufre del planeta se encuentra en forma de minerales, tanto de sulfato (sobre todo yeso y sulfato cálcico) como de sulfuro (especialmente pirita y sulfuro de hierro); sin embargo, el principal reservorio de azufre de la biosfera lo constituye el mar (en forma de sulfato inorgánico).

El sulfato puede ser metabolizado por las plantas superiores y por microorganismos, en lo que se denomina reducción asimiladora de los sulfatos. Bacterias, levaduras, hongos y algas son capaces de utilizar los sulfatos como fuente de azufre y producir sulfuro de hidrógeno (H_2S).

Así mismo, las plantas superiores absorben por las hojas el SO_2 atmosférico que proviene de las emisiones, de origen antrópico, de óxidos de azufre procedentes de procesos de combustión y en menor medida, de procesos naturales a través de la emisión de diversos gases sulfurados por volcanes, géiseres y fumarolas.

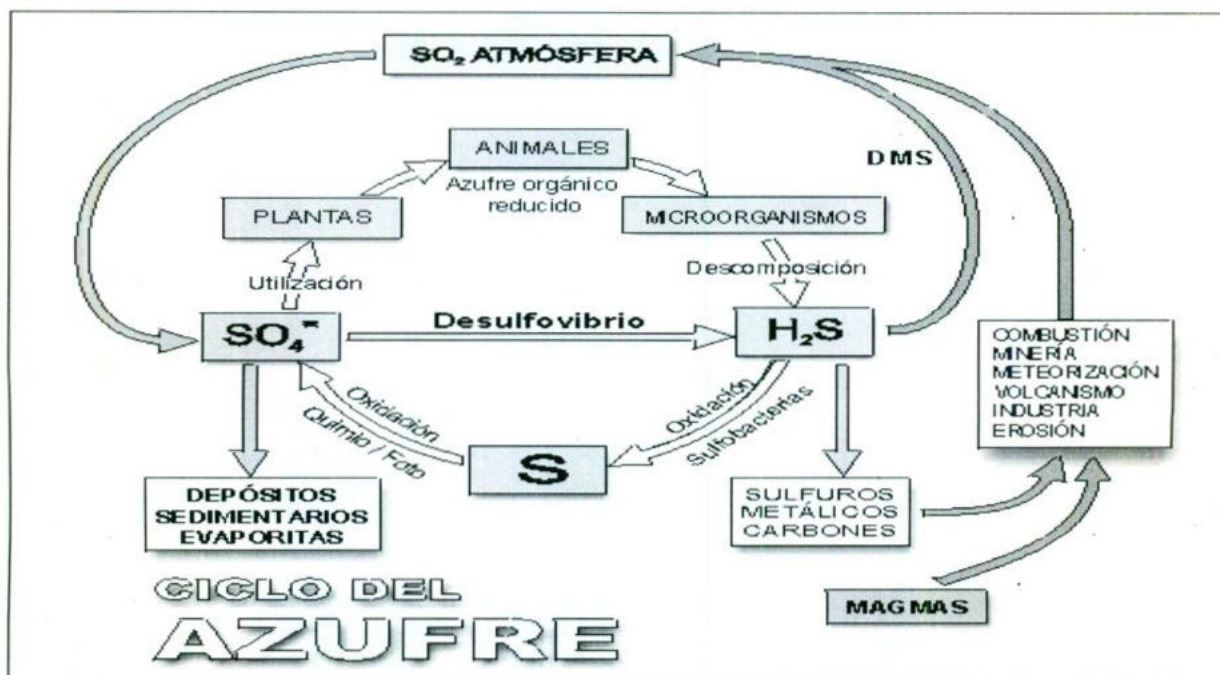


Figura 2.12.- Ciclo del Azufre.

La fase sedimentaria del ciclo, correspondiente a la precipitación del azufre, puede producirse bajo condiciones anaerobias y en presencia de hierro a partir de sulfuro de hidrógeno, produciéndose una acumulación lenta y continua en los sedimentos profundos, originando sulfuros metálicos y carbones. El azufre también puede precipitar bajo condiciones aerobias pasando a formar parte de las denominadas rocas salinas o evaporitas, en forma de sulfato sódico.

2.2.1.8 OXIDACIÓN BIOLÓGICA: ALIMENTOS, ENERGÍA

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente reacción:



Para que lo anteriormente expuesto se produzca, son necesarias dos tipos de reacciones fundamentales totalmente acopladas: de síntesis o asimilación y de respiración endógena u oxidación.

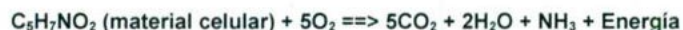
Reacciones de síntesis o asimilación

Consisten en la incorporación del alimento (materias orgánicas y nutrientes) al interior de los microorganismos. Estos microorganismos al obtener suficiente alimento no engordan, sino que forman nuevos microorganismos reproduciéndose rápidamente. Parte de este alimento es utilizado como fuente de energía. La reacción que ocurre es la siguiente:



Reacciones de oxidación y Respiración endógena

Los microorganismos necesitan de energía para poder realizar sus funciones vitales (moverse, comer etc.), dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos de acuerdo con la siguiente reacción:



Después de un tiempo de contacto suficiente entre la materia orgánica del agua residual y los microorganismos, la materia orgánica del medio disminuye considerablemente transformándose en nuevas células, gases y otros productos. Este nuevo cultivo microbiano seguirá actuando sobre el agua residual.

A todo este conjunto de reacciones se les denomina de oxidación biológica, porque los microorganismos necesitan de oxígeno para realizarlas.

2.2.1.9 SOLUCIONES

Una solución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. La sustancia disuelta se denomina soluto y está presente generalmente en pequeña cantidad en comparación con la sustancia donde se disuelve denominada disolvente. En cualquier discusión de soluciones, el primer requisito consiste en poder especificar sus composiciones, esto es, las cantidades relativas de los diversos componentes.

La concentración de una solución expresa la relación de la cantidad de soluto a la cantidad de solvente. Las soluciones poseen una serie de propiedades que las caracterizan:

1. Su composición química es variable.
2. Las propiedades químicas de los componentes de una solución no se alteran.
3. Las propiedades físicas de la solución son diferentes a las del solvente puro: la adición de un soluto a un solvente aumenta su punto de ebullición y disminuye su punto de congelación; la adición de un soluto a un solvente disminuye la presión de vapor de éste.

Conceptos Fundamentales en las Soluciones

-Característica general de la solubilidad: Como ya fuera descubierto hace varios siglos, "lo similar disuelve a lo similar". Las sustancias iónicas son solubles en solventes iónicos. Las sustancias covalentes son solubles en solventes covalentes.

-Caso particular. Soluciones de gases en líquidos: La solubilidad de un soluto gaseoso en un solvente líquido depende de cuatro factores: a) temperatura; b) presión; c) energía; ; d) entropía. Se aplica la llamada "Ley de Henry" que permite conocer la presión parcial del soluto gaseoso en función de su fracción molar y de una constante que depende del gas y de su temperatura.

-Curva de solubilidad: Representación gráfica de la solubilidad de un soluto en determinado solvente (eje y) en función de la temperatura (eje x).

-Factores que influyen en la velocidad de disolución: a) tamaño de las partículas del soluto; b) naturaleza física del soluto; c) naturaleza física del solvente; d) temperatura; y e) grado de agitación del soluto y del solvente.

-Fase: Porción de materia con propiedades uniformes. Porción de un sistema separado de los otros por límites físicos.

-*Mezclas*: Mezclas heterogéneas (más de una fase). Resultan de la mezcla de dos o más sustancias puras diferentes cuya unión no produce una reacción química sino solamente un cambio físico.

-*Miscibilidad*: Capacidad de una sustancia para disolverse en otra. Es un dato cualitativo. Separa los pares de sustancias en "miscibles" y "no miscibles".

-*Solubilidad*: Cantidad máxima de soluto que puede ser disuelta por un determinado solvente. Varía con la presión y con la temperatura. Es un dato cuantitativo.

-*Solución acuosa*: El solvente es el agua. El soluto puede ser un sólido, un líquido o un gas.

-*Solución no saturada*: Solución que contiene una cantidad de soluto menor que la que el solvente puede disolver a esa presión y esa temperatura.

-*Solución saturada*: Solución que contiene la máxima cantidad de soluto que el solvente puede disolver a esa presión y esa temperatura. Si se le agrega más soluto no lo disuelve: si es un sólido en un solvente líquido, el exceso precipita; si es un líquido en solvente líquido, el exceso queda separado del solvente por encima o por debajo según su densidad relativa; si es un gas en un solvente líquido, el exceso de soluto escapa en forma de burbujas.

-*Soluto*: Componente de una solución que se encuentra en cantidad menor. Es la fase de menor proporción.

-*Solvente*: Componente de una solución que se encuentra en cantidad mayor. Es la fase de mayor proporción.

-*Tipos de soluciones*: Gas en líquido, Líquido en líquido, Sólido en líquido, Gas en gas, Líquido en gas, Sólido en gas, Gas en sólido, Líquido en sólido, Sólido en sólido.

-*Métodos de separación de mezclas homogéneas y heterogéneas*: Existen numerosos métodos, la mayoría adaptados a casos especiales de solutos y solventes determinados, bajo condiciones determinadas (los más generales son 12: Disolución, Maceración, Extracción, Lixiviación, Tamizado, Destilación, Decantación, Evaporación, Cristalización, Filtración, Centrifugación, Cromatografía).

-*Expresión de las concentraciones de las soluciones*:

- *Concentración*: cantidad de soluto disuelto en una determinada cantidad de solvente, o cantidad de soluto disuelto en una determinada cantidad de solución. Siempre indica una proporción entre soluto y solvente.
- *Porcentaje en masa (m/m)*: Cantidad de gramos de soluto disuelto en 100 gramos de solución.
- *Porcentaje en volumen (V/V)*: Volumen en mililitros de soluto disuelto en 100 mililitros de solución.

- Porcentaje masa a volumen (m/V): Cantidad de gramos de soluto disuelto en 100 mililitros de solución.
- Partes por millón (ppm): Cantidad de miligramos de soluto disuelto en 1 litro (ó 1 Kg) de solución.
- Formalidad (F): Cantidad de "moles fórmula" de soluto disuelto en 1 litro de solución. Un mol fórmula toma en cuenta la molécula de soluto sin disociar.
- Molaridad (M): Cantidad de moles de soluto disuelto en 1 litro de solución. Este concepto de mol se aplica a la molécula de soluto disociada en iones.
- Molalidad (m): Cantidad de moles de soluto disuelto en 1 Kg de solvente.
- Normalidad (N): Cantidad de equivalentes-gramo de soluto disuelto en 1 litro de solución. Equivalente-gramo es la cantidad de sustancia que reaccionaría con 1,008 gramos de hidrógeno, es decir, con un átomo-gramo de este elemento.
- Fracción molar (X): Cantidad de moles de soluto o de solvente con respecto al número total de moles de la solución.

EL AGUA COMO SOLUCIÓN

En este capítulo es importante dedicar un apartado al comportamiento del agua como solución.

a) Acción disolvente

El agua es el líquido que más sustancias disuelve (disolvente universal), esta propiedad se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias, ya que estas se disuelven cuando interaccionan con las moléculas polares del agua.



Figura 2.13.- Solubilidad del Agua.

La capacidad disolvente es la responsable de dos funciones importantes para los seres vivos: es el medio en que transcurren las mayorías de las reacciones del metabolismo y el aporte de nutrientes y la eliminación de desechos se realizan a través de sistemas de transporte acuos.

b) Fuerza de cohesión entre sus moléculas

Los puentes de hidrógeno mantienen a las moléculas fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible.

c) Elevada fuerza de adhesión

De nuevo los puentes de hidrógeno del agua son los responsables al establecerse entre estos y otras moléculas polares y es responsable junto con la cohesión de la capilaridad, al cual se debe en parte, la ascensión de la sabia bruta desde las raíces hasta las hojas.

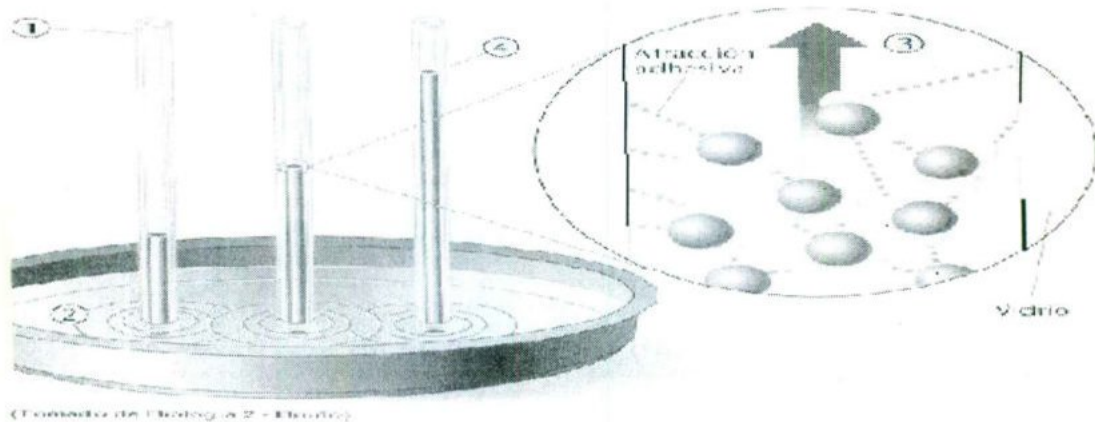


Figura 2.14.- Fuerzas de Adhesión causadas por los Puentes de Hidrógeno.

2.2.2 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)

Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Está relacionada con la Conductividad Eléctrica mediante la fórmula $TDS = C.E. \text{ (mmhos/cm)} \times 700 \text{ ppm}$. Se miden en ppm. El Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud establece que para agua potable la Conductividad deberá estar comprendida entre 50 y 1000 micromhos/cm.

“Los sólidos o contaminantes pueden ser:

1. Los Sólidos: en suspensión flotante o grande
en el agua natural: hojas, ramas, etc.;

en el agua residual; papel, trapos, arenas, etc.

2. Los Sólidos suspendidos pequeños y coloidales:

en el agua natural: partículas de arcilla y limo, microorganismos;

en el agua residual; moléculas orgánicas grandes, partículas de suelo, microorganismos.

3. Los Sólidos disueltos pueden ser:

en el agua natural: alcalinidad, dureza, ácidos orgánicos;

en el agua residual; compuestos orgánicos, sales orgánicas

4. Gases disueltos

en el agua natural: bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno;

en el agua residual; sulfuro de hidrógeno.

5. Líquidos no mezclables: gases y aceites.

2.2.3 ALCALINIDAD

El pH, indica la acidez o alcalinidad (basicidad) del agua.

La alcalinidad es la medida de la capacidad de un agua a neutralizar los ácidos. Se produce por el bióxido de carbono (CO_2), producido por la descomposición bacteriológica de suelos y organismos.

La alcalinidad es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios en el pH. Normalmente se divide en alcalinidad acústica, por encima de pH 8.2 y alcalinidad total, por encima de pH 4.5. La alcalinidad puede existir hasta un pH de 4.5 debido a que el HCO_3^- (bicarbonato) no se neutraliza completamente sino hasta que se alcanza este pH. La cantidad de alcalinidad presente se expresa en términos de CaCO_3 (carbonato de calcio).

2.2.4 ACIDEZ

La acidez es la capacidad para neutralizar bases. Depende de la cantidad de sustancias ácidas.

La mayoría de las aguas naturales y el agua residual domestica son amortiguadas por un sistema de $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^-$. El ácido carbónico H_2CO_3 no se neutraliza totalmente hasta un pH de 8.2 y no disminuye el pH por debajo de 4.5. Así la acidez del CO_2 ocurre dentro de un pH de 8.2 a 4.5, la acidez mineral (casi siempre debida a desechos industriales) se presenta por debajo de un pH de 4.5. La acidez se expresa en términos de CaCO_3 .

2.2.5 DUREZA

Término usado para expresar el contenido del agua de compuestos de calcio y de magnesio. Se caracteriza por el contenido de sales metálicas bivalentes. Las aguas superficiales son menos duras y menos concentradas que las aguas subterráneas, pero su dureza varía lo mismo que la concentración de sólidos disueltos dependiendo de la época del año.

Es una propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. Es debida principalmente a los iones metálicos de Ca^{++} y Mg^{++} aunque también son responsables Fe^{++} y Sr^{++} . Los metales normalmente son asociados con HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- y NO_3^- . No representa riesgo para la salud, pero las desventajas económicas de gua dura incluyen un consumo excesivo de jabón y costos más altos de combustible.

La dureza se expresa en términos de CaCO_3 y se divide en dos formas:

- a) Dureza de carbonato – metales asociados con HCO_3^- ,
- b) Dureza de no carbonato – metales asociados con, SO_4^- , Cl^- y NO_3^- .

2.2.6 FLUORURO

Cuando exista fluoruro natural en el agua potable las concentraciones no deben exceder los valores superiores de la siguiente tabla:

Promedio anual de temperaturas máximas (°F) diarias del aire.	Límites recomendados de control, concentraciones de fluoruro, miligramos por litro o ppm		
50.0-53.5	0.9	1.2	1.7
53.8-58.3	0.8	1.1	1.5
58.4-63.8	0.8	1.0	1.3
63.9-70.6	0.7	0.9	1.2
70.7-79.2	0.7	0.8	1.0
79.3-90.5	0.6	0.7	0.8

Tabla 2.4.- Concentraciones permisibles de fluoruro (según Drinking Water Standars, U.S. Public Health Service N° 956, 1962).

El fluoruro es un constituyente que debe de considerarse esencial en el agua potable para la prevención de las caries de la población, sobre todo de la infantil, pero las concentraciones promedio no deben de exceder los valores de la tabla presentada, puesto que su exceso produce manchas en los dientes (fluorosis dental). Si se adiciona fluoruro al agua se deberá muestrear para asegurar que se encuentre en los límites establecidos.

2.2.7 NITROGENO

Es un elemento importante ya que las reacciones biológicas solo pueden efectuarse en presencia de suficiente nitrógeno. Existen cuatro formas:

- Nitrógeno orgánico. N en la forma de proteínas, aminoácidos y urea.
- Nitrógeno amoniacal. N como sales de amoníaco por ejemplo: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ o como amoníaco libre.
- Nitrógeno de nitritos. Una etapa intermedia de oxidación que normalmente no se presenta en grandes cantidades.
- Nitrógeno de nitratos. Producto final de la oxidación del N.

Las concentraciones relativas de las diferentes formas de nitrógeno dan una indicación útil de la naturaleza y concentración de la muestra.

2.2.8 METALES

En las aguas superficiales el contenido de hierro, manganeso y aluminio varían de 1.01 a 0.5 mg/l. La materia orgánica puede formar compuestos complejos con estos metales lo cual da lugar a un aumento de la concentración total. En el agua subterránea, estos metales se encuentran en concentraciones superiores. El agua utilizada en los procesos industriales debe de estar exenta de hierro y de manganeso que son perjudiciales debido a que tiñen en forma indeseable los productos manufacturados.

2.2.9 MATERIA ORGÁNICA

Hay tres grupos de materia orgánica de los que se ocupa el control de calidad del agua:

1. Los carbohidratos (CHO) que están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Los ejemplos comunes son los azúcares, como la glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, el almidón y la celulosa.

2. Los compuestos nitrogenados (CHONS) cuya composición es carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre. Los principales compuestos de este grupo son las proteínas, los aminoácidos y la urea. En estos compuestos el Nitrógeno se libera como amoníaco en la oxidación.
3. Los lípidos o grasas (CHO) en cuya formación intervienen carbono, hidrógeno y un poco de oxígeno, son poco solubles en agua y solubles en disolventes orgánicos.

Debido a que los compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son muy numerosos, rara vez es provechoso o aún factible aislarlos. Normalmente basta determinar la cantidad total de materia orgánica presente (CHONS).

2.2.10 NUTRIENTES

El azote (N), se encuentra presente en muchas formas como:

1.- Gas inerte (N₂)

2.- Amoníaco: Indicador de contaminación fecal reciente y/o índice de procesos de reducción (amonificación) de orgánicos. Provoca corrosión de las aleaciones de cobre y cinc formando un complejo soluble. Es tóxico para los peces en forma no iónica. Se elimina por intercambio catiónico o por desgasificación.

3.-Nitrato. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm de nitratos y las marinas 1 ppm. El ión nitrato NO₃⁻ forma sales muy solubles y estables y en un medio reductor puede pasar a nitrito, nitrógeno o amoníaco. Disminuye la capacidad de transportar la sangre, norma 10 g/m³ y si existen en concentraciones elevadas pueden causar cianosis infantil, cambiar el periodo de función femenina y producir anomalías en los niños.

Se elimina por intercambio iónico: $\text{CO}(\text{NH}_2) + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)\text{CO}_3$

4. - Nitrito. Puede producir cáncer.

5.- Azote orgánico.

N orgánico > NH₄ amoniacal > NO₂ nitrito > NO₃ nitrato¹⁹

¹⁹ TEBBUTT, T.H.Y. *Fundamentos de control de la calidad del agua*. 2002. Págs. 23, 24, 25, 64, 105 y MERE, Alcocer Francisco Javier. *Tratamiento y control de la contaminación de Aguas Urbanas*. 2003. Págs. 33, 40, 42, 48, 51, 53, 55

2.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Este apartado se enfoca al estudio de las condiciones biológicas del agua y del impacto que tienen con el bienestar y consumo humano, por lo que se habla de todos los agentes que son nocivos para la salud cuando se consume el agua.

Entre los Parámetros biológicos más comunes se tienen:

1.- Plancton

Son vegetales microscópicos sin hojas, tallo o raíces, son clorofílicos. Se desarrollan en agua, bióxido de carbono, nitrógeno, potasio. Se controlan por medio de nutrientes, como sal de cobre u oxidando al cloro en un pretratamiento, son origen vegetal y animal, se conocen como phytoplankton y zooplankton.

2.- Bacterias

3.- Organismos coliformes

Los coliformes, incluyendo E.coli, son miembros de la familia Enterobacteriaceae. Estos constituyen el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Se utilizan ampliamente como organismos indicadores de contaminación fecal en el agua. Cuando estas bacterias no se detectan en un volumen específico en el agua, ésta se considera potable o adecuada para el consumo humano. Este grupo incluye Enterobacter aerogenes y Klebsiella pneumoniae.

Para analizar la presencia de coliformes totales y coliformes fecales existen diversas pruebas:

-Contaminación fecal en el agua, cuando estas bacterias no se detectan en un volumen específico en el agua, ésta se considera potable o adecuada para el consumo humano. Este grupo incluye Enterobacter aerogenes y Klebsiella pneumoniae. Para analizar la presencia de coliformes totales y coliformes fecales existen diversas pruebas, entre éstas se tiene:

a) Filtración por membrana. Es el método más común y preferido para evaluar las características microbiológicas del agua. Se pasa la muestra de agua por un filtro de membrana. El filtro con las bacterias atrapadas se transfiere a la superficie de un medio sólido o a un soporte absorbente, conteniendo el medio líquido deseado. El uso del medio apropiado permite la detección rápida de los coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales.

b) Prueba de presencia-ausencia (P-A). Esta prueba puede emplearse para coliformes. Es el método más simple para determinar coliformes fecales. Se utiliza una muestra de agua (100ml) con caldo de lactosa, de lauril triptosa e indicador púrpura de bromo cresol. Esta prueba se basa en la suposición de que no debe haber coliformes en el agua potable. Una prueba positiva

ocasiona la producción de ácido (color amarillo) y constituye una presunción positiva que requiere confirmación.

c) Prueba Colilert. Se utiliza para analizar otros coliformes así también como *E. coli*. En esta prueba se añade una muestra de agua de 100ml a un medio especializado. Si hay coliformes, el medio adquiere un color amarillo en 24 horas a 35 C. Esto ocurre debido a la hidrólisis de ONPG (o-nitrofenil-B-D-galactopiranosido). Para comprobar la presencia de *E. coli*, se observa el medio con luz UV. Si la prueba es negativa para la presencia de coliformes, se considera al agua aceptable para el consumo humano.

Otros microorganismos indicadores de contaminación fecal en agua salubre y de mar son los enterococos fecales. En aguas saladas, estas bacterias mueren a una velocidad más lenta que los coliformes fecales, siendo indicadores más seguros de una contaminación reciente.

4.- Microorganismos

Los Microorganismos patógenos que habitan generalmente en un medio acuático (más adelante se amplía el tema con el de los Patógenos) son:

- *Campilobacter*. Este organismo es la causa principal de diarrea en aves de corral. Es microaerófilico.
- *Leptospira*. Infecta animales y puede causar hemorrágica e ictericia.
- *Mycobacterium*. Infecta animales y organismos de vida libre. Se requiere un método complejo para su recuperación y cultivo.
- *Salmonella enteritidis*. Se encuentran en el tracto intestinal de animales. Es muy común en ambientes acuáticos.
- *Yersinia enterocolitica*. Causa gastroenteritis debido al agua consumida. Es frecuente encontrarla en animales y en el ambiente acuático.
- *Giardia lamblia*. Es la principal causa de la gastroenteritis. Se encuentra principalmente en agua localizada en climas templados.

2.3.1 MICROBIOLOGÍA

2.3.1.1 DEFINICIÓN

La Microbiología, es la ciencia que estudia los organismos de tamaño microscópico, entre los que se incluyen las bacterias, los protozoos y los virus, así como ciertos hongos, levaduras y algas unicelulares de pequeño tamaño.

La Microbiología comprende un conjunto de disciplinas relacionadas, entre las que destacan la bacteriología, la virología y la parasitología. Estudia no sólo la morfología de los microorganismos, sino también su modo de vida, su metabolismo, su estructura molecular, sus

propiedades patogénicas y sus características antigénicas (aquellas que pueden provocar una respuesta del sistema inmunológico).

Tratamientos biológicos de aguas usadas

Los pasos básicos para obtener agua potable son: sedimentación, filtración y cloración. Durante la sedimentación se remueven hojas, partículas y gravas en tanques. Luego se le añaden diversos compuestos químicos para formar agregados llamados flocos. Estos están compuestos de materia orgánica y microorganismos que luego son precipitados y removidos del agua. El agua que queda pasa por el segundo paso que es la filtración.

Los materiales más comunes usados para filtrar y atrapar microorganismos están compuestos de capas de arena y grava. Un filtro lento de arena puede purificar sobre 3 millones de galones de agua por día. Un filtro rápido de arena contiene partículas de grava, con este tipo de filtro se pueden purificar hasta 200 millones de galones de agua por día. Este tipo de filtro es comúnmente usado en plantas de tratamiento municipales.

Estos filtros pueden remover aproximadamente el 99% de los microorganismos encontrados en el agua. El paso final en el tratamiento de aguas usadas es la cloración, aquí se le añade cloro al agua. El cloro es un agente oxidante activo que reacciona con materia orgánica en el agua. Lo usual es añadir 0.2 a 1.0 ppm (partes por millón), esta concentración mata a los microorganismos a los 30 minutos. El agua potable puede suavizarse al removerle sales y minerales. Además puede añadirse fluoruro para prevenir las caries dentales.

El principio básico del tratamiento de aguas usadas es separar el agua de la materia orgánica o basura. El material sólido es degradado por microorganismos a compuestos simples y devueltos al suelo y agua.

Pasos en el tratamiento biológico de aguas usadas

a) Tratamiento primario

Aquí el agua pasa a unos tanques para remover los desechos orgánicos. Estos desechos pasan a otros tanques donde las bacterias degradan estos sedimentos orgánicos

b) Tratamiento secundario

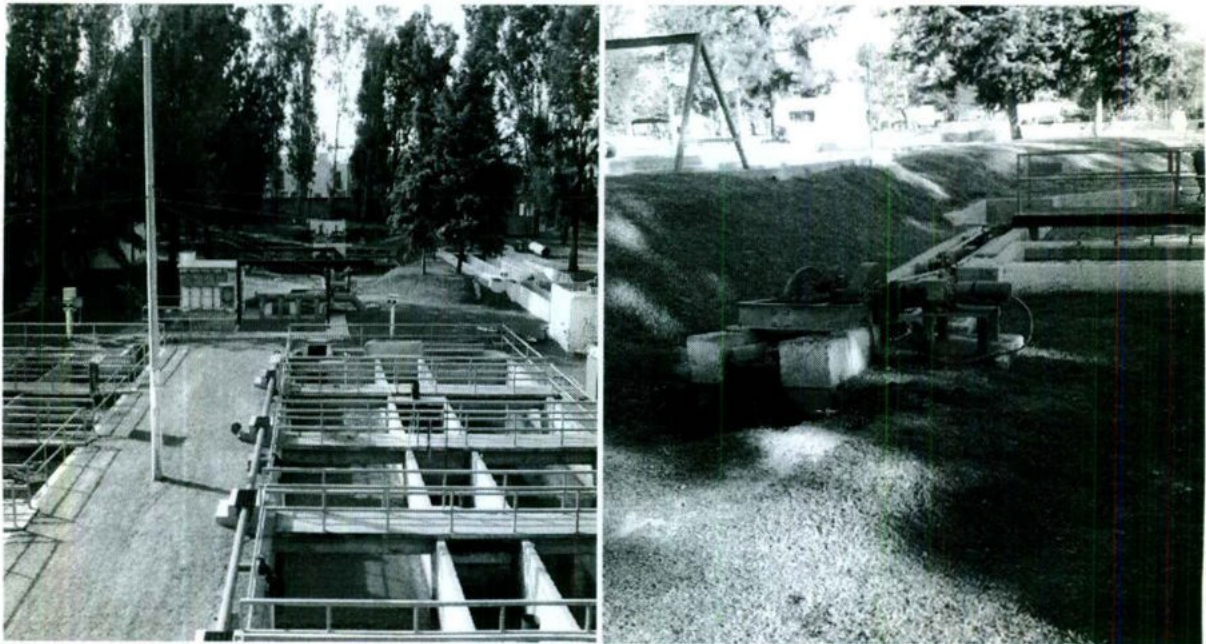
Este paso posee dos fases, una líquida y otra sólida. La fase líquida que quedo del paso anterior se aérea para estimular el crecimiento de microorganismos aerobios. La función de estos microorganismos es degradar las proteínas, los carbohidratos y las grasas que se encuentren en el agua. De estos procesos se produce alcohol, ácidos y CO_2 . Luego el agua se pasa a través de filtros para remover los microorganismos y la materia orgánica restante. en

esta etapa el agua puede ser devuelta al río.

Por otro lado, la fase sólida se lleva a un tanque donde microorganismos llevarán a cabo el proceso de degradación ya sea aerobio o anaerobio. En la porción aerobia se observa *Zoogloca ramigera*, un bacilo Gram negativo que produce una sustancia gelatinosa en la cual otros microorganismos se pegan. En la porción anaeróbica se producen gases como metano, CO_2 y nitrógeno todos productos de la fermentación.

c) Tratamiento terciario

Aquí ocurre la separación de los desechos sólidos y se produce cierta cantidad de agua que es filtrada y clorada para luego ser llevada al consumidor.



Figuras 2.15- 2.16.- Planta de Aguas Residuales, CEA, Querétaro.

2.3.1.2 BACTERIOLOGÍA

La Bacteriología, es la ciencia que estudia las bacterias, incluyendo su clasificación y la prevención de enfermedades de etiología bacteriana. De las bacterias se puede decir;

“a) Bacterias

Son organismos microscópicos unicelulares. Se les encuentra en el agua, las aguas residuales, el suelo, la leche, en plantas (frutos, vegetación), animales y humanos (piel, tracto intestinal).

Las bacterias se producen por fisión binaria y se caracterizan por su forma y tamaño, estructura y disposición celular.

Las bacterias individuales tienen una de tres formas: esférica (cocos), cilíndrica o con aspecto de bastón (bacilos) y espiral (espirilos). Las bacterias se pueden componer en tres grupos tales como pares, racimos o cadenas. Las bacterias varían en cuanto a tamaño 0.5 a 5.0 micras de largo y de 0.3 a 1.5 micras de ancho. Los cocos tienen alrededor de 0.1 micras de diámetro.

-Bacterias aerobias y anaerobias. Las bacterias se pueden clasificar también en función de si necesitan oxígeno o no para sobrevivir: las aerobias precisan oxígeno mientras que las anaerobias no. Las bacterias que viven en las grietas hidrotermales son anaerobias. Muchas especies anaerobias producen intoxicaciones alimentarias.

-Bacterias autótrofas y heterótrofas. Respecto a la fuente de carbono que utilizan para nutrirse, las bacterias se pueden clasificar en autótrofas y heterótrofas. Las bacterias autótrofas (producen su propio alimento), lo obtienen del dióxido de carbono (CO_2). Sin embargo, la mayoría de las bacterias son heterótrofas (no producen su propio alimento) y obtienen el carbono de nutrientes orgánicos como el azúcar. Algunas especies heterótrofas sobreviven como parásitos, creciendo dentro de otros organismos y utilizando tanto los nutrientes como la maquinaria celular de la célula huésped. Algunas bacterias autótrofas, como las cianobacterias, emplean la luz solar para producir azúcares a partir de CO_2 . Sin embargo, otras dependen de la energía liberada por la descomposición de compuestos químicos inorgánicos, como nitratos y compuestos de azufre.

Las sustancias oxidantes como el cloro, los compuestos de cloro, el yodo y el ozono son muy eficaces para matar microorganismos en el agua y en aguas residuales.

Bacterias Gram positivas y Gram negativas

Otro sistema de clasificación de las bacterias utiliza las diferencias en la composición de su pared celular. El empleo de una técnica llamada tinción de Gram pone de relieve estas diferencias identificando las bacterias como Gram positivas y Gram negativas. Tras la tinción, las bacterias Gram positivas retienen el tinte y se colorean de violeta, mientras que las bacterias Gram negativas liberan el tinte y se tiñen de color rosado. Las especies Gram positivas tienen paredes celulares más gruesas que las Gram negativas. El conocimiento de si una enfermedad está originada por una bacteria Gram positiva o Gram negativa ayuda al médico a prescribir el antibiótico adecuado.

b) Virus

Virus (en latín, 'veneno'), entidades orgánicas compuestas tan sólo de material genético, rodeado por una envuelta o envoltura protectora. El término virus se utilizó en la última década del siglo XIX para describir a los agentes causantes de enfermedades más pequeños que las bacterias. Carecen de vida independiente, pero se pueden replicar en el interior de las células vivas, perjudicando en muchos casos a su huésped en este proceso. Los cientos de virus conocidos son causa de muchas enfermedades distintas en los seres humanos, animales, bacterias y plantas.

Son parásitos obligados que infectan los tejidos de bacterias, plantas, animales, incluso humanos. Algunos ejemplos son los virus de la viruela, la influenza y la poliomielitis.

El tamaño y forma de los virus son muy variables. Hay dos grupos estructurales básicos: isométricos, con forma de varilla o alargados, y virus complejos, con cabeza y cola (como algunos bacteriófagos). Los virus más pequeños son icosaédricos (polígonos de 20 lados) que miden entre 18 y 20 nanómetros de ancho (1 nanómetro = 1 millonésima parte de 1 milímetro). Los de mayor tamaño son los alargados; algunos miden varios micrómetros de longitud, pero no suelen medir más de 100 nanómetros de ancho. Así, los virus más largos tienen una anchura que está por debajo de los límites de resolución del microscopio óptico, utilizado para estudiar bacterias y otros microorganismos.

Los virus son parásitos intracelulares submicroscópicos, compuestos por ARN o por ácido desoxirribonucleico (ADN) —nunca ambos— y una capa protectora de proteína o de proteína combinada con componentes lipídicos o glúcidos.²⁰

c) Rickettsias

Es un género de bacterias con un tamaño intermedio entre los virus y el resto de las bacterias. En general, reciben el nombre de rickettsias los microorganismos que pertenecen a la familia Rickettsiaceae, que incluye los géneros Rickettsia, Rochalimaea, Coxiella y Ehrlichia. Son bacterias Gram negativas e inmóviles, con forma de cocos (redondas) o de bacilos (alargadas). Como los virus, sólo pueden vivir y multiplicarse en el interior de las células.

Estos microorganismos se han encontrado en muchas especies de mamíferos y causan diversas enfermedades en la especie humana. Una especie que infecta a animales domésticos, como vacas y ovejas, puede ser transmitida a los seres humanos a través de la ingestión de leche cruda o por la inhalación de las partículas suspendidas en el aire procedentes de la leche, orina, heces o tejidos de los animales infectados.

Las enfermedades producidas por rickettsias reciben el nombre general de rickettsiosis e incluyen el tifus epidémico y endémico, la fiebre de las Montañas Rocosas, la fiebre Tsutsugamushi o el tifus de la maleza, la fiebre de las trincheras, la fiebre Q y la rickettsiosis pustulosa o vesicular. En general, las rickettsiosis comienzan de modo repentino y originan fiebre alta, malestar general, postración y en casi todos los casos, un exantema característico.

d) Bacteriófagos

Los bacteriófagos son virus que parasitan bacterias. Tienen una estructura compleja formada por una cabeza, que contiene el material genético, y una cola que consta de unas fibras con las que se anclan a la superficie bacteriana. El material genético del bacteriófago pasa desde la cabeza, a través de la cola, hasta el interior de la bacteria.

El material genético del virus se integra dentro del material genético bacteriano y se replica. De esta manera el virus se reproduce y forma nuevos bacteriófagos que acaban provocando que la bacteria se destruya y estalle.

²⁰ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 260 – 264.

Los bacteriófagos están presentes en los desechos humanos, en el suelo y en las aguas residuales.

La mayor parte de los virus bacterianos que se han estudiado infectan principalmente bacterias como *Escherichia coli* o *Salmonella typhimurium*, aunque se conocen virus que infectan tanto eubacterias como arqueobacterias. El material genético de este tipo de virus puede ser tanto ARN como ADN.

2.3.1.3 MICOLOGÍA: HONGOS, LEVADURAS

La micología (del griego: *μύκης*, hongo y *λογος*, tratado, estudio) es la ciencia dedicada al estudio de los hongos.

“a) Hongos. Los hongos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Levaduras: hongos no filamentosos
- Mohos: pluricelulares (hongos filamentosos)
- Setas: hongos microscópicos

En general, todos los hongos son heterótrofos, precisan compuestos orgánicos que contengan carbono como fuente de energía, son aerobios o anaerobios facultativos y la mayoría de ellos viven como saprofitos en el suelo y agua. Los hongos suelen reproducirse por esporas.

Alimentación de los hongos

Los hongos se nutren de materia vegetal viva o muerta. Según sea el sustrato en el que se encuentren se dividen en: Micorrízicos, Parásitos y Saprófitos.

Hongos Micorrízicos: Define una relación simbiótica entre las hifas de ciertos hongos y las raíces de las plantas.

Hongos Saprófitos: Viven sobre materia orgánica en descomposición, es decir sobre materia muerta, (restos orgánicos de la de plantas y animales que contiene el suelo, partes muertas de la madera de un árbol o excrementos de animales.)

Hongos Parásitos: Se alojan sobre algún ser vivo que los hospede, viviendo a expensas de éste sin ofrecerle ningún beneficio a cambio.

a) Estructuras vegetativas: mohos

Los mohos se identifican en base a su aspecto físico, lo que incluye las características de las colonias y la formación de esporas. Las colonias de mohos se describen como estructuras

vegetativas porque están compuestas de células implicadas en el catabolismo y en el crecimiento.

El talo o colonia de moho consiste en largos filamentos celulares agrupados. Estos filamentos se llaman hifas. En la mayoría de los mohos las hifas contienen unos tabiques llamados septos que dividen a las hifas en unidades diferenciadas, mononucleares, semejantes a células. Este tipo de hifas se denominan hifas tabicadas, sin embargo, en algunas clases de hongos la hifa no contiene tabiques y aparecen como largas células continuas con numerosos núcleos. Estas se conocen como hifas cenocíticas. Las hifas del talo crecen alargándose por sus extremos.

b) Levaduras

Son hongos unicelulares no filamentosos, con una morfología característica esférica u ovalada. La mayoría de las levaduras forman colonias de organismos unicelulares y la colonia crece a medida que aumenta el número de levaduras. Este aumento suele ocurrir por gemación. En la gemación, la célula forma una protuberancia o yema sobre su superficie externa. Algunas especies de levaduras forman yemas que no logran separarse y dan lugar a una corta cadena de células llamada "Pseudohifa".

Las levaduras son capaces de crecer como anaerobias facultativas. Si disponen de oxígeno, realizan la respiración aeróbica para metabolizar azúcares hasta CO_2 y H_2O . Por el contrario, si carecen de oxígeno, fermentan azúcares produciendo Etanol y CO_2 .

c) Setas

Son formas diferentes a los hongos. El micelio está en el suelo y en ciertas condiciones se forman sobre él los basidios, estructuras que llamamos setas u hongos.²¹

2.3.1.4 ALGAS

Se llaman algas a diversos organismos fotosintetizadores de organización sencilla que viven en el agua o en ambientes muy húmedos. Pertenecen al Reino Protista y técnicamente las algas son los organismos autótrofos que realizan la fotosíntesis oxigénica (fotosíntesis que produce oxígeno). El estudio científico de las algas se llama Ficología.

Muchas algas son unicelulares microscópicas, otras son coloniales y algunas han desarrollado anatomías complejas, incluso con tejidos diferenciados, como ocurre en las algas pardas. Las más grandes, miembros del grupo anterior, forman cuerpos laminares de decenas de metros de longitud.

a) Clasificación de las Algas

²¹ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 266 – 267.

División	Color / comentario
I Clorófitos (Chlorophyta).	Son las algas verdes, de una de cuyas ramas evolutivas evolucionaron las plantas terrestres.
II Crisófitos (Chrysophyta)	Como las algas doradas. Agua limpia y fría: principalmente celulares.
III Pirrófitos	Pardo amarillento. Principalmente marinas, en un 90%.
IV Euglenófitos (Euglenophyta).	Formas unicelulares de agua dulce dotadas de plastos verdes, emparentados estrechamente con los Kinetoplástidos, un grupo que incluye tanto a formas unicelulares heterótrofas de los mismos ambientes como a los protistas que producen la enfermedad del sueño (Trypanosomátidos).
V Rodófitos (Rhodophyta).	Son las algas rojas
VI (Fiófitos, Phaeophyta)	Las algas pardas
VII Cianofitos	Verde azulado. Agua dulce, cálida, con frecuencia contaminada.

Tabla 2.5.- "Clasificación de las Algas"²²

2.3.2 PATÓGENOS

"Es un agente que causa infección en un huésped vivo. Actúa como parásito dentro del huésped, ya sean individuos o células y trastorna las actividades fisiológicas normales. Este trastorno es lo que causa los síntomas de la enfermedad, como alta temperatura, un desajuste del proceso digestivo, un cambio en la química sanguínea y otros índices de infección.

En Infectología, un agente biológico patógeno (del griego pathos, enfermedad y gainein, engendrar) es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto. El mecanismo de la patogenicidad ha sido muy estudiado y tiene varios factores, algunos de los cuales son dependientes del agente patógeno y otros del huésped."²³

2.3.2.1 EPIDEMIOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PATÓGENOS EN EL SER HUMANO

El estudio de los factores que determinan la distribución y frecuencia de las enfermedades se denomina epidemiología. En el caso de enfermedades infecciosas, tales estudios proporcionan, con frecuencia, la base para el control de la enfermedad así como las claves para su diagnóstico.

²² HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 268.

²³ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 279 – 280.

Reservorio de la enfermedad

Como parte de su ciclo infeccioso, todos los patógenos existen, al menos temporalmente, en uno o más ambientes naturales, llamados reservorios de la infección a partir de los cuales son transmitidos a las personas. El principal reservorio de las enfermedades infecciosas más comunes es la población humana. El principal reservorio de otro gran grupo de enfermedades denominadas zoonosis es una población de animales domésticos o salvajes y el reservorio de un tercer grupo de enfermedades es el agua o suelo.

Reservorio Significativo	Enfermedades
Población Humana	Síndrome de la Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA), disentería amebiana, cólera, difteria, fiebre recurrente epidémica, tifus epidémicos, giardiasis, gonorrea, hepatitis A, malaria, sarampión, mononucleosis, paperas, poliomyelitis, infecciones estreptocócicas y estafilocócicas, fiebre tifoidea, tuberculosis, etc.
Poblaciones Animales	Peste bubónica, tifus endémico, fiebre recurrente, leptospirosis, carbunco, brucelosis, toxoplasmosis, tiñas, etc.
Suelo y Agua	Coccidiomicosis, enfermedad de los legionarios, infecciones por pseudomonas, esporotricosis, tétanos, etc.

Tabla 2.6.- Reservorio de la enfermedad

Modos de transmisión

Cada enfermedad infecciosa se transmite a la persona, desde su reservorio, mediante un modo de transmisión característico. Los modos más comunes son:

- ingestión de alimentos o agua contaminados por heces
- contaminación del tracto respiratorio por gotículas u otros materiales que contengan secreciones respiratorias.
- por contacto directo con otra persona o animal u objeto contaminado
- inoculación a través de la piel cuando se produce una herida mediante un objeto inanimado o por picadura de un artrópodo o mordedura de un animal

PATOGENOS BACTERIANOS

a) Enfermedades estafilocócicas

Casi todas las enfermedades estafilocócicas humanas están causados por *Staphylococcus aureus*, un anaerobio facultativo que produce grumos de células al crecer. Existe sobre la piel y

en los orificios nasales de personas sanas y de animales domésticos. Aproximadamente el 50% de estas cepas producen una enterotoxina termoestable que si se ingiere, produce una intoxicación alimentaria.

b) Enfermedades estreptocócicas

Dos especies de estreptococos, *S. pyogenes* y *S. pneumoniae* causan la mayoría de las enfermedades estreptocócicas humanas. La población humana es el reservorio de estas dos especies de cocos anaerobios facultativos que crecen formando cadenas. La faringitis va seguida en algunas ocasiones por una glomerulonefritis postestreptocócica, enfermedad caracterizada por un fallo renal temporal, puede ir seguida también de fiebre reumática, enfermedad caracterizada en parte por el agrandamiento del corazón y una artritis temporal

c) Enfermedades causadas por bacterias que forman endosporas

Ejemplos de estos patógenos son: *Bacillus anthracis*, causante de ántrax; *Clostridium botulinum*, causante del botulismo; *Clostridium difficile*, causante de colitis pseudomembranosa; *Clostridium perfringens*, causante de intoxicaciones alimentarias y gangrenas y *Clostridium tetani*, tétanos.

d) Enfermedades causadas por micobacterias

Las micobacterias causan dos de las más importantes enfermedades de la historia: la tuberculosis y la lepra. Estas bacterias aeróbicas se dicen que son ácidorresistentes porque retienen ciertos colorantes después de tratadas con una mezcla de alcohol y ácido clorhídrico. Esta notable propiedad es el resultado de un elevado contenido de lípidos en su membrana.

e) Listeriosis

La infección por la bacteria baciliforme gram positiva *Listeria monocytogenes* se llama listeriosis y es una enfermedad relativamente rara que aparece sobre todo en personas menores de un 1 y mayores de 55 años. Los síntomas de la listeriosis son sumamente variables y pueden asemejarse a los de otras enfermedades. También puede localizarse en las membranas que rodean el cerebro produciendo meningitis.

f) Enfermedades causadas por bacterias entéricas

Las bacterias entéricas causan una gran variedad de enfermedades. Las más corrientes son las enfermedades diarreicas, infecciones en el tracto urinario como es el caso de *Escherichia coli*,

Klebsiella y Proteus. El principal reservorio de todas estas infecciones es la biota intestinal humana normal.

g) Enfermedad de los legionarios

Legionella pneumophila, fue identificada como el agente causante de un brote de neumonía fatal, llamada enfermedad de los legionarios.

h) Brucelosis

La brucelosis está causada por varias especies de Brucella que infectan a animales: cerdos y ganado vacuno. Estos son los principales reservorios a partir de los cuales se transmite la enfermedad a las personas, por contacto directo o por comer o beber carne o productos lácteos contaminados.

i) Enfermedad causada por pseudomonas

Pseudomonas aeruginosa, habitante permanente del suelo y agua dulce, causa varias enfermedades que pueden ser difíciles de tratar porque esta bacteria es notablemente resistente a la mayoría de los antibióticos. Causa aproximadamente el 4% de las infecciones del tracto urinario.

j) Enfermedades causadas por Bordetella y Haemophilus

La tosferina, está causada por Bordetella pertussis, un aerobio que se adquiere de otras personas y que se desarrolla en la garganta.

Después de un período de incubación de 7 a 16 días comienzan los síntomas, parecidos a un resfrío, luego durante los próximos 7 a 14 días se desarrolla una tos rápida e intensa ininterrumpida.

k) Enfermedades neiséricas

Neisseria meningitidis y Neisseria gonorrhoeae son cocos gram negativos, no móviles que se presentan de manera característica por pares.

Las Infecciones causadas por N. Meningitidis pueden ser adquiridas por inhalación de gotículas de individuos infectados o de portadores sanos y por lo común está en la garganta. Ocasionalmente la infección se extiende a otros órganos causando neumonía, artritis, meningitis o septicemia.

2.3.2.2 PARÁSITOS DEL HOMBRE

a) Parásitos

El parasitismo es la interacción biológica entre dos organismos, en la que uno, el parásito, vive sobre (ectoparásitos) o dentro (endoparásitos) del cuerpo de otro, el huésped.

b) Endoparásitos

-El *Taenia solium* (*solitaria*) y el *Taenia saginata* son parásitos que utilizan a los bovinos (*T. saginata*) y a los cerdos (*T. solium*) como huéspedes intermediarios. El hombre se infecta al ingerir carne cruda o poco hecha que contenga larvas enquistadas.

Cuando el hombre ingiere huevos de *T. solium*, puede aparecer una cisticercosis. Las consecuencias son molestias gastrointestinales ligeras, anorexia o aumento del apetito, náuseas o vómitos, vértigos y nerviosismo.

-El *Ascaris lumbricoides* (*lombrices*) es el mayor nematodo (gusanos cilíndricos, alargados) intestinal y en humanos produce la ascariasis. Debido a su ciclo de vida, este parásito tiene una doble representación en humanos, su fase larvaria pulmonar y la fase intestinal, donde puede llegar a alcanzar los 20 cm, produciendo manifestaciones clínicas diferentes.

-El *Entamoeba histolytica* produce la enfermedad conocida como Amebiasis. Las amebas proliferan en el intestino y pasan a los tejidos profundos donde pueden ser transportados por la circulación hasta el hígado.

-El *Ascaris lumbricoides* o lombriz produce un millón de casos anuales, acabando 20.000 de ellos en muerte.

-*Giardia lamblia* (*intestinalis*) es uno de los parásitos patógenos intestinales más frecuentes causantes de diarrea epidémica.

-*Enterobius vermicularis* afecta al 30% de los niños en edad escolar. Los huevos permanecen durante semanas en ropas, suelo, y uñas; su transmisión es por ingestión de alimentos o tierras contaminadas. Sus síntomas son anorexia, alteraciones del sueño, irritabilidad y terrores nocturnos.

c) Ectoparásitos

-El piojo de la cabeza.

-Las pulgas son parásitos externos (pequeños insectos sin alas del orden Siphonaptera) que viven de la sangre de los mamíferos y los pájaros.

-La garrapata es el ácaro de mayor tamaño que se alimentan de la sangre de sus huéspedes. Las garrapatas se encuentran a menudo en la hierba alta, donde esperan en el extremo de una hoja para intentar engancharse a cualquier animal o persona que pase.²⁴

2.3.2.3 ENFERMEDADES TRASMITIDAS A TRAVÉS DEL AGUA

La mayor parte de las enfermedades transmitidas por el agua son de origen intestinal. La materia fecal de huéspedes o portadores infectados puede introducirse de diversas maneras en un sistema de abastecimiento de agua o en un área de natación. La más común es por descarga directa de aguas negras, sin tratamiento en el agua receptora.

Los organismos patógenos son incapaces de crecer en el agua, pero pueden sobrevivir en ella por varios días. Los patógenos capaces de formar esporas o quistes tienen la capacidad de existir fuera de un huésped durante un tiempo largo.

Las enfermedades transmitidas por el agua son:

- Salmonelosis (fiebres)
- Shigelosis (disentería bacilar o diarrea aguda)
- Cólera (náusea, vómito, diarrea)
- Hepatitis Infecciosa (fiebre, dolor de cabeza, dolores de espalda)
- Amibiasis (diarrea)
- Giardiasis (diarreas, espasmos estomacales, fatiga, anorexia)
- Cristosporidiosis (diarrea, vómito)
- Esquistosomiasis (trematodos en la sangre)

2.3.3 EPIDEMIOLOGÍA

LA EPIDEMIOLOGÍA

La epidemiología significa el estudio de lo que ha sucedido a las personas.

La epidemiología es la disciplina científica que estudia la distribución, frecuencia, determinantes, relaciones, predicciones y control de los factores relacionados con la salud y

²⁴ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 281. ; http://www.cienciapopular.com/Parasitos_en_el_Hombre. Citado 29 de agosto de 2009.; <http://www.monografias.com/trabajos14/patogenos/patogenos.zip> Citado 30 de agosto de 2009.

enfermedad en poblaciones humanas. La epidemiología estudia, sobre todo, la relación causa-efecto entre exposición y enfermedad.

Las enfermedades no se producen de forma aleatoria; tienen causas, muchas de ellas sociales, que pueden evitarse. Por tanto, muchas enfermedades podrían prevenirse si se conocieran sus causas. Los métodos epidemiológicos han sido cruciales para identificar numerosos factores etiológicos que, a su vez, han justificado la formulación de políticas sanitarias encaminadas a la prevención de enfermedades, lesiones y muertes prematuras.

Funciones de la epidemiología

La epidemiología es parte importante de la salud pública y contribuye a:

- Definir los problemas de salud importantes de una comunidad.
- Describir la historia natural de una enfermedad.
- Descubrir los factores que aumentan el riesgo de contraer una enfermedad (su etiología).
- Aclarar los posibles mecanismos y formas de transmisión de una enfermedad.
- Predecir las tendencias de una enfermedad.
- Determinar si la enfermedad o problema de salud es prevenible o controlable.
- Determinar la estrategia de intervención (prevención o control) más adecuada.
- Probar la eficacia de las estrategias de intervención.
- Cuantificar el beneficio conseguido al aplicar las estrategias de intervención sobre la población.
- Evaluar los programas de intervención.

2.3.3.1 DEFINICIONES: FOCO, FUENTE DE INFECCIÓN, PORTADOR, VECTOR, FOMITE, VEHICULO

a) Foco

En el concepto de foco de infección, limitado en el espacio, la enfermedad se concibe como el resultado de factores edáficos, climáticos, de vegetación y flora, y humanos. Mientras estos factores sean constantes, la enfermedad perdura. No obstante, una de las características fundamentales y a menudo no tomada en cuenta del foco de infección, reside en su heterogeneidad espacial y temporal.

b) Fuente de Infección

Persona, animal, vegetal o sustancia desde la cual el agente infeccioso pasa al huésped.

c) Portador

Persona o animal que no presenta síntomas clínicos reconocibles de una enfermedad, pero que la incuba o alberga; siendo una fuente potencial de infección.

d) Vector

En epidemiología y ecología se llama vector a un mecanismo, generalmente un organismo, que transmite un agente infeccioso o infestante desde los individuos afectados a otros que aún no portan ese agente. Un vector viral es un virus que ha sido modificado para transportar material genético específico en una celda, por ejemplo, para la terapia génica.

e) Fomite

Cualquier secreción que sale del cuerpo del individuo y que puede tener a un agente patógeno como un virus, una bacteria, un parásito u hongo.

f) Vehículo

Vehículo y Vector son dos formas de transmisión indirecta de enfermedad (donde el agente necesita de un elemento intermediario para llegar al huésped susceptible), sólo que en el primer caso se refiere a elementos u objetos contaminados (toallas, alimentos, agua, herramientas, etc.) mientras que en el segundo caso se trata de organismos (insectos) que activamente llevan el agente hasta el huésped.

2.3.3.2 FACTORES DE TRANSMISIÓN DE UNA ENFERMEDAD

Enfermedad

La enfermedad es un proceso y el status consecuente de afección de un ser vivo, caracterizado por una alteración de su estado ontológico de salud.

FACTORES DE TRANSMISIÓN

Las infecciones que provocan una enfermedad, están producidas por gérmenes patológicos, ya sean bacterias, virus u hongos microscópicos, que invaden el organismo y se multiplican en él,

produciendo sustancias tóxicas. En la actualidad se combaten y previenen mediante los antibióticos, las vacunas, la higiene y la mejora de las condiciones sanitarias.

Una infección se origina cuando el organismo es invadido por un agente viviente patógeno, como, por ejemplo, un virus o una bacteria. Las infecciones pueden ser leves, como es el caso de un resfriado común, o pueden llegar a ocasionar la muerte si no se administra un tratamiento a tiempo, como puede ocurrir con la rabia o el cólera.

Las infecciones son provocadas por microbios que invaden el organismo y se multiplican y difunden en él de diferentes maneras. Estos, para reproducirse, utilizan diversas sustancias nutritivas y, algunos de ellos, oxígeno, que sustraen a las células del organismo invadido. Los microbios pueden obstruir los vasos sanguíneos o los conductos, y producen materiales de desecho que son tóxicos para el organismo infectado. Los microbios que producen enfermedades se denominan "patógenos".

Virus y bacterias

Por sí mismos, los virus no son organismos completos, ya que son incapaces de vivir y de reproducirse fuera de las células de otro organismo; por el contrario, las bacterias son organismos unicelulares mucho mayores que los virus, que pueden sobrevivir por sí mismas.

Los microbios que penetran en un organismo se alimentan y se reproducen empleando los tejidos de dicho organismo, así, los virus utilizan estructuras químicas y material genético de las células invadidas para poder multiplicarse.

En las infecciones producidas por virus, éstos se reproducen por medio del ácido desoxirribonucleico (DNA). El virus penetra en el interior de una célula del organismo y libera en ella su DNA. Luego, el virus se reproduce dentro de la célula. Posteriormente, los nuevos virus pueden invadir otras células o bien se rompe la membrana de la célula infectada y los virus se liberan infectando el torrente sanguíneo.

Transmisión

La mayoría de los virus y bacterias son contagiosos; esto significa que se transmiten directamente de un sujeto enfermo a uno sano, o de forma indirecta, a través del agua, de los alimentos o de los utensilios contaminados.

Algunos microbios se expulsan al toser o al estornudar, dando origen a la denominada "infección por gotitas", otros se transmiten mediante contacto directo, por ejemplo, de la saliva y otros a través de los animales o de los alimentos de origen animal, como la carne y la leche, entre otros.

Los microbios requieren cierto tiempo, tras penetrar en un organismo, hasta multiplicarse en una cantidad suficiente como para provocar síntomas; este tiempo transcurrido entre la invasión del organismo y la aparición de los síntomas se denomina "período de incubación".

La boca es un punto vulnerable para las infecciones, por lo que es aconsejable someterse a reconocimientos odontológicos de forma periódica. En las exploraciones ginecológicas practicadas en reconocimientos médicos habituales, con frecuencia se realiza un frotis cervical con el fin de descubrir posibles infecciones.

Contagio directo

Se produce cuando el agente infeccioso no necesita un elemento intermediario para penetrar en otro organismo. El contagio directo puede producirse por contacto físico, a través de la piel, de las mucosas o de la sangre, y provoca enfermedades como las de transmisión sexual, las infecciones de la piel o la hidrofobia, que se produce por rasguños, arañazos o mordeduras de animales que han sido infectados.

Contagio indirecto

Cuando interviene un vehículo para transportar los microbios infecciosos a distancia se considera que el contagio es indirecto. Dicho vehículo, o agente transmisor, puede ser el aire, que lleva los gérmenes en forma de gotas o de polvo. Las enfermedades del aparato respiratorio, como la gripe o la tuberculosis, se contagian con frecuencia por esta vía.

El agua contaminada también puede ser un agente transmisor de gérmenes patógenos procedentes de una fuente de infección, mediante las heces y la orina.

Los alimentos también son vías frecuentes de transmisión de infecciones. Por ejemplo, a través de la leche de animales enfermos pueden transmitirse enfermedades como la brucelosis y la tuberculosis.

El pescado puede ser fuente de contagio de la gastroenteritis. A través de la carne se puede transmitir enfermedades como la triquinosis, la salmonelosis y el carbunco. Asimismo, las verduras y las hortalizas regadas con agua contaminada pueden contagiar el cólera, entre otras enfermedades.

Infección e infestación

- Una infección se produce cuando microorganismo patógenos, como los virus o las bacterias, invaden un organismo donde se reproducen; los síntomas de las enfermedades que provocan se manifiestan por la reacción del organismo frente a dichos gérmenes.

- Una infestación es la invasión del organismo por parásitos, por lo general de tamaño macroscópico, o visibles, que pueden vivir fuera del cuerpo u organismo afectado, como los piojos, o dentro de él, como la tenia.

2.3.3.3 PROPIEDADES GENERALES DE LAS EPIDEMIAS

En la actualidad el concepto es una relación entre una línea de base de una enfermedad, que puede ser la prevalencia o incidencia normales, y el número de casos que se detectan en un momento dado. En este sentido si una comunidad se encuentra libre de determinada enfermedad, un solo caso constituye una epidemia. En otras palabras, es un incremento significativamente elevado en el número de casos de una enfermedad con respecto al número de casos esperados.

En caso de que la epidemia se extendiera por varias regiones geográficas extensas de varios continentes o incluso de todo el mundo se trataría de pandemia. En caso de enfermedades que afectan en una zona mantenida en el tiempo se trataría de endemia.

2.3.3.4 INSECTOS Y ROEDORES

Enfermedades causadas por insectos y roedores

- **La cucaracha**

Este insecto vive bajo hojas secas u otros desechos de plantas, debajo de piedras y desperdicios flotantes, cerca de playas, en los huecos de la madera, en nidos de pájaros y también en suelos semiacuáticos.

Algunas enfermedades humanas producidas por bacterias que transmiten las cucarachas, son la disentería, la diarrea, el cólera, la tifoidea, las infecciones intestinales y las fiebres entéricas.

Modo de transmisión: la cucaracha recoge los gérmenes patógenos en las patas y otras partes del cuerpo al andar por la suciedad y luego los deja en los alimentos.

- **La mosca**

Las especies de moscas son numerosas, se diferencian, entre otros, por su tamaño y color. Se ha demostrado que las moscas caseras están infestadas de microorganismos patógenos de más de 20 enfermedades humanas y que al comer vomitan y defecan.

Algunas enfermedades humanas producidas por bacterias que transmiten las moscas son: disentería, diarrea, cólera, y fiebre tifoidea.

Modo de transmisión: la mosca lo hace especialmente por medio de los pelos de sus patas y del abdomen, porque deposita materia fecal en todas partes; contamina los alimentos con su vómito y al posarse sobre ellos. Otro tanto ocurre cuando se posa sobre los ojos, la nariz, los labios o las heridas de las personas.

▪ **Los mosquitos**

Tienen mayor importancia por las enfermedades que transmiten, los géneros *Anopheles* y *Aedes aegypti*. Se reproducen tanto en aguas limpias como contaminadas, particularmente en los bordes de las lagunas y riachuelos, pantanos, depresiones llenas de agua, depósitos elevados, estanques y charcos.

El mosquito del género *Anopheles*, produce a través de su picadura la enfermedad parasitaria Paludismo o Malaria, cuyos síntomas son: fiebre, escalofríos y sudores, malestar general, dolor de cabeza y náuseas; si no es tratada oportunamente, puede complicarse o llevar a la muerte.

▪ **La Rata**

Consume todo tipo de comida y contamina, con sus secreciones malolientes y su orina, los lugares que frecuenta. La rata como portadora de microorganismos dañinos para el hombre, se asocia a la transmisión de enfermedades como: la Leptospirosis o enfermedad de Weil, y la Salmonelosis. Éstas son producidas por la orina infectada de las ratas y otros roedores, al entrar en contacto con la piel, especialmente si está irritada o tiene una herida abierta.

La rata también produce la enfermedad de fiebre por mordedura de rata, las bacterias que causan esta enfermedad se encuentran en los dientes y encías de las ratas. La pulga más peligrosa para la salud del hombre es la pulga de la rata, que vive en todos los climas.

2.4 AGUA EN EL PLANETA

2.4.1 DISTRIBUCIÓN

“El 70% de la superficie de la Tierra es agua y tan sólo 30% es tierra firme. Tenemos un planeta cubierto de una delgadísima película de agua. Para darnos una idea: si mojamos una naranja,

la capa que permanece en la cáscara equivale a la proporción que existe en la Tierra. Nuestro planeta no es de agua, apenas es un planeta mojado.

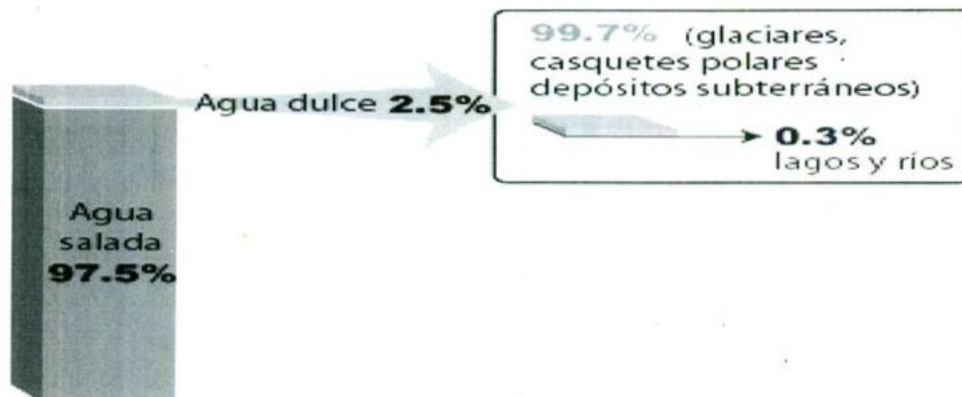


Figura 2.17.- Distribución del agua en el Planeta

Sin embargo, esa poca agua es la que ha hecho posible la vida. Es por ello que se le llama planeta de agua; los otros que conocemos, si acaso tienen, es mucha menos.

La Tierra es un planeta apenas mojado, pero en su mayoría de agua salada: 97.5% es agua de los mares, de los océanos. El restante 2.5% es agua dulce, pero casi toda esta congelada en los polos y en los glaciares. Del agua dulce, 69.7% es agua congelada, 30% es subterránea y en los ríos y lagos hay sólo 0.3%.

Si el planeta tuviera 100 litros de agua, sólo habría 750 mililitros de agua subterránea y 7 mililitros en ríos y lagos superficiales; el equivalente a tres vasos sería toda el agua dulce para la vida terrestre y la humanidad. ¿De quién es el agua? ¿De la humanidad? Hay quien afirma que la primera dueña del agua debe ser quien la produce: la naturaleza.

Cifras

- En los océanos y los mares: 1, 370, 000,000 km³.
- En la corteza terrestre: 60, 000,000.
- En los glaciares y nieves perpetuas: 29, 170,000.
- En los lagos: 750,000.
- En la humedad del suelo: 65,000.
- En el vapor atmosférico: 14,000.
- En los ríos: 1,000.²⁵

²⁵ <http://www.agua.org.mx/Agua en el planeta>. Citado 14 de julio de 2009.

2.4.2 RACIONALIZACIÓN

Debido a que las aguas están en movimiento constante (se evaporan, se condensan, se infiltran, son arrastradas por los ríos al mar o los hielos de los polos se rompen, migran, se funden), conviene considerar que las cifras presentadas arriba tienen un margen de error de 10 a 15%. Por ejemplo, tan sólo en lo que toca a la evaporación, de los océanos se van a la atmósfera 449 000 km³ al año.

El mundo dispone de 12 500 a 14 000 millones de metros cúbicos de agua por año para uso humano. Esto representa unos 9,000 metros cúbicos por persona al año, según se estimó en 1989. Se calcula que, para el año 2025, la disponibilidad global de agua dulce per cápita descenderá a 5100 metros cúbicos por persona al año, pues se sumarán otros 2000 millones de habitantes a la población del mundo.

Aun entonces, esta cantidad sería suficiente para satisfacer las necesidades humanas siempre y cuando el agua estuviera distribuida por igual entre todos los habitantes del mundo. Ante este panorama, la necesidad de generar estrategias para fomentar la conciencia del uso y la conservación del agua se vuelve prioritaria y común a todos los seres humanos.

La ONU subraya que al plantear el tema de los recursos hídricos limitados resulta imprescindible abordar tanto problemas culturales y éticos como los relativos a la igualdad y derechos. Los desequilibrios entre la disponibilidad y la demanda, la degradación de la calidad de las aguas subterráneas y las aguas superficiales, la competencia intersectorial, las disputas interregionales e internacionales giran alrededor de la problemática de cómo afrontar los escasos recursos hídricos.

Los datos aportados por las distintas organizaciones oficiales y no gubernamentales señalan que actualmente hay 1500 millones de personas en el mundo que carecen de acceso al agua potable.

A través de un informe presentado con motivo del día Mundial del Agua, la organización ecologista WWF/Adena advierte de que los grandes ríos del mundo se están muriendo como consecuencia del cambio climático, la contaminación y la construcción de presas, por lo que aumentan las amenazas de escasez de agua.

En el estudio, WWF/Adena hace un llamamiento a los gobiernos para proteger la distribución y el uso del agua, permitiendo así salvaguardar el medio de vida de las grandes civilizaciones humanas.

La organización señala que la continua pérdida de caudal –como consecuencia de la deficiente planificación y la protección inadecuada de las áreas naturales- indica que no está garantizado que el agua fluya para siempre. El informe hace además un llamamiento a los gobiernos para proteger más eficazmente el flujo natural de los ríos y la distribución y uso del agua con el fin de salvaguardar los hábitats y los medios de vida de grandes poblaciones humanas.

2.4.3 CICLO DEL AGUA

El agua no permanece estacionaria sobre la Tierra sino que se establece una circulación del agua entre los océanos, la atmósfera y la litosfera-biosfera de forma permanente. Es lo que se conoce como ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico se podría definir como el "proceso que describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta". Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea. El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía solar y la gravedad.

FASES DEL CICLO HIDROLÓGICO

Evaporación

El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y se condensa formando nubes.

Precipitación

Cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm comienza a formarse gotas, gotas que caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones (en forma de lluvia, granizo o nieve).

Retención

Pero no toda el agua que precipita llega a alcanzar la superficie del terreno. Una parte del agua de precipitación vuelve a evaporarse en su caída y otra parte es retenida ("agua de intercepción") por la vegetación, edificios, carreteras, etc., y luego se evapora. Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en charcas, lagos y embalses ("almacenamiento superficial") volviendo una gran parte de nuevo a la atmósfera en forma de vapor.

Escorrentía superficial

Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos. Esta agua que circula superficialmente irá a parar a lagos o al mar, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará en el terreno.

Infiltración

Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, rellenando de agua el medio poroso.

Evapotranspiración

En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están saturados en agua, que se denomina "zona no saturada", y una parte inferior saturada en agua, y denominada "zona saturada". Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a la zona saturada sino que es interceptada en la zona no saturada. En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la "transpiración" de las plantas.

Escorrentía subterránea

El agua que desciende, por gravedad-percolación y alcanza la zona saturada constituye la recarga de agua subterránea.



Figura 2.18.- Ciclo del Agua.

2.4.4 UTILIDAD DEL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico no sólo transfiere vapor de agua desde la superficie de la Tierra a la atmósfera sino que colabora a mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente. Además juega un papel de vital importancia: permite dulcificar las temperaturas y precipitaciones de diferentes zonas del planeta, intercambiando calor y humedad entre puntos en ocasiones muy alejados.

Las tasas de renovación del agua, o tiempo de residencia medio, en cada una de las fases del ciclo hidrológico no son iguales. Por ejemplo, el agua de los océanos se renueva lentamente, una vez cada 3000 años, en cambio el vapor atmosférico lo hace rápidamente, cada 10 días aproximadamente.

Una parte del agua que llega a la tierra será aprovechada por los seres vivos; otra escurrirá por el terreno hasta llegar a un río, un lago o el océano. A este fenómeno se le conoce como escorrentía. Otro poco del agua se filtrará a través del suelo, formando capas de agua subterránea. Este proceso es la percolación. Más tarde o más temprano, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación.

Al evaporarse, el agua deja atrás todos los elementos que la contaminan o la hacen no apta para beber (sales minerales, químicos, desechos). Por eso el ciclo del agua nos entrega un elemento puro. Pero hay otro proceso que también purifica el agua, y es parte del ciclo: la transpiración de las plantas.

Las raíces de las plantas absorben el agua, la cual se desplaza hacia arriba a través de los tallos o troncos, movilizándose consigo a los elementos que necesita la planta para nutrirse. Al llegar a las hojas y flores, se evapora hacia el aire en forma de vapor de agua. Este fenómeno es la transpiración.

2.5 CALIDAD DEL AGUA

El agua puede contener sustancias químicas y microorganismos que llegan a ella de manera natural, o como resultado de las diversas actividades del hombre. En la historia de la humanidad han ocurrido numerosos brotes de enfermedades relacionadas con el agua, el hacinamiento y condiciones ambientales deficientes, caracterizadas ya sea por su alta prevalencia, su gran mortalidad, alta dispersión o incluso por características poco usuales.

En países como México las enfermedades diarreicas continúan siendo un problema grave en la población infantil. Estos padecimientos son causados por bacterias, virus y protozoarios

patógenos que se dispersan a través de la ruta fecal-oral y que potencialmente pueden ser transmitidos por el agua de consumo, que se utiliza para diversas actividades en el hogar incluyendo la higiene personal, y a través del contacto primario con aguas recreativas que se encuentran contaminadas.

Las enfermedades químicas, se asocian principalmente con la ingestión de sustancias tóxicas naturales o artificiales en concentraciones dañinas y se caracterizan por su localización específica, por ejemplo el hidroarsenismo y la fluorosis. Frente a estos problemas, el IMTA, (Instituto Mexicano de Tratamiento de Aguas) ha trabajado en diferentes proyectos, con el fin de identificar la presencia de contaminantes químicos y biológicos en el agua, y además proponer alternativas para la prevención y control de la exposición a dichos contaminantes, por ejemplo:

- Desarrollo y adaptación de metodologías de análisis para la determinación de microorganismos patógenos que no pueden ser aislados mediante métodos convencionales.
- Estudio de seguimiento de calidad bacteriológica de fuentes de abastecimiento y aguas de suministro en comunidades rurales o marginales.
- Uso de energía solar para la desinfección del agua en pequeñas comunidades, que por razones culturales no aceptan la desinfección con cloro.
- Diseño y evaluación de un sistema de tratamiento basado en alúmina activada para abatir la exposición a arsénico en colonias de escasos recursos económicos.

La legislación considera únicamente a los coliformes totales y fecales como indicadores de contaminación; sin embargo, estudios epidemiológicos muestran que otros microorganismos se correlacionan mejor con brotes de enfermedades en la población expuesta, ya que las características fisicoquímicas así como la ecología microbiana en estos ambientes, son diferentes a las que se presentan en aguas continentales y dulces. En este tema y dado que en México algunos centros turísticos están expuestos a desastres meteorológicos y descargas continuas de aguas residuales, es necesario revisar la actual legislación.

2.5.1 CONTAMINANTES Y SUS ORIGENES

El origen del agua potable (de la llave y embotellada) incluye ríos, lagunas, arroyos, lagunillas, presas, manantiales, y pozos. Al correr sobre la superficie de la tierra o subterráneamente, el agua disuelve minerales que existen naturalmente y en algunos casos, material radioactivo y puede recoger sustancias resultantes de la presencia de animales o actividades humanas.

Algunos de los contaminantes que pueden estar presentes en el agua de origen son:

- Contaminantes microbios, tales como virus y bacterias, que pueden provenir de instalaciones de tratamiento de aguas negras, sistemas sépticos, operaciones agrícolas de ganadería, y fauna.
- Contaminantes inorgánicos, tales como sal y metales, pueden ocurrir naturalmente o ser el resultado de desagües de áreas urbanas, descargas de desecho industrial o doméstico, producción de aceite o gasolina, minería, o agricultura.
- Pesticidas y herbicidas, pueden provenir de diversos orígenes como agricultura, desagües de áreas urbanas, y uso residencial.
- Contaminantes químicos orgánicos, incluyendo productos químicos sintéticos y volátiles, derivados de procesos industriales y producción de petróleo y provenientes de estaciones de gasolina, desagües de áreas urbanas, y sistemas sépticos.
- Contaminantes radioactivos, que ocurren naturalmente o como resultado de la producción de aceite y gasolina y actividades de minería.

2.5.2 EN RÍOS

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura y de la industria. Gracias a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes. Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo. Si se supera este límite, la proliferación de bacterias, algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua (eutrofización) y ahogará a insectos y peces, lo que destruye todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas.

La contaminación del agua por sustancias químicas que no suelen estar presentes en el sistema puede tener terribles consecuencias, ya que los ríos son muy vulnerables al envenenamiento por los productos tóxicos que generan la minería, las fundiciones y la industria, tales como metales pesados (plomo, cinc, cadmio...), ácidos, disolventes y PVCs (policloruros de vinilo).

Estas sustancias químicas no solo destruyen la vida en el momento en el que se produce la contaminación, sino que también se acumulan lentamente en los sedimentos y suelos de la llanura de inundación. Las mutaciones y esterilidad que provocan en los animales al comer la vegetación que crece sobre estos terrenos contaminados —en la que se concentran los contaminantes—, pueden conducir a la destrucción irreversible de comunidades naturales enteras y a la permanente degradación de los paisajes.

El ser humano no está exento de los peligros que se derivan del consumo del agua o de los alimentos que proceden de estos ríos y suelos contaminados. Los problemas para la salud pública que pueden presentarse son reales, aunque no están suficientemente estudiados.

En los países en desarrollo, el desafío está en no repetir los errores cometidos por las naciones industrializadas y en prevenir la contaminación de sus ríos y ecosistemas vírgenes.

2.5.3 EN LAGOS

Referente a los Lagos, está sucediendo un proceso químico en ellos, la eutrofización. Este proceso está interviniendo desde dos dimensiones:

a) Eutrofización Natural. La eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.

b) Eutrofización de origen humano. Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:

- Los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos
- Los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.
-

Medida del grado de eutrofización

Para conocer el nivel de eutrofización de un agua determinada se suele medir el contenido de clorofila de algas en la columna de agua y este valor se combina con otros parámetros como el contenido de fósforo y de nitrógeno y el valor de penetración de la luz.

Medidas para evitar la eutrofización

Lo más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es disminuir la cantidad de fosfatos y nitratos en los vertidos. En concreto:

- Tratar las aguas residuales en estaciones depuradoras que incluyan tratamientos biológicos y químicos que eliminan el fósforo y el nitrógeno.
- Almacenar adecuadamente el estiércol que se usa en agricultura.
- Usar los fertilizantes más eficientemente.
- Cambiar las prácticas de cultivo a otras menos contaminantes.
- Reducir las emisiones de NO_3 y amoníaco.

2.5.4 POTABLE

La contaminación industrial de las aguas subterráneas sigue siendo un grave problema en la mayoría de los países desarrollados. En todo el mundo se produce la infiltración de productos

tóxicos en el suelo y en las aguas subterráneas, procedentes de tanques de almacenamiento de gasolina, vertederos de basuras y zonas de vertidos industriales. En Estados Unidos, uno de cada seis habitantes bebe agua que contiene altos niveles de plomo, uno de los principales productos tóxicos industriales. Aun cuando la calidad media del agua de los ríos ha mejorado en los últimos 20 años en la mayoría de las naciones industrializadas, las concentraciones de metales pesados como el plomo se mantienen en niveles inaceptablemente altos.

Otra causa importante de la contaminación del agua potable es el vertido de aguas residuales. En los países en vías de desarrollo, el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua potable. Las personas que consumen esta agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, el principal problema de salud en países en vías de desarrollo. Además, la contaminación producida por las aguas residuales destruye los peces de agua dulce, una importante fuente de alimentos, y favorece la proliferación de algas nocivas en zonas costeras.

La administración del agua potable genera variados dilemas de carácter político y económico. Por ejemplo, a menudo los ríos y las divisorias de aguas cruzan fronteras provinciales, estatales o nacionales, y los contaminadores situados aguas arriba no tienen ninguna intención de realizar inversiones para disminuir la contaminación que sólo beneficiarían a sus vecinos aguas abajo.

2.5.5 DOMÉSTICA

En el caso del consumo doméstico se tiene en cuenta el uso en la higiene personal, el lavado de utensilios, cocina, bebida, lavado de autos, riego de jardines, etc. Todas estas actividades y más representan una contaminación directa del agua desde el hogar.

Por ejemplo, los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización), disminuyen mucho el poder auto - depurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.

Todas las actividades humanas en sociedad pueden ser racionalizadas respecto al consumo eficiente de agua, se muestran algunas siguientes:

- Sustituir el baño por una ducha rápida y cerrar la llave para enjabonarse. La ducha consume poca agua y energía, cinco o seis veces menos que el baño.
- Cerrar la llave al cepillarse los dientes, afeitarse o lavar los platos.
- Llenar la pila para lavar los platos. De este modo se utilizan menos de 20 litros de agua y se ahorra casi 80 litros.
- Arreglar las llaves que gotean (1 gota por segundo son 30 litros por día).

- Escoger electrodomésticos que ahorren agua. Hay lavadoras y lavavajillas que permiten lavados con media carga de agua (se ahorran de 30 a 50 litros por lavado).
- Instalar botellas llenas de agua en la cisterna del inodoro. Puede ahorrar uno o dos litros cada vez que se tire de la cisterna.
- Reciclar el agua. Aprovechar el agua sin detergentes que se haya podido usar para lavar el suelo, regar las plantas.
- No tirar residuos tóxicos (aceites, pinturas, disolventes, corrosivos) a los desagües. Intentar localizar algún lugar donde se hagan cargo de ellos.
- Utilizar detergentes biodegradables.
- Es conveniente tirar el papel higiénico a la papelera. El papel higiénico arrojado al WC consume más agua y se contaminan los ríos.
- Cuando se lava el coche con manguera se consume 10 veces más, si se hace con una cubeta de 20 litros.

2.5.6 DESECHOS MUNICIPALES

Los desechos municipales afectan a toda la región natural a la que pertenece un centro urbano, a las aguas superficiales, a la atmósfera, a los arboles, etc. Tal es el problema proyectado hacia el futuro que se habla de gestionar dichos residuos.

“La gestión de desechos municipales es uno de los retos ambientales más importantes a enfrentar debido a la creciente urbanización y el desarrollo industrial. La cantidad de desechos producidos por la población, instituciones privadas y públicas, negocios e industrias crece conjuntamente con la explosión demográfica experimentada por los grandes centros urbanos. La producción anual de desechos municipales por habitante varía en todo el mundo, de 200 hasta 800 kilos, dependiendo del nivel de desarrollo del país.

Estas importantes cantidades de desechos se manejan frecuentemente de manera inadecuada, a través de botaderos sin protección ni control que no toman en cuenta los aspectos ambientales, sociales y económicos de las ciudades. Estas prácticas:

Constituyen un peligro para la salud pública,

Pueden afectar la calidad del medio ambiente al presentar riesgos de contaminación de las aguas subterráneas, las fuentes de agua potable, el aire y los suelos,

Ponen en peligro el desarrollo residencial así como la planificación y buen uso de los lugares vecinos a estos sitios,

Favorecen el desperdicio de recursos renovables.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que más de 5 millones de personas mueren cada año de enfermedades relacionadas con una gestión inadecuada de desechos municipales.

Si se consideran las consecuencias sociales generadas, este tipo de gestión no tiene razón de ser. Dentro del contexto de un desarrollo durable, la implementación de un sistema de gestión integral de desechos municipales representa a largo plazo una solución global y rentable para las futuras generaciones.”²⁶

La presencia de Residuos Sólidos Municipales (RSM) en los cuerpos de agua provoca diversos impactos; en aguas superficiales alteran la estructura física del hábitat y afectan negativamente la calidad del agua. También los recursos hídricos subterráneos pueden contaminarse por la infiltración de los lixiviados derivados de los RSM. La problemática se agudiza con la presencia de residuos industriales o de compuestos químicos, como los derivados de las pilas y baterías que contienen materiales tóxicos.

2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS

2.6.1 BÁSICOS

Los métodos de purificación del agua dependen de la finalidad de la utilización de la misma, a continuación se presentan algunos métodos básicos.

“AUTOPURIFICACIÓN Y REPOSO

La naturaleza provee cierto grado de autopurificación a todas las aguas que hayan sido corrompidas o contaminadas por la introducción de desechos, ya sean debido a escurrimientos del suelo, aguas negras o desperdicios industriales. La velocidad a la que se verifica este proceso depende de la naturaleza y cantidad del material contaminante, así como de las condiciones y características físicas, químicas y biológicas del agua misma.

El tiempo es el factor más importante, siendo los otros factores las condiciones adecuadas de temperatura, la luz solar, la velocidad del flujo y muchas otras características físicas, químicas y biológicas.

²⁶ http://www.cintec.ca/spanish/02activities/01solid_waste/01context.htm# Citado 10 de octubre de 2009.

En general la autopurificación logra eliminar la materia orgánica dependiendo el grado de eliminación de la dilución, de la efectividad de la reaeración, de la sedimentación y principalmente del tiempo disponible para que se verifiquen las acciones bioquímicas.

AERACIÓN

La aeración se practica por tres razones: 1) para introducir oxígeno al aire; 2) para dejar que escapen los gases disueltos, como el bióxido de carbono y el ácido sulfhídrico; 3) para eliminar las sustancias volátiles que causan el olor y sabor.

La introducción del oxígeno constituye la primera etapa en el proceso de eliminación del hierro y manganeso por filtración. La eliminación del bióxido de carbono mediante la aeración es un método para hacer que la acción corrosiva de las aguas en un abastecimiento sea mínima.

2.6.1.1 MEZCLADO

Esta operación puede hacerse mecánica o hidráulicamente en tanques especiales, en secciones de otros tanques, o en sistemas de tubería. Se basa en el principio fundamental de agitar violentamente el agua que se va a tratar, con el producto químico que se aplique, durante un corto tiempo, pudiéndose llevar a cabo con agitadores de hélice accionados por motor o mediante canales con deflectores, creándose condiciones turbulentas por cualquiera de estos dos métodos.

Después del mezclado se realizan la floculación y la coagulación.

2.6.1.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

La Coagulación se refiere a la formación de flóculos precipitados o incipientes mediante los cambios físicos-químicos que tienen lugar entre el coagulante soluble y la alcalinidad del agua. La Floculación consiste en agitar suavemente el agua tratada con coagulante, durante un periodo de tiempo apreciable.

La Coagulación y Floculación son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar.

COAGULACIÓN

La coagulación se refiere al proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas. La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto.

Esto implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar. El término coágulo se refiere a las reacciones que suceden al agregar un reactivo químico (coagulante) en agua, originando productos insolubles. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua y dura fracciones de segundo.

Modelos Teóricos de la Coagulación

Existen dos modelos de la coagulación. El modelo físico o de la doble capa, basado en fuerzas electrostáticas de atracción y repulsión. El otro modelo es químico, llamado "puente químico", que relaciona una dependencia entre el coagulante y la superficie de los coloides.

FLOCULACIÓN

La floculación es el proceso mediante el cual las moléculas ya desestabilizadas entran en contacto, agrandando los flocs (flóculos) de modo de facilitar la precipitación. La floculación puede presentarse mediante dos mecanismos: floculación ortocinética y pericinética, según sea el tamaño de las partículas desestabilizadas (en general todas las partículas se ven afectadas por ambos mecanismos). Las partículas pequeñas (<1micrometro) están sometidas a floculación pericinética, motivada por el movimiento browniano, mientras que las que presentan un tamaño mayor, están afectadas principalmente por el gradiente de velocidad del líquido, predominando en ella la floculación ortocinética.

Para complementar la adición del coagulante se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. El movimiento browniano, movimiento caótico comunicado a las partículas pequeñas al ser bombardeadas por moléculas individuales de agua, está siempre presente como una fuerza homogeneizadora natural.

Sin embargo, casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo. También son importantes en la coagulación la frecuencia y el número de colisiones entre las

partículas. Así, en aguas de baja turbidez, puede requerirse la adición de sólidos para aumentar dichas colisiones.

Las dificultades que pueden presentar algunos coloides desestabilizados para formar flóculos pesados que sedimentan bien han dado lugar a la búsqueda de sustancias que ayudan a la formación de estos flóculos. Entre las dificultades que se pueden presentar en un proceso de floculación están:

- Formación de flóculos pequeños de lenta sedimentación.
- Formación lenta de flóculos.
- Flóculos frágiles que fragmentan en los procesos de acondicionamiento del lodo.
- Formación de microflóculos que pasan por los filtros.

Para eliminar estas dificultades y lograr flóculos grandes y bien formados de fácil sedimentación se han utilizado sustancias y procedimientos muy variados. Los más usados son los siguientes:

- Oxidantes: Como la percloración, que en parte oxida la materia orgánica y rompe enlaces en los coloides naturales, ayudando a una mejor floculación posterior.
- Adsorbentes: Las aguas muy coloreadas y de baja mineralización en que los flóculos de aluminio ó hierro tienen muy poca densidad, coagulan muy bien al añadir arcilla que da lugar a que se adsorba y origine flóculos pesados de fácil sedimentación. Otros adsorbentes son la caliza pulverizada, sílice en polvo y carbón activo.
- Sílice activa: Algunos compuestos inorgánicos pueden ser polimerizados en agua para formar polímeros floculantes inorgánicos.

Este es el caso de la sílice activa que presenta una alta efectividad como auxiliar del tratamiento con Alumbre.

Después de la coagulación y la floculación sigue la sedimentación.

2.6.1.3 SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es un proceso físico del tratamiento de aguas usado para asentar los sólidos suspendidos en agua bajo influencia de la gravedad.

Los sólidos suspendidos (SS), son la masa de los sólidos secos conservados por un filtro de una porosidad dada relacionada con el volumen de la muestra de agua. Esto incluye partículas de un tamaño no menor que 10 micrómetros. Los coloides son partículas de un tamaño entre 0.5 nanómetros y 100 nanómetros. Debido a las fuerzas electrostáticas que balancean la gravedad, no se asientan naturalmente. La velocidad de sedimentación límite de una partícula

es su velocidad descendente teórica en claro. En la teoría de asentamiento, una partícula se asienta solamente si:

-En un flujo de ascensión vertical, la velocidad de agua que asciende es inferior que la velocidad límite de sedimentación.

-En un flujo longitudinal, la proporción de la longitud del tanque a la altura de la partícula es más alta que la proporción de la velocidad de agua a la velocidad límite de sedimentación.

Existen Cuatro tipos de Sedimentación, el tipo 1- Diluido, no floculento, asentamiento libre (Cada partícula se coloca por separado), tipo 2- Diluido floculento. Tipo 3 - Suspensiones Concentradas. Tipo 4 - Suspensiones Concentradas, Compresión.

La sedimentación es un proceso que forma parte de la potabilización del agua y de la depuración de aguas residuales.

En el caso de la potabilización del agua, el proceso de sedimentación está gobernado por la ley de Stokes, que indica que las partículas sedimentan más fácilmente cuando mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido, y cuando menor es la viscosidad del líquido. Por ello, cuando se quiere favorecer la sedimentación se trata de aumentar el diámetro de las partículas, haciendo que se agreguen unas a otras, proceso denominado coagulación y floculación.

En el caso del tratamiento de las aguas residuales, este proceso se realiza para retirar la materia sólida fina, orgánica o no, de las aguas residuales, aquí el agua pasa por un dispositivo de sedimentación donde se depositan los materiales para su posterior eliminación, El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

Los dispositivos construidos para que se produzca la sedimentación en ellos son:

-Desarenador: diseñado para que se sedimenten y retengan sólo partículas mayores de un cierto diámetro nominal y en general de alto peso específico (arena);

-Sedimentadores o decantadores, normalmente utilizados en plantas de tratamiento de agua potable, y plantas de tratamiento de aguas servidas;

Presas filtrantes: destinadas a retener los materiales sólidos en las partes altas de las cuencas hidrográficas.

Aplicaciones

En tratamiento de aguas potable. La sedimentación en el tratamiento de aguas potable sigue generalmente un paso de la coagulación y de la floculación químicas, que permite agrupar partículas juntas en los flóculos de un tamaño más grande. Esto incrementa la velocidad en que se asientan los sólidos suspendidos y permite el colocar los coloides.

En tratamiento de desperdicio de aguas. La sedimentación es de uso frecuente como etapa primaria en las plantas modernas de tratamiento de aguas inútiles, reduciendo el contenido de sólidos suspendidos así como el agente contaminador encajado en los sólidos suspendidos

Debido a la gran cantidad de reactivo necesaria para el agua urbana, la coagulación química preliminar y la floculación generalmente no se utilizan, los sólidos suspendidos restantes son reducidos por las etapas siguientes del proceso. Aunque pueden ser utilizadas para la construcción de plantas o para reprocesar adicionalmente el agua tratada. En el proceso del fango activado, los flóculos que son creados con actividad biológica se recogen en los tanques de sedimentación, designados generalmente tanques de sedimentación secundarios.

Tecnología

Los tanques de sedimentación pueden estar de diversas formas, a menudo rectangular o circular. Se clasifican para tener una velocidad óptima de la sedimentación. Si la velocidad de la sedimentación es demasiado alta, la mayoría de las partículas no tienen tiempo y es llevada con el agua tratada. Si son demasiado bajas, los tanques serán de un tamaño excesivo. Pues la turbulencia es un factor perjudicial que conduce partículas colocadas para entrar detrás en la suspensión, varios dispositivos se utilizan para asegurar un flujo reservado, tal como entrada cuidadosamente diseñada del agua con los baffles.

Los factores de operación más importantes de un tanque de sedimentación son: 1) que el agua al entrar en el tanque provoque la mínima turbulencia; 2) el impedir corrientes en corto circuito o directas entre la entrada y la salida; 3) que el efluente salga sin provocar disturbios par que no arrastre hacia afuera del tanque el material sedimentado.

2.6.1.4 FILTRACIÓN

“Los términos filtros rápidos de arena y filtros mecánicos de arena, son sinónimos. Los primeros e basan en la idea de que la velocidad de filtración es unas 40 veces mayor que la de los filtros lentos de arena, mientras que los segundos se derivan de que se emplean equipo mecánico de lavado para limpiar los lechos.

Principio. Se ha intentado disminuir el área de filtración aumentando la velocidad de filtración al tratar aguas turbias, sin que ocurra una obstrucción sub - superficial de los lechos. Esto no dio buenos resultados hasta que se descubrió la importancia de la coagulación. Se encontró que el material coagulado o flóculo es suficientemente grueso para ser retenido por los grano. de arena, más grandes y que la película producida por la acumulación del flóculo elimina eficazmente las bacterias y los sólidos finos suspendidos., que originalmente no fueron retenidos a medida que se formaba el flóculo.

Una planta de filtración rápida por arena consiste fundamentalmente en un lecho de arena, relativamente gruesa, que elimine previamente los sólidos coagulados arrastrados después de la sedimentación. El tamaño efectivo de la arena es usualmente de 0.35 a 0.55 mm, mientras que el de los filtros lentos de arena es de 0.25 a 0.35 mm. El espesor del lecho de arena es usualmente de 60 a 75 cm y descansa sobre 25 a 50 cm de grava graduada o de algún tipo especial de base de filtración patentado.²⁷

2.6.1.5 DESINFECCIÓN

"La desinfección significa una disminución de la población de bacterias hasta una concentración inocua, en contraste con la esterilización en la cual se efectúa una destrucción total de la población bacteriana. Por lo tanto debe prestarse primordial atención a la cuidadosa selección y operación del equipo clorador, el cual debe de satisfacer a necesidades particulares del abastecimiento del agua.

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos.

El cloro es el desinfectante más activo, debido a su costo, confiabilidad, eficiencia y facilidad de manejo. La cloración es sinónimo de desinfección. El cloro se puede aplicar como gas o solución, ya sea sólo o junto a otras sustancias químicas. Independientemente de su forma de aplicación, la cantidad o dosificación se regula mediante aparatos especiales llamados cloradores o en su caso hipocloradores.

La rapidez de la desinfección del cloro es proporcional a la temperatura del agua, de manera que suponiendo los otros factores iguales, la cloración es más eficaz a altas temperaturas del agua. El tiempo mínimo de reacción debe ser de 10 a 15 minutos, pero sería preferible que se dejaran transcurrir varias horas para garantizar una desinfección del agua.

Los factores más importantes que influyen en una desinfección son; tiempo y concentración, temperatura y ph.²⁸

Compuestos químicos para la desinfección del agua:

- Cloro (Cl₂)

²⁷ HILLEBOE, Herman E. (Comisionado de Nueva York). *Manual de tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York*. 2006. Págs. 79 – 101.

²⁸ HILLEBOE, Herman E. (Comisionado de Nueva York). *Manual de tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York*. 2006. Págs. 117 – 123.

- Dióxido de Cloro (ClO_2)
- Hipoclorito (OCl^-)
- Ozono (O_3)
- Halógenos: Bromo (Br_2), Iodo (I)
- Cloruro de Bromo (BrCl)
- Metales: cobre (Cu_2^+), plata (Ag^+)
- Permanganato potásico (KMnO_4)
- Fenoles
- Alcoholes
- Jabones y detergentes
- Sales de amonio
- Peróxido de Hidrogeno
- Distintas ácidos y bases

Compuestos físicos para la desinfección del agua:

- Luz Ultravioleta (UV)
- Radiación electrónica
- Rayos Gamma
- Sonido
- Calor

La inactivación química de los contaminantes microbiológicos en agua natural o no tratada es normalmente uno de los pasos finales de la purificación para la reducción de microorganismos patógenos en el agua. La combinación de diferentes pasos para la purificación del agua (oxidación, coagulación, sedimentación, desinfección, filtración) se utiliza para la producción de agua potable y segura para la salud.

Como medida adicional en muchas plantas de tratamiento utilizan un método secundario de desinfección del agua, para evitar y proteger las aguas de la contaminación biológica que se pudiera producir en la red de distribución. Normalmente se utilizan un tipo de desinfectante diferente al que se utilizó en el proceso de purificación durante etapas previas.

El tratamiento secundario de desinfección asegura que las bacterias no se multiplican en el sistema de distribución del agua. Esto es necesario porque las bacterias pueden permanecer en el sistema y en el agua a pesar de un tratamiento primario de desinfección, o pueden aparecer posteriormente durante procesos de retrolavado o por mezcla de aguas contaminadas (ej. por inclusión de bacterias en las procedentes de aguas subterráneas que se introducen debido a grietas en el sistema de tuberías o distribución).

Mecanismo de desinfección

La desinfección normalmente provoca la corrosión de la pared celular de los microorganismos, o cambios en la permeabilidad de la célula, cambios en la actividad de protoplasma celular o actividad enzimática (debido al cambio estructural de las enzimas). Estos problemas en la célula evitan la multiplicación de los microorganismos. Los desinfectantes también provocan la oxidación y destrucción de la materia orgánica que son generalmente nutrientes y fuente de alimentación de los microorganismos.

2.6.1.6 TRATAMIENTOS AVANZADOS DE POTABILIZACIÓN

"Para ajustar el agua a las necesidades del uso humano se requiere una gran variedad de procesos de tratamiento para separar los diversos contaminantes que con seguridad se encontrarán.

Los contaminantes pueden estar presentes como:

1. Sólidos: en suspensión flotantes o grandes.
2. Sólidos suspendidos pequeños coloidales.
3. Sólidos disueltos.
4. Gases disueltos.
5. Líquidos.

Métodos de Tratamiento

Hay tres clases principales de procesos de tratamiento:

1. Procesos físicos que dependen esencialmente de las propiedades físicas de la impureza, como tamaño de la partícula, peso específico, viscosidad, etc. Ejemplos son el cribado, sedimentación, filtrado, transferencia de gas.

2. Procesos químicos que dependen de las propiedades químicas de una impureza o que utilizan las propiedades químicas de reactivos agregados. Algunos procesos químicos son: coagulación, precipitación, intercambio iónico.

3. Procesos biológicos que utilizan reacciones bioquímicas para quitar impurezas solubles o coloidales, normalmente sustancias orgánicas. Los procesos biológicos aerobios incluyen filtrado biológico y lodos activados. Los procesos de oxidación anaerobia se usan para estabilización de lodos orgánicos y desechos orgánicos de alta concentración.

En algunas situaciones, un solo proceso de tratamiento puede dar el cambio deseado en la composición, pero en la mayoría de los casos es necesario utilizar una combinación de varios procesos. Por ejemplo, la sedimentación del agua de río quitará parte, pero de ninguna manera toda la materia suspendida. La adición de un coagulante químico, seguido de un agitado suave (floculación) causará la aglomeración de partículas de partículas coloidales mismas que se pueden remover en gran parte por la sedimentación. La mayoría de los sólidos no sedimentables que quedan se pueden quitar mediante filtrado en un lecho de arena. La adición de un desinfectante sirve para matar los microorganismos dañinos que hayan sobrevivido a los niveles de tratamiento procedentes.²⁹

2.6.1.7 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Este método consiste en quitar sólidos flotantes grandes y los sólidos suspendidos que frecuentemente están en el caudal de entrada. Pueden ser hojas, ramas, papel, trapos y otros desechos que pueden obstruir el flujo a través de la planta o dañar el equipo instalado.

“Cribado y tamizado

En el primer nivel, en el tratamiento preliminar se efectúa una operación simple de cribado o tamizado para quitar los sólidos grandes. Para este propósito se usa una rejilla protectora gruesa con aberturas de 75 mm para evitar que los objetos grandes lleguen a la entrada. Las rejillas principales normalmente están dispuestas en forma de una malla con aberturas de 5 a 20 mm y arregladas como una banda sin fin, un disco o un tambor a través del cual tiene que pasar el flujo. La malla cribadora gira lentamente para que el material recolectado pueda quitarse antes de la pérdida de flujo sea excesiva. El material cribado que se retira del agua se regresa a la fuente aguas abajo del punto de extracción.

²⁹ TEBBUTT, T.H.Y. *Fundamentos de control de la calidad del agua*. 2002. Págs. 106 – 107.

También se hace un arreglo de rejillas de malla con las barras espaciadas entre 20 a 60 mm para su limpieza manual en instalaciones pequeñas y para las instalaciones grandes se automatiza la limpieza.

El material cribado del agua residual es de naturaleza desagradable y normalmente se entierra o se incinera.

Microtamizado

Es una forma más moderna de la rejilla de tambor que usa una malla fin de acero inoxidable con aberturas de 20 a 60 micras, con este micromatiz se separan sólidos relativamente pequeños. Se utiliza en el tratamiento de agua para retirar algas y partículas de tamaño similar de aguas que, por lo demás son de buena calidad. También se emplea el microtamizado como un nivel terciario final para obtener un efluente de agua residual de calidad. Sin embargo, como las aberturas de la malla son pequeñas, ésta se obstruye rápidamente por lo que el tambor debe girar a una velocidad periférica de 0.5 m/s para que unos chorros de alta presión limpien la malla continuamente. Las tasas de filtración de uso normal son de 750 a 2500 m³/m²d.

El diseño de instalaciones de microtamizado se poya en la determinación hecha en el laboratorio de una característica empírica de la suspensión que se conoce como índice de filtrabilidad. Este parámetro mide el comportamiento de la suspensión con referencia a sus propiedades de obstrucción y se puede usar para determinar la velocidad permisible de tamizado para evitar que la obstrucción sea excesiva y que se dañe la malla.

Remoción de arena

La mayoría de los sistemas de alcantarillado y especialmente aquéllos con drenajes combinados, transportan en el flujo grandes cantidades de arena. Si este no se quita puede dañar la planta de tratamiento debido a que las partículas de arena son relativamente grandes, con una densidad alta comparadas con las partículas orgánica regularmente se separan por el principio de sedimentación diferencial.

Las partículas de arena con un diámetro de 0.20 mm y P.E. 2.65 tienen una velocidad de sedimentación de 1.2 m/min, mientras que la mayoría de los sólidos suspendidos en el agua residual tienen velocidades de sedimentación considerablemente más bajas. Con el uso de un canal de sección parabólica es posible sostener una velocidad horizontal constante de 0.3 m/s para todo lo gastos.

En estas condiciones en un canal de suficiente longitud que tenga un tiempo de retención de 30 a 60 segundos, las partículas de arena se sedimentaran en el fondo mientras que el flujo transporta todavía los sólidos suspendidos restantes. La arena se quita a intervalos, se lava y se utiliza de alguna manera. Otros tipos de equipo de remoción de arena tienen una cámara aereada de flujo espiral para lograr la separación deseada o un tanque de sedimentación de

retención corta. Los sólidos orgánicos que se quitan con la arena se lavan y se regresan al flujo antes de descargar la arena."³⁰

2.6.2 AGUAS RESIDUALES

Este apartado tiene como fundamento la utilización del oxígeno en los procesos de tratamiento de aguas residuales. El procedimiento se presenta a continuación.

2.6.2.1 LODOS ACTIVADOS

"Este proceso depende del uso de una alta concentración de organismos de microorganismos presenten como un floculo que se mantiene suspendido por medio de agitación. Esta agitación se hacía originalmente con aire comprimido, aunque también se usa ahora el agitado mecánico. En cualquiera de los dos casos se obtiene altas tasas de transferencia de oxígeno. El efluente de la etapa de aereación es bajo en sustancias orgánicas disueltas pero contiene SS altos (2000 a 8000 mg/l) que deben retirarse por sedimentación. La efectividad del proceso depende del retorno de una parte de los lodos separados (microorganismos vivos) a la zona de aereación para recomenzar la estabilización.

El atractivo inicial del proceso de sólidos activados era que ocupaba menos espacio que un filtro percolante y tenía una pérdida de carga menor. Este método ha probado ser útil para el tratamiento de muchos desechos industriales orgánicos, que alguna vez se pensó era tóxico para los sistemas biológicos.

Debido a la importancia de conservar un lodo de buena calidad en el proceso de oxidación biológica aerobia, se han desarrollado diferentes índices para controlarla.

1. Índice del volumen de los lodos IVL

$$IVL = \frac{\text{Volumen sedimentado de lodos en 30 minutos (\%)}}{SSLM (\%)}$$

³⁰ TEBBUTT, T.H.Y. *Fundamentos de control de la calidad del agua*. 2002. Págs. 113 – 116.

El IVL varía de 40 a 10 para un buen lodo, pero puede exceder de 200 para un lodo deficiente con tendencia a esponjarse. El esponjamiento se usa para describir un lodo con malas características de sedimentación, que frecuentemente la causan microorganismos filamentosos que existen en plantas de tratamiento con agua residual fácilmente degradable, baja en nitrógeno y donde el OD en el licor mezclado es bajo.

Un problema que se presenta cuando se usa el IVL como una medida de las propiedades de sedimentación de un licor mezclado es que los valores obtenidos son afectados por la concentración de sólidos, así como también por el diámetro del recipiente que se usa para la prueba. Para superar estos problemas, se lleva a cabo la prueba del VEA (volumen específico agitado) con una concentración fija de SS en el fluido de 3500 mg/l, en un recipiente común de 100 mm de diámetro, agitado a 1rpm.

1.1 Índice de densidad de los lodos

$$IVL = \frac{SSLM (\%) \times 100}{\text{Volumen sedimentado de lodos en 30 min}(\%)}$$

El IDL varía de desde 2 para un buen lodo hasta 0.3 para un lodo deficiente (SSLM: sólidos en suspensión de licor mixto).

Lodos activados de alta tasa

Con tiempos de retención cortos (2h) y bajos SSLM (cerca de 1000 mg/l) se logra rápidamente la estabilización parcial a bajo costo, con cargas de hasta 16 kg de DBO del 60 al 70 % y son adecuadas para el pretratamiento de desechos fuertes o para efluentes descargados en aguas de estuario donde se aplican normas de calidad menos rígidas.

Lodos activados por oxígeno puro

Un desarrollo reciente ha sido la introducción de plantas con lodos activados que operan con oxígeno puro. Tales instalaciones incluyen la introducción del oxígeno en tanques cerrados de reacción agitados. Se dice que estas unidades pueden operar a niveles relativamente altos de SSLM (6000 a 8000 mg/l) al tiempo que proveen buenas condiciones de sedimentación de lodos; además son económicas por su bajo consumo de energía y requerimientos mínimos de terrenos.

2.6.2.2 FILTROS BIOLÓGICOS

Filtro percolante

La forma más antigua de unidad de tratamiento biológico consiste básicamente de un lecho de piedra, circular o rectangular, con adición intermitente o continua en la superficie de agua residual sedimentada.

En un filtro convencional, el medio tiene una graduación de 50 a 100 mm, de preferencia una piedra dura angulosa, dosificada por un organismo distribuidor giratorio, con una profundidad normal del lecho de 1.8 m.

Filtros de disco

Los discos circulares que giran lentamente, parcialmente inmersos en el agua residual son una forma de filtro biológico, compacto y adecuado para la fabricación en otro lugar diferente al sitio de trabajo. Las unidades de fábrica tienen un solo tanque dividido en varias cámaras por mamparas y las superficies del disco se sumergen en forma intermitente a medida que giran. La película biológica crece en los discos y lleva a cabo la oxidación del agua residual. Los sólidos se sedimentan en el fondo del tanque, el cual requiere un desenlodado periódico.

Filtros nitrificantes

Los filtros de alta velocidad son útiles para dar una mayor estabilización y nitrificación al efluente de una planta de lodos activados. Los organismos nitrificantes pueden contenerse en un lecho de bacterias de tasa alta o en un tanque de sedimentación con manto de flóculo de flujo vertical. Se puede obtener un ventaja donde los microorganismos también oxiden trazas de sustancias orgánicas presentes en el agua terminada³¹.

2.6.2.3 CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS

Los CBR es un sistema de tratamiento de depuración de aguas que consiste en bacterias de discos de diversos materiales colocados en paralelo que se van sumergiendo secuencial y parcialmente (un 40 %) en un depósito por donde circula el agua a tratar. Sobre dicho soporte se adhiere y desarrolla una biomasa activa procedente del agua residual y la cual realiza el efecto depurador del sistema. A estos sistemas se les conoce habitualmente por Biodiscos.

³¹ TEBBUTT, T.H.Y. *Fundamentos de control de la calidad del agua*. 2002. Págs. 150 – 155.

Los biodiscos giran a baja velocidad (menor de 5 rpm), alrededor de un eje perpendicular a todos ellos.

A estos sistemas se les consideran un sistema de biomasa fija, pues los microorganismos responsables de la depuración trabajan (mayoritariamente) adheridos a los discos que están fabricados en diversos materiales plásticos que los hacen fuertes y ligeros

Dentro de los CBR cabe distinguir entre biodiscos y biocilindros. En los biodiscos el soporte para la fijación bacteriana está constituido por un conjunto de discos de material plástico de 2 a 4 m de diámetro. Los discos se mantienen paralelos y a corta distancia entre ellos gracias a un eje central que pasa a través de sus centros.

Los biocilindros constituyen una modificación del sistema de biodiscos, en ellos el sistema es una jaula cilíndrica perforada, que alberga en su interior un material soporte de plástico, al que se fija la biomasa bacteriana.

Cuando los biodiscos se sumergen en agua a depurar y se ponen en funcionamiento, la biomasa formada por los microorganismos y otros sistemas biológicos se va fijando a la superficie del soporte (lo hace en más de un 95 %) y se va exponiendo al aire a medida que el disco va girando, después se sumergen en agua de nuevo para tomar contacto con la materia orgánica. Se suceden nuevos periodos de exposición al aire (oxigenación) e inmersión en el agua (alimentación).

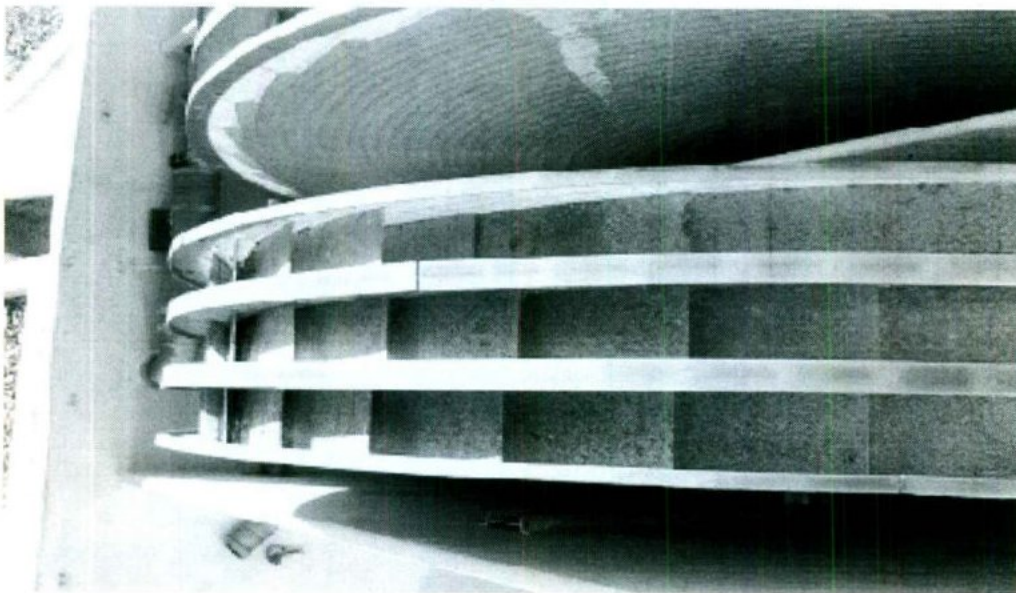


Figura 2.19.- Biodisco impulsado por el aire.

Así se va formando la biopelícula a expensas de la materia orgánica del agua a tratar. La concentración de esta película puede llegar a los 30000 mg/l. Esta alta concentración es la encargada de la alta eficacia de depuración en tiempos hidráulicos del sistema cortos.

2.6.2.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

“Lagunas de oxidación

Son construcciones poco profundas, que normalmente reciben agua residual cruda y que la tratan con procesos de estabilización natural en condiciones climáticas adecuadas.

Son cuatro tipos de lagunas que se utilizan:

-Lagunas facultativas. Son las más comunes, combinan la actividad aerobia y anaerobia en la misma unidad. Los microorganismos portadores de clorofila, los fitoflagelados y las algas que están en las lagunas utilizan las sales inorgánicas y el bióxido de carbono que resultan de la descomposición bacteriana de la materia orgánica.

El oxígeno producido por la fotosíntesis, que puede alcanzar niveles de OD de 15 a 30 mg/l en las postrimerías de la tarde, está presente para la actividad bacteriológica aerobia, aunque el nivel de OD desciende durante la noche y puede llegar a cero si la laguna está sobrecargada. En los depósitos del fondo, la actividad anaerobia produce la estabilización parcial de los lodos y libera una parte de materia orgánica en forma soluble para una mayor degradación en la zona aerobia.

Tienen una profundidad de 1 a 2 m, con una carga superficial de 0.02 a 0.05 kg de DBO/m²d y tiempos nominales de retención de 5 a 30 d, aunque con temperaturas extremas se alteran estos valores, debido a que los tiempos de retención son relativamente largos y que la concentración de sustancias orgánicas en tales lagunas es baja, hay una remoción considerable de bacterias por respiración endógena y por sedimentación.

La forma que da mejores resultados es la rectangular con una relación longitud: ancho de 3:1. La tasa de acumulación de sólidos en la laguna es de 0.1 a 0.3 m³/persona – año, de modo que solo requerirá de desludado a intervalos relativamente largos de varios años.

-Lagunas de maduración.

Estas son lagunas poco profundas, totalmente aerobias con una carga orgánica muy baja (< 0.01 kg de DBO/m² d) como uso primario es de una etapa secundaria del tratamiento, enseguida de una laguna facultativa o de otro tipo de unidad de tratamiento biológico. Hay grandes crecimientos de algas, pero su característica más importante es la alta remoción de bacterias patógenas que se logra debido a que el ambiente es desfavorable para tales organismos.

-Lagunas anaerobias.

Operan con una carga muy alta de 0.5 kg de DBO/m² d, con una profundidad de 3 a 5 m para asegurar que existan condiciones anaerobias, son capaces de remover del 50 al 60% de DBO en un tiempo de retención de 30 días y pueden ser adecuadas para el pretratamiento de desechos orgánicos fuertes antes de agregarlos a las lagunas facultativas. Como es probable que produzcan olores no se deben de situar cerca de poblados.

-Lagunas aereadas.

Análogas al proceso de lodos activados con aereación prolongada, estas lagunas utilizan aereadores flotantes para mantener los niveles de OD y hacer el mezclado. Es posible tener cargas de DBO de 0.2 kg/m² d, con tiempos de retención de unos cuantos días y que se produzcan efluentes de buena calidad. El proceso incluye el mantenimiento de un flóculo esencialmente bacteriano en lugar de un sistema de bacterias y algas de las lagunas más simples.³²

2.6.2.5 DIGESTIÓN ANAEROBIA

La Digestión Anaerobia es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO₂, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas.

Incluye dos etapas:

-La primera etapa de fermentación ácida es llevada a cabo principalmente por acción de microorganismos saprofitos facultativos productores de ácidos. Estos organismos atacan las sustancias orgánicas complejas, tales como carbohidratos, proteínas y gases, las transforman en productos intermedios de la digestión que son compuestos orgánicos más simples y ácidos volátiles orgánicos. Durante esta etapa los microorganismos sintetizan el substrato presente en el lodo crudo para mantener en balance la población bacteriana.

-En la segunda etapa de fermentación del metano los microorganismos responsables son del tipo anaeróbico obligado y se denominan formadores de metano. Estos utilizan los productos intermedios formados en la etapa anterior para producir gases asociados con la digestión, los cuales están constituidos principalmente de metano CH₄ y bióxido de carbono CO₂. También producen gases como nitrógeno, sulfuro de hidrogeno y otros gases en cantidades muy reducidas.

³² TEBBUTT, T.H.Y. *Fundamentos de control de la calidad del agua*. 2002. Págs. 155 – 168.

La digestión anaerobia es un proceso que se produce en ambientes naturales como los pantanos, en zonas anegadas para el cultivo de arroz, en los sedimentos de lagos y mares, en las zonas anóxicas del suelo, en fuentes de aguas termales sulfurosas y en el tracto digestivo de los rumiantes

2.6.2.6 TRATAMIENTO AVANZADOS DE AGUAS RESIDUALES

"El tratamiento de aguas residuales presenta un tren de tratamiento, que se puede concluir en las siguientes etapas:

1.- Tamizado, 2.- Desarenado, 3.- Tratamiento primario, 4.- Aereador, 5.- Reactor biológico, 6.- Tratamiento secundario, 7.- Tratamiento de lodos, 8.- Cloración, 9.- Digestor anaeróbico, 10.- Camas de secado de lodos extraídos.

2.6.3 LODOS

El tratamiento de lodos consiste en una serie de tratamientos para aumentar el contenido del porcentaje de sólidos, produciendo una reducción de su volumen, los que pueden efectuarse de la siguiente forma:

- 1.- Espesamiento: consiste en aumentar la concentración de los sólidos por reducción de una parte líquida.
- 2.- Estabilización: sirve para estabilizar las materias orgánicas biodegradables y evitar su potencial de putrefacción formando compuestos orgánicos e inorgánicos inertes o relativamente estables. Se efectúa por medio de la digestión anaerobia o aerobia.
- 3.- Desinfección: puede ser térmica, química o irradiacional.
- 4.- Condicionamiento: sirve para cambiar su estructura interna y facilitar su secado, puede efectuarse por química orgánica, congelamiento, etc.
- 5.- Deshidratación: se realiza para reducir el volumen de lodos, lo que puede hacerse por medio de camas de secado, tanques de secado, centrifugación, filtros y rodillos.
- 6.- Secado: se genera para la reducción complementaria del volumen de lodos por medio de la evaporación del agua, lo que se efectúa mediante hornos, incineración o aire caliente.
- 7.- Compostaje: se hace para producir un material similar al humus que tiene aplicación en el mejoramiento de los suelos.
- 8.- Disposición.

2.6.3.1 TRATAMIENTO DE LODOS

El tratamiento de lodos tiene por objeto de reducir los organismos patógenos para evitar la producción de olores los problemas de salud pública en los sitios de depósito, reducir el volumen de agua contenida para disminuir su volumen y descomponer todos los sólidos orgánicos putrescibles para transformarlos en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Las camas percoladoras producen entre 0.2 y 0.3 kg de materiales secos de los lodos biológicos por kg de la DBO quitado y los discos biológicos rotativos de 0.5 a 0.8 kg de materia seca de lodos biológicos por kg de la DBO quitado.

2.6.3.2 DIGESTIÓN DE LODOS

Después de la capa donde ocurrió la digestión anaerobia, se encuentra la zona de lodos digeridos, que se compone de aquellos sólidos orgánicos y volátiles que son difíciles degradarlos.

Las características de un lodo bien digerido son:

- Debe de ser sencillo de separar de la fase líquida.
- La cantidad de sólidos digeridos que salen del proceso debe de ser mucho menor a la que entró debido a que durante la degradación parte de ellos se transforman en gases, ácidos líquidos y agua.
- Debe de tener una apariencia aterronada.
- Debe tener un color oscuro, si aparecen manchas o coloraciones verdes, es indicativo de que los lodos no están bien digeridos.
- No deben presentar mal olor.
- La concentración de sólidos volátiles presentes deberá ser de 40 – 60 % menor que la concentración de entrada.

“Tipos de digestión

Aunque el procedimiento básico de cada caso involucra el almacenamiento en un tanque calentado en el que se agita y recupera el gas, se aplican cuando menos tres términos en digestión estándar, se considera, como regla, la capacidad específica por persona, pero esta capacidad la modifica el tipo de tratamiento. Todas las operaciones se llevan a cabo en un solo tanque.

Aunque pueden existir dos o más tanques digestores, cada uno es independiente del otro u otros. En otro tipo de tratamiento, llamado digestión en dos etapas, un tanque recibe todos los lodos crudos y proporciona espacio para una digestión en dos etapas, un tanque recibe todos los lodos crudos y proporciona espacio para una digestión activa y para el mezclado, en tanto

que un segundo tanque, generalmente del mismo tamaño, proporciona el mismo espacio para almacenamiento y el sobrenadante.

Un tercer tipo de tratamiento, llamado gestión rápida, consiste en un mezclado perfecto entre los lodos de entrada, y una alimentación uniforme y regular de los lodos crudos al digester. El uso de dos tanques, primario y secundario, es preferible, pero se puede utilizar un solo tanque."³³

2.6.3.3 DISPOSICIÓN DE LODOS

La importancia de la disposición de los lodos está destacada por el hecho de que las instalaciones necesarias para ello representan del 25% al 40% del costo total de una planta de tratamiento de aguas negras y la operación y mantenimiento de equipo son un problema continuo para el superintendente de la planta.

La disposición de lodos depende del tipo de utilización, siendo estas muy diversas como agricultura, combustible, incineración, relleno sanitario, fijación química o encapsulado.

La disposición necesita de una valorización de lodos y las condiciones que presentan para prevenir la posible contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, las zonas agrícolas y la contaminación del suelo, considerando la salvaguarda de la salud humana y animal."³⁴

2.7 DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

El diseño de una planta de tratamiento de agua, implica un complejo de especificaciones técnicas adaptables al lenguaje ingenieril. Entre las consideraciones generales se tiene:

"Consideraciones

El diseño de una planta purificadora de agua para cualquier caso particular, está afectado por la calidad y cantidad del agua que va a ser tratada, la cantidad de atención y habilidad que se requiera en la planta, la cantidad de dinero disponible para su construcción, y otros factores tales como su localización y condiciones climatológicas.

³³ HARDENBERG, W. A. Y Edward B. Rodie. *Ingeniería Sanitaria*. 1984. Pág. 459.

³⁴ MERE, Alcocer Francisco Javier. *Tratamiento y control de la contaminación de Aguas Urbanas*. 2003. Págs. 176, 193 – 195.

Una vez que se ha determinado el tipo de planta que se considere más adecuado, el diseño debe seguir un procedimiento lógico, y cada unidad debe considerarse en una secuencia apropiada. Sin embargo cada etapa en el diseño puede involucrar la consideración de varias formas posibles de unidades o tipos de aparatos. En el diseño preliminar se comparan los tanques circulares con los rectangulares, tanto en su aspecto económico como en el estético.

Aun después de que se ha determinado la forma general, es práctica común no recomendar un tipo del aparato particular, sino diseñar la unidad de modo que puedan utilizar uno de dos o tres dispositivos mecánicos, controles o alimentadores. Los límites de capacidad y otras características deseadas están especificadas, y se deja al fabricante que seleccione sus aparatos estándar para que se ajusten a los requisitos del ingeniero. Algunos ingenieros, sin embargo, muestran detalles de equipos en particular y especifican que se debe proporcionar el equipo mostrado u otro de igual mérito.

El tamaño más económico de cualquier unidad está determinado por consideraciones del costo de varias partes del equipo y la construcción incrementa rápidamente en la profundidad de excavación en unidades como depósitos de mezclado o de sedimentación.³⁵

(Nota: para ver con mayor detalle el diseño de plantas de tratamiento se presentan en la fuente de información que hace referencia la nota al pie No. 35, de este capítulo donde se habla del tipo de planta supuesto, el procedimiento de diseño mediante un ejemplo y otros anexos del mismo tema).

³⁵ HARDENBERG, W. A. Y Edward B. Rodie. *Ingeniería Sanitaria*. 1984. Pág. 531.

CAPÍTULO III

AIRE

3. EL AIRE

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanecen alrededor de la Tierra por la acción de la fuerza de gravedad. El aire es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias.

“La tabla muestra la descomposición del aire seco al nivel del mar. La masa total de la atmósfera es de alrededor de 5.3×10^{18} kg. En esta tabla no se incluye el agua porque su concentración en el aire varía de manera drástica de un lugar a otro. Las proporciones de estos gases se pueden considerar exactas más o menos a 25 km de altura.

Tabla 17.1 Composición Del aire seco a nivel del mar	
composición	
Gas	(% en volumen)
N ₂	78.03
O ₂	20.99
Ar	0.94
C ₂	0.033
Ne	0.0015
He	0.000524
Kr	0.00014
Xe	0.000006

Tabla 3.1.- Composición del aire seco”³⁶

Propiedades físicas y químicas

Entre las propiedades físicas se encuentran:

- Expansión: Aumento de volumen de una masa de aire al verse reducida la presión ejercida por una fuerza o debido a la incorporación de calor.

³⁶ CHANG, Raymond. Química General. 2002. Pág. 702

- Contracción: Reducción de volumen del aire al verse presionado por una fuerza, pero este llega a un límite y el aire tiende a expandirse después de ese límite.
- Fluidez: Es el flujo de aire de un lugar de mayor a menor concentración sin gasto de energía
- Presión atmosférica: Fuerza que ejerce el aire a todos los cuerpos.
- Volumen: Es el espacio que ocupa el aire.
- Densidad: Es de 1.18 kg/m³ (a 25 °C)
- Viscosidad: Es de 0.018 cP (a 20 °C)
- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- Tiene Volumen indefinido.
- No existe en el vacío.
- Es incoloro, inodoro e insípido.

Propiedades Químicas

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.
- Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono elementos básicos para la vida.

3.1 CONTAMINANTES

3.1.1 PARTÍCULAS

“Una partícula se define como cualquier porción concreta (es decir, particulada) de materia sólida, líquida o gaseosa mayor que una sola molécula pequeña (de más de 1 nanómetro de diámetro). El agua, el aire y los desperdicios sólidos contienen muchas partículas que varían considerablemente en tamaño. Para muchas situaciones es importante encontrar una manera conveniente de expresar forma, el tamaño y la distribución de partículas.”³⁷

A las más grandes las llamamos PM10 y las más pequeñas les llamamos PM2.5.

Las partículas grandes miden entre 2.5 y 10 micrómetros (de 25 a 100 veces más delgadas que un cabello humano). Estas partículas son llamadas PM10 (decimos PM diez, el cual significa partículas de hasta 10 micrómetros en tamaño). Estas partículas causan efectos menos severos para la salud.

³⁷ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 143.

Las partículas pequeñas son menores a 2.5 micrómetros (100 veces más delgadas que un cabello humano). Estas partículas son conocidas como PM 2.5 (decimos PM dos punto cinco, como en partículas de hasta 2.5 micrómetros en tamaño).

El tamaño no es la única diferencia. Cada tipo de partículas están hechas de diferente material y provienen de diferentes lugares.

Partículas Ásperas (PM10)	Partículas Finas (PM2.5)
humo, tierra y polvo tóxicos de las fábricas, la agricultura y caminos	compuestos orgánicos
mohos, esporas y polen	metales pesados
moliendo y aplastando rocas y tierra que el viento levanta	manejando automóviles
	quemando plantas (arbustos e incendios forestales desperdicios del jardín)
	fundiendo (purificando) y procesando metales

Tabla 3.2.- Partículas; lo que son y qué las produce

Las partículas pequeñas son más ligeras y permanecen en el aire más tiempo y viajan lejos. Las partículas PM10 pueden permanecer en el aire por minutos u horas mientras que las partículas PM2.5 pueden permanecer en el aire por días o semanas. También, las partículas PM10 pueden viajar tan poco como cien metros o en ciertos casos tanto como hasta 50 kilómetros. Las partículas PM 2.5 pueden viajar más lejos tanto como cientos de kilómetros.

Las Partículas y tu Salud

Ambas partículas PM10 (grandes) y PM2.5 (pequeñas) pueden causar problemas a la salud, específicamente a la salud respiratoria. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuesta de elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que causan cáncer) las partículas PM2.5 pueden tener efectos más severos a la salud que las partículas más grandes, PM10.³⁸

³⁸ <http://www.airinonow.com/espanol/html/preguntas.html> Citado 01 de octubre de 2009.

Partículas

Valores AQI	Descripción de la Calidad del Aire	Problemas en la Salud*	
		PM2.5	PM10
0-50	Buena	Ninguno	Ninguno
51-100**	Moderada	Ninguno	Ninguno
101-150	Insalubre para grupos sensitivos	Gente con enfermedades respiratorias o del corazón deben limitar esfuerzos prolongados.	Personas con enfermedades de las vías respiratorias deben limitar esfuerzos al aire libre.
151-200	Insalubre	Gente con enfermedades respiratorias o del corazón, los ancianos y los niños deben evitar esforzarse prolongadamente, los demás deben limitar esfuerzo prolongado.	Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre prolongadamente
201-300	Muy Insalubre	Gente con enfermedades respiratorias o del corazón, los ancianos y los niños deben evitar esforzarse prolongadamente, los demás deben limitar esfuerzo prolongado	Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre prolongadamente
301-500	Peligroso	Todos deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre; gente con enfermedades del corazón o respiratorias deben permanecer en casa.	Todos deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre. Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben permanecer en casa.

* PM cuenta con dos conjuntos de declaraciones de advertencia los cuales corresponden a los dos tipos de PM que son medidos:
 • Partículas de hasta 2.5 micrómetros en diámetro (PM2.5)
 • Partículas de hasta 10 micrómetros en diámetro (PM10)
 ** Un AQI de 100 para PM2.5 corresponde a un nivel de 40 PM2.5 microgramos por metro cúbico (promediado por 24 horas).
 Un AQI de 100 para PM10 corresponde a un nivel de 150 PM10 microgramos por metro cúbico (promediado por 24 horas).

Tabla 3.3.- Índice de calidad de Aire (AQI por sus siglas en Inglés) y problemas en la Salud

3.1.2 HIDROCARBUROS

Compuestos orgánicos de carbono

“Propiedades

Se conocen decenas de millones de hidrocarburos. Se encuentran en los tres estados físicos (gas, líquido y sólido) a temperatura ambiental. El estado físico característico de cada uno está relacionado con la estructura molecular y en particular, con el número de átomos de carbono que forman la molécula. Los que contienen de uno a cuatro átomos de Carbono son gases a la

temperatura ordinaria, mientras que aquellos con cinco o más son líquidos o sólidos. En general, la tendencia al estado sólido aumenta con el número de átomos de carbono”³⁹.

“Origen de los Hidrocarburos (HC)

Se considera que la presencia en el aire de HC proceden de tres fuentes principales: (HC₁), de origen natural y solventes industriales, (HC₂) ligado a la emisión de CO -motores de gasolina- y (HC₃) ligado a la emisión de SO₂ -combustibles industriales y motores de diesel. Esto es (HC)= (HC₁) +(HC₂)+ (HC₃).

Naturales

Comprenden principalmente los compuestos aromáticos y fragantes generados por la vegetación, por la materia orgánica en descomposición como el metano (CH₄), el hidrocarburo más simple, se libera en la atmósfera en cantidades mayores que cualquier otro. La mayor parte de los HC entran en la atmósfera procedentes de fuentes naturales, como en el caso del CO y de los NO.

Antropogénicas

Se realizan en las ciudades, ya que es donde se producen la mayor parte de los HC más reactivos y provienen de actividades industriales relacionadas con la producción de sustancias químicas y solventes, así como de las asociadas al consumo de combustibles, ya sea en fuentes móviles o fijas”⁴⁰.

Artificiales

Mediante procesos de combustión del petróleo, se origina el metano, etano y propano, principalmente, emitidos en los escapes de los vehículos de motor.

El tolueno y el m-xileno tienen este origen, así como el industrial en razón de su importancia como disolvente. La evaporación de disolventes orgánicos, que en su mayoría contienen HC contribuye en casi un 10% de las emisiones antropogénicas.

Estos disolventes forman parte importante de pinturas, barnices, lacas, revestimientos y otros productos similares. Estos productos están formados por proporciones de disolventes comprendidas entre el 40% y el 80%, que usualmente se evaporan durante o después de la aplicación. Los procesos implicados en la fabricación de estos productos constituyen también fuentes potenciales de HC.

³⁹ <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2420> Citado 02 de octubre de 2009.

⁴⁰ RIVEROS, Rosas Héctor, et al. Revista Calidad Ambiental. 2001. *Origen de los Hidrocarburos en la Atmósfera de la ciudad de México*. Volumen 1, Número 9. México, D.F.

Los hidrocarburos de la gasolina se pierden en forma de vapor durante el llenado de camiones cisterna, el de los tanques de las gasolineras y el de los depósitos de carburante de los automóviles.

Destino-de los HC atmosféricos

El mecanismo específico que rige la eliminación de los HC de la atmósfera depende de la especie individual que se considere. En zonas urbanas, la transformación de los HC en otros compuestos orgánicos se produce rápidamente en presencia de óxidos de nitrógeno.

3.1.3 MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono (CO) es un gas inodoro, incoloro e insípido, ligeramente menos denso que el aire, constituido por un átomo de carbono y uno de oxígeno en su estructura molecular.

El monóxido de carbono (CO) es producto de la combustión incompleta de material que contiene carbono y de algunos procesos industriales y biológicos. Un proceso de combustión que produce CO en lugar de CO₂ resulta cuando la cantidad de oxígeno requerida es insuficiente, y depende de la temperatura de flama, tiempo de residencia en la cámara de combustión y turbulencia en la misma.

Estos parámetros se tienen mejor controlados en fuentes estacionarias de combustión que en vehículos automotores. Por ésta razón, aproximadamente el 70 % de las emisiones de CO provienen de fuentes móviles. Las concentraciones horarias de CO a menudo reflejan patrones de tráfico vehicular.

La permanencia media de las moléculas de CO en la atmósfera, es de un mes aproximadamente, antes de oxidarse y convertirse en CO₂.

Daños a la salud

“La concentración de monóxido de carbono en el aire, representa aproximadamente el 75% de los contaminantes emitidos a la atmósfera; sin embargo, es una molécula estable que no afecta directamente a la vegetación o los materiales. Su importancia radica en los daños que puede causar a la salud humana al permanecer expuestos por períodos prolongados a concentraciones elevadas de éste contaminante.

El CO tiene la capacidad de unirse fuertemente a la hemoglobina, la proteína de los glóbulos rojos que contiene hierro y la cual se encarga de transportar el oxígeno a las células y tejidos a través de la sangre.

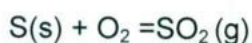
Al combinarse el CO con la hemoglobina, forma carboxihemoglobina (COHB), lo cual indica una reducción significativa en la oxigenación de nuestro organismo (hipoxia), debido a que el CO tiene una afinidad de combinación 200 veces mayor que el oxígeno.

La hipoxia causada por CO puede afectar el funcionamiento del corazón, del cerebro, de las plaquetas y del endotelio de los vasos sanguíneos. Su peligro es mayor en aquellas personas que padecen enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedad vascular periférica. Se le ha asociado con la disminución de la percepción visual, capacidad de trabajo, destreza manual y habilidad de aprendizaje.⁴¹

"La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 9 ppm (ó 10.000 microgramo/m³) promedio de 8 horas 1 vez al año. La Norma Oficial Mexicana de CO establece como límite de protección a la salud, una concentración de 11.00 ppm (ó 12.595 microgramo/m³) promedio de 8 horas, la cual puede rebasarse 1 vez al año, como medida de protección a la salud de la población susceptible"⁴².

3.1.4 OXIDOS DE AZUFRE

"El azufre tiene dos óxidos importantes: el dióxido de azufre, SO₂ y el trióxido de azufre SO₃. El dióxido de azufre se forma cuando se quema el azufre en el aire.



En el laboratorio se prepara por la acción de un ácido sobre un sulfito, por ejemplo,



O por la acción del ácido sulfúrico concentrado sobre cobre;



El dióxido de azufre (p.e. -10 centígrados) es un gas incoloro con un olor picante, bastante tóxico. Es un óxido ácido que reacciona con el agua como sigue;



⁴¹ NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Secretaría del Medio Ambiente e Instituto Nacional de Salud Pública. Fascículo impreso por Grupo Arma S.A. de C.V. México, 2000.

⁴² Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/en/>. Citado 01 octubre de 2009.

El dióxido de azufre se oxida de manera lenta hasta trióxido de azufre, pero la velocidad de reacción se puede acelerar de forma considerable como un catalizador como el platino o el óxido de vanadio:



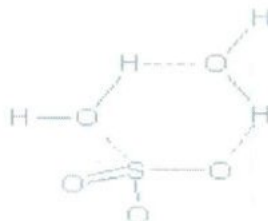
El trióxido de azufre se disuelve en agua para formar ácido sulfúrico:



El dióxido de azufre participa en la generación de lluvia ácida y en la formación de partículas, razón por la cual se dedican innumerables esfuerzos para reducir este contaminante del aire. Cuando el SO_2 entra en la atmósfera puede oxidarse y formar trióxido de azufre (SO_3) en presencia del radical hidroxilo OH . El SO_3 se disuelve en agua para formar ácido sulfúrico (H_2SO_4).



Cuando el SO_3 reacciona con el agua (H_2O) no produce directamente el ácido sulfúrico, sino que parece formar un complejo con el H_2O . De acuerdo con trabajos teóricos y experimentales, es probable que el complejo $\text{SO}_3\text{-H}_2\text{O}$ reaccione con una segunda molécula de H_2O para formar un estado de transición formado por un ciclo de seis miembros para producir el H_2SO_4 .



Durante la noche, cuando la concentración de OH es baja y se presentan concentraciones significativas de ozono y alquenos, la oxidación del dióxido de azufre puede presentarse vía la formación de un intermediario de Criegee, a través de un mecanismo de reacción complejo. La contribución de SO_3 por este mecanismo es mucho menor que la contribución vía la reacción con el radical OH .

Dióxido de Azufre (SO_2)

"El dióxido de azufre (SO_2) es un gas incoloro de olor característico, constituido por un átomo de azufre y dos átomos de oxígeno en su estructura molecular.

⁴³ CHANG, Raymond. *Química General*. 2002. Págs. 863-864.

El dióxido de azufre se origina por la combustión o proceso de combustibles que contienen azufre (diesel y combustóleo principalmente) y la fundición de minerales ricos en sulfatos. Se genera principalmente por la industria (incluyendo las termoeléctricas), seguido de los vehículos automotores.

Los compuestos que contienen azufre están presentes en la atmósfera natural no contaminada. Estas sustancias provienen de la descomposición bacteriana de la materia orgánica, de los gases volcánicos y otras fuentes. Sin embargo, su contribución en el balance total de SO_2 resulta muy pequeña en comparación con las producidas en los centros urbanos e industriales como resultado de las actividades humanas.

La permanencia media de SO_2 en la atmósfera es de algunos días, y depende de la rapidez con la cual se convierta en ácido sulfúrico (H_2SO_4) por absorción de humedad (H_2O) y en partículas de sulfatos por acción de la radiación solar.

El SO_2 atmosférico puede oxidarse a SO_3 por diferentes medios y reaccionar con la humedad del entorno (H_2O) para producir partículas de ácido sulfúrico (H_2SO_4), las cuales se dispersan en el ambiente en forma de lluvia, llovizna, niebla, nieve y rocío dando origen a un proceso de acidificación de la tierra y cuerpos de agua (ver lluvia ácida).

Daños a la salud

En altas concentraciones el dióxido de azufre puede ocasionar dificultad para respirar, humedad excesiva en las mucosas de las conjuntivas, irritación severa en vías respiratorias e incluso al interior de los pulmones por formación de partículas de ácido sulfúrico, ocasionando vulnerabilidad en las defensas.

El dióxido de azufre es causante de enfermedades respiratorias como broncoconstricción, bronquitis y traqueítis, pudiendo llegar a causar broncoespasmos en personas sensibles como los asmáticos, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes y la muerte; si bien los efectos señalados dependen en gran medida de la sensibilidad de cada individuo, los grupos de la población más sensibles al dióxido de azufre incluye a los niños y ancianos, a los asmáticos y a aquellos con enfermedades pulmonares crónicas como bronquitis y enfisema.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 100 a 150 microgramos/ m^3 promedio de 24 horas y de 40 a 60 microgramos/ m^3 en una media aritmética anual. La Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-1993 de dióxido de azufre establece como límite de protección a la salud, una concentración de 0.13 ppm (ó 341 microgramos/ m^3) promedio de 24 horas, una vez al año y 0.03 ppm (ó 79 microgramos/ m^3) en una media aritmética anual para proteger a la población susceptible."⁴⁴

⁴⁴ <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnso2.htm>. Citado 01 octubre de 2009.

3.1.5 ÓXIDOS DE NITRÓGENO

“Los óxidos de nitrógeno se generan de manera natural por actividad bacterial, volcánica, y por descargas eléctricas atmosféricas; sin embargo, la cantidad generada es baja en comparación con las emisiones de origen antropogénico.

El dióxido de nitrógeno (NO_2) es un agente sumamente oxidante, soluble en agua, de color café-rojizo, constituido por un átomo de nitrógeno y dos átomos de oxígeno en su estructura molecular.

Constituye uno de los precursores básicos de la neblina o smog fotoquímico y se distingue a simple vista en las grandes urbes por la coloración café-rojizo.

La formación de NO_2 en la atmósfera resulta de la oxidación del NO generado en los cilindros de los motores de combustión interna por combinación directa de nitrógeno y oxígeno.

La mayor fuente de emisiones de óxidos de nitrógeno es el uso de combustibles fósiles por fuentes fijas y móviles, aunque también se producen óxidos de nitrógeno durante la fabricación de ácido nítrico, el uso de explosivos, uso de gas L.P. y el proceso de soldadura.

En el medio ambiente

Muchos de los efectos ambientales que se atribuyen al NO_2 se deben en realidad a los productos de diversas reacciones asociadas.

En presencia de luz solar el NO_2 se disocia en NO y O , donde el oxígeno atómico (O) reacciona con el oxígeno molecular del ambiente (O_2) para producir ozono (O_3), el cual es un contaminante altamente oxidante de efectos conocidos.

Por otra parte el NO_2 reacciona con el radical OH para producir partículas de ácido nítrico (HNO_3), las cuales se dispersan en el ambiente en forma de lluvia, llovizna, niebla, nieve y rocío, dando origen a un proceso de acidificación de la tierra y cuerpos de agua (ver lluvia ácida).

En la salud

El dióxido de nitrógeno puede irritar los pulmones, causar bronquitis y pulmonía, así como reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones.

Los efectos de exposición a corto plazo no son claros, pero la exposición continua o frecuente a concentraciones mayores a las encontradas normalmente en el aire, puede causar un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y con enfermedades respiratorias crónicas.

A diferencia del ozono, las concentraciones de NO_2 en interiores pueden ser más altas que las registradas en el exterior; esto se debe a que una fuente de éste contaminante son las estufas que utilizan gas L.P. Actualmente se acepta que no hay evidencia científica confiable que sugiera la posibilidad de efectos crónicos atribuibles al NO_2 . Sin embargo, el dióxido de nitrógeno puede ser fatal a concentraciones elevadas.

La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración máxima diaria de 0.11 ppm (ó 200 microgramos/ m^3) promedio de 1 hora una vez al año, y 0.023 ppm (ó 40 microgramos / m^3) en una media aritmética anual. La Norma Oficial Mexicana de NO_2 establece como límite de protección a la salud, una concentración máxima diaria de 0.21 ppm (ó 395 microgramos / m^3) promedio de 1 hora una vez al año para protección de la población susceptible.⁴⁵

3.1.6 OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

Los oxidantes fotoquímicos son conocidos como el *smog*. En gran parte el *smog* es producido por la acción de la luz del sol en los componentes de los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno procedentes de los vehículos para producir una mezcla compleja y tóxica de gases que se combina con la niebla y el humo.

“El oxidante fotoquímico es el resultado de una serie muy complicada de reacciones, muchas de las cuales apenas se sospechan todavía. Se pueden producir en un laboratorio iluminando los gases diluidos del escape de un automóvil con luz ultravioleta. O también se puede llevar a cabo una serie de reacciones con las que se obtienen los mismos resultados.

El óxido nítrico y huellas de óxido de nitrógeno se mezclan con aire en una cámara de reacción y se iluminan con luz ultravioleta. Se produce una reacción de equilibrio entre el NO_2 y el oxígeno, formándose ozono.

Si se hacen pasar las emisiones típicas de un escape de automóvil a la cámara, rápidamente se convierten en una mezcla de productos que incluye aldehídos y nitratos. Aparecen concentraciones más altas de NO_2 y de ozono mientras que el NO desaparece. Además se genera una nueva serie de compuestos llamados nitratos de peroxiacido (PAN), la mezcla final contendrá principalmente ozono, NO_2 , PAN y aldehídos. Los dos primeros son compuestos muy tóxicos bien conocidos: los efectos dos segundos se comprenden menos.

Los componentes del oxidante fotoquímico se pueden dividir en sustancias primarias y secundarias, según sean producidas por las emisiones de los vehículos o el resultado de reacciones atmosféricas. Los hidrocarburos y el NO son gases primarios, totalmente producidos por los motores de combustión interna. Algunos aldehídos tienen el mismo origen y también una fracción del NO_2 procede de la corriente caliente del escape. La porción principal de aldehídos y

⁴⁵ <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnno2.htm> Citado 01 de octubre de 2009.

NO₂ está formada de sustancias secundarias resultantes de la oxidación fotoquímica de los hidrocarburos y del NO, respectivamente.

El ozono y el PAN son contaminantes exclusivamente secundarios. Sólo tienen lugar durante las horas de luz y las concentraciones y proporciones atmosféricas cambian constantemente en el transcurso de cada día. Por esta razón el estudio del smog fotoquímico es más complejo.⁴⁶

“Ozono (O₃)

El ozono se considera como uno de los oxidantes fotoquímicos de mayor preocupación en la actualidad, ya que es altamente oxidante y afecta a los tejidos vivos, se asocia con diversos padecimientos en la salud humana.

Es un contaminante que se puede encontrar de dos formas, la primera formando parte de las capas superiores de la atmósfera (Estratosfera), donde funciona como un compuesto vital. Ahí, el ozono ayuda a filtrar los rayos ultravioleta provenientes del Sol. Es una protección que evita que el 90 % de la radiación ultravioleta atraviese la atmósfera y cause algún tipo de daño.

Por otra parte, el ozono a nivel del suelo es un contaminante que no se emite directamente de los escapes o chimeneas, más bien se forma en el aire a partir de la reacción química de los óxidos de nitrógeno y azufre que resultan de la quema de los hidrocarburos, al quemarse combustibles se producen contaminantes que, al ser vertidos a la atmósfera, reaccionan con la luz del Sol, generalmente en los días tibios y soleados, con temperaturas que oscilen entre los 24° y 32 °C y esto es lo que forma el ozono, el cual ha aumentado sus niveles considerablemente en los últimos años.

La información que se tiene para evaluar con exactitud los efectos del ozono y poder emitir conclusiones definitivas no es suficiente, algunos estudios realizados demuestran que la cantidad de este contaminante que respiramos diariamente es suficiente para causar el envejecimiento prematuro de los pulmones, acelerar los procesos de envejecimiento celular, casos de fibrosis pulmonar y cáncer de pulmón. Los resultados de estudios epidemiológicos indican que propicia el desarrollo temprano de enfermedades respiratorias crónicas.⁴⁷

3.2 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

La contaminación del aire tiene muchos efectos en la salud, desde irritaciones leves, hasta el desarrollo de graves enfermedades. De manera general se presentan los efectos de cada uno de los contaminantes vistos.

⁴⁶ ROSS, R. D. (Compilador). *La industria y la contaminación del aire*. 1994. Págs. 271 – 273.

⁴⁷ http://www.ceamamorelos.gob.mx/secciones/ambiente/monitoreo/gases_y_particulas.htm Citado 26 de agosto de 2009.

El monóxido de carbono: Este gas no parece afectar a las plantas, pero es muy tóxico para los seres humanos, ya que interfiere con el transporte de oxígeno en la sangre. Los efectos en la salud se hacen más graves conforme mayor sea la cantidad de monóxido de carbono en el aire y el tiempo de la exposición.

El dióxido de azufre (SO₂): Los óxidos de azufre pueden inhibir el crecimiento de las plantas y ser letales para algunas de ellas cuando están expuestas a concentraciones moderadas durante largos periodos.

Los efectos tóxicos de los óxidos de azufre para el ser humano son: dificultad para respirar, debido al espasmo o contracción de los bronquios, irritación de la garganta, de los ojos y tos, en cantidades elevadas puede llegar a ser mortal. También se ha encontrado una relación entre la presencia de óxidos de azufre en la atmósfera y el aumento de muertes por enfermedades crónicas, cardiovasculares y respiratorias.

Los óxidos de nitrógeno (NO₂): El dióxido de nitrógeno afecta los pulmones y es tóxico y algunos de los contaminantes que se forman a partir de ellos, son mortales para las plantas.

Los hidrocarburos son contaminantes primarios; su importancia radica en la gran cantidad de fuentes y el volumen de sus emisiones al aire. Se forman por la combustión de productos como la gasolina, el petróleo, el carbono y la madera y la mayor producción se debe a las actividades de la industria petrolera, así como a los vehículos de motor.

Algunos hidrocarburos son tóxicos para las plantas y animales a concentraciones relativamente altas y en el ser humano parece que provoca problemas en vías respiratorias.

Otros contaminantes muy importantes son elementos como **el plomo, el cadmio y el flúor**, de origen industrial y a los que se ha relacionado con afecciones cardíacas, hipertensión arterial, arterioesclerosis, cáncer broncopulmonar, anormalidades en los huesos y afección de los riñones.

Las partículas suspendidas. Entre las partículas líquidas, más contaminantes se encuentran los aerosoles, que se manifiestan en forma de vapores, niebla o vahos que en grandes concentraciones pueden llegar a transformarse en un agente letal.

Los aerosoles son verdaderas nebulizaciones y por su tamaño tan pequeño, penetran en los bronquios y los irritan. Las partículas mayores son detenidas por la mucosa nasal y la laringe causando gran irritación.

3.3 ATMÓSFERA

La Atmósfera Terrestre

La capa gaseosa está formada por la atmósfera que rodea el planeta y está unida a él por la fuerza de gravedad, por esto la acompaña en sus movimientos de rotación y traslación. Su espesor es de aproximadamente 10.000 kilómetros. Se la ha dividido en diferentes capas para su estudio debido al cambio que experimentan sus características a medida que nos vamos alejando de la superficie terrestre:

- **Composición:** Está formada por una mezcla de gases que varía con la altura. Sobre la superficie terrestre está compuesta por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), anhídrido carbónico y gases raros (cerca del 1%), vapor de agua y partículas sólidas en suspensión. A medida que nos alejamos de la superficie baja el nivel de oxígeno y aumenta la cantidad de gases livianos.
- **Densidad:** Es variable a medida que nos alejamos de la superficie terrestre. Los primeros 5 kilómetros concentran el 50% del aire, los siguientes 25 kilómetros concentran un 40%, pasando los 60 km de altura sólo queda la milésima parte y así sucesivamente hasta llegar al espacio interplanetario.
- **Color:** La atmósfera no tiene color, aunque se la ve de tonalidad azulada cuando la luz solar la atraviesa. A medida que aumenta la altura su color se va oscureciendo hasta llegar al negro en espacio exterior.

Capas de la Atmósfera

“La tierra es única entre los planetas de nuestro Sistema Solar por que tiene una atmósfera químicamente activa y rica en oxígeno. Los científicos dividen a la atmósfera en varias capas de acuerdo a su composición y variación de temperatura. Hasta donde se manifiestan los fenómenos visibles la región más activa es la troposfera, la capa de atmósfera que contiene alrededor del 80% de la masa total del aire y casi todo el vapor de agua de la atmósfera.

La troposfera es la capa más delgada de la atmósfera (10 km), ahí se llevan cabo todos los fenómenos que influyen en el clima, como la lluvia, las tormentas de rayos o huracanes. En esta región la temperatura disminuye casi linealmente con el incremento en la altitud.

Sobre la troposfera se encuentra la estratosfera, compuesta de nitrógeno oxígeno y ozono. En esta región la temperatura del aire aumenta con la latitud. Este efecto de calentamiento se debe a las reacciones exotérmicas provocadas por la radiación UV del sol. El ozono (O_3) es uno de los productos de esta secuencia de reacciones que previene que los nocivos rayos UV lleguen a la superficie de la Tierra.

En la mesosfera, que está encima de la estratosfera, la concentración de ozono y otros gases es baja y la temperatura disminuye a medida que aumenta la altitud. La termosfera o ionosfera

es la capa más externa de la atmósfera. El aumento de la temperatura en esta región se debe al bombardeo de nitrógeno y oxígeno moleculares y de especies atómicas por partículas energéticas, como los electrones y protones, provenientes del sol.

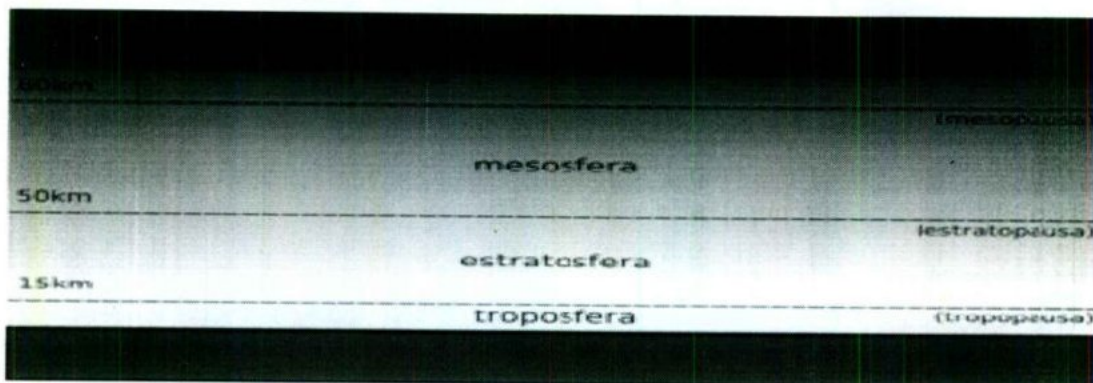


Figura 3.1.- Capas de la Atmósfera.

Las capas más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas más cercanas a la Tierra: la troposfera y la estratosfera.

En relación a esto, vale la pena recordar que, en términos generales, un contaminante es una sustancia que está "fuera de lugar", y que un buen ejemplo de ello puede ser el caso del gas ozono (O_3). Cuando este gas se encuentra en el aire que se respira, -es decir, bajo los 25 kilómetros de altura habituales-, es un contaminante que tiene un efecto dañino para la salud, por lo que en esa circunstancia se le conoce como "ozono troposférico u ozono malo". Sin embargo, el mismo gas, cuando está en la estratosfera, forma la capa que protege de los rayos ultravioletas del Sol a todas las formas de vida en la Tierra, por lo cual se le identifica como "ozono bueno"⁴⁸

3.3.1 CALOR

La temperatura es la cantidad de calor que posee el aire. Influye sobre la misma la acción de los rayos solares ya que el Sol es la mayor fuente de calor de la Tierra. La distribución de las temperaturas sobre las distintas zonas de la superficie terrestre depende de una gran cantidad de factores que influyen sobre la misma:

- Rotación: El movimiento de rotación del planeta produce un aumento de la temperatura durante el día al enfrentarse la superficie terrestre con el Sol y una disminución en la superficie opuesta por ser de noche.

⁴⁸ CHANG, Raymond. Química General. 2002. Págs. 702-703

- **Inclinación:** La inclinación del eje terrestre produce cambios en la intensidad de la luz solar incidente durante el movimiento de traslación del planeta, provocando aumentos de temperatura hacia el verano y disminuciones hacia el invierno.
- **Latitud:** A medida que disminuye la latitud y aumenta la distancia respecto del Ecuador, la temperatura baja a razón de 1°C cada 180 kilómetros debido a la variación del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre y la consiguiente disminución en la cantidad de luz y calor recibidos por unidad de superficie.
- **Altitud:** A medida que aumenta la altura la temperatura baja 1°C cada 180 metros debido a la disminución de densidad de la capa atmosférica que produce una menor capacidad de retención de calor.
- **Distancia al mar:** La superficie terrestre se calienta y enfría más rápidamente que las aguas, que tienen mayor capacidad de retener el calor. Por ello en zonas cercanas al mar la temperatura es más uniforme que en el interior de los continentes, donde la diferencia de temperaturas entre el día y la noche y las estaciones del año se hace más pronunciada.
- **Vientos y corrientes marinas:** Los vientos y corrientes marinas, cálidos o fríos, aumentan o disminuyen la temperatura del aire de las áreas de influencia.
- **Vegetación:** Los suelos cubiertos de vegetación se calientan menos que los desprovistos de ella ya que refractan menos calor.

3.3.2 PRESIÓN

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre, o sea el peso de la columna de aire que hay sobre una unidad de superficie. La distribución de las presiones sobre las distintas zonas de la superficie terrestre depende de los siguientes factores:

- **Altitud:** A medida que aumenta la altura, disminuye la densidad del aire con su correspondiente descenso de la presión que ejerce sobre la superficie.
- **Temperatura:** El aire caliente tiende a dilatarse y a ascender, bajando su presión sobre la superficie terrestre. Al enfriarse tiende a comprimirse y a descender, aumentando la presión. Todas las influencias que recibe la temperatura de los diversos factores se trasladan en forma indirecta a la presión atmosférica.

La presión atmosférica normal es la equivalente a una columna de mercurio de 760mm de altura (1 atmósfera), cuando la temperatura es de 0°C.

Unidades de presión equivalente a una atmósfera

1 atm = 760 torr

= 760 mm Hg

- = 76 mm Hg
- = 101.325 kPa
- = 101.3 m bar
- = 29.9 in Hg
- = 14.7 lb/in²
- = 1.033 kg /cm²

El valor medio de la presión de la atmósfera terrestre es de 1013.25 hectopascales o milibares a nivel del mar, la cual está medida a una latitud de 45°.

3.3.3 VIENTO

El viento es un fenómeno meteorológico producido por causas naturales, al igual que la lluvia o la nieve y es el responsable del movimiento del aire en la troposfera, que es una de las cuatro capas en las cuales está dividida la atmósfera terrestre y aquella fundamental a la hora de la respiración de los seres vivos.

Básicamente, el origen de los vientos está dado por los movimientos de traslación y rotación de la tierra, en tanto y a su vez, son los que también provocan importantes diferencias en cuanto a radiación solar, especialmente aquella de onda larga que es absorbida indirectamente por la atmósfera gracias a la propiedad diatérmica que ostenta el aire y que hace que la radiación solar solo caliente indirectamente la atmósfera ya que los rayos del sol pueden atravesarla pero sin llegar a calentarla. Pero los rayos de calor (infrarrojos) reflejados por las superficies terrestre y acuática son los que sí lograrán calentar el aire dando origen al movimiento del aire, o sea del viento.

También el desigual calentamiento del aire provoca diferencias en la presión que pueden a veces traducirse en vientos.

3.3.4 HUMEDAD

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

Hay varios modos de estimar la cantidad de vapor en el aire ambiente, cada una de ellas con aplicación en una ciencia o técnica específica. Se detallan:

- La presión de vapor o tensión de vapor, es uno de los modos de estimar la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Se expresa como una presión, en pascales (Pa o KPa o mmHg).
- La humedad absoluta, es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se expresa en gramos de agua por unidad de volumen (g/m^3). A mayor temperatura, mayor es la cantidad de vapor de agua que permite acumular el aire.
- La humedad específica es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire medido en gramos de vapor por kilogramo de aire húmedo (g/kg).
- La razón de mezcla o relación de mezcla, es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire medido en gramos de vapor por kilogramo de aire seco (g/kg). En la práctica es muy semejante a la humedad específica, pero en ciertas aplicaciones científicas es muy importante la distinción.
- La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

3.3.5 HUMEDAD RELATIVA

Uno de los componentes fundamentales de la atmósfera y que juega un papel fundamental en la vida y en la regulación del clima del planeta es el agua. La humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua existente en el aire. En las condiciones ambientales que conocemos en la Tierra, el agua es la única sustancia de la atmósfera que puede condensarse (pasar de vapor a líquido) o evaporarse (pasar de líquido a vapor). El vapor de agua en la atmósfera provoca una gran cantidad de fenómenos meteorológicos como la lluvia, el rocío, las nubes, la regulación del clima.

Existen varias formas de conocer la humedad en el ambiente. El parámetro más difundido es el de humedad relativa, que es la relación porcentual entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación. Dicho de otra manera, es la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en un momento dado para cierta temperatura con respecto a la cantidad máxima de vapor que puede contener a esa misma temperatura.

Una humedad relativa del 100% significa un ambiente saturado a una temperatura específica, cuando la humedad alcanza éste valor se produce condensación.

La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas

condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento. %

$$RH = \frac{P(H_2O)}{P^*(H_2O)} \times 100\%$$

donde

$P(H_2O)$, es la presión parcial de vapor de agua en la mezcla de aire;

$P^*(H_2O)$, es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura en la mezcla de aire; y

RH , es la humedad relativa de la mezcla de aire que se está considerando.

3.3.6 DISPERSIÓN

“Para describir y tratar las aguas naturales y residuales, el aire, los desperdicios sólidos y los lodos es fundamental el conocimiento del medio y de las partículas y solutos que hay en él. Ciertas propiedades del medio pueden sufrir efectos grandes o sólo muy leves a causa de la presencia de partículas o solutos. Por ejemplo, la densidad de diversos tipos de agua, incluso las residuales muy contaminadas. La presencia de partículas o solutos pueden afectar en alto grado otras propiedades del medio. Por ejemplo la pérdida de visibilidad en el aire cuando contiene partículas líquidas (niebla) o sólidas (humo) muy finas.

Las dispersiones coloidales se componen de partículas muy pequeñas que varían de tamaño desde 1 hasta 400 nanómetros. En la siguiente tabla se indican los nombres comunes de las dispersiones:

FASE DISPERSA	MEDIO DE DISPERSIÓN	NOMBRE COMÚN
Sólido	Líquido	Suspensión
Líquida	Líquido	Emulsión
Gaseosa	Líquido	Espuma
Sólida	Gaseoso	Humo, aerosol
Líquida	Gaseoso	Niebla, aerosol

Tabla 3.4.- Partículas coloidales dispersas.

Para determinar la concentración de partículas en el Aire, se utilizan las unidades de gramos particulados por metro cúbico de aire. La concentración se determina aspirando un volumen conocido de aire a través de un filtro cuyo peso se ha determinado previamente y pesando la cantidad de partículas que han quedado atrapadas. Para el polvo que se compone de partículas grandes que se sedimentan con rapidez, las mediciones se hacen colectando el material sedimentado en tarros de caída de polvo durante un tiempo específico y determinando el peso

acumulado. La concentración se expresa entonces es peso recolectado por unidad de área durante un periodo determinado. Son ejemplos de estas unidades las ton/mi² mes, o los kg/m² mes.⁴⁹

3.4 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE PARTICULAS

“Control de partículas

La primera forma ampliamente reconocida de contaminación del aire fue el humo, partículas finas de carbono que se originan de la ignición incompleta de combustibles y ceniza inorgánica que procede de la materia no combustible que se encuentra dentro del combustible.

Aún las plumas muy espesas de humo pueden presentar de 2 o 3 gm⁻³, lo cual corresponde al orden de partes por millón por volumen para el rango de densidades que se encuentran en las emisiones. Los reglamentos para el aire limpio en la mayoría de los países requieren una reducción en la concentración de humo a 0.1 gm⁻³ o aun menos, del orden de partes por diez millones. En el caso del humo, tales concentraciones son aun perceptibles a simple vista.

En términos más generales, el control de partículas contaminantes del aire implica pasar la corriente de gas que contiene las partículas a través de una cámara y permitir que una fuerza actúe sobre las partículas para sacarlas de la corriente de gas.

El método elegido depende de varios factores, incluso la naturaleza de la operación de la planta, si la emisión es cíclica o continua, y si es probable que varíe a diferentes horas del día. Esto es importante ya que algunos colectores de polvo son más adecuados para operación discontinua que otros y algunos colectores son inadecuados para su uso con emisiones variables.

También se requiere información acerca de la naturaleza de las partículas, sus dimensiones, forma, densidad, estado. Si es líquido o sólido, composición química y conductividad eléctrica. Para finalizar es necesario conocer las propiedades del gas en el cual las partículas se encuentran suspendidas, en particular sus partículas y composición química. Por ejemplo las emisiones de temperatura elevada pueden acarrear cantidades grandes de vapores condensables en fase de gas. Los más importantes de éstos son agua y vapores ácidos. Por ejemplo ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y ácido nítrico, su presencia dicta la temperatura a la cual se debe operar el aparato de limpieza de gas y, en algunos casos, la resistencia a la corrosión de los materiales con los cuales se fabrica.

⁴⁹ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 143, 145, 146

3.4.1 CAMARAS SEDIMENTADORAS GRAVITACIONALES

Separación por gravedad

La planta más simple de limpieza de gas para partículas es la que utiliza la gravedad para remover las partículas de la corriente de gas. El dispositivo, llamado cámara de sedimentación por gravedad permite que las partículas se asienten fuera de la corriente de gas dentro de tolvas colectoras, mientras que los gases pasan a través de la cámara una velocidad reducida.

Las partículas líquidas o sólidas suspendidas en el gas alcanza una velocidad de caída libre final que se determina por medio de la ley de Stoke para partículas y gotas pequeñas y es directamente proporcional al producto del cuadrado del diámetro de la partícula y la diferencia de densidad entre la partícula y el gas acarreador, e inversamente proporcional a la viscosidad del gas acarreador.

Para una partícula de 100 micrómetros de diámetro con densidad de 1000 kgm^{-3} caerá a una velocidad de 0.25 ms^{-1} y las partículas de 10 micrómetros de diámetro a 0.003 m s^{-1} .

En la práctica significa que el método solo es útil para remover partículas más grandes que 100 micrómetros de diámetro: las partículas más pequeñas requerirían que la cámara de sedimentación fuera prácticamente larga. Las partículas más pequeñas constituyen vasta mayoría de las partículas problema debido a su capacidad de mantenerse flotando en el aire, por ello deben utilizar otros métodos para su remoción.

3.4.2 CICLONES Y COLECTORES CENTRIFUGOS

Ciclones

Es un dispositivo que se utiliza extensamente para polvos relativamente gruesos y pulverizados burdos tales como el aserrín, que se produce durante el labrado de madera, es el ciclón.

En el ciclón convencional, los gases sucios entran a la cámara cilíndrica a la cual se le ha adaptado tangencialmente una sección interior cónica. Los gases giran hacia abajo, y en el fondo del cono, donde se ha fijado como accesorio una tolva invierten su dirección mientras permanecen girando y al final salen a través de un conducto colocado al centro del ciclón. Las partículas de polvo que han girado hacia abajo y hacia afuera debido al movimiento de la capa exterior de gases, los ciclones son más útiles para partículas que miden 10 micrómetros de diámetro: la eficiencia para un rendimiento razonable decae considerablemente.

3.4.3 COLECTORES HUMEDOS

Colectores húmedos

La acción de la lluvia respecto a que limpia a fondo el aire se conoce bien; este fenómeno se puede utilizar en un sistema de limpieza de partículas que habitualmente se denomina limpieza por frotamiento. El tipo más sencillo de depurador de gases que limpia por fricción es la torre de rocío, donde discretas gotas al caer colectan partículas de polvo. Este dispositivo solo es efectivo para partículas bastante grandes por lo cual, es frecuente su uso como pre-limpiador, en particular donde un incremento en humedad y enfriamiento de los gases puede auxiliar al proceso de limpieza subsecuente, somos se aplica con los precipitadores electrostáticos.

3.4.4 CHIMENEAS

Se debe comprender que ningún dilema de control removerá todos los contaminantes del aire de una emisión industrial. Alguna fracción, 10%, 1% o un 0.1% del material contaminante, permanece en la corriente de gas de desecho y aun esta proporción pequeña, en ciertos casos, ser una cantidad absoluta apreciable.

Los contaminantes residuales se liberan hacia la atmosfera, idealmente a niveles que se consideran inofensivos por completo. Esta liberación con frecuencia se realiza mediante disolución al utilizar chimeneas elevadas, las cuales emiten a los contaminantes hacia la atmósfera a una altitud suficiente para asegurar alguna disolución antes de que ocurra un contacto a nivel de la tierra.

3.4.5 FILTROS

Filtros de tela

El filtro de tela es una versión a gran escala del limpiador doméstico al vacío (Aspiradora). Se provoca que el gas efluente fluya a través del material del filtro y que las partículas se remuevan sobre este mecanismo que intervienen en el filtro de tela son más complejos que el tamizado directo de las partículas para separarlas de la corriente de aire. Esto se prueba por medio de de las eficiencias elevadas que se obtienen del coleccionar partículas, las cuales son más pequeñas que los intersticios en tela del filtro.

La unidad básica del filtros de tela es la fibra y éstas son en general más grandes que las partículas que se van coleccionar, y la recolección ocurre como resultado de la operación de varios

mecanismos. La fibra intercepta directamente las partículas cuando la trayectoria del flujo que contiene la partícula del diámetro del filtro.

3.4.6 PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS

Precipitación electrostática

Se puede conseguir una precipitación efectiva con el uso de fuerzas electrostáticas de mayor intensidad que las que dependen de la gravedad.

Una partícula cargada repele un alambre o una placa de carga similar y es atraída por una carga opuesta, por lo general conectada a tierra, que puede ser un tubo o una placa.⁵⁰

3.5 DISPOSITIVOS PARA GASES

Para que los gases se puedan controlar es necesario removerlos de su ambiente gaseoso ya sea hacia una superficie sólida o líquida, donde se retienen en forma preferencial, o donde reaccionan para sintetizar una especie no contaminante o una especie que se remueve con mayor facilidad que el contaminante original. Los procesos que se utilizan son variaciones de los métodos que se emplean para recolectar gases con concentración, es decir, la absorción dentro de un líquido y adsorción sobre una superficie sólida ya sea con o sin reacción.

En otras palabras para no confundir los procesos, la adsorción es un fenómeno de superficie; la absorción es una mezcla o interpenetración de dos sustancias.

3.5.1 ADSORCIÓN

La adsorción se utiliza para eliminar de forma individual los componentes de una mezcla de gas en un líquido. El componente a separar se liga de forma física o química a una superficie sólida.

"La adsorción es un fenómeno de superficie molecular en el que las moléculas de un fluido se ponen en contacto con la superficie de un sólido y se adhieren a ella. Los procesos de adsorción exigen una consideración importante en el control de la contaminación del aire ya que los gases orgánicos se pueden captar selectivamente o eliminar de las corrientes de aire por medio de adsorbentes específicos.

⁵⁰ STRAUSS, W. y S.J. Mainwaring. *Contaminación del aire. Causas efectos y soluciones*. 2002. Págs. 111 – 120.

Para que un material sea buen adsorbente debe tener una proporción superficie, volumen grande, ya que el fenómeno tiene lugar en la superficie material. Es la magnitud del área superficial, más que su naturaleza específica, la que es causante primordial de la capacidad que posee el carbón activado u otro material de adsorber grandes cantidades de moléculas orgánicas.

Adsorbentes

Los adsorbentes que se emplean en el control de la contaminación del aire constan de diferentes tipos de material: carbón activado, gel de sílice alúmina y bauxita. Por razones prácticas el carbón activado es el único que se emplea para eliminar los vapores orgánicos de las emisiones gaseosas industriales. Aunque con gel de sílice también se pueden eliminar, sólo son eficaces cuando no hay agua presente, porque el gel de sílice también es deshidratante y tiende a captar el agua mucho más rápidamente que las moléculas orgánicas. La alúmina y la bauxita también se emplean eficazmente para la deshidratación del aire y de gases diversos.⁵¹ Otros requisitos que debe cumplir el adsorbente son: una gran superficie específica (gran porosidad) y tener una buena capacidad de regeneración.

El componente eliminado por adsorción de una mezcla gaseosa o líquida puede ser el producto deseado, pero también una impureza. Este último es el caso de la depuración de gases residuales. El sólido recibe el nombre de adsorbente y el componente que se adsorbe en él se denomina adsorbato. El adsorbente se debería ligar en lo posible, sólo a un adsorbato, y no los demás componentes de la mezcla a separar.

3.5.2 ABSORCIÓN

La absorción se utiliza para eliminar uno o varios componentes de una corriente gaseosa utilizando un disolvente. La absorción puede perseguir diversos objetivos:

- Recuperar un componente gaseoso deseado. Eliminar un componente gaseoso no deseado. Se puede tratar de la eliminación de una sustancia nociva de una corriente de gases residuales.
- Obtención de un líquido; un ejemplo sería la producción de ácido clorhídrico por absorción de HCl gaseoso en agua. En la absorción participan por lo menos tres sustancias: el componente gaseoso a separar (adsorbato), el gas portador y el disolvente (adsorbente).

“La absorción de gas en un líquido, ocurre durante el proceso de limpieza por frotamiento, es una operación de unidad de Ingeniería Química estándar, desarrollada desde el punto de vista técnico y relativamente bien comprendida. Cuando se trabaja con concentraciones

⁵¹ ROSS, R. D. (Compilador). *La industria y la contaminación del aire*. 1994. Págs. 492 – 493.

comparativamente elevadas de un gas contaminante (del orden del 1% o más), es práctica frecuente utilizar un sistema de flujo a contracorriente en una unidad tal como una torre de absorción empacada.

Esto tiene la ventaja de que la concentración más baja del contaminante en el gas se encuentra en contacto con el líquido más débil el cual es el líquido absorbente en el que hay menor concentración de gas contaminante. El líquido más concentrado que se separa de la columna de absorción entra en contacto con la concentración más elevada del contaminante. Entonces el líquido absorbente que se utiliza se puede retirar como desecho o se puede tratar de tal manera que sea posible reciclarlo⁵²

3.5.3 CONDENSACIÓN, COMBUSTIÓN

CONDENSACIÓN

Un método de control de la contaminación del aire que casi resulta demasiado obvio mencionar es el proceso de condensación. Este viable para el control de los contaminantes atmosféricos.

“Casi siempre se emplea la condensación cuando las emisiones gaseosas de una industria tienen cantidades abundantes de un compuesto condensable, como en el caso del aire saturado de agua u otro vapor. Puede considerarse sólo un método de tratamiento previo a otros sistemas para eliminar vapores solventes.

Los factores determinantes son: 1) la gran economía del método de recuperación y 2) los límites en el aire de salida en la corriente de gas.

Entre los condensadores más usuales para determinadas situaciones en que se utilice este proceso se tiene:

- a) Condensadores de cubierta y tubo
- b) Condensadores tubulares enfriados con aire.
- c) Condensadores de contacto directo.⁵³

⁵² STRAUSS, W. y S.J. Mainwaring. *Contaminación del aire. Causas efectos y soluciones*. 2002. Págs. 105 – 106.

⁵³ ROSS, R. D. (Compilador). *La industria y la contaminación del aire*. 1994. Págs. 489 – 490.

COMBUSTION

La combustión implica el tratamiento de los contaminantes del hidrocarburo combustible y del monóxido de carbono mediante su oxidación completa a dióxido de carbono y agua. En algunos casos está presente una cantidad de hidrocarburo para soportar la combustión sin adición de material combustible extra. En este caso el material simplemente se transfiere dentro una cámara de combustión diseñada para este propósito.

Las cámaras se diseñan para mantener los gases a 700 °C durante cerca de medio segundo. En la práctica se ha encontrado que este tiempo es suficiente para una combustión completa. Si hay una energía térmica suficiente en los hidrocarburos de la corriente de gas, se suministra material combustible adicional. Ya sea gas o petróleo o combustible ligero, el cual puede quemarse por separado, en el caso de gas, mezclarse con el gas de desecho contaminado.

Procesos de Combustión

“La destrucción de un gas o vapor contaminante por medio de un proceso de combustión se llama incineración. En la actualidad quizá la incineración sea el método más utilizado para la destrucción de los vapores orgánicos que emanan de una industria. El problema más frecuente para el tratamiento de las emisiones gaseosas es su volumen total. Generalmente la concentración del contaminante es bastante baja, pero el volumen de las emisiones es grande.

En la incineración, al igual que en otros equipos de tratamiento de gases, es importante conocer varios datos antes de empezar a diseñar el sistema. Son los siguientes: 1) temperatura, 2) volumen, 3) componentes químicos, 4) punto de condensación y 5) concentraciones de los contaminantes toleradas en la atmósfera.

Hay tres sistemas de incineración fundamentales de emisiones gaseosas de desecho y son las siguientes:

1. Incineración de flama directa
2. Incineración térmica
3. Incineración catalítica⁵⁴

Este ha sido el último tema del capítulo 3, ahora se da paso al capítulo 4, el último.

⁵⁴ ROSS, R. D. (Compilador). *La industria y la contaminación del aire*. 1994. Págs. 501 – 509.

CAPÍTULO IV

RESIDUOS SÓLIDOS

4. RESIDUOS SÓLIDOS

“Los residuos sólidos se definen como aquellos desperdicios que no son transportados por el agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar. En el caso de los Residuos sólidos municipales se aplican términos más específicos a los residuos alimenticios putrescibles (biodegradables), llamados basura y a los residuos sólidos no putrescibles, los cuales se designan simplemente como desechos.”⁵⁵

El conocimiento de los orígenes y los tipos de residuos sólidos, así como los datos sobre la composición y las tasas de generación, es básico para el diseño y la operación de los elementos funcionales asociados con la gestión de residuos sólidos.

4.1 TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS

“Los orígenes de los residuos sólidos en una comunidad están en general relacionados con el uso de suelo y su localización.

Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, las siguientes categorías son útiles: 1.- doméstico, 2.- comercial, 3.- institucional, 4.- construcción y demolición, 5.- servicios municipales, 6.- zonas de plantas de tratamiento, 7.- industrial. 8.- agrícola.

En la tabla siguiente donde los residuos sólidos urbanos normalmente se suponen incluyen a todos los residuos de la comunidad con la excepción de los residuos de procesos industriales y de los residuos agrícolas.

La siguiente tabla muestra los tipos de residuos sólidos:

⁵⁵ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 568.

FUENTE	INSTALACIONES, ACTIVIDADES O LOCALIZACIONES DONDE SE GENERAN	TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura.	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, hojas en la calle, residuos especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de línea blanca, baterías, pilas, aceites, neumáticos), residuos domésticos peligrosos.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, hoteles, moteles, imprentas, edificios de oficinas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	Mismos que fuente comercial
Construcción y demolición	Lugares: de construcción, de reparación o renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
Servicios municipales	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques, playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, basura, barraduras de la calle, recortes de árboles y plantas, residuos de cuencas, residuos generales de parques, playas y zonas de recreo.
Plantas de tratamiento: incineradoras municipales	Aguas residuales y procesos de tratamiento industrial, etc.	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de fangos.
Residuos sólidos urbanos	Todos los citados anteriormente	Todos los citados anteriormente
Industrial	Construcción, fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Residuos no industriales incluyendo residuos de comida, basura, ceniza, residuos de demolición y construcción, residuos especiales, residuos peligrosos.
Agrícola	Cosechas de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, etc.	Residuos de comida, residuos agrícolas, basura, residuos peligrosos.

Tabla 4.1.- Tipos de residuos sólidos"⁵⁶

⁵⁶ TCHOBANOGLOUS, George, et. al. *Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 1*. 1994. Págs. 46 - 48.

Los residuos domésticos y comerciales, consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales.

Los residuos especiales de origen doméstico y comercial (muebles, lámparas, librerías, gabinetes de archivos, lavavajillas, lavadoras, secadoras, etc.) se manipulan separadamente de los otros residuos especiales.

Los residuos peligrosos han sido clasificados en tres categorías generales; 1) residuos listados, 2) residuos peligrosos característicos, 3) otros residuos peligrosos.

4.1.1 DESECHOS MUNICIPALES

“Se puede decir que en los desechos municipales se encuentran casi todos los residuos sólidos existentes, aun aquellos que no consisten en una responsabilidad municipal como cenizas de plantas generadoras de electricidad alimentadas con carbón, lodos de plantas para el tratamiento de aguas residuales, desechos de minas, etc. En la actualidad casos como estos últimos generan más residuos que los municipales, por ejemplo; los residuos de una planta procesadora de alimentos genera más residuos que ni en los hogares o granjas.

Densidad

La densidad de los residuos sólidos municipales varía con la composición de los mismos y su grado de compactación. Los valores representativos van desde una densidad no compactada de 150 kg/m^3 hasta 800 kg/m^3 para desechos pulverizados y enterrados.

COMPONENTES	DENSIDAD EN KG/M^3
Papel, cartón, plásticos	80
Residuos de alimentos	300
Escombros diversos	160
Ceniza, polvos, ladrillos, metal ferroso,	480
Residuos sólidos municipales	150
Envases de lata	90
Residuos de jardín	100

4.2.- Densidad de los residuos sólidos municipales.

Procesamiento de RSM

Los residuos sólidos municipales se pueden procesar localmente en los edificios residenciales, comerciales e industriales para reducir el volumen de residuos y recuperar materiales reciclables.

Algunos procesamientos locales pueden ser:

1. Molinos. Son los molinos de basura domésticos que trituran residuos de alimentos para convertirlos e suspensión.
2. Compactadores. Reducen el volumen de los residuos hasta un 70% pero solo manejan ciertos residuos.
3. Formadores de abono. Es convertir el patio trasero de las casas como un medio para la conversión de abono y así reducir la cantidad de basura orgánica.

Conversión de los RSM

La incineración. Los incineradores municipales son de tipo de combustión continua y tienen una construcción de pantalla de agua, en la cámara de combustión, en lugar del típico y antiguo recubrimiento refractario. La temperatura de combustión en los incineradores alimentados solo con residuos es de 760 °C en el horno principal y más de 870 °C en la cámara de combustión secundaria.⁵⁷

4.1.2 DESECHOS INDUSTRIALES

Según la clasificación industrial estandarizada (SIC), los residuos sólidos industriales excluyendo residuos de proceso son:

Código	SIC	Procesos generadores de residuos	Residuos específicos esperados
19	Pertrechos militares	Fabricación y montaje	Metales, plásticos, goma, papel, madera, tela, rechazos químicos
20	Comida y productos asociados	Procesamiento, empaquetamiento, transporte	Carnes, grasas, aceites, huevos, vísceras, vegetales, frutas, frutos secos, cáscaras y cereales.
22	Productos de fabricas de tejidos	Tejido, elaboración, tintado y transporte	Rechazo de tejido y fibras
23	Ropa y otros productos elaborados	Corte, costura, encolaje, planchado	Tejidos, fibras, metales, plásticos, goma
24	Madera y productos de madera	Aserraderos, maquinaria de planta, contenedores de madera, productos misceláneos de madera, fabricación	Madera no útil, viruta, serrín, en algunos casos metales, plásticos, fibra, pegamentos, sellantes,

⁵⁷ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Págs. 569 – 571.

			pintura, disolventes
25a	Muebles, madera	Fabricación de muebles del hogar y oficina, tabiques, instalaciones fijas de tiendas, y oficinas, somieres	Los mismos del código 24; además, tejidos y rechazo de relleno
25b	Muebles, metal	Fabricación de muebles del hogar y oficina, cerraduras, muelles de colchón, estructuras	Metales, plásticos resinas, vidrio, goma, adhesivos, tejidos, papel
26	Papel y productos asociados	Fabricación de papel, conversión de papel y cartón, fabricación de cajas y contenedores de cartón	Rechazos de papel y fibras, productos químicos, recubrimientos de papel, tintas, pegamentos, grapas, etc.
27	Impresión y edición	Edición de periódicos, impresión, fotografía, grabados y encuadernación de libros	Papel, papel de periódicos, cartón, metales, productos químicos, tejidos, tintas, pegamentos
28	Productos químicos y productos relacionados	Fabricación y preparación de productos químicos inorgánicos	Productos químicos inorgánicos y orgánicos, metales, plásticos, goma, vidrio, aceites, disolventes, pigmentos.
29	Refinería de petróleo e industrias relacionadas	Fabricación de materiales de pavimentación y tejados	Asfalto y alquitranes, fieltros, amiantos, papel, tejido, fibra
30	Goma y diversos productos plásticos	Elaboración de goma y productos plásticos	Goma y plásticos no útiles, negro de humo, compuestos de curado, tintas
31	Cuero y productos de cuero	Curtido y acabado de cuero; fabricación de tinta y envases de cuero	Cuero no útil, hilo, tintas, aceites, compuestos de procesamiento, y curado
32	Productos de piedra, arcilla y vidrios	Fabricación de vidrio en planchas, fabricación y formación de vidrio, fabricación de hormigón, yeso, formación y procesamiento de piedra y productos de piedra, abrasivos, amianto y productos misceláneos no minerales	Vidrio, cemento, arcilla, cerámica, yeso, amianto, piedra, papel, abrasivos
33	Industrias primarias de metal	Operaciones de fusión, fundición, forjado, revenido, laminado, embutición y extrusión.	Chatarra d metales féreos y no féreos, escoria, arena, machos y modelos par moles, agentes de cohesión.
34	Productos fabricados de metal	Fabricación de latas metálicas, herramientas, ferretería en general, aparatos de calefacción no eléctricos, instalaciones de fontanería, productos estructurales prefabricados, alambre, maquinaria, equipamiento de agricultura, recubrimiento, y grabación de metal.	Metales, cerámica, arena, escoria, laminas, recubrimientos, disolventes, lubricantes, licores de los baños, limpiadores de metales

35	Maquinaria eléctrica	no	Fabricación de equipamiento de construcción, minería, elevadores, escaleras mecánicas, transportadoras, camiones industriales, tráileres, apiladoras, herramientas de mecánica, etc.	Escoria, arena, machos de metales, chatarra metálica, madera, plásticos, resina, goma, tejido, pintura, disolventes, productos de petróleo
36	Eléctrica		Fabricación de equipamiento eléctrico, electrodomésticos, aparatos de comunicación, operaciones de mecánica, revenido, encofrado, soldadura, estampado, devanado, pintura, cocción	Chatarra metálica, negro de carbón, vidrio, metales raros, goma, plásticos, resinas, fibras, rechazos de tejido.
37	Equipamiento transporte	de	Fabricación de vehículos motorizados, carrocerías de camiones o autobuses, piezas y accesorios de vehículos motorizados, aviones, construcción y reparación de barcos, motocicletas y bicicletas, etc.	Chatarra metálica, vidrio, fibra, madera, goma, plásticos, tejidos, pintura, disolventes, productos de petróleo
38	Instrumentos utilización profesional científica	de y	Fabricación de instrumentos de ingeniería, laboratorios, investigación, equipamiento asociado	Metales, plásticos, resinas, vidrio, madera, goma, fibra, abrasivos
39	Fabricación miscelánea		Fabricación de joyas, platería, objetos bañados en plata, juguetes, bienes de recre, deporte y atletismo, novedades de ropa, botones, escobas, cepillos, tableros de anuncios	Metales, vidrio, plásticos, resinas, cuero, goma, hueso, tejido, paja, adhesivos, pintura, disolventes, materiales compuestos.

Tabla 4.3.- Fuentes y tipos de residuos industriales.⁵⁸

4.1.3 DESECHOS PELIGROSOS

"El término *residuos peligrosos* significa: un desecho sólido o combinación de ellos que a causa de la cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas puede:

- Causar o contribuir de manera significativa a un aumento en la mortalidad o un incremento en una enfermedad grave irreversible o reversible que reduzca incapacidad; o
- Plantear un peligro presente o potencial considerable para la salud humana o el ambiente cuando se trata, almacena, transporta, elimina o maneja de alguna otra manera incorrectamente"⁵⁹

⁵⁸ TCHOBANOGLOUS, George, et. al. *Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 1*. 1994. Págs. 51-54

⁵⁹ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 621.

“Residuos Radioactivos

Abarcan a cualquier tipo de material que contiene radionucleicos o está contaminado por ellos en proporciones superiores a los límites fijados por la autoridad reguladora y que no se prevé utilizar o aprovechar. Los residuos radioactivos son los materiales que emiten radioactividad. Los mismos poseen las siguientes características:

-Elevada Peligrosidad: Cantidades muy pequeñas, pueden originar dosis de radiación peligrosas para la salud humana.

-Gran duración. Algunos de estos isótopos, permanecerán emitiendo radiaciones decenas y cientos de años.

Residuos Patogénicos

Son todos aquellos desechos o elementos materiales en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que presentan características de toxicidad y/o actividad biológica que puedan afectar directa o indirectamente a los seres vivos y causar contaminación del suelo, del agua o la atmósfera; que sean generados con motivo de la atención de pacientes (diagnóstico, tratamiento, inmunización o provisión de servicios a seres humanos o animales), así como también en la investigación y/o producción comercial de elementos biológicos.

Entre los distintos tipos de residuos patogénicos podemos nombrar: jeringas, guantes usados, restos de sangre, fluidos humanos y de animales, restos de órganos, elementos punzantes contaminados y todo aquel material que haya tenido contacto con microorganismos potencialmente patógenos.

Residuos Agrícolas

En este, están incluidos los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal) y los productos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas, hasta las harineras y el tabaco, industrias vinícolas, etc.

Los dos grupos de residuos, se generan por necesidades forestales, no energéticas, y son materiales que no tienen calidad suficiente para otras aplicaciones que no sean las energéticas. Los residuos de la agricultura, también pueden generar envases y plásticos. Estos últimos son especialmente abundantes cuando se emplea el sistema invernadero y suponen un grave problema por la difícil degradación en el medio ambiente.

También hay que destacar la elevada concentración de productos químicos fitosanitarios, como venenos, plaguicidas y fungicidas, así como envases de estos productos.

Residuos Industriales

Es cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor productor o generador, no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.⁶⁰

4.2 RECOLECCIÓN

La recolección es la etapa más importante en términos de costos dentro de la gestión de los residuos.

La recolección la realizan en general cuadrillas de hombres con equipos de recolección consistente en camiones de diversas características.

El sistema de recolección más satisfactorio que pueda proporcionarse a la población resultará después de un estudio cuidadoso en donde inciden numerosos factores como:

- Tipo de residuo producido y cantidad
- Característica topográfica de la ciudad
- Clima
- Zonificación urbana
- Frecuencia de recolección
- Tipo de equipo
- Extensión del recorrido
- Localización de la basura
- Organización de las cuadrillas
- Rendimiento de las cuadrillas
- Responsabilidades

El punto de recolección más adecuado es la recogida en la acera, porque reduce el tiempo necesario para cada servicio. La recolección de basuras se realiza generalmente de día en las zonas residenciales y durante la noche en las zonas comerciales de las grandes ciudades, para evitar problemas con el tráfico.

⁶⁰ <http://www.cesc.com.mx/Tipos de Residuos> Citado 05 de octubre de 2009.

4.3 RELLENO SANITARIO

“El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura.

Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

4.3.1 TIPOS DE RELLENO

Se manejan tres tipos de rellenos:

a) Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc.

b) Relleno sanitario semimecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos municipales (RSM) en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado.

c) Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen –menos de 15 t/día–, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

4.3.2 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario.

Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. Es de anotar que existen experiencias de excavación de trincheras de hasta siete metros de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra.

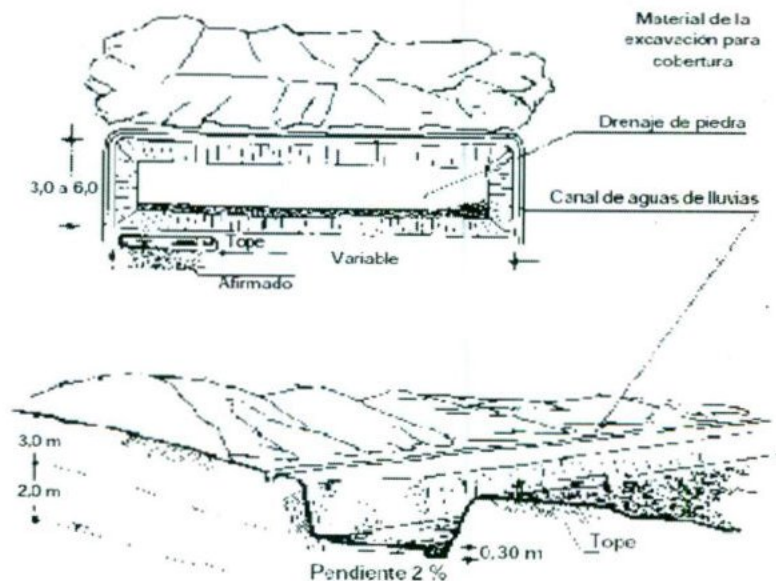


Figura 4.1.- Modelo de trinchera, para un Relleno Sanitario.

Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18.4 a 26.5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3.5%.

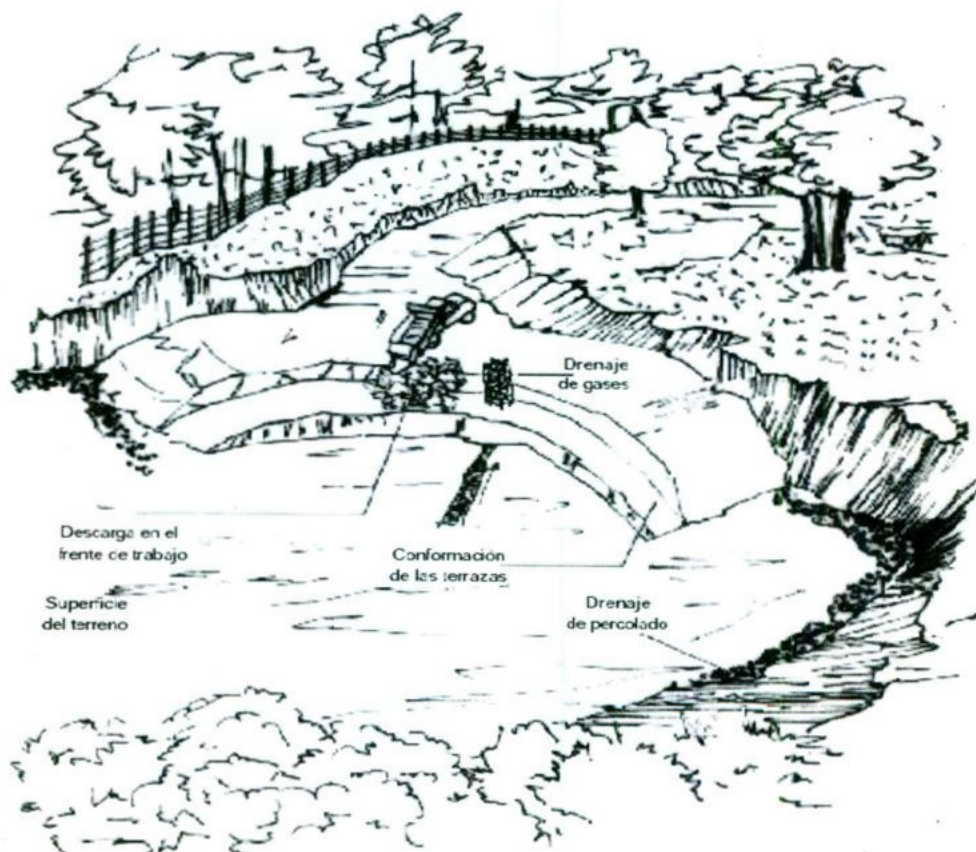


Figura 4.2.- Método de área, para un Relleno Sanitario.

Combinación de ambos métodos

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados.

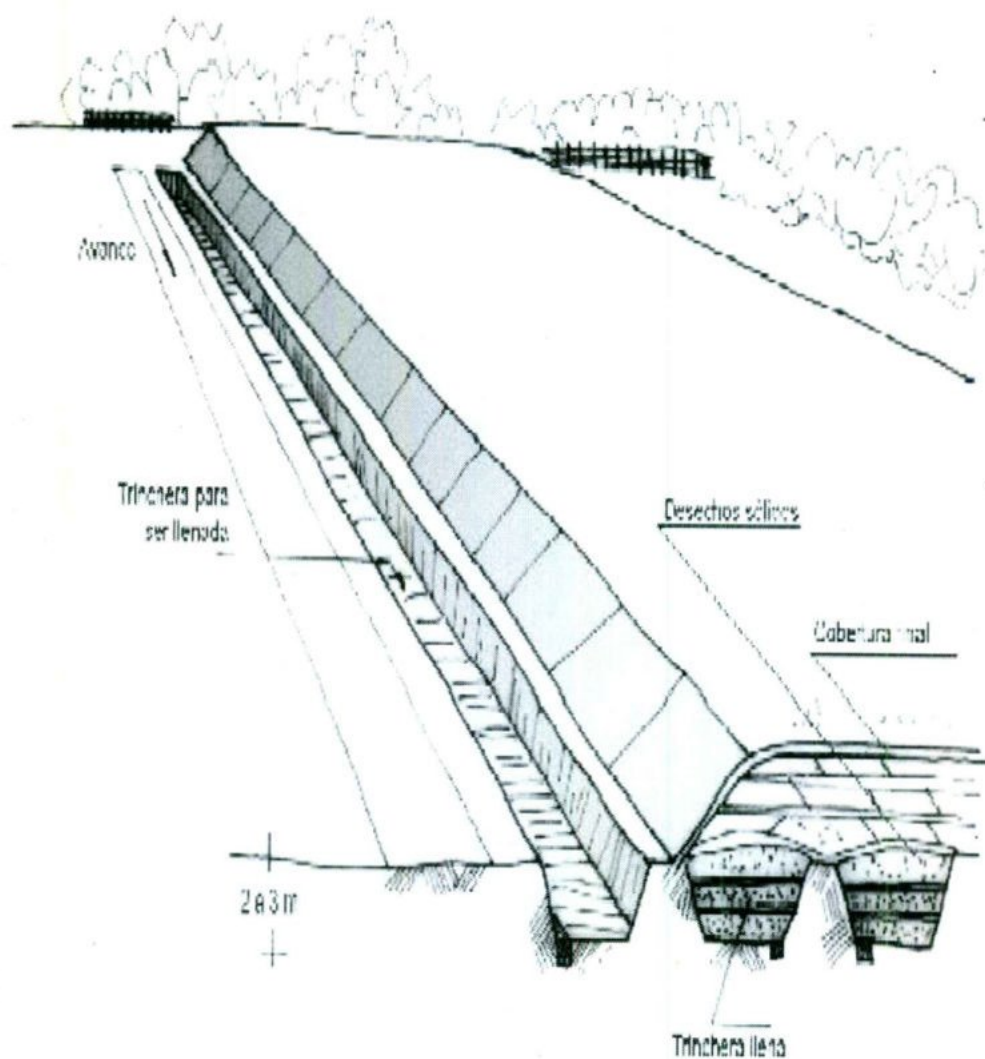


Figura 4.3.- Combinación de los métodos de área y trinchera para un Relleno Sanitario.

Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario

Ventajas	Limitaciones
1. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de composta.	1. La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (no en mi patio trasero), por diversas razones: <ul style="list-style-type: none"> • La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario. • Se asocia el término relleno sanitario al de botadero cielo abierto. • La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra. • La falta de saneamiento legal del lugar.
2. Tiene menos costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.	2. El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
3. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.	3. La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.
4. Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.	4. No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.
5. Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.	5. La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
6. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.	6. Se requiere de un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.
7. Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.	7. Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo sino se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos de las vías que confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.
8. Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de recursos.	8. Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.
9. Se considera flexible por que puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.	9. En general, no puede recibir residuos peligrosos.

Tabla 4.4.- Ventajas y desventajas de un relleno sanitario.

4.3.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE UN RELLENO SANITARIO

Se considera oportuno resaltar algunos puntos básicos:

- Supervisión constante, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones.
- Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento
- La basura de la celda, es otro factor importante tener en cuenta: para el relleno sanitario manual, se recomienda una altura entre 1 metro a 1.5 m para disminuir los problemas de hundimiento y lograr mayor estabilidad
- El recubrimiento diario, es indispensable el recubrimiento diario con una capa de 0.10 a 0.20 m de tierra o material similar
- La compactación, de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.20 a 0.30 m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda.
- De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio
- Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico ambiental.
- Desviar aguas de escorrentía, para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario
- Control y drenaje de percolados y gases, para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente
- Recubrimiento final, de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología para cobertura diaria: además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

Importancia de la cobertura

El cubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito de esta obra. Ello debe cumplir las siguientes funciones:

- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Reducir los malos olores.
- Disminuir la entrada de agua de lluvia a la basura.
- Orientar los gases hacia los drenajes para evacuarlos del relleno sanitario.
- Darle al relleno sanitario una apariencia estética aceptable.
- Servir como base para las vías de acceso internas.
- Permitir el crecimiento de vegetación.⁶¹

⁶¹ JARAMILLO, Jorge. *Manuales. Residuos Sólidos Municipales. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. 1991. Págs. 16 – 27.

4.4 INCINERACIÓN

“La incineración de los desechos sólidos logra una reducción del volumen dejando un material inerte (escorias y cenizas) cerca del 10% del inicial y emitiendo gases durante la combustión. Tal reducción es obtenida en hornos especiales en los que se puede garantizar aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas. Una mala combustión generará humos, cenizas y olores indeseables.

La técnica de la incineración, a excepción de cuando se usa en los residuos hospitalarios, no es recomendable para los países en vías de desarrollo y menos aún para las pequeñas poblaciones, debido a las siguientes causas:

- Se requiere de un elevado capital inicial.
- Altos costos operativos.
- Se necesitan técnicos bien calificados.
- Su operación y mantenimiento son complejos y presentan muchos problemas.
- No es flexible para adaptarse a tratar mayores cantidades adicionales.
- En ocasiones requiere de combustible auxiliar, ya que el poder calorífico de la basura es bajo y contiene mucha humedad.
- Se requieren equipos de control para evitar la contaminación del aire, ya que ningún incinerador produce una emisión enteramente libre de contaminantes.

4.5 REUTILIZACIÓN

“En la recuperación de residuos sólidos se implican tres categorías:

- **La reutilización** o reuso directo de un producto o material que se ha limpiado, reparado (cajas de cartón, botellas y envases).
- **El reciclaje**, proceso mediante el cual los desechos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel, cartón, metales, plásticos, etc.).
- **Uso constructivo y transformación** de desechos diferentes productos (composta o recuperación de tierras por relleno sanitario) o fuente de energía (biogás).⁶²

Cabe mencionar que en los países de primer mundo (de hecho son los que se especializan en la gestión de residuos sólidos) el reciclaje y la reutilización son dos procesos alternos en el manejo de los residuos sólidos. Sin embargo están condicionados por los siguientes factores:

⁶² JARAMILLO, Jorge. *Manuales. Residuos Sólidos Municipales. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. 1991. Págs. 8 – 11.

“Identificación de las posibilidades de reutilización – reciclaje

Los gestores encargados del desarrollo de un programa de reciclaje deben tener en cuenta los mercados para los materiales recuperados, la infraestructura de recogida y el costeo global. El mercado para los materiales recuperados existe solamente cuando los fabricantes o procesadores necesitan estos materiales o pueden usarlos como sustitutos rentables de materias primas por tanto, el mercado depende de la calidad de los materiales, de la capacidad global de la industria y del costeo de las materias primas en competencia.

En la mayoría de los casos, los materiales recuperados son inferiores en calidad a los materiales vírgenes, por lo que el precio en el mercado tiene que ser atractivo para los compradores. También se crean mercados con una legislación que desarrolle una demanda a largo plazo y con los avances tecnológicos.

Cumpliendo las especificaciones para materiales recuperados

Los procesadores y los usuarios finales de los materiales recuperados requieren que los materiales sean homogéneos y estén libres de contaminantes que producirían efectos en los productos o daños en la maquinaria.

Muchos compradores también requieren que el material empacado esté compactado en materiales y pesos específicos. Algunas industrias se adhieren normativas estrictas y no pueden tolerar incluso, niveles muy bajos de contaminación, por ejemplo fabricantes de recipientes de vidrio.

Otros procesan los materiales lo suficientemente como para casi todos los materiales extraños por ejemplo; compradores de latas de hojalata y aluminio. Por lo general hay menos contaminación en los materiales separados en origen, pero la recogida requiere más mano de obra, y muchas comunidades eligen seleccionar todos los materiales en una instalación centralizada de recuperación de materiales (IRM).

En muchas regiones, los mercados para los materiales no están manteniendo el ritmo del volumen recogido y se prevé que los compradores van a ser más exigentes con las especificaciones, en consecuencia, los vendedores ya no tendrán mercados asegurados y estarán en competencia para vender los materiales.

Como las especificaciones para los materiales recuperados se hacen cada vez más restringidas, los gestores de programas de recuperación deberían tener en cuenta las especificaciones de los compradores en el momento de elegir los sistemas de recogida y selección, especialmente cuando quedan implicadas grandes inversiones.

Por tal razón considero que el reciclaje toma mayor ventaja al proceso de reutilización.

Para todos los Residuos Sólidos presentados en este capítulo (vidrio, metales, cartón, papel, latas de aluminio, etc.) existe un proceso de reutilización y de reciclaje.

Reciclaje de los materiales

El reciclaje de los materiales implica 1.- la recuperación de materiales del flujo de residuos, 2.- el procesamiento intermedio, como puede ser la selección y la compactación, 3.- el transporte, 4.- el procesamiento final, para proporcionar materia prima para los fabricantes o bien un producto final.

Las principales ventajas del reciclaje son la conservación de los recursos naturales y del espacio del vertedero. Sin embargo, la recogida y transporte de materiales requiere más cantidades sustanciales de energía y mano de obra e históricamente, la mayoría de los programas de reciclaje han tenido y tiene subvenciones económicas.

Los requisitos del éxito de un programa son: la existencia de una fuerte demanda para los materiales recuperados y un valor de mercado para los materiales que sea suficiente como para cubrir los costos de energía y transporte.

Cuestiones clave para el reciclaje de materiales

Las cuestiones fundamentales en el reciclaje de materiales incluyen la identificación de: 1.- los materiales que van a desviar el flujo de residuos, 2.- las posibilidades de reutilización y reciclaje, 3.- las especificaciones de los compradores de materiales recuperados.⁶³

4.6 TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS PELIGROSOS

Entre los tratamientos más importantes para los residuos sólidos peligrosos (químicos: industria, agricultura, etc.; nucleares y radiactivos; médicos: patógenos, etc.), se tienen:

Nucleares

- La incineración es un método de eliminación que supone la combustión de los materiales de desecho. Las instalaciones de incineración y otros tipos de sistemas de tratamiento son a veces descritos como "tratamientos térmicos". Las Incineradoras convierten los desechos en calor, gas, vapor y ceniza.

Las instalaciones de incineración se llevan a cabo tanto a pequeña escala por parte de personas como a gran escala por parte de las industrias. Se utilizan para eliminar desechos sólidos, desechos líquidos y gaseosos. Es reconocido como un método práctico para la eliminación de determinados residuos peligrosos (tales como desechos médicos). La

⁶³ TCHOBANOGLOUS, George, et. al. *Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 2.* 1994. Págs. 807 - 808.

incineración es un método polémico para la eliminación de desechos, debido a cuestiones tales como la emisión de gases contaminantes.

-Confinamiento controlado. Consiste en utilizar barras naturales y/o artificiales con el fin de separar este tipo de desechos al hombre para evitar que los radio-nucleótidos lleguen al medio ambiente o el hombre hasta que su actividad haya bajado hasta niveles inocuos, de forma que no causen daño, el confinamiento puede ser quizá a perpetuidad.

-Barrera de ingeniería. Consisten en la construcción de barreras donde se coloca el residuo. Estas instalaciones están compuestas de estructuras, blindajes y otros sistemas con el fin de mejorar el primer aislamiento.

-Barrera geológica. Es el medio de la corteza terrestre donde se colocan los residuos con el propósito de retardar el acceso de lo radio-nucleótidos al hombre, en caso de que fallen las barreras anteriores.

Médicos

-Esterilización por Autoclave. El autoclave es un aparato de paredes resistentes y con cubierta que se cierra por la propia presión y a través de la misma, a temperaturas elevadas destruye gérmenes patógenos y reduce el volumen de los mismos en un 75% aproximadamente.

Dicha tecnología consiste en que los residuos ingresen a una cámara herméticamente cerrada, donde se realiza la esterilización y trituración de los desechos a una presión aproximada de 2.1 atmósferas y una temperatura de entre 137 a 160 °C (dependiendo del tipo de autoclave). Los residuos, luego de ser sometidos a este tipo de tratamiento, son inertes biológicamente, debido a que durante el proceso, se eliminan todos los microorganismos y esporas de bacterias.

Incineración pirolítica. Es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura en el cual los residuos peligrosos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y residuales sólidos incombustibles (cenizas).

Químicos

-En las prácticas agrícolas tradicionales, casi todos los restos se aprovechaban. Se quemaban para obtener energía; abonar los campos; la paja servía para alimentar el ganado, etc. Los métodos modernos de explotación del campo han convertido en residuos muchos de estos restos antes aprovechables. En la actualidad, no hay ganado que trabaje los campos y la paja ha perdido su valor porque es más rentable alimentar al ganado con piensos compuestos; los abonos químicos son más baratos que los orgánicos que exigen ser manipulados.

Los residuos de estas actividades tienen un alto contenido energético. Antes se aprovechaban quemándolos, pero en la actualidad se está obteniendo gas metano por la fermentación de la biomasa.

"-El tratamiento químico es un componente indispensable de la mayor parte de las operaciones de tratamiento de residuos peligrosos. Algunas aplicaciones comunes son:

- Oxidación (de cianuro a cianatos, por cloración alcalina).
- Reducción (de Cr_6 , con SO_2)
- Precipitación (de Cd, Hg, et., con sulfuros)
- Ajuste de pH (de lechada de cal con el licor agotado de baños limpiadores de metales)
- Intercambio iónico (extrae las sustancias inorgánicas metálicas y no metálicas)
- Estabilización/solidificación (de lodos orgánicos y de suelos contaminados con agentes que se unen)

Las sociedades industrializadas manejan centros de tratamientos de residuos peligrosos (con tecnología de punta) donde utilizan los siguientes medios:

- Incineración a altas temperaturas (1200 °C o más) para deshacerse de residuos orgánicos como lodos aceitosos, PCB y plaguicidas prohibidos.
- Diversos tratamientos fisicoquímicos (TFQ) para tratar residuos inorgánicos (y ciertas mezclas de agua y aceite). La estabilización/solidificación de los residuos inorgánicos, especialmente peligrosos también pueden ser deseables como alternativa o complemento de los procesos de tratamiento TFQ más convencionales.
- Un confinamiento controlado para recibir los residuos generados por otros métodos de tratamiento y un volumen limitado de residuos para los cuales son existen sistemas de tratamiento satisfactorios (los residuos que contienen materiales tóxicos como mercurio, arsénico, cadmio). A menos que se disponga de otros depósitos, como minas de sal, un confinamiento controlado es un componente indispensable de cualquier plan de manejo de residuos peligrosos."⁶⁴

Con esto se ha finalizado este compendio de apuntes de la materia de Ingeniería Ambiental.

⁶⁴ HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. 1999. Pág. 654.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, Arreguín Luis Antonio, et.al. (1989) Caracterización fisicoquímica del agua. Manual de laboratorio. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

- BROWN, Leyma. (1998) Química de la Ciencia. Editorial Prentice Hall. México.

- Comisión Nacional de los Derechos Humanos, "La Contaminación Atmosférica en México", Dirección de Publicaciones, México, Agosto 2000.

- CHANG, Raymond. (2002) Química General. Séptima Edición. Mc Graw Hill. México. 946 pp.

- DÍAZ-BÁEZ, M., Espitia, S. y Molina, F. (2002) Digestión Anaerobia una Aproximación a la Tecnología. Unibiblios. Colombia.

- HARDENBERG, W. A. Y Edward B. Rodie. (1984) Ingeniería Sanitaria. CECSA. México. 584 pp.

- HENRY, Glynn J. y Gary W. Heinke. (1999) Ingeniería Ambiental. Editorial Prentice Hall. México. 778 pp.

- HILLEBOE, Hermán E. (Comisionado de Nueva York). (2006) Manual de tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Editorial Limusa. México. 203 pp.

- JARAMILLO, Jorge. (1991) Residuos Sólidos Municipales. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington, D.C.

- MERE, Alcocer Francisco Javier. (2003) Tratamiento y control de la contaminación de Aguas Urbanas. Talleres de Enlaces Gráficos de Querétaro. México.

- METCALF y Eddy. (1997) Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tomo 2. Mc Graw Hill. México.

- MORRIS, Hein y Susan Arena. (2005) Fundamentos de Química. Editorial Thompson Learning. México. 600 pp.

- NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Secretaría del Medio Ambiente e Instituto Nacional de Salud Pública. Fascículo impreso por Grupo Arma S.A. de C.V. México, 2000.

-PRANDO, Raúl R. (1998) Manual de la Gestión de Calidad Ambiental. Editorial Piedra Santa S.A. de C.V. Guatemala. 184 pp.

-RECURSOS ELECTRÓNICOS:

- <http://www.agua.org.mx/Agua en el planeta>. Citado 14 de julio de 2009.
- <http://www.airinfonow.com/espanol/html/preguntas.html> Citado 01 de octubre de 2009.
- http://www.ceamamorelos.gob.mx/secciones/ambiente/monitore9/gases_y_particulas.htm Citado 26 de agosto de 2009.
- <http://www.cesc.com.mx/Tipos de Residuos> Citado 05 de octubre de 2009.
- <http://www.cienciapopular.com/Parasitos en el Hombre>. Citado 29 de agosto de 2009.
- http://www.cintec.ca/spanish/02activities/01solid_waste/01context.htm# Citado 10 de octubre de 2009.
- <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2420> Citado 02 de octubre de 2009.
- <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnso2.htm>. Citado 01 octubre de 2009.
- Microsoft Corporation. (2009) Agua. Microsoft Student.
- Microsoft Corporation. (2009) Química. Microsoft Student.
- Organización Mundial de la Salud, <http://www.who.int/en/>. Citado 01 octubre de 2009.

- <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6372S/x6372s09.htm#> Citado 30 de noviembre de 2009.
 - Microsoft Corporation. (2009) Ciclo del Agua. Microsoft Student.
 - Enciclopedia Electrónica de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Glosario.html>. Citado el 12 de septiembre de 2009.
 - Enciclopedia Electrónica del Agua. Tratamiento y Purificación del Agua. <http://www.bonatura.com>. Citado el 12 de septiembre de 2009.
- RIVEROS, Rosas Héctor, et al. Revista Calidad Ambiental. Origen de los Hidrocarburos en la Atmósfera de la ciudad de México. Volumen 1, Número 9. 2001. México, D.F.
- RODRÍGUEZ, Mellado J.M. y R. Marín Galván. (1999) Físicoquímica de aguas. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España. 446 pp.
- ROSS, R. D. (Compilador). (1994) La industria y la contaminación del aire. Editorial Diana. México.
- STRAUSS, W. y S.J. Mainwaring. (2002) Contaminación del aire. Causas efectos y soluciones. Editorial Trillas. México.
- TCHOBANOGLIOUS, George, et. al. (1994) Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 1. Mc Graw Hill. México. 604 pp.
- TCHOBANOGLIOUS, George, et. al. (1994) Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 2. Mc Graw Hill. México. 684 pp.
- TEBBUTT, T.H.Y. (2002) Fundamentos de control de la calidad del agua. Primera Edición. Editorial Limusa. México. 239 pp.
- VILLEE, Claude A. (1998) Biología. Octava Edición. Editorial Mc Graw - Hill. México. 960 pp.

ANEXOS

ANEXO No. 1 LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

abreviaturas y/o símbolos	significados
DBO = OBD	Demanda Bioquímica de Oxígeno
ppm	Partes por millón
ppb	Partes por billón
DO = OD	Demanda de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
W = Watio	Unidad de potencia a 1 julio por segundo
Milibar	Unidad de presión habitual en meteorología. Sus equivalencias son: 1013 milibares = 1 atmósfera = 760 mm de Hg = 1033.6 g·cm ²
nm	(nanómetro) 10 ⁽⁻⁹⁾ metros
SDT	Sólidos disueltos totales
ST	Sólidos Totales
SV	Sólidos Volátiles
SS	Sólidos suspendidos
UTN	Unidades de turbidez nefelométricas
mg/l	Miligramo sobre litro
CHONS	Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre
SSLM	Sólidos suspendidos en licor mixto
IVL	Índice de densidad de lodos

ANEXO No. 2 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acciones antrópicas. Acciones realizadas por la especie humana. Del griego anthropos (hombre).

Acidez. Son ácidas las disoluciones que tienen un pH menor que 7. Esto significa que su concentración de iones H_3O^+ es mayor que la de iones OH^- . Las disoluciones ácidas corroen los metales, tienen un sabor picante característico (ej.: limón, vinagre, etc.) y pueden producir quemaduras y otros daños si se ponen en contacto con la piel, cuando el pH es muy bajo.

Acuífero. Acumulación de agua subterránea que impregna una capa de terreno impermeable. Se suele situar sobre una capa de materiales impermeables (arcilla o pizarra). Puede estar o cubierto con otra capa impermeable, en cuyo caso se llama acuífero o manto freático confinado.

Acuífero. Una capa en el suelo que es capaz de transportar un volumen significativo de agua subterránea.

Adsorción. Es la adhesión, provocada por atracciones eléctricas o químicas, de las moléculas de un gas, un líquido o una sustancia disuelta en una superficie. Este fenómeno es típico en la superficie del carbón activado, cuando se usa para la eliminación de sustancias orgánicas disueltas y el cloro.

Aereación mecánica. Uso de la energía mecánica para inyectar aire al agua para causar una corriente residual que absorba oxígeno.

Aerobio. Proceso que tiene lugar en presencia de oxígeno.

Agua. Sustancia que a la temperatura media del planeta Tierra es un líquido normalmente inodoro, insípido e incoloro, salvo en grandes cantidades, que es de color azulado; fundamental para la existencia de la vida.

Agua ácida. Agua que contiene una cantidad de sustancias ácidas que hacen al pH estar por debajo de 7.0.

Agua blanda. Cualquier agua que no contiene grandes concentraciones de minerales disueltos como calcio y magnesio.

Aguas brutas. Entrada antes de cualquier tratamiento o uso.

Agua de percolación. Agua que pasa a través de las rocas o del suelo bajo la fuerza de la gravedad.

Agua desmineralizada. Agua que es tratada por medios físicos, sin minerales y está libre de sal.

Agua dulce. Agua no salada, como la que se encuentra en lagos, ríos y arroyos, pero no en los océanos.

Agua dura. Agua que contiene una gran cantidad número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes en el agua. El jabón generalmente se disuelve poco en las aguas duras.

Agua freática. Es el agua subterránea más cercana a la superficie, de gran importancia para el desarrollo de las plantas. Agua subterránea que llena completamente los espacios abiertos

entre las partículas de arena, grava, arcilla, limo y fracturas rocosas consolidadas.

Aguas grises. Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

Aguas naturales:

- a. superficiales, como aguas de lagos, lagunas, pantanos, arroyos con aguas permanentes y/o intermitentes, ríos y sus afluentes, nevados y glaciares;
- b. subterráneas, en estado líquido o gaseoso que afloran de forma natural o por efecto de métodos artificiales;
- c. meteóricas o atmosféricas, que provienen de lluvias de precipitación natural o artificial.

Las aguas naturales según su salinidad se clasifican como sigue:

Tipo de agua sólidos disueltos totales en mg/l

- Dulce menor a 1.500
- Salobre desde 1.500 hasta 10.000
- Salina desde 10.000 hasta 34.000
- Marina desde 34.000 hasta 36.000
- Hipersalina desde 36.000 hasta 70.000

Aguas negras. Aguas que contienen los residuos de seres humanos, de animales o de alimentos.

Agua no potable. Es insegura o desagradable para beber debido a su contenido en contaminantes, minerales o agentes infecciosos.

Agua potable. Agua que es segura para beber y para cocinar.

Aguas receptoras. Un río, un lago, un océano, una corriente de agua u otro curso de agua, dentro del cual se descargan aguas residuales o efluentes tratados.

Aguas residuales brutas. Aguas residuales sin tratar y sus contenidos.

Aguas residuales municipales. Residuos líquidos, originados por una comunidad. Posiblemente han sido formados por aguas residuales domésticas o descargas industriales.

Aguas residuales. Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

Agua salobre. Agua que no está contenida en la categoría de agua salada, ni en la categoría de agua dulce. Esta agua está contenida entre las dos anteriores.

Agua subterránea. Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo; zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

Agua superficial. Toda agua natural abierta a la atmósfera, concerniente a ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.

Agua ultra pura. Una manera de trabajo especializado que demanda la creación de un agua ultra pura. Un número de técnicas son usadas, entre otras; filtración por membrana, intercambio iónico, filtros submicroscópicos, ultra violeta y sistemas de ozono. El agua producto es extremadamente pura y no contiene mucha concentración de sal, componentes orgánicos o pirogénicos, oxígeno, sólidos en suspensión y bacterias.

Alcalinidad. La capacidad ácido neutralizante de una solución. La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido.

Arena. La arena es roca natural y finamente dividida, compuesta de partículas cuyo tamaño varía entre 0.063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Las partículas por debajo de los 0.063 mm hasta 0.004 mm de tamaño en geología se llaman lécamo; y por arriba de la medida del grano de arena se llama grava, de hasta 64 mm.

Biopelícula. Población de varios microorganismos, contenidos en una capa de productos de excreción, unida a una superficie.

Biosfera. Todos los organismos vivos de la Tierra. Reúne, por tanto, a todas las comunidades.

Capilaridad. Agua que sube por encima de un punto de la superficie, no estando en contacto con ninguna superficie sólida. Esto es debido a la adhesión, cohesión y tensión superficial donde el agua está en contacto con una superficie sólida.

Carga del lecho. Restos de partículas sedimentadas sobre o cerca del fondo del canal que son empujadas o ruedan a través del flujo del agua.

Centrifugación. Proceso de separación, el cual usa la acción de la fuerza centrífuga para promover el asiento de partículas que se encuentran mezcladas con líquidos.

Charca de almacenamiento de agua. Una charca para líquidos residuales, diseñada para lograr algún grado de tratamiento bioquímico.

Charca de oxidación. Cuerpo de agua construido por el hombre en el cual los residuos son consumidos por las bacterias.

Ciclo. Longitud de tiempo que un filtro puede ser usado antes de que necesite limpieza, usualmente se incluye el tiempo de limpieza.

Coagulantes. Partículas líquidas en suspensión que se unen para crear partículas con un volumen mayor.

Coágulos. Residuo sólido precipitado en el filtro después de que la filtración tenga lugar.

Conductividad eléctrica. Inversa de la resistividad específica. Se mide en ohm⁻¹ m⁻¹ o Siemens/m. La conductividad depende de la migración de cargas eléctricas (electrones o iones). El agua pura no es buena conductora, pero sí lo es el agua con sustancias iónicas disueltas, por lo que la medida de la conductividad del agua sirve para medir la salinidad.

Conductividad. La cantidad de electricidad que un agua puede conducir. Esta expresada en magnitudes químicas.

Contaminación por nutrientes. Contaminación de las fuentes de aguas por una excesiva entrada de nutrientes. En aguas superficiales, la excesiva producción de algas es la mayor preocupación.

Contaminación. Cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

Demanda Biológica de Oxígeno. Es el oxígeno que se consume en un determinado volumen de agua. Nos indica la materia orgánica presente en el agua, porque cuanto más hay, más activas estarán las bacterias aerobias, y más oxígeno se consumirá. Por tanto si la DBO es alta indica contaminación y mala calidad del agua.

Demanda bioquímica de oxígeno. Oxígeno consumido en la degradación de sustancias oxidables del agua por la acción microbiológica, medido en condiciones estandarizadas. Se expresa en mg de oxígeno por litro. Un valor DBO elevado indica un agua con mucha materia orgánica. El subíndice cinco indica el número de días en los que se ha realizado la medida.

Demanda química de oxígeno. Cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. En contraposición al BOD, con el DQO prácticamente todos los compuestos son oxidados.

Descarga. La liberación de contaminantes que fueron capturados por un medio de filtración.

Digestor anaeróbico. Depósito cerrado en el que se mantiene un tiempo a los lodos procedentes de la fase aeróbica de la depuradora. En él actúan bacterias en ausencia de oxígeno y se termina de digerir la materia orgánica que traía el agua.

Digestor. Tanque cerrado para el tratamiento de aguas residuales, en el cual las bacterias actúan induciendo la ruptura de la materia orgánica.

Drenado. Canalización y extracción de las aguas que impregnan un terreno.

Drenar. Recoger el líquido de un lugar para sacarlo de allí.

Electrólisis. Disociación del agua por electrólisis.- Ruptura de la molécula de agua en moléculas de oxígeno e hidrógeno.

Escherichia coli (E. coli). Bacteria coliforme que está a menudo asociada con el hombre y desechos a animales y es encontrada en el intestino. Es usada por departamentos de salud y laboratorios privados para medir la calidad de las aguas.

Estuario. Región de interacción entre ríos y la orilla de océanos, donde la acción de la marea y el flujo del río mezcla el agua dulce con el agua salada. Por lo tanto los estuarios principalmente consisten en agua salobre.

Eutrófico. Referente al agua que está enriquecida en nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

Eutrofización. Enriquecimiento del agua, la cual causa un crecimiento excesivo de plantas acuáticas e incrementan la actividad de microorganismos anaeróbicos. Como resultado los niveles de oxígenos disminuyen rápidamente y el agua se asfixia, haciendo la vida imposible para los organismos acuáticos aeróbicos.

Filtración de arena. La filtración de arena es frecuentemente usada y es un método muy robusto para eliminar los sólidos suspendidos en el agua. El medio de filtración consiste en múltiples capas para arenas con variedad en el tamaño y gravedad específica. Filtros de arena pueden ser suministrados para diferentes tamaños y materiales ambas manos operan de totalmente de forma automática.

Filtración. Separación de sólidos y líquidos usando una sustancia porosa que solo permite pasar al líquido a través de él.

Filtrado. Un líquido que ha sido pasado a través de un medio de filtro.

Filtro de cartucho. Mecanismo de filtro desechable que tiene un rango de filtración de 0.1 micras hasta 100 micras.

Filtro de vela. Filtro con una apertura relativamente gruesa, diseñado para retener y proteger al medio de filtración de la amplia gama de sustancias.

Filtro por goteo. Unidad de tratamiento de aguas residuales que contiene un medio con bacterias. La corriente del agua residual es goteada a través del medio y las bacterias rompen los residuos orgánicos. Las bacterias son colectadas en el medio de filtración.

Fitoplancton. Organismos microscópicos vegetales que flotan en los ecosistemas acuáticos.

Flóculo. Masa floculada que es formada por la acumulación de partículas suspendidas. Puede ocurrir de forma natural, pero es usualmente inducido e orden de ser capaz de eliminar ciertas partículas del agua residual.

Flotación. Proceso de separación sólido-líquido o líquido-líquido, el cual es aplicado para partículas cuya densidad es más pequeña que la densidad del líquido que las contiene. Hay tres tipos: flotación natural, ayudada e inducida.

Fotosíntesis. El proceso de conversión del agua y el dióxido de carbono a carbohidratos. Esta tiene lugar en presencia de clorofila y es activada por los rayos del sol. Durante el proceso de libera oxígeno. Sólo las plantas y un número determinado de microorganismos pueden realizar la fotosíntesis.

Hulla. Variedad de carbón mineral con un contenido en carbono del orden del 80%. Su poder calorífico es menor que el de la antracita pero mayor que el del lignito. Se utiliza como combustible y para la formación de coque siderúrgico, gas ciudad y alquitrán.

Humus. Palabra latina que significa suelo.

Laguna aireada. Un depósito para el tratamiento de aguas que acelera la descomposición biológica de la materia orgánica estimulando el crecimiento y la actividad de las bacterias, que son responsables de la degradación.

Laguna. Charca poco profunda donde los rayos del sol, la acción de las bacterias y el oxígeno trabajan para purificar el agua residual.

Ley de Stoke. Método para calcular el radio de caída de partículas a través de un fluido, basado en la densidad, viscosidad y tamaño de partículas.

Lixiviación. El proceso por el cual constituyentes solubles son disueltos y filtrados a través del suelo por la precolación del fluido.

Lluvia ácida. Lluvia que tiene un pH extremadamente bajo, debido al contacto con agentes contaminadores atmosféricos tales como óxidos sulfúricos.

Lodo activado. Proceso biológico dependiente del oxígeno que sirve para convertir la materia orgánica soluble en biomasa sólida, que es eliminada por gravedad o filtración.

Lodos residuales. Lodos producidos por un sistema de alcantarillado público.

Lodos. Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.

Microorganismo patógeno. Bacteria, virus u otros organismos de tamaño microscópico que causan enfermedades.

Moléculas. Combinación de dos o más átomos del mismo o de diferente elemento que permanecen junto por enlaces químicos.

Nitrificación. Proceso biológico, durante el cual bacterias nitrificantes convierten el amoníaco tóxico en nitrato para disminuir su efecto dañino. Esto es comúnmente utilizado para eliminar sustancias de nitrógeno de las aguas residuales, pero en lagos y en pantanos esto ocurre de forma natural.

Nivel freático. Superficie que separa la zona del subsuelo inundada con agua subterránea de la zona en la que las grietas están rellenas de agua y aire.

Oxígeno Disuelto. (OD). Es la medida del oxígeno disuelto en el agua, expresado normalmente en ppm (partes por millón). La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura: a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve. Por otra parte si el agua está contaminada tiene muchos microorganismos y materia orgánica y la gran actividad respiratoria disminuye el oxígeno disuelto. Un nivel alto de OD indica que el agua es de buena calidad.

Ozono. O₃. Molécula inorgánica muy oxidante que en la parte baja de la atmósfera es un contaminante que daña los tejidos vivos y el caucho; mientras que en la estratosfera desempeña una importante función al filtrar los rayos ultravioleta. Se usa en algunos tratamientos de purificación del agua.

Partes por billón. Expresado como ppb; unidad de concentración equivalente a µg/l.

Percolar. Acción por la que el agua atraviesa el suelo hacia abajo.

pH. (de factor de Hidrogeniones. Factor escrito como phaktore). Es un número que nos indica la concentración de hidrogeniones de una disolución. El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

Planta de tratamiento. Una estructura construida para tratar el agua residual antes de ser descargada al medio ambiente.

Pre-tratamiento. Proceso utilizado para reducir o eliminar los contaminantes de las aguas residuales antes de que sean descargadas.

Quelantes. Sustancias químicas que provocan que partículas pequeñas se unan entre sí para formar una mayor que precipita con más facilidad. También se suelen llamar floculantes.

Reservorio. Un área natural o artificial sostenida y usada para almacenar agua.

Residuo. Los residuos secos restantes después de la evaporación de una muestra de agua o de lodo.

Salmuera. Solución saturada de cloruro de sodio, se prepara con sal de mar. Esta solución se utiliza en la regeneración de las resinas de intercambio iónico de base débil.

Sedimentación. Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

Solubilidad acuosa. La concentración máxima de un producto químico que se disuelve en una cantidad dada de agua.

Solubilidad del agua. La posible concentración máxima de un compuesto químico disuelto en agua.

Solubilidad. La cantidad de masa de un compuesto que puede disolverse por unidad de volumen de agua.

Tamizado. El uso de tamizadores para eliminar sustancias flotantes gruesas y sólidos suspendidos del sistema de alcantarillado.

Tanque de aireación. Un tanque que se utiliza para inyectar el aire en el agua.

Tratamiento de agua avanzado. Es el nivel de tratamiento de aguas que requiere una reducción del 85 por ciento en la concentración del agente contaminador, también conocido como tratamiento terciario.

Tratamiento de aguas residuales avanzado. Cualquier tratamiento de aguas residuales que incluye el retiro de nutrientes tales como fósforo y nitrógeno y un alto porcentaje de sólidos suspendidos.

Tratamiento físico y químico. Proceso generalmente usado para facilitar el tratamiento de aguas residuales. Proceso físico es por ejemplo la filtración. Tratamiento químico puede ser por ejemplo la coagulación, la cloración, o el tratamiento con ozono.

Tratamiento terciario. Limpieza avanzada de aguas residuales que va más allá del secundario o el estado biológico, eliminando nutrientes como el fósforo, nitrógeno y la mayoría de la DBO y sólidos suspendidos.

Zooplankton. Organismos microscópicos animales que flotan en los ecosistemas acuáticos.

Definiciones Interpretadas teniendo como referencias:

- Enciclopedia Electrónica de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Glosario.html>. Citado el 12 de septiembre de 2009.
- Enciclopedia Electrónica del Agua. Tratamiento y Purificación del Agua. <http://www.bonatura.com>. Citado el 12 de septiembre de 2009.

ANEXO NO. 3

Evaluación de un Impacto Ambiental

Se presenta un ejemplo generalizado de un estudio de impacto ambiental, se destacan los aspectos importantes para un Ingeniero Civil.

Evaluación de Impacto Ambiental de un relleno sanitario

Generalidades

El tratamiento de los residuos sólidos por el método del relleno sanitario es considerado como una técnica de disposición final de los mismos minimizando los perjuicios al medio ambiente y los peligros para la salud y seguridad pública. Se pretende evaluar los impactos positivos y negativos debido a la operación de un relleno sanitario.

Las principales fuentes contaminantes de un relleno sanitario son los líquidos lixiviados, que pueden contaminar los acuíferos, el biogás, producto de la descomposición anaerobia de los residuos, barros compostados y los residuos livianos que pueden volarse por acción del viento. A esto se puede agregar un impacto visual negativo durante la operación.

El área se presenta con un terreno de forma triangular con el lado mayor paralelo a la autopista que constituye su límite Norte. Está atravesado por dos cursos de agua donde descargan clandestinamente los líquidos residuales provenientes del área urbana circundante, los cuales luego de unificarse atraviesan una gran extensión desocupada y desaguan a un cuerpo receptor.

El parque recreativo existente en ese sector, constituye una infraestructura deportiva a tener en cuenta frente a una posible relación con el proyecto de uso final del área de relleno.

Entre la masa forestal descrita, la autopista y el curso de agua ubicado al oeste se ha efectuado una excavación produciendo una depresión cuya planta es de forma rectangular, aproximadamente de 300 metros de largo y 150 metros de ancho y con una profundidad máxima de 8,50 metros, con respecto a la cota del terreno natural.

Marco legal

Es necesario recopilar leyes, decretos, ordenanzas y toda la legislación relacionada con el tema como:

- Gestión de residuos en todas sus etapas. Almacenamiento, transferencia, recolección, transporte, etc.
- Protección del medio ambiente, aire, agua, suelo.
- Normas que se refieran a la salubridad, seguridad e higiene del personal y de las poblaciones aledañas.

Subsistema natural

Clima: Deberá efectuarse un estudio climatológico sobre la zona dado que resulta necesario para realizar las tareas, tener el conocimiento del régimen de lluvias, vientos predominantes, humedad y temperaturas extremas.

Las influencias del clima sobre el relleno son:

- a. Lluvias: largos períodos de lluvias causan grandes problemas en el desplazamiento y maniobra de los camiones recolectores, debiendo haber caminos con rodamiento adecuado. También aumenta el volumen de lixiviados producido por aquellas celdas del relleno sanitario que en ese momento se estén operando. Tiene que haber una adecuada red de canalizaciones y obras hidráulicas que permitan el rápido desagote de las aguas hacia los cuerpos receptores.
- b. Sequía: durante temporada de sequías la circulación de vehículos produce polvos, los cuales deben evitarse con el riego de los caminos con agua de camiones especiales.
- c. Vientos: la acción intensa de los vientos hace necesaria la construcción de defensas que detengan los materiales livianos que se encuentran en los residuos dispuesto o los residuos a disponer.
- d. Altas temperaturas: Favorece la fermentación de los residuos y dada su composición, rica en contenidos orgánicos, llega a producir fenómenos de autocombustión y olores desagradables, que se evita con la cobertura sistemática de los sólidos dispuestos con tierra.
- e. La humedad relativa: Si baja, favorece el proceso de evaporación del agua de la materia orgánica y el agua que forma parte de los lixiviados. De esta manera disminuye el volumen de lixiviados, pero se secan los residuos, aumentando el riesgo de autocombustión.

Estudios topográficos: La compatibilización de los niveles del proyecto del relleno sanitario con el relevamiento planimétrico y las dimensiones del terreno, resulta fundamental para:

1. Seleccionar y diseñar los frentes de trabajo;
2. La ubicación de los controles;

3. Establecer métodos de operación;
4. Determinar la capacidad volumétrica;
5. La ubicación del material disponible para efectuar trabajos de terraplén y de cobertura;
6. Planificar el sistema de control de contaminación ambiental;
7. La vida estimada del relleno.

Se debe llevar a cabo un relevamiento topográfico que consiste en: la ubicación de puntos fijos de nivelación; el estaqueado de la zona a relevar; el traslado de puntos fijos a la zona de relevamiento; las correspondientes mediciones taquimétricas, la confección de planimetría con curvas de nivel cada medio metro y los planos de cortes transversales. Paralelamente con esta etapa se debe identificar en el terreno redes eléctricas, telefónicas, conductos subterráneos, zanjas a cielo abierto que pudieran llegar a tener influencia en la operación del relleno sanitario.

Recursos hídricos superficiales: Todo relleno sanitario produce como resultado final un cambio significativo en la topografía del terreno. Esta situación debe ser analizada teniendo en cuenta el comportamiento hidráulico actual y el futuro de la zona. En todos los casos se debe tener en cuenta un buen drenaje del relleno con pendientes que no resulten erosionadas por el agua de lluvia. El predio se encuentra afectado por el paso de aportes de cuencas que naturalmente dirigen sus caudales superficiales eventuales hacia el cuerpo receptor.

Investigación Hidrogeológica

Mediante este estudio se definen las limitaciones que el suelo y las condiciones geológicas puedan imponer al proyecto para que los resultados sean compatibles con las normas de diseño, pues resulta fundamental conocer las propiedades y características físicas y químicas del material que servirá como:

1. base para el relleno;
2. cobertura del mismo;
3. base de caminos;
4. soporte de las construcciones civiles.

El estudio de las condiciones hidrogeológicas del terreno permite saber si los líquidos percolados que se originan en el proceso de estabilización biológica de los residuos ocasiona la contaminación de las napas y los cursos superficiales.

El agua que pueda ingresar y salir de la masa del relleno es el factor de mayor influencia en el proceso de degradación biológica de los residuos y consecuentemente la canalización

controlada de la masa de líquido percolado para su tratamiento adecuado es un tema de fundamental importancia a efectos de evitar graves problemas de contaminación.

Determinar la geología del terreno, la permeabilidad del suelo y sus propiedades mecánicas y estructurales, la ubicación y condiciones de las napas dentro de los límites del predio son los objetivos básicos de la investigación hidrogeológica. Para esto se realizan sondeos para lograr una imagen real del perfil estratigráfico del suelo.

Además se debe elaborar un programa de monitoreo de napas subterráneas con el objeto de proporcionar datos que permitan controlar la efectividad del diseño en la evacuación de los líquidos residuales percolados.

Trabajo de campaña: Se realizó un estudio geotécnico tendiente a valorar las características físicas e hidráulicas del suelo donde está emplazado el relleno sanitario a través de una serie de perforaciones para conformar parte de la red de monitoreo de aguas subterráneas.

Dichos sondeos fueron ejecutados mediante un equipo de perforación a rotación, con trepanos especiales e inyección de agua, para lo cual se utilizó una bomba aspirante-impelente, accionada con motor a explosión. La extracción de las muestras se efectuó con la cuchara de Terzaghi de 35 mm de diámetro interior. Una vez realizados los ensayos de laboratorio y teniendo la clasificación de suelos, se procedió a la instalación de los piezómetros, colocando los filtros en los estratos más permeables correspondientes a los acuíferos.

Análisis de los resultados y conclusiones

Estratigrafía: la secuencia estratigráfica puede observarse en detalle en los respectivos gráficos de sondeo y en forma general en los cinco perfiles transversales tentativos que se adjuntan, 56 a 77. Del análisis de los resultados se infiere que, en términos generales, la estratigrafía está compuesta por un manto superficial arcilloso inorgánico de alta plasticidad (arcillas grasas) tipo CH, de color gris verdoso muy blando a blando.

Posteriormente se observa la presencia de un estrato de arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media (arcillas arenosas, limosas, gravosas, tipo CL, con lentes limosas y arcillosos, de coloración castaña, con compacidades que oscilan entre las correspondientes a los suelos compactos a muy compactos.

Como única excepción a esta descripción se debe destacar la existencia de arenas mal graduadas con limos no plásticos detectadas.⁶⁵

⁶⁵ <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind51/ppe/ppe.html>. Citado el 12 de diciembre de 2009.