



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

PROYECTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Gustavo Adolfo Cabrera Cobón

Asesorado por Ing. Carlos Alberto Tobar Jiménez

Guatemala, Febrero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GUSTAVO ADOLFO CABRERA COBÓN

ASESORADO POR ING. CARLOS ALBERTO TOBAR JIMÉNEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing. Harry Milton Oxom Paredes
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración, mi trabajo de graduación titulado:

PROYECTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha septiembre de 2000.

Gustavo Adolfo Cabrera Cobón

1. GUÍA ESTRUCTURADA PARA ELABORAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

De conformidad con lo establecido en el Código Municipal y la Ley Preliminar de Urbanismo, las municipalidades de la República están facultadas para dictar normas y emitir disposiciones reglamentarias que sean necesarias para el desarrollo ordenado de la ciudad.

Considerando que es obligación de la Corporación Municipal, la emisión de reglamentos que protejan los derechos, la salud y condiciones de los habitantes del municipio, y que faciliten a los industriales la solución de los problemas de instalación o expansión de sus establecimientos y demás actividades, es necesario dictar normas uniformes para la localización industrial en la Ciudad de Guatemala y sus áreas de influencia urbana, y fijar los requisitos mínimos que deben satisfacer las edificaciones utilizadas para alojar actividades industriales y determinar las precauciones que deben tomarse para la operación de las industrias instaladas en determinado lugar.

Por lo tanto, para este estudio, el uso de las facultades que le confieren los artículos 4° inciso b, 128, 137 y 142 del Decreto del Congreso Nacional No. 1183 del Código Municipal y Artículo 6° del Decreto Gubernativo No. 583 Ley Preliminar de urbanismo. Acuerda emitir el Reglamento de Localización e Instalación Industrial para el Municipio y Áreas de Influencia Urbana de la Ciudad de Guatemala. De acuerdo a los Artículos 465, 466, 468 y 479 del Código Civil, donde manifiesta que todo propietario en ejercicio de su derecho, no puede realizar actos que cause perjuicio a otras personas, y especialmente

en sus trabajos de explotación industrial; así mismo nadie puede construir a menos de dos metros de distancia de una pared ajena o medianera, aljibes, pozos, cloacas, letrinas, acueductos, hornos, fraguas, chimeneas, establos ni depósitos de agua ni de materias corrosivas, sin construir las obras de resguardo necesarias, y con sujeción de cuantas ocasiones se prevengan en los reglamentos de policía y sanidad. Dentro del poblado se prohíbe depositar materias inflamables o explosivas, salvo que lo establezcan reglamentos especiales a instalar máquinas y fábricas para trabajos industriales que sean peligrosos, nocivos o molestos.

La localización industrial que se realiza dentro del perímetro urbano de la Ciudad Capital se rige por el Reglamento de Localización e Instalación Industrial vigente, en el departamento de planificación de la Municipalidad de Guatemala. Este reglamento se apoya en el expediente de consulta, con el objeto de obtener autorización para desarrollar un proyecto industrial en instalaciones construidas o por construir, el interesado debe enviar a la Sección de Control Industrial un expediente de consulta, refrendado por un ingeniero industrial, colegiado activo conteniendo la siguiente información:

1.- Información general

- Nombre y razón social de la empresa
- Nombre y apellidos del propietario o representante legal
- Número de cédula de vecindad del propietario o representante legal
- Dirección, teléfono, correo electrónico de la empresa para recibir notificaciones

1.1 Información de factores determinantes

- Perturbación del tránsito circundante, ocasionado por la empresa, áreas de estacionamiento, de carga y descarga de productos.

- Ruido (en decibeles) tanto en el interior como en las vecindades.
- Desechos líquidos, su tratamiento y disposición final.
- Desechos sólidos, su forma de desalojo y disposición final.
- Riesgo de incendio o explosión, especificando materiales a procesar o almacenar, tipo de construcción y almacenamiento de combustibles y número de extintores.
- Gases emitidos
- Emisión de polvo
- Humo (en unidades Ringelmann) de cada fuente.
- Olores y sus causas
- Tipo de vehículos que se usan para cargar y descargar productos primarios o terminados.
- Radioactividad
- Turnos por días y sus horarios
- Integración arquitectónica

1.2 Factores complementarios

- Personal por turno
- Tránsito por hora generado por la empresa
- Consumo de agua
- Tipo y consumo de electricidad por mes
- Tipo y consumo de combustible por mes

1.3 Información industrial

- Descripción del proceso industrial (diagrama de actividades del proceso)
- Descripción de toda la materia prima e insumos utilizados
- Descripción del equipo y maquinaria
- Procedencia y destino de la materia prima y del producto terminado

- Plano de planta general localizando maquinaria, muelles de carga y descarga, áreas de estacionamiento y de depósito de materiales combustibles o inflamantes.

Los siguientes son elementos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de impacto ambiental.

Requisitos mínimos del contenido: el estudio de evaluación de impacto ambiental será orientado por lineamientos generales y los términos de referencia conforme a las características del proyecto y su área de influencia.

El estudio de evaluación de impacto ambiental debe considerar:

1. Datos generales

- Nombre de la persona (individual o jurídica) promotora del proyecto o actividad. Se deberá especificar el nombre de la entidad gubernamental si fuera un proyecto de carácter social o de la entidad privada con fines de lucro a cargo del proyecto.
- Nombre del representante legal. Se pondrá el nombre de la persona que es representante legal de la entidad a cargo del proyecto.
- Actividad principal de la persona (individual o jurídica). Existen entidades gubernamentales que fueron creadas según decreto legislativo número-año de creación de esa entidad o del decreto, en el cual se especifica la o las actividades a que se dedica, en el caso de entidades privadas su patente de comercio, especifica claramente la actividad a la que se dedican.
- Dirección para recibir notificaciones, teléfono y fax, correo electrónico (si tiene), de la persona individual o jurídica promotora del proyecto o actividad.

- Identificación comercial. Número de Identificación Tributaria (NIT) de la persona individual o jurídica promotora del proyecto.
- Ubicación del proyecto. Departamento, municipio, aldea, caserío o comunidad, en donde se ejecutará el proyecto.

2. Datos introductorios

- Resumen ejecutivo. Deberá contener como mínimo la siguiente información: descripción breve del proyecto o actividad (en qué consiste, tipo de proyecto, localización del proyecto), características generales del proyecto a su terminación, objetivos de los diferentes impactos que se pueden generar a lo largo del proyecto, identificando los impactos potenciales al medio ambiente y sus respectivas medidas de mitigación para evitar el deterioro del medio ambiente, marco legal (normas y reglamentos que rigen cualquier EIA), metodología de seguimiento para el desarrollo del proyecto (visitas de campo, investigación, utilización de material gráfico y conocimiento de la problemática y situación del estudio), método de evaluación que interrelaciona las actividades del proyecto y factores ambientales que se verán afectados directa o indirectamente, planes de amortiguación, estabilización, reducción del impacto visual, planes de contingencia, seguridad laboral y ambiental consideración de alternativas del proyecto y conclusiones sobre su viabilidad ambiental, este resumen no deberá exceder de cinco páginas.
- Tabla de contenido o índice: en forma de capítulos, títulos y subtítulos que dicta claramente el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, en su documento términos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de impacto ambiental. Incluyendo: conclusiones y recomendaciones, bibliografía consultada y fuentes de datos de información, nombre y firma de los miembros del equipo que participó en la preparación del estudios, anexos, documentación técnica de soporte, copia del registro actualizado de la empresa consultora

encargada de hacer el estudio de evaluación de impacto ambiental ante SINAFIP/SEGEPLAN. Documentación legal de la empresa consultora.

- Personal que participó en la preparación del estudio, demostrando su idoneidad, capacidad y experiencia en el campo del estudio presentado, incluyendo: nombre completo de la persona, puesto en la empresa, profesión y especialización.
- Objetivos: general y específicos. Justificación del proyecto: se dan a conocer las características del estudio, su localización y el porqué de hacer este proyecto en esa región.
- Base legal, aquí se incluyen todas las leyes, normas y reglamentos relacionadas con cada tipo de proyecto por ejecutar.
- Ubicación geográfica del proyecto o actividad (como es que se llega a esa región en vehículo terrestre, partiendo de la Ciudad Capital, incluyendo plano y/o mapa en una escala conveniente y de preferencia escala 1:50,000).

3. Descripción general del proyecto propuesto

- Descripción técnica del proyecto: cada opción y fase de desarrollo del proyecto (construcción, operación y si es el caso, cancelación). Indicar si el diseño y planificación del proyecto está acorde con los planes de desarrollo aplicables según sea el caso. La descripción técnica deberá hacerse en forma objetiva y completa, ilustrada con mapas, planos, cuadros, fotografías, diagramas y gráficas, a manera de esclarecer todos los elementos considerando:

A. Naturaleza de la empresa: aquí se describe específicamente a qué se dedica la empresa (en particular para cada proyecto).

B. Área estimada del proyecto: concretamente es el área de construcción del proyecto (si es carretera, su longitud por su ancho, si es una fábrica, largo por ancho, Etc). Y área de

influencia (se considera como área de influencia, el área estimada del proyecto y la población en donde se ubicará éste).

- C. Fases de desarrollo del proyecto y actividades por realizar en cada fase: descripción detallada de todas las fases de construcción del proyecto, incluyendo: diseño, procesos de construcción o fabricación, especificaciones de construcción y/o fabricación, hasta la puesta en marcha del proyecto y su respectivo mantenimiento.
- D. Programa de actividades y calendarización (estimación aproximada del tiempo requerido para la ejecución de las diferentes fases del proyecto).
- E. Diseño de las instalaciones y demás obras de apoyo; así como descripción general de las tecnologías de construcción y mantenimiento.
- F. Descripción del origen, fuentes y demandas de energía y combustibles que serán necesarias para la construcción, puesta en marcha y mantenimiento del proyecto.
- G. Sistema vial y medios de transporte tanto para la población como para materiales, equipos y mano de obra, así como el impacto del proyecto en el flujo de tráfico vehicular del sector urbano del área de influjo. (estudio profundo de la accesibilidad y proximidad, presente y futuros de los medios de transporte).
- H. Mano de obra requerida, en las diferentes fases del proyecto (mano de obra calificada y no calificada para las diferentes fases del proyecto y su influjo en cada una de ellas).
- I. Descripción pormenorizada de cualquier proceso de producción que se adecue al proyecto en particular (incluyendo diagramas: operaciones de proceso, recorrido, flujo de proceso y de materiales, hombre maquina, etc.).

- J. Descripción de la tecnología de producción que será empleada (maquinaria y equipo para la puesta en marcha del proyecto así como para su mantenimiento).
- K. Materia prima por utilizar, orígenes, cantidad y otros insumos (incluir lista).
- L. Descripción de la naturaleza de la materia prima y otros insumos.
- M. Utilización de recursos naturales.
- N. Descripción de productos, subproductos, emisiones, desechos líquidos, sólidos y gaseosos, ruidos, vibraciones y otros.

4. Identificación del área de influjo

4.1 Definición del área de influjo (estrictamente el área en planos del proyecto que será ejecutado) y justificación del área de influjo del proyecto (de qué manera o qué beneficios traerá a la comunidad determinado proyecto) de manera técnica y objetiva.

4.2 Situación ambiental del área de influjo (perfil ambiental): descripción precisa de la ubicación del proyecto y la forma de como llegar a ese punto en carretera con vehículo terrestre, descripción minuciosa de la flora y fauna existente en el lugar, comunidades que se verán afectadas por el establecimiento del proyecto y su población, todos los factores ambientales, procesos e interacciones presentes en el área de influjo, ilustrados por mapas, cuadros, fotografías y gráficas, a manera de caracterizar la calidad ambiental de dicha área antes del desarrollo del proyecto considerando:

- Planes y programas de desarrollo.
- Legislación ambiental.

- Límites político-administrativos y los organismos públicos que actúan en el área de influjo.
 - Sistema biótico, flora y fauna nativa y exótica, incluyendo especies amenazadas y en peligro de extinción, especies endémicas, hábitats sensibles y climatología.
 - Sistema hídrico, calidad del agua superficial y agua subterránea, características de cuencas hídricas, manantiales, fuentes de abastecimiento de agua, aguas interiores, litorales y oceánicas.
 - Sistema lítico y edáfico, calidad física, química o mineralógica del suelo y del subsuelo.
 - Cambio de usos del suelo, topografía, clase, génesis, localización y extensión de la clase de suelo en esa área.
 - Sistema atmosférico, calidad del aire.
 - Actividad socio-económica, uso actual del a tierra en sitios aledaños, características de la población, empleo, infraestructura comunal, asentamiento humanos, y sus características más importantes, paisaje, aspectos culturales (hipsometría, geología, lugares exóticos, sitios arqueológicos o fisiográficos únicos que pudieran afectarse).
 - Áreas protegidas (actividades de conservación de parte de organismos públicos).
 - Otros ecosistemas
 - Factores de contaminación ambiental.
5. Identificación y valoración de los impactos al medio afectado a través de metodologías convencionalmente aceptadas.
- Análisis de los impactos ambientales: consiste en la identificación de los impactos al ambiente, así como socio-económicos causados por las actividades en las diferentes fases del proyecto, indicando en cada una de ellas las características del impacto:

positivo-negativo; primarios-secundarios; directo-indirecto; simples-acumulativos; reversibles-irreversibles; sinérgicos-significativos; locales-regionales; temporales-permanentes y de aparición irregular. Existen varios métodos de valoración de impactos, los cuales se determinarán dependiendo de la clase de proyecto por ejecutarse en determinada área.

- A. Identificación de los impactos: la identificación de los impactos al medio ambiente, se hará tomando como referencia metodologías convencionalmente aceptadas.
 - B. Valoración de los impactos: determinar la valoración de los impactos identificados, lo cual consiste en la atribución de los grados de importancia de los impactos identificados. Algunos factores del ambiente que podría ser impactado son: agua, ambiente sonoro, calidad del suelo, drenaje, atmósfera, flora, fauna, paisaje, mano de obra, uso del suelo, población, etc.
 - C. Interpretación de los impactos: a través de los métodos que se usen para analizar los impactos ambientales y su identificación, cada uno de ellos tiene su respectivo método de interpretación, por lo que depende de éste su respectiva interpretación.
6. Medidas de mitigación: es el conjunto de medidas o consideraciones expuestas en forma de planes descriptivos sobre las acciones a tomar para contrarrestar y mitigar los efectos causados por los impactos adversos identificados en el estudio. Las medidas pueden incluir:
- Evitar completamente el o los impactos al ejecutar la acción o partes de la misma que provocan dicho o dichos impactos.
 - Disminuir el o los impactos al ejecutar la acción o partes de la misma que provocan dicho o dichos impactos.

- Rectificar el o los impactos al reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente afectado.
- Reducir o eliminar el o los impactos paso a paso con acciones de preservación y mantenimiento durante el período que dure la acción que provoca el impacto.
- Compensar al reemplazar o sustituir los recursos afectados o la calidad del ambiente deteriorado.
- En caso de que sea necesario, según la naturaleza o características del proyecto o actividad, deberán prepararse planes de contingencia, de seguridad para la salud humana y de seguridad ambiental, los cuales se definen a continuación:

6.1 Identificación de riesgos y amenazas

- Amenazas naturales
- Amenazas sísmicas
- Amenazas volcánicas
- Sismo
- Inundación
- Fugas, incendios y explosiones
- Derrames, otros

6.2 Plan de contingencia: descripción de las medidas por tomar como contención a situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto o actividad. Por lo menos deben ser contemplados incidentes de peligro o amenazas como: incendios, explosiones, sismos, inundaciones, deslizamientos, fugas o derrames, asolvamientos, desertificación, intoxicación y atentados.

- Plan de seguridad para la salud humana: descripción de las medidas preventivas y correctivas que serán adoptadas para conservar la salud del personal (en todas sus etapas) participante en el desarrollo del proyecto o actividad, así como

de la población vinculada directa o indirectamente con la ejecución y funcionamiento del mismo.

- Plan de seguridad y manejo ambiental: descripción de las medidas preventivas y correctivas para la adecuada conservación y protección de la calidad del ambiente del área de influjo del proyecto o actividad (en todas sus etapas).
- Plan de seguridad e higiene industrial: descripción de las medidas necesarias por implementar para un buen desempeño de las actividades industriales, debiendo contemplar buenas prácticas de manufactura, señalización, equipo de protección personal, etc.
- Plan de manejo y disposición final de desechos en las diferentes fases de desarrollo: disposición final de los desechos sólidos, líquidos y gaseosos, derivados de cualquier proceso productivo, obra o actividad, y en el caso de subproductos, proponer cadenas de transformación o reciclaje con fines económicos de interés a corto y mediano plazo.

6.3 Análisis de opciones: este análisis deberá presentarse, a manera de comparación, del impacto ambiental del proyecto o actividad propuesta y de sus opciones donde existen según la naturaleza o las características del proyecto, de manera que se precisen las cuestiones bajo evaluación y se provean opciones de selección para los funcionarios y el público. Los solicitantes deberán:

- Considerar objetivamente y evaluar toda opción razonable, y exponer en forma concisa las razones para excluir aquellas que sean eliminadas.
- Dar consideración substancial a cada opción evaluada en forma detallada, incluyendo el proyecto o actividad propuesta, de

manera que las personas que utilicen el estudio puedan evaluar y comparar los méritos de cada opción.

- En caso de propuesta del Gobierno de la República, incluir opciones razonables que no estén dentro de la programación de la entidad gubernamental solicitante, de conformidad con los planes de desarrollo de la región.
- Incluir la opción de no llevar a cabo la acción.
- Identificar la alternativa preferida por el promotor del proyecto.

6.4 Plan de recuperación ambiental (en caso de abandono)

6.5 Ejecutor de las medidas de mitigación

6.6 Cronograma de ejecución

6.7 Programa de monitoreo ambiental: consiste en la descripción clara y objetiva de las acciones de seguimiento y control de calidad ambiental en donde se desarrolla el proyecto o actividad propuestos, para lo cual deberá tenerse la información siguiente:

6.7.1 Tipo de proyecto y actividades o procesos objeto de monitoreo: situación ambiental del área, indicadores de los impactos que afectarán el ambiente y el resultado de las mediciones y muestreos de los factores ambientales que serán afectados por el desarrollo del proyecto o actividad; las técnicas de muestreo, análisis de laboratorio y que ambas cumplan con requisitos de control y certeza de calidad y la frecuencia de las mediciones futuras de los mismos indicadores. Si como resultado de los muestreos se constata que existen parámetros que sobrepasan los límites permisibles de las normas de calidad ambiental, deberán indicarse las medidas correctivas inmediatas que el caso amerite.

6.7.2 Frecuencia del monitoreo, de acuerdo con las características del proyecto.

6.7.3 Entidad responsable de la realización de los análisis de calidad

6.7.4 Presentación de los datos de monitoreo con firma y sello del laboratorio que los realiza. Esto será para empresas instaladas

7. Opinión de la población con referencia al proyecto: desarrollar en este apartado la opinión de la población del área de influjo, con referencia al desarrollo del proyecto

8. Bibliografía consultada y fuentes de datos de información

9. Conclusiones y recomendaciones

10. Nombre y firma de miembros del equipo que participó en la preparación del estudio: deberá incluirse una lista con los nombres y firmas respectivas del equipo evaluador, por su especialidad; además, una lista de todas las entidades gubernamentales y privadas o particulares que hayan sido consultadas sobre el proyecto o actividad previo a la preparación del estudio. Los comentarios obtenidos de las consultas previas deberán incluirse como un adendum, además incluir una fotocopia de la constancia de colegiado activo. En el caso de la persona individual o empresa responsable del estudio, deberá incluir una fotocopia del registro de planificación en SINAFIP.

Requisitos básicos de presentación de estudios de impacto ambiental:

- Carta de presentación del proyecto firmada por el representante legal dirigida al Director de Gestión Ambiental, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
- Nombre o razón social de la empresa
- Nombre del propietario o representante legal

- Dirección, lugar, teléfono, correo electrónico y fax para recibir notificaciones
- Dirección del proyecto y plano de localización
- Constancia, número de identificación tributaria (NIT) de la empresa promotora
- Declaración jurada del consultor legalizada, (especializado en la materia)
- Certificación del registro de la propiedad del predio en donde se va a desarrollar el proyecto o actividad económica
- Fotocopia legalizada del nombramiento del representante legal, si el interesado es persona jurídica
- Fotocopia legalizada de la cédula de vecindad del interesado, si es persona individual
- Fotocopia legalizada de la Patente de Comercio de la empresa y de la Sociedad
- Anuncio de prensa de (2 X 4 pulgadas) en cualquier diario
- Resumen ejecutivo del estudio en disquete de 3.5 pulgadas
- Constancia de colegiado activo del o los consultores responsables del estudio, que deberá ser elaborado por profesional especializado en el tema del proyecto presentado
- Registro actualizado del consultor de SEGEPLAN
- Planos
 - a. Topografía
 - b. Conjunto
 - c. Usos de suelos
 - d. Distribución
 - e. Elevación de secciones
 - f. Instalaciones

- Hidráulicas y sanitarias
 - Sistemas de tratamiento de aguas negras u otros
 - Especiales
- g. Memorias técnicas descriptivas del proyecto

Nota: todo estudio de evaluación de impacto ambiental, tiene que ingresar en original y copia; tanto del expediente, como requisitos legales y planos.

1.1 Valoración del inventario

La valoración del inventario es un proceso que implica dar un grado de excelencia y/o mérito para conservar un determinado elemento de dicho inventario. Se trata de descubrir el valor ecológico, paisajístico, productivo, científico, etc. de un determinado elemento. Los objetivos de este proceso son:

- Evaluar el valor de conservación.
- Estimar la pérdida de valor que supondría su eliminación.
- Clarificar el trabajo de equipo (homogeneizar las percepciones de unos y otros con respecto del medio).
- Permitir comparaciones entre factores, jerarquizándolos según su importancia y valoración.

Los criterios de valoración más importantes son los siguientes:

- Criterio legislativo: teniendo en cuenta la legislación vigente en cuanto a que protege una serie de especies y/o ecosistemas y no otros, se habrán de valorar necesariamente en mayor grado estos frente a los otros (al menos inicialmente).
- Diversidad: variabilidad de los organismos vivos a todos los niveles, así como las relaciones que entre estos se establecen.

- Rareza y representatividad: en sentido económico lo raro es valioso. Además lo raro es también más vulnerable. La representatividad mide además cuán cerca está este recurso del óptimo definible.
- Naturalidad: aquello que no ha sido transformado por el hombre es natural. Sin embargo, debido a la dificultad de encontrar espacios con estas características habrá de extenderse la definición a aquellos espacios que, habiendo sido alterados por el hombre, conservan substancialmente su carácter.
- Productividad
- Grado de aislamiento de este elemento con respecto de los demás de su especie.
- Imposibilidad de ser sustituido
- Calidad (cumplimiento de las funciones que desempeña ese elemento del medio).
- Fragilidad o vulnerabilidad (susceptibilidad al cambio debida a perturbaciones externas al medio ecológico).
- Singularidad
- Tendencia en el futuro. Evolución del elemento

Previsión de impactos: la previsión de alteraciones ha de dejar bien claro, qué impactos son notables frente a aquellos que son mínimos (criterio legislativo en esta clasificación). Esta valoración se consigue mediante el cruce de los elementos del proyecto frente a los elementos que se verán afectados por el mismo en el medio natural. Los impactos han de ser caracterizados (descritos), jerarquizados mediante un valor de gravedad del impacto sobre el medio ambiente y evaluados de modo global. Los problemas que surgen son:

- Incertidumbre acerca de la respuesta real del sistema al impacto generado por el proyecto. Se puede estimar la respuesta pero en

ocasiones es difícil precisar cuál será el comportamiento real del sistema a la alteración.

- Falta de información del proyecto o fuertes desviaciones del mismo que pueden ser significativas a la hora de determinar el impacto global de éste.

Para cuantificar de algún modo los impactos surgen los indicadores de impacto, los cuales han de ser:

- Relevantes
- Fiables: representativos del impacto que se quiere medir.
- Exclusivos, es decir, que en su valor intervenga principalmente el impacto a medir y no otros factores.
- Realizable, identificable y cuantificable (aunque el hecho de cuantificarlo todo no debe obsesionarnos, puesto que siempre se puede acudir a categorías semicuantitativas o a medidas cualitativas).

Los indicadores de impacto pueden ser diseñados con dos enfoques:

- Reduccionista: (simples: temperatura, pH, concentración de contaminantes, superficie ocupada, etc.). Inconvenientes: alta cantidad de variables lo cual provoca una alta cantidad de indicadores y dificulta la síntesis de los impactos a la hora de la valoración global. Ventajas: simpleza, fáciles de medir.
- Logístico: (índices estructurales: diversidad, riqueza, complejidad cadenas tróficas, curva de abundancia de especies, etc.). Inconvenientes: dilución de efectos en indicadores globales que enmascaren importantes impactos. Ventajas: índices con un carácter muy sintético.

1.2

1.2 Métodos para la elaboración de estudios de impacto ambiental

Metodología de evaluación de impactos

A. Identificación de acciones del proyecto:

- Que modifiquen los usos del suelo.
- Que exploten los recursos naturales.
- Que emitan contaminantes.
- Que induzcan impactos secundarios.
- Que induzcan riesgos naturales.

B. Identificación de factores del medio ambiente susceptibles

- Indicadores de impacto
- Índices de estructura

C. Cruce entre acciones-factores y causa -efecto

D. Descripción de los impactos

Existen muchas formas de afrontar estos problemas de elección. Entre ellas destacan principalmente:

- Modelización:
 - Empírica (de modo lógico y supositivo)
 - Matemática
 - Pruebas de ensayo
- Superposición de impactos

- Escenarios comparados (por analogía con proyectos parecidos) y listas de contraste de posibles afecciones (listas que ya existen con afecciones potenciales según el medio y según el tipo de proyecto).
- Consulta a paneles de expertos (existe un método, conocido como Método Delphi de consultas a expertos que consiste en pasar cuestionarios a expertos, que estos respondan y luego pasar las respuestas a otros expertos y que estos critiquen, de tal modo que se puede retroalimentar el proceso pasando dichas críticas a los primeros expertos y haciéndoles que las maticen).

Tabla I Ventajas y desventajas de los métodos para hacer una EIA

Técnica	Ventajas	Inconvenientes
Lista de contrastes (sobre una lista de posibles impactos elaborar una lista con los impactos que se pueden dar y los que no se darán).	Simplicidad. Óptimo en estudios preliminares.	Inducen a soslayar efectos no inducidos de modo intuitivo.
Redes de interacción (sobre una acción determinada del proyecto vemos a qué medio puede afectar y qué medios se pueden ver afectados de modo indirecto por esta afección).	Visualización de la conexión causa-efecto.	Complicación excesiva en grandes actuaciones. Posibles duplicidades.
Matrices de impactos (cruces en una tabla entre acciones de proyecto y elementos del medio).	Carácter sintético. Datos cualitativos y cuantitativos.	Mucha subjetividad. Carácter no selectivo.

Principales modelos de evaluación de impacto ambiental: existen cuatro tipos de matrices de impacto:

1. Normal (ya comentada arriba)

Tabla II Modelo de matriz normal para una EIA

Acciones del proyecto	Recursos del medio ambiente que se pueden ver afectados por las acciones del proyecto		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Donde a cada símbolo se le da un significado (impacto significativo, no significativo, etc.). También se le pueden poner números, y de esa manera cuantificar de algún modo los impactos.

2. Causa-efecto

Tiene la ventaja de que existen muy diversas versiones (flexibilidad metodológica) y que es muy simple de realizar (una vez se conocen bien las relaciones causa-efecto). Tiene el inconveniente de que no es posible incorporar unas consideraciones dinámicas a la misma.

3. Interactivas

Tiene la ventaja de que muestra relaciones de dependencia entre diferentes impactos, pero tiene el problema de que precisa mayores conocimientos teóricos debido a su complejidad.

Tabla III Modelo de matriz interactiva para una EIA

Elementos del medio ambiente que se pueden ver afectados por el proyecto	Acciones del proyecto que pueden causar impactos		Acciones del proyecto cuyos impactos se pueden ver amplificados por otras acciones (interacciones entre acciones de proyecto)		

Que se puede complicar tantas veces como sea necesario.

4. Temporales

Tiene la ventaja de que refleja secuencias temporales para cada una de las subfases y fases. El inconveniente es la especificidad que no permite tener una visión global muy clara.

Existen también las llamadas Matrices de Leopold (Leopold, 1971), diseñadas a partir de la evaluación de impacto ambiental de una mina de fosfatos de California. Consiste en un cuadro de doble entrada cuyas columnas están encabezadas por una amplia relación de factores ambientales (88) y cuyas entradas por filas están ocupadas por otra relación de acciones (100) causas de impacto; ambas listas de factores y acciones tienen carácter de listas de chequeo entre los que seleccionar los relevantes para cada caso; en este sentido conviene advertir de que su origen supone el peligro de ignorar aspectos que no siendo importantes allí puedan serlo en otros países. Cada casilla de la matriz se compone de dos elementos:

La matriz no es propiamente un modelo para realizar una evaluación de impacto ambiental, sino una forma de sintetizar y visualizar los resultados de tales estudios; así la matriz de Leopold sólo tiene sentido cuando va acompañada de un inventario ambiental y de una explicación sobre los impactos identificados, de su valor, de las medidas para mitigarlos y del programa de seguimiento y control. En suma se trata de una matriz de relación causa-efecto que añade a su papel en la identificación de impactos la posibilidad de mostrar la estimación de su valor.

Para realizar este tipo de matrices es necesario definir los impactos y caracterizarlos. A la hora de caracterizar un impacto se tiene una serie de criterios legales muy definidos, y que son los siguientes:

- Presencia (notable / mínima)
- Carácter genérico (+/-)
- Tipo de acción (directa / indirecta)
- Sinergia (simple / acumulativo / sinérgico)
- Temporalidad (corto / medio / largo plazo)
- Duración (temporal / permanente)
- Reversibilidad (reversible / irreversible) del sistema: si el medio natural es capaz por sí solo de volver a la calidad original del sistema
- Recuperabilidad (recuperable / irrecuperable): vuelta a la calidad original mediante medidas correctoras
- Continuidad (continuo/ discreto)
- Periodicidad (periódico / aperiódico)

Sobre esta caracterización cabe realizar una valoración de los impactos, teniendo en cuenta los criterios legislativos que figuran en las diferentes leyes y sus reglamentos y posteriores transposiciones o reformas que se les haga ha

dichas leyes de la República de Guatemala. La valoración se puede realizar con la siguiente clasificación:

- Compatible: de rápida recuperación sin medidas correctoras.
- Moderado: la recuperación tarda cierto tiempo pero no necesita medidas correctoras o solo algunas muy simples.
- Severo: la recuperación requiere bastante tiempo y medidas correctoras más complejas.
- Crítico: supera el umbral tolerable y no es recuperable independientemente de las medidas correctoras (este es el tipo de impactos que, en teoría al menos, hacen inviable un proyecto y lo paran).

Es difícil determinar la diferencia entre severo y crítico, sobre todo porque el ser recuperable o no por medidas correctoras depende del presupuesto que se maneje.

A la hora de valorar se utilizan diversas metodologías:

- a. Enjuiciamiento directo
- b. Aspectos cualitativos: criterios simples sobre características no cuantificables y que pueden definirse mejor empleando clases
- c. Sistemas cuantitativos:
 - Parciales: aplicación de modelos, tipos
 - Globales: se realizan modelos específicos para actuaciones concretas. Ej.: método Batelle Columbus

La gravedad de un impacto va a venir determinada por sus características: magnitud (en cuanto a su intensidad y extensión). Hay que transformar esto en un valor de modo aproximativo. Para una concreción mayor existen fórmulas para asignar valores simples a los descriptores o

características de los impactos para llegar a un valor estandarizado de todos los impactos.

- (E) Extensión (puntual o amplia, con valores de 1, 3, 5)
- (D) Distribución (puntual o continua, con valores de 1 y 0.5)
- (O) Oportunidad (oportunas o inoportunas, con valores de 1 y 2)
- (T) Temporalidad (infrecuente, frecuente y permanente, con valores de 0.5, 1, 2)
- (R) Reversibilidad (reversible e irreversible, con valores de 1 y 2)
- (S) Signo (+ ó -)
- (M) Magnitud (baja, media, alta, con valores de 1, 3, 5)

Con estos valores se calcula el Índice Total de Impacto (IT), que tiene la siguiente fórmula:

$$IT = [(M \times T + O) + (E \times D)] \times R \times S$$

Que se valora de la siguiente manera:

- 30-50 Crítico
- 15-30 Severo
- 5-15 Moderado
- Menor de 5 compatible

Éste sería el impacto sin las medidas correctoras, tras la aplicación de las medidas correctoras (que se restarían, -MC). Se trata de un análisis cuantitativo para luego llegar a un valor semicuantitativo.

Método de Batelle – Columbus: se tiene aquí una especie de cuestionario, dividido en diferentes elementos que se dividen en subcajas con muchos elementos en su interior a los que se dan unos valores.

Este método pondera los diferentes elementos del medio para llegar a un impacto global. A cada elemento se le da un peso consultando a un panel de expertos para un caso muy concreto (Método Delphi). Este método se ideó para obras hidráulicas (ponderaciones hechas para este tipo de obras). Por tanto, si se modifica el proyecto, las ponderaciones han de ser diferentes. El siguiente paso es dar un número a cada uno de los elementos. Valor 1 calidad ambiental máxima posible, valor 0 es la calidad ambiental intolerable. Se valora el impacto ambiental con proyecto, sin proyecto, cambio neto y hay una cuarta columna con señales de alerta (para no diluir la gravedad de un impacto concreto).

Para dar estos valores hay que definir una función que permita relacionar la variable ambiental con los valores 0 ó 1 (calidad ambiental).

Calidad

1. X Variable ambiental

Calidad

0. X Variable ambiental

Para cada impacto que se produce se suele rellenar una ficha con los siguientes datos:

1. Acciones del proyecto que lo producen
2. Localización
3. Descripción de la alteración
4. Caracterización
5. Impacto: compatible, severo, crítico, etc.
6. Indicadores: que permitan medir el impacto durante la fase de seguimiento
7. Relación con otras alteraciones.

1.3 Legislación y normatividad relacionada al medio ambiente

Leyes y sus reglamentos relacionados con el medio ambiente nacional:

- Constitución Política de la República de Guatemala
- Decreto No. 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
- Decreto No. 58-88 Código Municipal
- Decreto No. 4-89 Ley de Áreas Protegidas
- Decreto No. 34-89 Protocolo de Montreal sobre la Capa de Ozono
- Decreto No. 101-96 Ley Forestal
- Decreto No. 48-97 Ley de Minería
- Decreto No. 90-97 Código de salud
- Decreto No. 29-89 Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora y de maquila
- Decreto No. 186 - 99 Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán

- Ley de anuncios en vías urbanas y extra urbanas y similares, decreto No. 43-95 y 144-96 y su reglamento, acuerdo gubernativo No. 36-99
- Reglamento sobre estudios de evaluación de impacto ambiental de la Comisión nacional del Medio Ambiente.
- Convenio Comisión Nacional del Medio Ambiente y Dirección General de Caminos.
- Convenio entre la Dirección General del Patrimonio Cultural y Nacional del Ministerio de Cultura y deportes y la Dirección General de Caminos

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Dentro de los factores que influyen en los estudios de impacto ambiental, están todos los desechos, que el hombre, a través, de la transformación de materias primas e insumos, o la intervención de él en la naturaleza en su afán de modificarla, los elimina y los clasifica así: según el efecto que ejercen sobre el medio ambiente y la salud, según el estado de la materia (sólidos, líquidos y gaseosos) y según su origen. Los residuos son materiales que, desde el punto de vista económico y del provecho, carecen de un valor aparente, obvio o significativo para los seres humanos.

Dado que casi siempre se toma en cuenta la contaminación de acuerdo con su potencial para afectar al ser humano y no al ambiente, debe fijarse un número estadísticamente aceptable de fallecimientos, cáncer u otras enfermedades, así como su aceptable costo económico, para justificar el grado de control que se ejercerá sobre cada contaminante. Una vez establecido el nivel aceptable de un contaminante, éste se controla para mantenerlo en ese nivel. En consecuencia estos efectos se dan a conocer de una forma eficaz y ordenada para estudiar los aspectos fundamentales implicados, para poder identificarlos, ajustarlos y aplicarlos para ser comprendidos claramente en un estudio de impacto ambiental.

Por ello cuando la evaluación de proyectos de impacto ambiental está en la fase de formulación se hace necesario definir exhaustivamente los factores

contaminantes, que inciden en el caso u objeto de estudio del proyecto así como en la fase de análisis se comparan los niveles reales en que se presenta dichos factores, cifras que son indicadas por la información y datos reales recabados en el lugar de localización o sitio de estudio, con los parámetros y normas establecidas y aceptadas por la legislación y con las regulaciones emitidas por las autoridades que velan por la protección del ambiente.

Como es natural, los factores contemplados en el proyecto cuyo nivel exceda el límite permisible pasa a constituir un factor problemático para el ambiente y por supuesto es sujeto de medidas correctivas o en determinados casos puede ser causal de cambio de proyecto o si es muy grave la eliminación del mismo por su peligrosidad.

De la misma forma si el factor tiene un nivel situado dentro de los límites permisibles, entonces no se constituye en factor sensitivo, sino un factor sujeto de monitoreo y seguimiento o bien si no lo amerita por su baja significancia, considerar su posible eliminación de la lista de factores contaminantes.

Por ello la definición de los diversos tipos de contaminantes y sus niveles de permisividad, son importantes en la evaluación del impacto ambiental, pues nos servirán para clasificar, comparar, analizar y evaluar un proyecto, pues nos servirán de discriminante sobre la mayor o menor peligrosidad en que se presenta un factor.

A continuación se presenta una clasificación de factores contaminantes que aunque amplia no es exhaustiva y puede servir de base para comparar o de guía para la evaluación de los proyectos de impacto ambiental.

2.3. Clasificación según el estado de la materia

Los desechos se clasifican según el estado físico en el que se encuentran cuando son eliminados por el hombre, y es la siguiente:

1. Desechos sólidos
2. Desechos líquidos
3. Desechos gaseosos

2.4. Clasificación según su origen

Los desechos según su origen se clasifican a partir de las actividades que realiza la humanidad, por ejemplo los subproductos de la minería, los ácidos y restos de metales pesados, además de los desperdicios humanos tradicionales, la expansión sin precedentes de los químicos orgánicos sintéticos durante el siglo pasado han provocado el aumento tanto del volumen como de la toxicidad de los residuos. Empaques para alimentos, hasta los desperdicios altamente radiactivos cuya peligrosidad perdura millones de años. Hay muchos tipos de desechos, los cuales poseen características y orígenes diversos.

Las cuatro características que definen a un residuo como peligroso son:

Inflamabilidad: la posibilidad de que un desperdicio arda (con un punto de ignición de 60⁰ C o menos) o provoque un incendio.

Corrosividad: la posibilidad de que ácidos o bases, en estado líquido, corroan el acero o dañen a organismos vivos por sus propiedades corrosivas (un Ph de 2 o menos, o de 12.5 o más).

Reactividad: la posibilidad de que un residuo explote o emita gases altamente venenosos (cianuro o sulfuro).

Toxicidad: si el desperdicio contiene determinadas concentraciones de ciertos elementos que, según se ha preestablecido, resultan excesivamente tóxicos para la salud cuando se los ingiere con agua.

2.4.1. Industriales

Los residuos industriales son los que se generan, bajo cualquier forma física, a partir de operaciones industriales. Esta categoría abarca los residuos de las manufacturas, la minería, la combustión de carbón y la producción de petróleo y gas.

Los residuos fabriles abarcan una amplia gama de desechos generados por los procesos del sector manufacturero. Entre estos se cuentan los desechos aceitosos y de pintura, raeduras de plástico, madera, algunas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas y aguas residuales. A continuación se presenta una lista del sector y el tipo de residuos fabriles que produce:

- Pulpa y papel: fibras de madera, cenizas de carbón y corteza de árbol, metales pesados, sulfatos, ácidos, dioxinas
- Hierro y acero: metales pesados, ácidos
- Química: sustancias químicas, orgánicas e inorgánicas
- Piedra, arcilla, vidrio, concreto: materiales terrosos, algunos metales pesados
- Alimenticia: residuos orgánicos
- Textiles: residuos orgánicos, metales pesados, tinturas

- Plásticos: solventes y sustancias químicas orgánicas
- Refinación de petróleo: aceites, fenoles, amoníaco, sulfuros
- Sustancias químicas agrícolas y fertilizantes químicos: materiales terrosos, yeso radiactivo, ácidos, metales pesados, restos de pesticidas
- Metales, excepto hierro: metales pesados
- Tratamiento de aguas: alumbre, cal, metales pesados
- Hule: plásticos, sustancias químicas orgánicas, carbono, pigmentos, neumáticos
- Equipo de transporte: aceites, metales pesados, sustancias químicas orgánicas, pinturas, ácidos
- Cuero: aceites, metales pesados, materiales orgánicos, tinturas

2.4.2. Agrícolas

Dentro de esta clase de desechos se tienen todos los relacionados con el cultivo de plantaciones, desde la preparación del terreno para la siembra hasta la cosecha del mismo (no importa su tamaño), también comprenden todos los que de manera directa o indirecta intervienen en la crianza de cualquier clase de ganado.

2.4.3. Tóxicos

Dentro de esta clase de desechos están todos los que son manejados en forma que sean liberados al ambiente, son ejemplos el DDT, dioxinas, PCBs (usados para disipar el calor en los capacitores y transformadores eléctricos) y varios compuestos de arsénico, mercurio y plomo, dentro de este sector están todos los elementos que pueden producir cáncer, mutaciones genéticas y defectos congénitos en humanos y animales de laboratorio.

2.4.4. Domésticos

Los tipos de contaminantes de cada vivienda dependen de los hábitos de los habitantes, de la ubicación geográfica y de los materiales utilizados para la construcción del edificio. Entre los contaminantes más comunes del interior de la vivienda, que representan la amenaza más grave para la salud, se encuentran los siguientes:

- Radón
- Asbesto
- Humo de tabaco
- Contaminantes de la combustión
- Formaldehído

Productos y limpiadores de uso doméstico: los productos de limpieza líquidos o sólidos suelen descargarse al drenaje o al excusado, en estos casos estas formas de desechar los limpiadores puede alterar el sistema séptico porque matan los microorganismos encargados de degradar las aguas residuales o porque contaminan las aguas subterráneas, estos peligrosos productos se vierten en la planta municipal de tratamiento de aguas residuales antes de descargarse en las aguas de superficie. Los productos en aerosol, por su naturaleza, se dispersan formando minúsculas gotas. Así, los aerosoles liberan directamente sus componentes en el aire, por lo que se puede inhalar de inmediato. Además, lo que no se puede inhalar de inmediato puede permanecer suspendido durante un lapso prolongado, dependiendo de los componentes del producto y del tamaño de las gotas.

2.4.5. Radiactivos

Dentro de esta clasificación están todos los que presentan radiactividad o han sido contaminados con sustancias radiactivas; se originan a partir de una variedad de procesos, entre ellos están: la investigación de medicina, combustible nuclear usado, residuos transuránicos de alta radiactividad procedentes de la producción de armamento, los residuos de baja radiactividad y las colas del procesamiento de los minerales de uranio.

Existen otras clasificaciones de desechos no tan importantes por su volumen, pero siguen siendo muy peligrosos, como los desechos médicos, que son los generados por los hospitales, laboratorios, universidades, morgues y clínicas dentales.

2.5. Contaminación ambiental

La contaminación es básicamente un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural, producido sobre todo por la actividad humana (incluida la contaminación de las aguas superficiales y freáticas, del suelo y del aire).

Una plaga es cualquier organismo no deseado que interfiere, de manera directa o indirecta, con las actividades humanas. Sólo unas 100, de las al menos 1 millón de especies de insectos catalogadas, son las causantes de un 90% de los daños a cultivos.

Los plaguicidas o biocidas son sustancias capaces de matar organismos considerados indeseables. Los tipos de plaguicidas más utilizados son: insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas y raticidas.

Los contaminantes fotoquímicos son los que se transforman en la atmósfera por la acción de la luz solar. Es decir, que no hay una fuente directa de la que emanen, como por ejemplo una chimenea, si no que se producen directa o indirectamente debido que la radiación solar (luz del sol) actúa sobre el contaminante primario, como el dióxido de nitrógeno, que es emitido en forma directa. Por lo general, los contaminantes primarios no reaccionan con tanta facilidad si no son tan peligrosos como los contaminantes fotoquímicos.

En el proceso fotoquímico, la molécula del contaminante primario se fotoactiva al absorber la radiación, acto seguido, si obtienen una cantidad suficiente de energía, las moléculas luego se disocian, se reordenan o reaccionan con otras moléculas. Por ejemplo, el óxido nítrico (producido por los motores de los automóviles) reacciona con el oxígeno atmosférico para formar dióxido de nitrógeno (NO_2). Este compuesto, que absorbe fuertes cantidades de luz solar, se combina con el oxígeno para dar origen al ozono (O_3), principal componente del esmog fotoquímico.

Contaminantes de la combustión: los contaminantes de la combustión son los gases o partículas que se generan como resultado de los combustibles consumidos por los aparatos domésticos, entre ellos los calefactores ambientales, las estufas de leña, las chimeneas y los hornos. Aunque, por lo general, estos aparatos son seguros, si se los opera bajo condiciones inadecuadas, pueden emitir contaminantes dentro de la vivienda. Entre las condiciones que, normalmente, llevan a la emisión de estos contaminantes se cuentan:

- Grietas en el permutador térmico
- Insuficiente cantidad de aire para quemar
- Tiro de la chimenea defectuoso o bloqueado
- Quemador mal ajustado

- Parrilla defectuosa
- Combustible inapropiado
- Uso de madera tratada (con pesticidas)

Entre los contaminantes de la combustión que resultan más preocupantes están el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y los hidrocarburos. Otros daños a la salud debido a los contaminantes de la combustión incluyen la irritación de ojos y garganta, náuseas, mareos, fatiga, confusión y dolor de cabeza.

El ambiente: se define como el conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas de la región en la que vive un organismo. En lo referente a la población humana, la Tierra misma, en su totalidad, es el ambiente, compuesto de aire, agua, suelo y todos los demás organismos. El ambiente se compone de elementos enteramente interrelacionados e interdependientes.

Riesgo: es la posibilidad de sufrir daño debido a un peligro. Peligro es una sustancia o acción que puede causar daño, enfermedad, pérdida económica o daño ambiental.

La mayoría de los peligros provienen de la exposición a varios factores en el ambiente, dentro de estos están:

Peligros físicos: dentro de estos para mencionar algunos tenemos las radiaciones ionizantes, ruido, incendios, inundaciones, sequías, tornados, huracanes, derrumbes, sismos y volcanes.

Peligros químicos: estos son provocados por sustancias químicas nocivas en el aire, en el agua, en los alimentos, en el suelo. Dentro de las sustancias

químicas que son mortales para los humanos en dosis bajas, o mortales para más del 50% de los animales en que se prueban sustancias específicas. La mayoría son neurotoxinas, que atacan a las células nerviosas. Son ejemplo los gases neurotóxicos, toxina del botulismo, cianuro de potasio, heroína, hidrocarburos clorados (DDT, PCBs, dioxinas), plaguicidas de organofosfatos (malatión, paratión), bifenilos policlorados y metales pesados como arsénico, cadmio, plomo y mercurio.

La determinación de los niveles de toxicidad de las sustancias químicas o la radiación ionizante de los efectos nocivos de los organismos biológicos es difícil, costosa y controvertida. Debido a que no es ético, ni práctico usar personas para probar la toxicidad, generalmente se determina realizando pruebas en animales de laboratorio vivos (principalmente ratones y ratas para pruebas de carcinógenos, y cobayos, ratones y algunos primates para probar microorganismos nocivos), bacterias, células y cultivos de tejidos.

La dosis letal es la cantidad de material por unidad de peso del cuerpo de los animales de prueba, que mata a toda la población de prueba en un tiempo dado. Luego la dosis es reducida hasta que se encuentre un nivel de exposición que da muerte a la mitad de la población de prueba en un cierto tiempo. Esta es la dosis mediana letal o LD₅₀.

Peligros biológicos: estos son causados por bacterias y virus que causan enfermedades, polen y parásitos. Un enfoque para probar la toxicidad y determinar los agentes que causan enfermedades como el cáncer, es la epidemiología. Las enfermedades humanas pueden ser clasificadas, de manera general como transmisibles y no transmisibles.

Una enfermedad transmisible es causada por organismos vivos, como las bacterias, virus y gusanos parásitos, y pueden ser diseminadas de una persona a otra por el aire, el agua, los alimentos, líquidos corporales y, en algunos casos, insectos y otros transmisores no humanos (a los que se llama vectores). Son ejemplos las enfermedades de transmisión sexual, paludismo, esquistosomiasis, elefantitis, la enfermedad del sueño y el sarampión. Una enfermedad no transmisible no es causada por organismos vivos y no se transmite de una persona a otra. Son ejemplos los trastornos cardiovasculares (corazón y vasos sanguíneos), cáncer, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas (bronquitis y enfisema) y desnutrición.

Peligros biosociales: algunos de los factores que determinan estos son: las condiciones de vida y de trabajo, fumar, dieta, uso de drogas, beber (alcoholismo), conducir auto, asaltos o actos criminales, relación sexual inseguridad y pobreza.

Los riesgos ecológicos y de salud de mayor magnitud son los siguientes:

- **Problemas ecológicos de alto riesgo:** cambio del clima en el planeta, agotamiento del ozono estratosférico, alteración y destrucción del hábitat de la vida silvestre, extinción de especies y pérdida de la biodiversidad.
- **Problemas ecológicos de mediano riesgo:** deposición ácida, plaguicidas, sustancias químicas tóxicas transportadas por el aire, sustancias químicas, nutrientes y turbidez tóxicas en aguas superficiales.
- **Problemas ecológicos de bajo riesgo:** derrames de petróleo (en aguas marinas o de otra clase, y en tierra), contaminación del agua subterránea o freática, isótopos radiactivos, escurrimiento de ácido hacia aguas superficiales, contaminación térmica.

- **Problemas de salud de alto riesgo:** contaminación del aire exterior, contaminación del aire interior, exposición de trabajadores a sustancias químicas industriales o utilizadas en granjas (agrícolas o ganaderas), contaminantes en las aguas para beber, residuos de plaguicidas en los alimentos, sustancias químicas tóxicas en productos de consumo.

Dado que casi siempre se toma en cuenta la contaminación de acuerdo con su potencial para afectar al ser humano y no al ambiente, debe fijarse un número estadísticamente aceptable de fallecimientos, cáncer u otras enfermedades, así como su aceptable costo económico, para justificar el grado de control que se ejercerá sobre cada contaminante. Una vez establecido el nivel aceptable de un contaminante, este se controla para mantenerlo en ese nivel.

Una plaga es cualquier organismo no deseado que interfiere, de manera directa o indirecta, con las actividades humanas. Sólo unas 100, de las al menos 1 millón de especies de insectos catalogada, son las causantes de un 90% de los daños a cultivos.

Los contaminantes fotoquímicos son los que se transforman en la atmósfera por la acción de la luz solar. Es decir, que no hay una fuente directa de la que emanen, por ejemplo una chimenea, sino que se producen residuos directa o indirectamente debido que la radiación solar (luz del sol) actúa sobre el contaminante primario, como el dióxido de nitrógeno, que es emitido en forma directa. Por lo general, los contaminantes primarios no reaccionan con tanta facilidad si no son tan peligrosos como los contaminantes fotoquímicos. En el proceso fotoquímico, la molécula del contaminante primario se fotoactiva al absorber la radiación, acto seguido, si obtienen una cantidad suficiente de energía, las moléculas luego se disocian, se reordenan o reaccionan con otras

moléculas. Por ejemplo, el óxido nítrico (producido por los motores de los automóviles) reacciona con el oxígeno atmosférico para formar dióxido de nitrógeno (NO₂). Este compuesto, que absorbe fuertes cantidades de luz solar, se combina con el oxígeno para dar origen al ozono (O₃), principal componente del smog fotoquímico.

Los contaminantes de la combustión son los gases o partículas que se generan como resultado de los combustibles consumidos por los aparatos domésticos, entre ellos los calefactores ambientales, las estufas de leña, las chimeneas y los hornos. Aunque, por lo general, estos aparatos son seguros, si se los opera bajo condiciones inadecuadas, pueden emitir contaminantes dentro de la vivienda.

Entre los contaminantes de la combustión que resultan más preocupantes están:

- el monóxido de carbono
- el dióxido de azufre
- el dióxido de nitrógeno y
- los hidrocarburos

Desechos peligrosos: un desecho peligroso es cualquier sustancia química descartada que puede causar daño a las personas porque tiene o es algo de lo siguiente:

- Inflamable (aceites desechados, solventes orgánicos usados y bifenilos policlorados - PCBs).
- Inestable, lo suficientemente para estallar o liberar humos tóxicos (disolventes de cianuro).
- Corrosivo, para materiales como los metales o tejidos humanos (ácidos fuertes y bases fuertes).

Esta definición no incluye muchos tipos importantes de desechos peligrosos. Las categorías omitidas son:

- Desechos radiactivos, esta incluye la reclasificación de al menos un tercio de los desechos radiactivos de bajo nivel de la nación, y el permiso para que sean reciclados, enterrados en rellenos sanitarios o quemados en incineradores municipales.
- Materiales peligrosos descartados por las casas
- Desechos de la minería
- Desechos originados en las perforaciones para obtener petróleo y gas natural
- El polvo de los hornos de cemento
- La ceniza de incineradores municipales
- Los desperdicios provenientes de cientos de compañías y fábricas pequeñas
- Los desechos generados por los militares

Los residuos peligrosos encontrados en los residuos sólidos urbanos son todos los residuos o combinaciones de residuos que plantean un peligro sustancial, actual o potencial a los seres humanos u otros organismos vivos porque: (1) tales residuos no son degradables o son persistentes en la naturaleza; 2) pueden acumularse biológicamente; (3) pueden ser letales; o (4) pueden de otra forma causar o tender a causar efectos perjudiciales acumulativos. Las propiedades de los materiales residuales que han sido utilizados para valorar si un residuo es peligroso o no, están relacionadas con cuestiones de salud o seguridad. La mayor parte de los miles de insecticidas que actualmente se utilizan, caen en una de las tres clases de compuestos:

Hidrocarburos clorados (DDT, aldrin, dieldrin, endrin, heptaclor, toxafeno, lindano, clordano, kepona, mirex; su persistencia es elevada de 2 a 15 años).

Órganofosfatos (malatión, paratión, monocrotofos, metamidofos, metil paratión, DDVP, su persistencia es de baja a moderada, normalmente de 1 a 12 semanas, pero algunos pueden durar varios años).

Carbamatos o piretroides (carbaril, maneb, propoxor, maxicabato, aldicarb, amonocarb, su persistencia por lo común es baja, de días a semanas).

En su mayor parte, estas sustancias exterminan tanto insectos problema, como a los que no lo son, en el área rociada, al afectar su sistema nervioso. Aunque muchos de los insecticidas anteriormente mencionados ya no se usan en los países desarrollados, algunos de sus compuestos son fabricados todavía en estos y exportados a los países subdesarrollados, por la falta de políticas estrictas para su manejo y aplicación, donde se usan excesivamente.

Los organofosfatos se originaron de investigaciones para el desarrollo de gases en extremo tóxicos, contra la actividad nerviosa, para uso en época de guerra. Sin embargo, algunos de estos compuestos, en especial los organofosfatos como el paratión, son más tóxicos, para aves, personas y otros mamíferos, que los insecticidas con hidrocarburos clorados a los que reemplazaron. También son más susceptibles de contaminar aguas superficiales y subterráneas, ya que son solubles en agua, mientras que los hidrocarburos clorados son insolubles en agua y solubles en ácidos grasos. Esto significa que con frecuencia están presentes en el ambiente de manera casi continua, como los plaguicidas de lenta degradación a los que reemplazaron. Sin embargo, el malatión, otro insecticida organofosfático, tiene baja toxicidad para mamíferos y es muy utilizado en agricultura y en los

hogares. Ambos tipos de compuestos son biodegradables, son eficaces en dosis bajas y causan pocos daños a aves y mamíferos, incluyendo a humanos.

Los herbicidas pueden colocarse en tres clases, con base en sus efectos sobre las plantas: **herbicidas de contacto** (triazinas, como atrazina y paraquat, estos matan el follaje al interferir con la fotosíntesis), **herbicidas sistémicos** (compuestos fenoxi, como 2,4-D, 2,4,5-T y silvex; ureas substituidas como diurón, norea, fenurón y otros compuestos nitrogenados, como daminozida (alar), glifosato, su absorción crea exceso de hormonas de crecimiento; las plantas mueren al no poder obtener suficientes nutrientes para sostener su excesivo crecimiento), **y esterilizantes del suelo** (trifluralina, difenamida, dalapón, batilato, estos matan a los microorganismos del suelo esenciales para el crecimiento de las plantas; actúan también como insecticidas sistémicos). Casi todos los insecticidas sólo son activos por corto tiempo.

Quienes defienden el uso de plaguicidas creen que los beneficios de éstos superan a sus efectos dañinos, por lo que señalan los siguientes beneficios:

- Los plaguicidas salvan vidas.
- Incrementan la reserva alimentaria y disminuyen los costos de los alimentos.
- Incrementan las ganancias de los agricultores.
- Funcionan con mayor rapidez y mejor que otras opciones.
- Los riesgos a la salud por plaguicidas son insignificantes si se comparan con su sanidad y otros beneficios.
- De manera continua se desarrollan productos más seguros y más eficaces.

El argumento más grande en contra del uso de los plaguicidas es que la mayor parte de las especies problema, en especial insectos pueden desarrollar resistencia genética a un veneno químico por medio de selección

natural. Cuando un área es rociada con un plaguicida, la mayor parte de los organismos problema mueren. Sin embargo, es común que algunos de los organismos sobrevivientes de una población originalmente grande, lo hagan porque cuentan con genes que los hacen resistentes o inmunes a un plaguicida específico. Debido a la resistencia genética, los insecticidas que se utilizan más ya no protegen a la gente contra enfermedades transmitidas por insectos en muchas partes del mundo, dando lugar a brotes aún más graves de enfermedades.

La mayor parte de los insecticidas son venenosos de amplio espectro que matan no solamente la especie problema, sino también a algunos depredadores y parásitos naturales que pueden haber estado manteniendo a las especies problema en un nivel razonable. Sin suficientes enemigos naturales, y con mucho alimento disponible, una especie de insectos problema que se reproduzca con rapidez puede experimentar una fuerte recuperación en pocos días, o semanas, después de haber sido inicialmente controlada.

Tráfago de plaguicidas: cuando se desarrolla la resistencia genética, por lo común los vendedores de plaguicidas recomiendan aplicaciones más frecuentes, dosis más fuertes, o cambiar a nuevas sustancias (casi siempre más costosas) para controlar las plagas, en vez de sugerir opciones no químicas, en donde pagan más y más por un programa para control de plagas que cada vez es menos eficaz.

Los estuarios son particularmente vulnerables a la contaminación porque sirven como trampas para los contaminantes que los ríos y sus tributarios transportan corriente abajo. También reciben los escurrimientos de los sistemas de alcantarillado de las vertientes costeras, así como las descargas de las plantas de tratamiento municipales, de las industrias y de las plantaciones

costeras. Los ríos y las aguas costeras vierten diversos contaminantes en los estuarios y litorales.

2.6. Efectos en el medio ambiente

Los problemas asociados a los efectos en el medio ambiente, en la sociedad actual son complejos, por la cantidad y la naturaleza diversa de los desechos, por el desarrollo de zonas urbanas dispersas, por las limitaciones de fondos para los servicios públicos en las ciudades, por los impactos en la tecnología y por las limitaciones emergentes de energía y materias primas.

Contaminación del suelo: los residuos pueden penetrar en el suelo y contaminarlos a través de las fugas de los depósitos o tanques, los derrames y descargas ilegales. Los terrenos de relleno, incluso los que se construirán con las más modernas técnicas pueden contaminar las aguas subterráneas cuando los productos de la lixiviación se filtran hacia las capas interiores del suelo. Además, las emisiones de los procesos de tratamiento, los incineradores, los amontonamientos de residuos y los depósitos superficiales pueden depositarse en el suelo y contaminarlo, aunque en cantidades muy pequeñas. Con una concentración de contaminantes suficientemente alta, los microorganismos del suelo perecen, volviéndolo estéril, lo cual a su vez mata a la vegetación. La contaminación del suelo también puede penetrar en las aguas subterráneas, y ser ingerida de manera directa, por lo general inadvertidamente, por la fauna silvestre, como las aves, o por los seres humanos. Asimismo, las precipitaciones pueden entrar en contacto con ese tipo de suelos, originando escurrimientos que se filtran a las aguas subterráneas o se vierten en los sistemas acuíferos de superficie.

Contaminación de las aguas subterráneas: las aguas subterráneas suelen contaminarse como resultado directo de la contaminación del suelo, por lo que estos sistemas acuíferos siempre se encuentran bajo riesgo en el suelo, así que si éste se contamina, actúa como fuente de contaminación continua de las aguas subterráneas a través de la lixiviación. Las aguas subterráneas contaminadas afectan sobre todo la salud humana porque sirven como principal fuente de agua potable y, a la vez, como fuente para el riego de cultivos alimenticios y forraje. Los efectos sobre el ambiente no son tan significativos; sin embargo, pueden resultar graves cuando las aguas subterráneas contaminadas desembocan en aguas de superficie (nacimientos de agua, ojos de agua). Las aguas de superficie se contaminan por diversos medios.

Las precipitaciones pueden entrar en contacto con suelos contaminados y escurrirse hacia las aguas de superficie o infiltrarse en la tierra, ocasionando la contaminación de las aguas subterráneas, por último las inundaciones provocan una significativa contaminación de las aguas de superficie. Algunos vaciaderos de residuos se localizan en terrenos aluviales o cerca de ellos (estos terrenos son los que tienden a quedar sumergidos por las inundaciones). Si un vaciadero de residuos se inunda, esta agua se contamina y, cuando posteriormente retrocede, esparce la contaminación por extensas zonas.

Los residuos peligrosos que penetran en las aguas de superficie pueden matar a los organismos acuáticos. Además, cuando estos últimos se contaminan con residuos químicos, provocan que la contaminación (bioacumulación) ascienda por la cadena alimenticia hasta los consumidores finales, incluyendo a los seres humanos, que ingieren los peces o aves acuáticas contaminadas. El consumo directo de las aguas de superficie contaminadas por parte de los seres humanos (cuando la beben directamente) también es perjudicial. Por último, como los terrenos aluviales suelen ser los

más fértiles y productivos para la agricultura, los cultivos alimenticios y de forraje pueden absorber la contaminación resultante de las inundaciones.

Al contrario de la contaminación atmosférica y de las aguas de superficie, los efectos de los residuos suelen ser localizados, ya que normalmente se concentran en zonas definidas, como terrenos de relleno o depósitos superficiales, y además porque resulta más eficaz, en relación con el costo, consolidar la basura que esparcirla en áreas más extensas. En consecuencia, un terreno de relleno puede contener grandes volúmenes de residuos, pero la posibilidad de que estos se extiendan por una amplia zona, suele reducirse por las barreras físicas de la unidad contenedora (revestimiento) y la capa del suelo subyacente. Por otro lado el riesgo localizado que representa este material tiende a ser mucho mayor que el de otras fuentes de contaminación. De este modo la basura se parece más a una zona de desastre, es decir, una fuente localizada de contaminación, dicha fuente produce grandes efectos localizados de contaminación de aguas subterráneas, aguas de superficie, suelo y aire.

Aún los residuos correctamente manejados pueden afectar la salud y el ambiente debido a derrames, fugas y explosiones accidentales. Los seres humanos también pueden sufrir las consecuencias si entran en contacto o consumen alguno de los medios contaminados; por ejemplo, cuando inhalan aire contaminado, beben agua potable contaminada (subterránea o superficial), ingieren tierra contaminada (los niños), juegan en el suelo inhalando partículas, o consumen alimentos que crecieron en terrenos contaminados.

Efectos ambientales de la extracción del petróleo y sus derivados: las actividades en el mar, como la explotación de petróleo, gas y arrojar al océano cieno de alcantarillado y residuos de dragado, también introducen una gran variedad de sustancias tóxicas en los ambientes cercanos al litoral. Los

derrames de petróleo y de materiales peligrosos, los escurrimientos de las cañerías y descarga de otros residuos afectan a los litorales.

En comparación con los demás combustibles fósiles, el gas natural es más limpio durante todo su ciclo de vida. El efecto principal del procesamiento de este energético consiste en la posible liberación de hidrógeno, que contiene el gas natural cuando está en el suelo, formando sulfuro de hidrógeno (se llama gas sulfuroso el que contienen una elevada concentración de sulfuro de hidrógeno, y gas dulce el que está listo para su distribución). Este compuesto, (H_2S), es un gas altamente tóxico, que se forma como subproducto del azufre que existe en forma natural en la tierra. Además de su toxicidad, el sulfuro de hidrógeno puede dañar, por oxidación (descomposición química), el equipo empleado para producir y distribuir el gas natural. Debido a estos riesgos, hay que extraerlo por un proceso denominado depuración. Se lo puede extraer con un depurador húmedo, que normalmente utiliza soluciones líquidas (amina, un derivado del amoníaco), lo cual capturan el sulfuro de hidrógeno es estado gaseoso. Este gas puede ser sometido a un procesamiento ulterior para recuperarlo como un líquido, azufre elemental, que la industria del gas natural puede vender como un producto comercial. Además de la liberación del sulfuro de hidrógeno, se emiten a la atmósfera cantidades moderadas de dióxido de azufre como resultado del procesamiento del gas natural. Cuando se transporta el gas natural se recomienda tenerlo bajo contención y presión constantes.

El gas de petróleo licuado (GPL), se transporta generalmente en camiones, dentro de tanques presurizados, hasta puntos definidos de distribución o venta, de esta cuenta los vehículos de transporte contribuyen a la contaminación atmosférica. El propio gas natural es explosivo, sin embargo, el gas natural licuado (GNL) entraña un peligro de explosión aún más grave. Cuando al gas natural se enfría a $-160^{\circ} C$, se vuelve líquido. Este proceso

reduce 600 veces su volumen (de 600 m³ a 1 m³). Aunque resulta muy útil desde el punto de vista del almacenaje y la distribución, el procedimiento representa un alto riesgo de explosión por la gran cantidad de energía almacenada en un volumen pequeño. El gas natural es un combustible muy limpio, que sólo produce dióxido de carbono y vapor de agua.

Los efectos ambientales de la energía geotérmica son muy pequeños. El grado de contaminación atmosférica y acuática, en comparación con las plantas de combustibles fósiles, es mínima. La mayor parte del agua extraída de los pozos geotérmicos (también llamada salmuera) contiene gases disueltos, como sulfuro de hidrógeno, que se libera en el medio aéreo. Así mismo, gran parte de esta salmuera se encuentra contaminada de sales disueltas, que contienen elementos tales como boro, flúor y arsénico.

Como el agua que porta ese tipo de contaminantes puede vertirse en las aguas de superficie, normalmente se la vuelve a inyectar en formaciones subterráneas de agua permeable que están alejadas de las fuentes subterráneas de agua potable. Las plantas geotérmicas pueden causar contaminación por ruido, que produce las actividades de perforación y de la liberación de vapor. Aunque esto afecta la vida silvestre, muchas especies pueden acostumbrarse, siempre que el nivel del ruido se mantenga dentro de ciertos límites.

Efectos ambientales de las aguas residuales municipales: los principales efectos del desagüe municipal sobre la calidad del agua dependen de las cantidades que se descarguen de tres contaminantes principales: los sedimentos, el exceso de nutrientes y la materia orgánica. Por otra parte las aguas residuales municipales producen efectos estéticamente indeseables, como alteración del color de agua, espuma y nata superficial.

Los sedimentos, incluido los suelos (arena, cieno y barro), reducen la profundidad a la que penetra la luz del sol en el agua, lo cual disminuye la fotosíntesis de las plantas acuáticas, obstaculiza la captura de presas a los depredadores que se guían por la vista, obstruye o daña las branquias de los peces y restringe el desove y la sobrevivencia de las crías. Así mismo el sedimento depositado en aguas receptoras que se mueven con lentitud puede aumentar la turbiedad y asfixiar o sofocar a los organismos acuáticos que viven en el fondo, además de destruir las zonas de desove, los bancos de crustáceos y las fuentes de alimento de los peces. De igual forma, como algunos contaminantes se fijan fácilmente a los sedimentos, estos se vuelven un vehículo para su diseminación.

Efectos ambientales de la contaminación fotoquímica: las emisiones de los incineradores de residuos contribuyen a contaminar la atmósfera, aunque todos los aparatos modernos están o deberían de estar estrictamente reglamentados y las emisiones peligrosas son, en términos relativos, escasa. Sin embargo, cuando están descubiertos los depósitos superficiales, los terrenos de relleno y los amontonamientos de basura liberan compuestos y partículas volátiles. Los efectos potenciales, que incluyen los perjuicios para los seres humanos y la vida silvestre que inhalan el aire contaminado, dependen de la concentración y el tipo de contaminante. Así mismo, la contaminación del aire puede depositarse en la vegetación, dañándola o matándola, en el suelo o las aguas de superficie, contaminando estos medios.

La gravedad del efecto de los contaminantes atmosféricos depende de la profundidad (y por lo tanto, del volumen) de la zona mixta, que es la zona limítrofe entre la troposfera y la superficie terrestre. En esta región se intercambian el calor, los gases y la humedad. La profundidad de la zona mixta varía de acuerdo con la velocidad del viento, la temperatura y el momento del

día. Abarca desde un máximo de 450 a 1,800 metros, a principios de la tarde hasta un mínimo de unos cuantos metros durante la noche, lo cual se conoce como inversión térmica.

Una inversión térmica es una condición atmosférica en la cual una capa de aire relativamente fría queda cubierta por una capa de aire relativamente caliente, invirtiéndose así la tendencia normal del aire de disminuir su temperatura al aumentar la altitud. Las inversiones se deben a que, durante la noche, la superficie del suelo pierde calor a través de la radiación. Si no se presentan vientos que lo mezclen, (es decir, si permanece inmóvil), el aire que está en contacto con el suelo se enfriará más rápidamente que el de las capas superiores lo cual ocasionará una inversión. Si al otro día el sol calienta el suelo en grado suficiente, la inversión se quemará (desaparecerá).

El volumen del aire en que se liberan los contaminantes varía en consecuencia con la hora y las condiciones meteorológicas. De este modo, al disminuir las dimensiones de la zona mixta, aumenta la concentración de contaminantes que hay en ellas.

La capa de ozono absorbe la mayor parte (más del 99%) de la radiación ultravioleta del sol antes de que llegue a la superficie de la Tierra. Cantidades excesivas de radiación ultravioleta pueden resultar perjudiciales para la salud humana, la vegetación y otros organismos vivos. Entre los efectos de una exposición excesiva a esta radiación sobre los seres humanos se cuentan la formación de cataratas, que provocan visión borrosa e incluso la ceguera si no se atienden, cáncer de la piel (melanoma) y debilitamiento del sistema inmunológico lo que aumenta la susceptibilidad a las enfermedades infecciosas.

Los efectos ambientales de una excesiva exposición a la radiación ultravioleta abarcan la interferencia con la fotosíntesis de las plantas que reduce el rendimiento de las cosechas y el desarrollo de los bosques. Por otro lado, los organismos acuáticos, sobre todo el fitoplancton, pueden morir debido a que viven cerca de la superficie del agua, donde quedan expuestos abiertamente a la radiación ultravioleta. Una reducción del fitoplancton resultaría crítica, ya que estos organismos proveen de alimento, ya sea de manera directa o indirecta, a casi todos los peces. El aire se contamina cuando se quema combustible para alimentar las refinerías y por la liberación de gases de los tanques de almacenaje y las operaciones de procesamiento.

Los contaminantes atmosféricos comprenden normalmente óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos, partículas, tolueno, xileno, benceno, propileno y metil etil acetona. Los tanque de almacenaje pueden tener fugas que se vierten en las aguas de superficie, ya sea en gran escala, debido a una falla estructural, o en pequeña escala, como las fugas lentas que se infiltran hacia las aguas subterráneas. Muchas granjas de tanques (conjunto de tanques de almacenamiento) se ubican junto a aguas de superficie, porque necesitan estar próximas a las zonas de los buques cisterna.

Calentamiento terrestre: el calentamiento terrestre es el aumento de las temperaturas del planeta debido a fuentes de origen humano. La temperatura de la Tierra está determinada principalmente por la cantidad de luz solar que recibe y que refleja de vuelta a la atmósfera y por el grado que esta última retiene el calor. Cuando la luz solar llega a la Tierra, calienta su superficie, la cual irradia este calor como radiación infrarroja. El vapor de agua, el dióxido de carbono y otros gases atmosféricos absorben parte de la energía irradiada, en lugar de dejarla pasar por la atmósfera hacia el espacio. Como la atmósfera

atrapa el calor y calienta la Tierra de forma semejante a como la hacen los paneles de cristal de un invernadero, este fenómeno suele recibir el nombre de efecto invernadero.

Entre los gases del efecto invernadero están: dióxido de carbono, el vapor de agua, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos y el ozono. Aunque el vapor de agua (bajo la forma de nubes) es el principal responsable del efecto invernadero, se produce de manera natural y las actividades humanas no lo afectan directamente. El dióxido de carbono es el principal factor de origen humano que interviene en el calentamiento terrestre. Las predicciones basadas en las emisiones actuales indican que para el año 2,040 habrá un incremento en las temperaturas atmosféricas y oceánicas de alrededor de 2^o C, y un aumento de casi 9^o C para el 2,100.

El calentamiento terrestre podría afectar a la agricultura al alterar la disponibilidad del agua, la duración de la temporada de crecimiento de las plantas y el número de días de calor extremo. Sin embargo, también se ha probado que el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono incrementan la productividad (porque las plantas consumen más dióxido de carbono y liberan más oxígeno) y la retención de humedad. Los aumentos drásticos en las temperaturas atmosféricas y oceánicas modificarán los patrones climáticos (sobre todo la deposición) a un grado capaz de afectar significativamente las regiones agrícolas. Se prevé que el calentamiento terrestre podría elevar el nivel del mar a causa del aumento de la temperatura y la expansión de las aguas oceánicas, el derretimiento de los glaciares de las montañas y el deshielo parcial de los casquetes polares. Las estimaciones acerca de la elevación del nivel del mar varían de unos centímetros a un metro. Al subir el nivel del mar, se inundarían las zonas costeras de todo el planeta, de las que depende casi el 80% de la población mundial.

A primera vista, un clima promedio más cálido podría parecer deseable. Podría conducir a cuentas más bajas por gastos de calefacción y estaciones de crecimiento vegetal más largas en las latitudes medias y altas. El rendimiento de las cosechas podría aumentar 60% a 80% en algunas zonas debido a que más dióxido de carbono en la atmósfera puede incrementar la tasa de fotosíntesis vegetal. El mayor calentamiento de la troposfera podría causar enfriamiento de la atmósfera, de modo que se harían más lentas las reacciones que destruyen el ozono. Sin embargo, otros factores podrían compensar estos efectos. El uso de aire acondicionado aumentaría y contribuiría con más calor a la troposfera. Utilizar combustibles fósiles para producir más electricidad para el funcionamiento de los acondicionadores de aire, añadiría más CO₂ y clorofluorocarburos (empleados como refrigerantes o enfriantes en los acondicionadores de aire) a la atmósfera, acelerando el calentamiento planetario y el agotamiento del ozono. Eso también añadiría más óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre a la troposfera, acrecentando el nivel de ozono en el terreno, el smog fotoquímico y la deposición de ácidos.

Las ganancias potenciales en los rendimientos agrícolas a partir de los más altos niveles de CO₂, podrían ser cancelados por el daño más intenso por plagas de insectos, que se reproducirían más rápidamente a temperaturas más altas. Estas temperaturas también aumentarían el ritmo de la respiración aeróbica de las plantas, y reducirían la disponibilidad de agua. Evidencia reciente indica que muchas plantas han respondido a los aumentos de CO₂ anteriores, desarrollando menos de los poros que emplean para absorber el CO₂ y, por tanto, reducir su tasa de fotosíntesis. Los aumentos potenciales en el rendimiento agrícola, también podrían ser cancelados por menores rendimientos resultantes de irradiación ultravioleta producida por el agotamiento del ozono en la estratosfera.

Contaminación térmica: la contaminación térmica es el calentamiento artificial de una masa de agua, provocando que los organismos del agua receptora sufran sus efectos nocivos. El calor artificial puede perjudicar la reproducción de los peces, matar organismos y reducir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Además, a medida que se eleva la temperatura, se incrementa el ritmo del metabolismo de muchas especies, lo cual implica una mayor disminución del oxígeno disuelto que se requiere para sostener ese alto ritmo metabólico. No obstante, también se producen efectos benéficos. Las descargas termales pueden prolongar los períodos de cría de las especies acuáticas y de la pesca de mayor tamaño. Entre las fuentes principales de contaminación térmica están las refinerías y las plantas de energía eléctrica, especialmente las de energía nuclear.

Efectos nocivos de la contaminación del aire sobre los materiales:

Piedra y concreto: erosión sobre la superficie, decoloración, tinción o manchado, los agentes nocivos son el dióxido de azufre, ácido sulfúrico, ácido nítrico y materia particulada.

Metales: corrosión, enmohecimiento, pérdida de resistencia, los contaminantes son el dióxido de azufre, ácido sulfúrico, ácido nítrico, materia particulada y sulfuro de hidrógeno.

Cerámica y vidrio: erosión superficial, los agentes contaminantes son el fluoruro de hidrógeno y materia particulada.

Pinturas: erosión de la superficie, decoloración y manchado, los contaminantes causantes son el dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, ozono y materia particulada.

Papel: fragilización y decoloración, el dióxido de azufre es el causante.

Caucho o hule: agrietamiento y pérdida de resistencia, el agente es el ozono.

Piel (cuero): deterioro de la superficie y pérdida de la resistencia, el contaminante es el dióxido de azufre.

Productos textiles: deterioro, pérdida gradual del color y manchado, los contaminantes son el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono y materia particulada.

Efectos ambientales del consumo y la generación de energía:

Carbón: se usa para generar electricidad, para la cocción de alimentos y para calefacción. Este mineral altera el suelo provocando la erosión del mismo, debido a las excavaciones generando residuos sólidos. El efecto sobre el agua es: drenaje ácido de las minas, encenegamiento y contaminación térmica. Los efectos atmosféricos comprenden: grandes emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas, monóxido de carbono. Provoca daños respiratorios por los contaminantes del aire, afecciones pulmonares de los mineros (antracosis), daña los organismos acuáticos por la deposición ácida y el drenaje ácido de las minas.

Petróleo: el petróleo, como las demás fuentes de energía explotadas mediante combustibles, puede ocasionar contaminación a lo largo de su ciclo vital. De este modo, la extracción, la producción, el transporte, la refinación, el almacenaje y la combustión del petróleo son procesos que provocan contaminación, debido a la cantidad y tipo de desechos generados. Los derivados del petróleo se usan para el transporte, calefacción, y electricidad.

Altera el suelo por las perforaciones y actividades conexas, residuos salinos de la producción y aceites. Afecta el agua por los derrames de petróleo y de aguas salinas, fugas hacia las aguas subterráneas. Los óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono, deposición ácida y el monóxido de carbono afectan a la atmósfera, provocando daños respiratorios por los contaminantes del aire. Daña a los organismos acuáticos y a la vegetación por la deposición ácida. El proceso de perforación afecta al ambiente porque remueve suelos, produce desperdicios y puede ocasionar derrames de petróleo o agua contaminada, cuando se inician las operaciones de perforación, así como el equipo, los depósitos de residuos *in situ* u otras labores afines.

Cada pozo requiere de un depósito de reserva, que se emplea para eliminar los residuos de lodo y despojos (suelo y rocas extraídos de la perforación). Los trabajos de perforación tienen lugar en regiones muy delicadas, como pantanos, selvas, mares, etc., además, una construcción que remueve la tierra siempre aumenta la erosión y el encenegamiento de las aguas superficiales de la zona debido a los escurrimientos pluviales.

Gas natural: se usa en la calefacción, uso residencial y electricidad. Altera la superficie del suelo por la construcción de gasoductos y las operaciones de perforación. Produce dióxido de carbono, monóxido de carbono y sulfuro de hidrogeno.

Hidroeléctricas: se usan en la producción de electricidad.

Energía Hidroeléctrica: la energía hidroeléctrica consiste, en el uso de la corriente de agua para poner en marcha turbinas que generan electricidad. Como esta forma de energía utilizada el agua de arroyos, ríos o depósitos para generar la electricidad, en lugar de quemar combustible o emplear un reactor

nuclear, prácticamente no origina contaminación. Para el funcionamiento de una planta hidroeléctrica, hay que represar ríos y arroyos, con el fin de asegurar un flujo de agua continuo hacia turbinas. El embalse tiene como consecuencia la inundación de zonas extensas, con lo que se destruyen muchas hectáreas de pantanos, bosques, hábitats de ríos y arroyos, hábitats de la vida silvestre, sitios recreativos, zonas panorámicas y otros recursos, aunque surjan nuevas oportunidades de recreación. Además los valles pluviales suelen contarse entre las tierras de cultivo más productivas (especialmente las planicies de aluvión) y también estos se pierden cuando se inunda la zona. Con la construcción de estas plantas se provoca la pérdida del hábitat de los animales silvestres y de tierras de cultivo fértiles debido a las inundaciones, la elevación de la temperatura del agua y encenegamiento afectan a la atmósfera. Otros daños a la salud debido a los contaminantes de la combustión incluyen la irritación de ojos y garganta, náuseas, mareos, fatiga, confusión y dolor de cabeza.

Energía nuclear: se usa para la generación de electricidad, provoca alteraciones en el suelo por las excavaciones, erosión, colas de las minas y fugas de combustible, produce gases radioactivos, en los humanos provoca daños respiratorios e internos por las excavaciones, en general provoca daños potenciales a todos los seres vivos debido a la radiación.

Contaminación por fuentes puntuales y tratamiento de aguas de desecho: En muchos países subdesarrollados (PSD) y en algunas partes de los desarrollados (PD), las aguas negras y los desechos industriales llevados por el agua de fuentes puntuales, no son tratados. En vez de eso, la mayoría son descargados en la vía de agua más cercana o en lagunas de desechos.

Grandes estanques donde el aire, la luz solar y los microorganismos degradan los desechos, permiten que los sólidos se sedimenten y maten

algunas bacterias patógenas causantes de enfermedades. El agua por lo común permanece en una de esas lagunas durante treinta días. Luego, es tratada con cloro y bombeada para uso en una ciudad o para riego en el campo. En los países desarrollados, la mayor parte de los desechos de las fuentes puntuales se dan en grados variables. En áreas rurales y suburbanas con suelos adecuados, las aguas negras de cada casa generalmente son descargadas en fosas sépticas. En las áreas urbanas de los países desarrollados, la mayoría de los desechos transportados por agua desde las casas, empresas, fábricas y el escurrimiento de las lluvias, fluyen a través de una red de conductos de alcantarillado, y van a plantas de tratamiento de agua de desecho, lo que es inexistente en los países subdesarrollados.

El clima y la topografía local, y el esmog: la frecuencia y la severidad del esmog en un área dependen del clima y la topografía local, la densidad de la población e industria, y los principales combustibles usados en la industria, la calefacción y el transporte. En áreas con alta precipitación media anual, la lluvia ayuda a limpiar el aire de contaminantes. Los vientos también ayudan a arrastrarlos y traer aire más puro, pero pueden transferir algunos contaminantes a áreas distantes, las colinas y montañas tienden a reducir el flujo descendente del aire en los valles, y permite que los niveles de contaminantes aumenten en el terreno. Los edificios en las ciudades también disminuyen la velocidad, y reducen la dilución y remoción de los contaminantes.

Efectos de los pesticidas en el medio ambiente: los seres humanos pueden quedar expuestos a los pesticidas durante la fabricación, el embalaje, el transporte, la mezcla y la aplicación de estas sustancias, ya sea por derrames, por envenenamiento accidental o por trabajar en zonas recientemente fumigadas.

El efecto potencial de los pesticidas depende de su tipo. Mientras que algunos poseen una toxicidad alta y aguda (mercurio), otros carecen prácticamente de efectos agudo (captan). Sin embargo, es preocupante ante todo la posibilidad de que un pesticida cause problemas crónicos o a largo plazo, incluyendo cáncer, daños cromosómicos y daños reproductivos. Además de la ingestión directa de los residuos permitidos en los alimentos, los seres humanos pueden consumir pesticidas a través de los organismos silvestres contaminados y, principalmente, a través del pescado. La posibilidad de ingerir pescado contaminado es mayor en las zonas agrícolas y cerca de las fábricas de pesticidas. Aunque las advertencias y los avisos del gobierno alertan a las personas sobre los riesgos existentes contaminados inadvertidamente. Por ejemplo, un pez de una región contaminada puede nadar hasta una zona sin contaminación, donde un pescador termina por comerlo sin sospechar nada.

En gran parte, los pesticidas entran y se distribuyen por todo el ambiente a través de su aplicación. Sin embargo, las rociaduras generalizadas de pesticidas aumentan la posibilidad de que se diseminen y contaminen la atmósfera, el suelo, las aguas de superficie y las aguas subterráneas, donde es probable que se acumulen en la cadena alimenticia y afecten la vida silvestre, la pesca y otros organismos a los que no se pretendía dañar. Los efectos ambientales suelen exacerbarse cuando el uso de un pesticida se intensifica debido a la resistencia genética. Al volverse resistentes las plagas, la respuesta común consiste en incrementar la dosis y/o la frecuencia de la aplicación hasta que deja de resultar económicamente rentable.

Existen dos vías principales por la que los pesticidas entran en la atmósfera: la aplicación y la volatilización de pesticidas aplicados con anterioridad. Los pesticidas que flotan en el aire pueden distribuirse por grandes extensiones, en última instancia, caer sobre el suelo, el agua y sobre

organismos que no se pretendía afectar. La volatilización constituye otro importante medio por el que estas sustancias entran en la atmósfera. Después de aplicarlos, algunos pesticidas se descomponen naturalmente a través de la volatilización proceso por el que un compuesto se convierte en vapor. La velocidad y el grado de ésta dependen de las características físicas y químicas del pesticida y de sus ingredientes inertes, así como de las condiciones meteorológicas (como la alta temperatura y los vientos).

El suelo es el principal receptor de los pesticidas que no llegan a la zona o la plaga que desea fumigarse y de los escurrimientos procedentes de la región tratada. Además, los desechos de los cultivos que quedan después de la cosecha (como los tallo de maíz) suelen contener restos de los pesticidas que entran en el suelo cuando vuelve a ararse el campo.

Ya sea que los pesticidas se apliquen por rociadura, en forma de polvo o directamente sobre la tierra, grandes cantidades llegan finalmente al suelo que actúa como depósito. Una vez en el suelo, pueden absorberse en partículas de tierra, unirse químicamente a otros compuestos, volatilizarse de la superficie para entrar en la atmósfera, trasladarse por la zona mediante difusión molecular, lixiviarse hacia las aguas subterráneas, escurrirse a las aguas de superficie, ser absorbidos por las raíces de las plantas, ser ingeridos por los microorganismos del suelo (ingresando así a la cadena alimenticia) o degradarse.

El tiempo que requiere un pesticida para degradarse (su persistencia) depende de su estructura química. La degradación se produce principalmente a través de la fotólisis (acción de la luz solar), hidrólisis (acción del agua) y acciones biológicas. La velocidad de su descomposición se considera su vida media, o sea el tiempo necesario para que la mitad de la sustancia se degrade.

Es importante observar que, después de su degradación parcial, algunos pesticidas forman subproductos tóxicos que pueden permanecer en el ambiente durante períodos prolongados.

Aunque se aplican cantidades relativamente minúsculas de pesticidas a las masas acuáticas de superficie en forma directa, acaban importantes cantidades existiendo en estos hábitats. Los pesticidas pueden entrar en las aguas de superficie como resultado directo de los procesos de aplicación. Los pesticidas se encuentran en el agua rara vez permanecen como sustancias químicas puras; por el contrario, se adsorben a las partículas de limo suspendidas o a la materia orgánica en los sedimentos del fondo, formando capas finas y persistentes en la superficie o se concentran en los organismos de los seres vivos.

La acumulación de pesticidas es más pronunciada en las cadenas alimenticias acuáticas que en las terrestres (sobre todo en los peces), debido a que los límites cerrados de las mismas masas acuáticas impiden el escape de estas sustancias, ofreciendo así mayores oportunidades de que sus concentraciones aumenten. Los pesticidas pueden llegar a los organismos acuáticos por dos vías principales: por la ingestión directa y por la ingestión de alimentos contaminados. Los insectos acuáticos y los diminutos microorganismos llamados plancton se contaminan al consumir esta materia, y luego los peces pequeños ingieren los insectos y los microorganismos contaminados, llegando así a la bioacumulación.

Los pesticidas pueden afectar la vida silvestre por exposición directa y por el consumo de alimentos contaminados. Los mecanismos de transporte son parecidos a los que tienen lugar en las aguas de superficie (es decir, por bioacumulación). Los insectos, la vegetación y los pequeños mamíferos

pueden envenenarse o contaminarse; de modo semejante a los peces grandes, los animales silvestres que se alimentan de organismos contaminados absorben una dosis continua de pesticidas que se incrementa con el tiempo.

La contaminación de las aguas subterráneas representa un riesgo mayor para los seres humanos que para el ambiente, ya que esas aguas constituyen la principal fuente de agua potable. Los efectos ambientales son limitados, pero pueden producirse cuando las aguas subterráneas afloran en forma de manantiales, pantanos, ríos, convirtiéndose en abrevadero para animales silvestres o contaminando a insectos acuáticos, microorganismos y peces.

Principales tipos de insecticidas y herbicidas que se encuentran en el mercado:

- Hidrocarburo clorado u órganocloruro: entre estos tenemos el DDT, aldrin, heptacloro, toxafeno, lindano, clordano. Este actúa por contacto (mata por contacto, sin necesidad de ser ingerido) y sistémico (se difunde a otras partes del organismo, aparte del sitio en el que se lo aplicó). Su efecto es muy persistente, afectando el sistema nervioso provocando parálisis.
- Órganofosforados: entre estos están el malatión, paratión, azodrin, fosdrin, metil, paratión, diazinós, TEPP, DDVP. Actúa por contacto y sistémico. Entre sus efectos están los siguientes: capta o inhibe a ciertas enzimas importantes (colinesterasas) en la sinapsis del sistema nervioso, provocando parálisis; es altamente tóxico, pero de persistencia breve.
- Carbamato: son ejemplos de este el carbaril (sevin), zineb, maneb, baygón, zectran, temik, matacil. Actúa por contacto y sistemático. Sus efectos son, los mismos de los órganofosforados.

- Piretroide: son ejemplos de este el directo, cipermetrin, resmetrin, biorresmetrin. Este actúa por contacto. Afecta el sistema nervioso, provocando parálisis.
- Triacina: entre estas están la atracina, simacina, paracuat. Este actúa por contacto, matando el follaje al interferir con la fotosíntesis.
- Ácido fenoxialifático o compuesto fenóxido: entre estos están el D - 2, 4; T - 2, 4, 5; diurón de silxes, fenurón, es sistémico. Su absorción causa un aumento excesivo de las hormonas de crecimiento; las plantas mueren porque no pueden obtener suficientes nutrientes para sostener la tremenda velocidad del desarrollo.
- Herbicidas para aplicar al suelo: entre estos está el butilato, dalapón, difenemida, tribruralina. Este es un herbicida preventivo (es decir, impide de antemano que las plantas broten), por lo que vuelve al suelo incapaz de sostener el desarrollo de las plantas.

El objetivo de un control efectivo de plagas consiste en tratar de usar la concentración más eficiente del pesticida para lograr el control deseado. Los productos pesticidas se ofrecen en diferentes presentaciones, como polvos, talcos, pastillas sólidas, rociadores, líquidos, aerosoles, carnadas, impregnación de objetos (collares de mascotas) y humo.

El ingrediente activo es el componente del pesticida que mata o controla por algún otro medio a la plaga en cuestión. Se puede utilizar un mismo ingrediente activo en distintos productos para variedad de aplicaciones.

Según su definición legal, los ingredientes inertes son los que no actúan para atacar o controlar una determinada peste. Por lo general, sirven como portadores del ingrediente activo, o se los puede añadir para incrementar la eficacia de este último. Contribuyen a diluir al ingrediente activo y permitir una

aplicación más fácil y eficiente. Entre los ingredientes inertes de uso más frecuente están el agua, queroseno, almidón de maíz, detergentes y solventes clorados. Es importante mencionar que los ingredientes inertes de algunos pesticidas (como solventes clorados) pueden resultar más perjudiciales que el propio ingrediente activo, ya que en sí mismo pueden ser química o biológicamente activos. Sin embargo, el público en general desconoce la identidad química específica de muchos ingredientes inertes, debido a que están clasificados como secretos industriales.

Efectos de las aguas residuales descargadas: estas aguas afectan sobre todo a los organismos acuáticos y a los peces. Las sustancias químicas y los metales pesados que contienen, o el calor mismo del agua, pueden acumularse o causar graves daños como envenenamiento a los organismos que viven en el agua receptora. En las zonas industriales urbanas y suburbanas, es importante un método para tratar las aguas residuales de las industrias, que consisten en vertirlas en el sistema de alcantarillado municipal. Aunque existen reglamentos para controlar estas descargas y a veces se exige que las aguas residuales sean tratadas antes de descargarlas en la red de alcantarillado, los desagües excesivos e ilegales pueden dañar el sistema de tratamiento municipal. Por lo general los daños se producen porque los microorganismos vivos que se utilizan para el tratamiento sufren efectos nocivos si las aguas residuales contienen ciertos contaminantes, como metales pesados, altas temperaturas o petróleo. Cuando los microorganismos mueren, las aguas negras se descargan sin haber sido tratadas.

La contaminación de fuentes localizadas se refiere a la que se descarga a través de un punto fijo y definido, como una tubería, una zanja o una cloaca.

La contaminación de fuentes dispersas es la que es recogida por los escurrimientos y se vierte en las aguas de superficie de manera difusa desde zonas separadas entre sí, como estacionamientos, campos agrícolas y predios en construcción. Además, debido a las peculiares propiedades solventes del agua y su naturaleza reciclable, suele recoger contaminantes del aire que luego entran directa o indirectamente en las aguas de superficie a través de la precipitación, la cual se considera también como fuente dispersa.

Cada tipo de contaminante se comporta de diferente manera en las aguas de superficie, y eso afecta la posibilidad de eliminarlos o tratarlos. El comportamiento de los contaminantes liberados en las aguas de superficie dependen de las características físicas y químicas del agua receptora (es la masa de agua en la que son liberados). Aunque algunos de estos contaminantes se degradan por vía natural (como nutrientes), otros (como el petróleo) pueden degradarse muy lentamente por adsorción (o fijación) a los sedimentos, y otros más (como los metales pesados) no se degradan, por lo tanto, representan una amenaza constante a causa de la resuspensión. La adsorción se refiere a la afinidad de un contaminante para adsorberse (fijarse) a ciertas partículas, como las de materia orgánica o sedimentos, (los sedimentos se componen de material orgánico y partículas de minerales, como barro, cieno, arena y grava). Debido a que las partículas adsorbidas suelen volverse más pesadas que el agua, se depositan y se acumulan en el fondo de lagos y estuarios, donde pueden permanecer durante prolongados períodos.

La resuspensión se refiere a la “reliberación” de contaminantes en las aguas de superficie. Por ejemplo, los contaminantes que se encuentran en los sedimentos del fondo (como los metales pesados) pueden ser sacudidos o agitados (a causa de una inundación u operaciones de dragado), liberándose del sedimento y “resuspendiéndose” en el agua. Además, algunos

contaminantes son ingeridos por organismos acuáticos y estos se bioacumulan (los conservan al paso del tiempo). Cuando el organismo muere, los contaminantes vuelven a liberarse al ambiente.

Efectos de la contaminación por la sal: aunque en pequeñas cantidades la sal no es muy tóxica, provoca aumento de presión arterial en las personas propensas a ello. Asimismo, la presencia notoria de sal en el agua potable la vuelve imbebible para la mayoría de los seres humanos a causa del sabor. Por otra parte, la sal es tóxica en cantidades excesivas. Los organismos vivos deben mantener una concentración precisa de sal, conocida como equilibrio electrolítico, en los líquidos de su cuerpo. El consumo excesivo puede romper este equilibrio y dañar o destruir las funciones corporales.

Efecto de los sistemas sépticos: los sistemas sépticos viejos, mal mantenidos e inadecuadamente instalados pueden ocasionar serios problemas, ya que liberan en el suelo circundante un afluyente de aguas residuales parcialmente tratadas o sin tratar.

Los sistemas sépticos se usan con más frecuencia en las zonas rurales, donde al agua subterránea es también la principal fuente de agua para beber. El afluyente séptico sigue el camino del declive, que suele ser paralelo a la inclinación del terreno, hacia zonas más bajas. En consecuencia los pozos localizados pendiente abajo del sistema séptico propio o de un vecino tienden a contaminarse.

Las excreciones humanas (orina y materia fecal) constituyen el componente principal del afluyente de los sistemas sépticos. Detergentes, blanqueadores a base de cloro, limpiadores domésticos, residuos de las duchas y las lavadoras así como cualquier otra sustancia que entre en el drenaje, pasa

a formar parte también del afluyente séptico. Las excreciones humanas suelen tener colibacilos (bacterias), virus y otros gérmenes patógenos del hombre, los cuales pueden causar gastroenteritis, tifoidea y hepatitis. Los componentes orgánicos e inorgánicos, como limpiadores domésticos, blanqueadores, detergentes y jabones, también pueden contaminar el agua para beber y provocar efectos nocivos, dependiendo de la naturaleza del contaminante.

Efecto de las actividades agrícolas: la contaminación de las aguas subterráneas con pesticidas es un problema grave, sobre todo en las regiones donde se practica la agricultura en grandes áreas. Se han encontrado residuos de estas sustancias en pozos de agua localizados en estas áreas. Como la aplicación de pesticidas a lo largo de un año es una práctica común en el campo, y dado que algunos de ellos no se degradan al cabo de doce meses (y por lo tanto poseen una vida media relativamente larga), pueden tardar muchos años en degradarse, produciendo con el tiempo la acumulación de sus residuos. El riego y las precipitaciones atmosféricas arrastran los pesticidas sin degradar hasta las aguas subterráneas, de manera que el hombre puede llegar a consumirlos al beber el agua o regar los campos.

Los nitratos (nitrógeno combinado con el oxígeno del aire o el suelo) representan cierto riesgo para la salud humana, pero la verdadera preocupación radica en los productos de la conversión de nitratos. Los microorganismos de la boca y de los intestinos de los humanos convierten a los nitratos en nitritos por medio de una reacción con varios compuestos naturales. Los nitritos reaccionan con la hemoglobina, reduciendo la capacidad del cuerpo para transformar oxígeno. Este proceso es especialmente riesgoso para los bebés. Además, los nitritos tienen efectos cancerígenos a largo plazo, ya que reacciona con otros compuestos nitrogenados para formar nitrosaminas, que pueden producir cáncer.

Los tanques de almacenamiento subterráneo se componen de tanques y sus tuberías conexas que se instalan parcial o completamente bajo tierra. La mayoría de estos tanques contienen productos derivados del petróleo, como gasolina, aceites para calefactores y diesel. Los tanques de almacenamiento subterráneo pueden gotear su contenido en el suelo o en las aguas subterráneas de las cercanías. La mayoría de estas fugas provienen de tanques construidos con una sola capa de acero sin revestimiento. Al estar en contacto con la tierra, el acero sin aislador termina por corroerse, lo que ocasiona pequeñas perforaciones en los tanques.

Las operaciones petroleras y de gas natural pueden afectar en grado significativo la calidad de las aguas subterráneas. Los residuos generados durante el desarrollo y la producción de petróleo y el gas natural se almacena en pozos, que se conocen como depósitos superficiales. Estos incluyen una variedad de pozos, estanques, lagunas, embalses de tratamiento y represas que se utilizan para tratar o descargar los residuos líquidos, semilíquidos o sólidos. Algunos depósitos están diseñados para descargar las aguas clarificadas en las aguas de superficie después de que se han asentado los materiales suspendidos, otros lo están para permitir que los líquidos se absorban en el suelo y se evaporen en el aire. El contenido líquido de ambos tipos de depósitos superficiales suele filtrarse en el suelo y en las aguas que se encuentran bajo ellos.

Los residuos líquidos de las operaciones petroleras y de gas, que se vierten en estos pozos, contiene habitualmente altas concentraciones de sal, además de otros contaminantes, como bario, petróleo y benceno. Lo tradicional es que muchos pozos no estén revestidos o que su revestimiento sea inadecuado, por lo que la porción líquida de los residuos se filtra hasta las aguas subterráneas contaminándolas.

Efecto de los agentes patógenos en el agua: en los países subdesarrollados, son la causa mayor de enfermedad y defunción, y causan la muerte prematura de miles de personas cada día, la mitad de ellas, niños menores de cinco años. Un buen indicador de la calidad del agua para beber o nadar es el número de colonias de bacterias coliformes presentes en una muestra de 100 mililitros de agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una cuantía de cero colonias de dichas bacterias por 100 mililitros de agua para beber, y un nivel máximo para el agua de nadar de 200 colonias por 100 mililitros de agua.

Efectos de los desechos que requieren oxígeno en el agua: poblaciones grandes de bacterias soportadas por estos desechos pueden agotar el gas oxígeno disuelto en el agua. Sin el oxígeno suficiente, mueren los peces y otras formas de vida acuática que consumen oxígeno. La cantidad de desechos que requieren oxígeno en el agua puede ser determinada midiendo el contenido del oxígeno disuelto, o bien la demanda biológica de oxígeno: la cantidad de oxígeno disuelto necesitado por los degradadores aeróbicos para descomponer o degradar los materiales orgánicos en un cierto volumen de agua durante un período de incubación de cinco días a 20⁰ C (68⁰ F).

Efecto de las sustancias químicas inorgánicas solubles en agua: los niveles altos de dichos sólidos disueltos pueden hacer al agua impropia para beber, dañar a los peces y otra vida acuática, deprimir los rendimientos agrícolas y acelerar la corrosión del equipo que usa agua.

Efectos de los nutrientes vegetales inorgánicos en el agua: estos nutrientes pueden ocasionar el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno disuelto en el agua y dando muerte a los peces. Los niveles excesivos de nitratos en el agua para beber, pueden reducir la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre

y quitar la vida a los niños nonatos y a bebés, en especial a los menores de tres meses.

Efecto de las sustancias químicas orgánicas en el agua: estas sustancias amenazan la vida humana y dañan a los peces y otra vida acuática. Algunas de las sustancias orgánicas sintéticas encontradas en cantidades minúsculas o traza en las existencias de aguas superficiales y subterráneas, pueden ocasionar trastornos renales, defectos congénitos y diversos tipos de cáncer en animales de laboratorio.

Efectos del sedimento o materia suspendida en el agua: la materia particulada suspendida enturbia el agua, reduce la aptitud de algunos organismos para encontrar alimentos, reduce la fotosíntesis por plantas acuáticas, altera las redes alimentarias acuáticas y transporta plaguicidas, bacterias y otras sustancias nocivas. El sedimento del fondo destruye los terrenos o sitios de alimentación y desove de peces, obstruye y rellena lagos, tanques o rebalses artificiales, canales y bahías de puertos.

Efectos de las sustancias radiactivas en el agua: la radiación ionizante de dichos isótopos pueden causar defectos congénitos, cáncer y daño genético.

Efecto del calor en el agua : el aumento resultante en la temperatura del agua, disminuye el contenido de oxígeno disuelto y hace que los organismos acuáticos más vulnerables a enfermedad, parásitos y sustancias químicas tóxicas.

Efectos ambientales de la contaminación del agua: Enfermedades comunes transmitidas a seres humanos a través del agua de beber contaminada y tipo de organismo que las causa:

- **Bacterias:** fiebre tifoidea; los efectos de esta enfermedad son los siguientes: diarrea, vómitos severos, bazo crecido, intestino inflamado, a menudo es mortal si no se trata. Cólera, sus efectos son: diarrea, vómito severo, deshidratación; a menudo mortal si no se trata. Disentería bacteriana, con los efectos de diarrea, raramente es mortal, excepto en niños sin tratamiento adecuado. Enteritis, con el efecto de dolor estomacal severo, náusea, vómito; rara vez es mortal.
- **Virus:** hepatitis infecciosa, con el efecto de dolor de cabeza severo, pérdida del apetito, dolor abdominal, ictericia, hígado crecido; rara vez es mortal, pero puede causar daño permanente en el hígado. Poliomielitis con fiebre alta, dolor de cabeza severo, úlceras en la garganta, cuello rígido, dolor muscular intenso, debilidad severa, temblores, parálisis en las piernas, brazos y cuerpo; puede ser mortal.
- **Protozoarios parásitos:** disentería amibiana, con el efecto de diarrea severa, dolor de cabeza, escalofríos, fiebre; si no se trata puede ocasionar absceso hepático, perforación intestinal y muerte. Giardia con diarrea, ocasiona calambres abdominales, flatulencia, eructos y fatiga.
- **Gusanos parásitos:** esquistosomiasis con dolor abdominal, erupción en la piel, anemia, fatiga crónica y mala salud crónica general.

Contaminación del océano: los océanos y mares son el último sumidero para gran parte de la materia de desechos que producimos. Los océanos y mares pueden diluir, dispersar y degradar grandes cantidades de aguas negras, cieno, petróleo y algunos tipos de desechos industriales, especialmente en áreas de aguas profundas. La vida marina también ha probado que es la más resistente y elástica de lo que algunos científicos esperaban, conduciendo a estos

expertos a sugerir que es mucho más seguro arrojar gran parte de sedimentos de las aguas negras y diversos desechos tóxicos y radiactivos, a profundidades oceánicas, que ponerlos bajo tierra en la superficie, o quemarlos en incineradores.

Las áreas costeras, es especial los aguazales y estuarios, manglares y arrecifes de coral, toleran el fuerte embate de las enormes descargas de desechos en los mares de los desarrollos urbanos y costeros. La mayoría de las áreas costeras del mundo están contaminadas debido en su mayor parte a las descargas de aguas negras y sedimentos provenientes de la tala y la erosión de la tierra, una contaminación ampliamente distribuida y grave.

La mayoría de los países subdesarrollados y en algunos países desarrollados con costas, el drenaje municipal y los desechos industriales suelen ser descargados al mar sin ningún tratamiento. Casi la mitad del petróleo que llega a las aguas marinas proviene del desagüe urbano.

El vertimiento de aguas negras y desechos agrícolas en las aguas costeras introduce grandes cantidades de nitrógeno y fósforo, que ocasionan el crecimiento explosivo de organismos acuáticos llamados algas.

Cuando las aguas mueren y se descomponen, las aguas costeras quedan sin oxígeno, los peces y otras especies mueren, y se crea lo que se llama una zona muerta.

Hay poca vida en las aguas oceánicas en las que se arrojan grandes cantidades de sedimento de aguas negras, testigos son las langostas y cangrejos capturados en algunas áreas los cuales presentan misteriosos agujeros de quemaduras, y los peces capturados en algunas áreas, tienen

tumores y lesiones, principalmente por la exposición a productos químicos tóxicos. Los estudios indican que cada año, hasta 2 millones de aves marinas y más de 100,000 mamíferos marinos, incluyendo ballenas, focas, delfines, leones marinos y tortugas de mar, mueren cuando ingieren o se quedan atrapados por tazas, bolsas, soportes de paquetes, redes de arrastre, sogas y otras formas de basura plástica arrojada al mar u océano desde botes, o vertida al mar por los ríos y desde las áreas terrestres costeras.

Los efectos del petróleo sobre los ecosistemas marinos dependen de varios factores: tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad liberada, distancia del sitio de liberación desde la playa, época del año, condiciones térmicas o del tiempo atmosférico, temperatura media del agua y corrientes oceánicas. El petróleo que llega al mar se evapora o es degradado lentamente por bacterias. Los hidrocarburos orgánicos volátiles del petróleo matan inmediatamente varios organismos acuáticos, especialmente en sus formas larvales más vulnerables. En las aguas calientes, la mayor parte de estas sustancias tóxicas se evaporan en la atmósfera en uno o dos días, pero en aguas frías, esto puede tomar hasta una semana.

Algunas otras sustancias químicas permanecen en la superficie y forman burbujas o musgos flotantes como el alquitrán. Este petróleo a flote cubre las plumas de las aves, especialmente de las que se zambullen, y la piel de mamíferos marinos, como focas y nutrias de mar. Esta cubierta aceitosa destruye el aislamiento térmico natural y la flotabilidad de esos animales, y muchos se hunden o mueren por la exposición al medio natural, debido a la pérdida de calor del cuerpo. Estas burbujas o espumas de aceite son degradadas por bacterias durante varias semanas o meses. Los componentes pesados del petróleo que se hunden al fondo del mar o en los estuarios, pueden matar organismos que habitan en las profundidades como cangrejos, ostras,

mejillones y almejas, o los hacen inadecuados para el consumo humano, debido a su sabor u olor aceitosos.

La mayoría de las formas de vida marina se recuperan de la exposición a cantidades grandes de petróleo crudo, en unos tres años. Sin embargo, la recuperación de la vida marina a la exposición de petróleo refinado, es especial en los estuarios, puede tomar diez años o más. Las manchas aceitosas de petróleo que se depositan en las playas tienen graves efectos económicos sobre los residentes en las costas, ya que pierden los ingresos por sus actividades pesqueras y turísticas. Las playas contaminadas con petróleo y en las que hay olas o corrientes fuertes, quedan limpias casi un año después, pero las playas en regiones resguardadas permanecen contaminadas por varios años. Los estuarios y las marismas sufren el mayor daño y no pueden ser limpiadas con eficiencia.

Efecto de las partículas en el ambiente: los efectos que producen las partículas sobre el ambiente se pueden clasificar en efectos sobre:

- El hombre
- Las plantas
- Los materiales
- La visibilidad
- La radiación solar total

Efectos de los aerosoles sobre el hombre: las partículas penetran en el cuerpo humano, casi exclusivamente a través del sistema respiratorio, dependiendo el efecto sobre el mismo del grado de penetración de las partículas en el sistema respiratorio, que es función tanto de la granulometría como de la toxicidad o composición química de las mismas.

Las partículas más perjudiciales son las de menor tamaño (menores de 0.5 micrones), ya que pueden llegar a los alveolos pulmonares, permaneciendo en ellos durante largo tiempo sin eliminarse.

El efecto tóxico producido por las partículas que permanecen en los pulmones, se puede manifestar de tres formas distintas:

- Partículas inertes por sí mismas que pueden interferir en la eliminación de otras más tóxicas.
- Partículas que pueden transportar adsorbidas o absorbidas, moléculas de gases irritantes.
- Partículas que son intrínsecamente tóxicas.

Efectos de los aerosoles sobre las plantas: en las investigaciones referentes a los efectos de las partículas sobre las plantas se ha comprobado que el polvo forma una capa sobre las hojas interfiriendo en la fotosíntesis de la planta, impidiendo parcialmente la penetración de la luz solar necesaria, lo que inhibe el crecimiento de las plantas. Un posible efecto indirecto de las partículas depositadas en las plantas es que contengan elementos nocivos para los animales que las ingieren.

Efectos de los aerosoles sobre los materiales: los daños se producen como consecuencia de la deposición de las partículas sobre los materiales, lo que obliga a frecuentes limpiezas que debilitan los materiales, también producen y aceleran los procesos de corrosión de los metales, especialmente en presencia de compuestos que contengan azufre.

Efectos de los aerosoles sobre la visibilidad: la disminución de la visibilidad es otros de los efectos producidos por las partículas, creando problemas evidentes, algunos de ellos peligrosos. La visibilidad se ve reducida a causa de la dispersión de la luz producida por las partículas, siendo las partículas de tamaño comprendido entre 0.1 y 1 micrón de diámetro las que actúan más eficazmente en las dispersión, pues su diámetro se aproxima a la longitud de onda del espectro visible (de 0.4 a 0.8 micrones).

Efectos de los aerosoles sobre la radiación solar total: la contaminación por partículas también disminuye la cantidad total de radiación solar que incide sobre la superficie terrestre, al absorber parte de la radiación incidente y dispersar otra parte hacia el espacio.

Efectos de los óxidos de azufre sobre el ambiente: los efectos que produce en el medio ambiente la presencia de óxidos de azufre en la atmósfera, los podemos clasificar en:

- Efectos sobre el hombre y la fauna
- Efectos sobre las plantas
- Efectos sobre los materiales

Efecto de los óxidos de azufre sobre el hombre y la fauna: la mayor parte de los efectos del SO_2 sobre la salud del hombre están relacionados con la irritación del sistema respiratorio. Concentraciones de 25 ppm de SO_2 causa tos inmediatamente y una fuerte irritación de los ojos, por debajo de esta concentración los efectos irritantes del SO_2 se limitan a la parte alta del tracto respiratorio y a los ojos.

Efecto de los óxidos de azufre sobre las plantas: los aerosoles sulfatados son agentes irritantes de tres a cuatro veces más potentes que el SO₂. Los daños que origina a las plantas se manifiestan en forma de lesiones foliares extendidas entre las nervaciones, debidas a las alteraciones necróticas provocadas por la acumulación de sulfitos y sulfatos en el parénquima foliar. Las exposiciones a corto plazo y elevadas concentraciones de SO₂, se caracterizan por áreas muertas de las hojas que se secan y usualmente adquieren un tono blanquecino amarillento. La exposición a menores concentraciones durante períodos más prolongados ocasiona lesiones crónicas, caracterizadas por un amarillamiento gradual de las hojas que se va extendiendo desde la zona apical a la base de las mismas. En general y por orden de sensibilidad decreciente se pueden citar los hongos, líquenes, las coníferas, las plantas herbáceas y los árboles de hoja caduca. Las especies forestales sobre todo las resinosas, son más afectadas que las plantas anuales, debido a que su mayor longevidad permite que aparezcan los efectos acumulativos.

Efecto del monóxido de carbono en el ambiente: los efectos que la presencia de monóxido de carbono en la atmósfera produce sobre el medio los podemos clasificar en:

- Efectos sobre el hombre
- Efectos sobre las plantas

Efecto del monóxido de carbono sobre el ser humano: el monóxido de carbono es un gas tóxico, la exposición del hombre a elevadas concentraciones puede conducirle a la muerte. Los daños sobre la salud que produce el monóxido de carbono se debe que al combinarse con la hemoglobina de la sangre disminuye es ésta su capacidad de ejercer su función normal de

transporte de oxígeno. La afinidad del monóxido de carbono por la hemoglobina es más de 200 veces superior que la del oxígeno. En orden creciente de concentraciones se aprecian efectos sobre el sistema nervioso, agudeza visual, cambios funcionales cardíacos y pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, fallos respiratorios y muerte.

Efecto del monóxido de carbono sobre las plantas: a concentraciones muy elevadas se inhibe la capacidad de fijación del nitrógeno de las bacterias libres después de un cierto período de exposición.

Efectos producidos por el ozono: el primer efecto detectado por el ozono en el hombre, es la irritación de la nariz y la garganta, si se aumentan las concentraciones produce fatiga extrema, falta de coordinación y edema pulmonar. En las plantas, los efectos visibles de estas lesiones son manchas blancas y punteados en las hojas, produciendo una reducción en el rendimiento de crecimiento, del desarrollo floral y en la maduración del polen. En los materiales, se sabe que muchos polímeros orgánicos, incluyendo el hule y las fibras textiles, son alterados en presencia de pequeñas cantidades de ozono.

Efectos de los metales tóxicos: entre los metales tóxicos más importantes por sus efectos sobre la salud del ser humano están el mercurio (Hg) y el plomo (Pb). El mercurio inorgánico tiende a acumularse en los tejidos hepáticos y renales. Los efectos últimos del mercurio en el cuerpo parecen ser la inhibición de la actividad enzimática y de las actividades normales de las células. La inhalación de vapores de mercurio es muy peligrosa, pero su baja concentración en el aire limita el riesgo a los que entran en contacto directo con él de manera regular.

La cantidad de plomo en el aire ha experimentado un marcado aumento como consecuencia de las actividades humanas siendo las concentraciones de plomo en las áreas urbanas de 5 a 50 veces superiores que en las áreas rurales. El plomo inorgánico es absorbido principalmente a través de los tractos respiratorio y gastrointestinal. Entre el 30% y 40% del plomo inhalado por los pulmones alcanza el torrente sanguíneo, almacenándose en los huesos una parte, siendo excretado por la orina el resto. El primer síntoma de envenenamiento por plomo es la anemia. El envenenamiento por plomo no sólo se limita a los seres humanos, también afecta otros animales y a los vegetales. El plomo vertido a la atmósfera se deposita sobre la vegetación y penetra en el suelo donde permanece mucho tiempo, debido a la escasa solubilidad, teniendo tendencia a acumularse en los tejidos vegetales.

Efectos de la contaminación fotoquímica: los principales efectos que la contaminación fotoquímica produce sobre el ser humano es la irritación de los ojos y de las mucosas, dañando especialmente a las personas con afecciones asmáticas y tronco pulmonares causadas principalmente por los nitratos de peroxiacilo. Los seres vivos más sensibles a la acción de los oxidantes son los vegetales, la flora queda afectada incluso con bajas concentraciones de oxidantes. Las hojas muestran un barnizado y bronceado en el envés, así como un ataque general en las hojas jóvenes, los cultivos más afectados son: cítricos, forrajes, y hortalizas, así como las coníferas. Estos también reducen la visibilidad, como consecuencia de la formación de una niebla de color parduzco, característica de esta clase de contaminación.

Lluvia ácida: la lluvia ácida puede definirse de un modo simple como precipitación y partículas que se han acidificado por efecto de la contaminación del aire. Se consideran ácidas, precipitaciones con pH inferior a 5.8. La lluvia ácida constituye una consecuencia directa de los mecanismos de autolimpieza

de la propia atmósfera. No todos los gases traza son eliminados por la precipitación, pero el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) emitidos a la atmósfera, se convierten químicamente en ácidos, sulfúrico y nítrico; que se incorporan con facilidad a las gotitas de las nubes.

3. TIPOS DE INDUSTRIA

Las diferentes necesidades de las industrias que existen en las ciudades, hacen que las personas que las dirigen las satisfagan de diferente forma, ya que toda industria transforma insumos para determinado producto, en este proceso de transformación siempre hay partes de los elementos que no son aprovechables que afectan en alguna medida al medio ambiente en general.

3.1. Definición de cada industria

La tecnología, el desarrollo industrial, la disminución de costos, son algunos de los factores que inciden en la rápida evolución industrial, con la cual cada tipo de industria afecta de diferente manera al medio ambiente donde se ha establecido.

3.1.1. Extractivas o mineras

Son las industrias que comprenden todas las actividades relacionadas con la extracción y procesamiento de cualquier elemento o sustancia de la naturaleza, para su posterior utilización por el ser humano.

La minería, tanto la subterránea como la de superficie, puede afectar significativamente las aguas del subsuelo al cambiar el patrón de flujo de su corriente y llevar a ellas materiales peligrosos a través de la descarga de los

residuos mineros, el procesamiento de minerales y el desecho de los desperdicios de dicho procesamiento. Como a menudo se necesita secar la zona de trabajo bombeando al agua de la mina, cuando ésta se cruza con un manto acuífero, puede ser necesario desechar miles de millones de litros de agua contaminada, lo que perturba la dirección del flujo de las aguas subterráneas.

La exposición de los materiales de una mina a la acción del oxígeno puede transformarlos en sustancias que afectan la calidad del agua. Por ejemplo, muchos depósitos de carbón contienen pirita, la cual genera ácido sulfúrico cuando se expone a la acción del oxígeno y el agua, lo que recibe el nombre de drenaje ácido de las minas. El drenaje ácido no sólo es peligroso en sí mismo, sino que es capaz de disolver otros minerales y metales pesados (plomo, cobre y cinc) formando nuevos contaminantes de las aguas subterráneas. Este drenaje se puede originar dentro de la misma mina o a partir del escurrimiento de los depósitos de residuos mineros (conocidos como despojos) o de los desperdicios de procesamiento (conocidos como colas).

Los residuos de las minas no carboníferas contienen sustancias peligrosas como, arsénico, cadmio, cinc, selenio, plomo, cianuro, mercurio, molibdeno y materiales radiactivos esas peligrosas sustancias pueden formar un drenaje ácido que las filtre hasta las aguas subterráneas, o bien pueden entrar en éstas sin el ácido.

3.1.2. Agroindustrias

Esta industria agrupa a todas las actividades hechas por el hombre relacionadas con el cultivo de cualquier producto y la explotación de cualquier clase de ganado o la combinación de los dos, para su posterior

aprovechamiento como producto final o como materia prima para otra clase de industria. La mayoría de los pesticidas (alrededor de 75% en peso) se usan en agricultura para controlar las plagas que atacan los alimentos, el forraje para los animales y los productos forestales. Además de los pesticidas agrícolas, existen otros que se emplean para una variedad de propósitos institucionales, industriales y domésticos, entre los que figuran:

- Cuidado de mascotas
- Cuidado de la salud
- Equipo para el manejo de la leche
- Pañales desechables
- Cuidado de jardín
- Limpiadores domésticos
- Productos para la higiene personal
- Piscinas
- Campos de golf
- Conservadores para la madera
- Pozos petroleros
- Aeropuertos
- Equipo de hospital
- Tabaco
- Salones de belleza y barberías
- Casas funerarias
- Pinturas
- Cortinas de duchas
- Taxidermia
- Repelentes de insectos

Dentro de los pesticidas que se encuentran comúnmente en el mercado están:

- Insecticida: controla o mata insectos
- Herbicida: controla o mata malezas
- Fungicida: elimina hongos
- Nematicida: elimina nemátodos
- Raticida: elimina roedores
- Bactericida: elimina bacterias
- Aracnicida: elimina arañas
- Algicida: elimina algas
- Acaricida: elimina ácaros
- Molusquicida: elimina caracoles, babosas
- Avicida: rechaza o controla aves
- Laminida: controla lama o cieno
- Píscicida: mata o controla peces
- Desinfectante: destruye organismos o los deja inactivos
- Regulador de crecimiento: estimula o retarda el crecimiento de las plantas
- Defoliante: elimina las hojas de las plantas
- Disecante: acelera el secado de las plantas
- Repelente: rechaza insectos
- Agente de atracción: atrae insectos
- Químicoesterilizantes: esteriliza insectos

3.1.3. Manufactureras o fabriles

Esta industria comprende la actividad del ser humano que tiene como fin la fabricación de cualquier producto, que tienda a satisfacer cualquiera de sus necesidades, esta producción puede ser a pequeña, mediana o gran escala.

Dado que los procesos industriales son tan diversos, también lo son los contaminantes atmosféricos que generan. Aunque la industria en su conjunto produce los contaminantes críticos convencionales, sobre todo compuestos orgánicos volátiles (COV), plomo y partículas en suspensión, el mayor impacto en la calidad del aire local lo provocan los contaminantes atmosféricos peligrosos y las sustancias tóxicas volátiles.

3.1.4. Comerciales

Este tipo de industria se dedica al intercambio y comercialización de los productos fabricados, elaborados o producidos por el ser humano, como materia prima para otros productos o productos finales para su posterior consumo.

3.1.5. De transporte

Esta industria es la que se dedica al traslado de personas y todo tipo de mercadería utilizada por el ser humano para cualquier actividad que éste realice. El transporte (automóviles, camiones, autobuses, aviones y trenes) es responsable de un porcentaje significativo de contaminantes básicos. Sin embargo, las emisiones de los automóviles representa la fuente de contaminación urbana más importante. Por lo general, un vehículo individual contamina poco. Pero las emisiones de millones de vehículos se suman,

convirtiendo a los automóviles en el segundo contaminante en importancia. De hecho, conducir el automóvil es probablemente la actividad cotidiana más contaminante del ciudadano típico.

3.1.6. Químicas

Este tipo de industria se dedica al proceso de purificación de los elementos primarios, la transformación y fabricación de compuestos a través de los elementos primarios ya purificados, para su posterior utilización como materia prima o producto terminado, para su comercialización, teniendo en cuenta una formulación adecuada para la satisfacción de las necesidades de cada cliente.

3.1.7. De generación de energía

Este tipo de industria comprende todas las que dependen de algún medio físico o químico para su funcionamiento, por ejemplo, las que funcionan con petróleo o cualquier otro tipo de combustible sólido o líquido, las accionadas con el poder físico del agua (hidroeléctricas) y las accionadas con el vapor de agua natural (geotérmicas).

3.2. Desechos generados por cada industria y métodos de control

Al igual que con cualquier tecnología para el control de la contaminación, la eliminación de residuos posee riesgos intrínsecos. Cada tipo de industria produce diferentes desechos que afectan los recursos naturales y la calidad de vida de la población. Cualquier complejo industrial significa cierta concentración de personal, movimiento de materias primas, insumos y productos terminados y/o servicios.

3.2.1. Desechos generados

Desechos generados por las industrias extractivas o mineras: los residuos son generados por la extracción, el beneficio (concentración) y el procesamiento de minerales y menas. Estos tres procesos constituyen una industria de producción intensiva de desperdicios, pues se originan más residuos por cada producto unitario que en cualquier industria. Por ejemplo, para producir una tonelada de cobre en una mina abierta, se generan más de 500 toneladas de desechos.

Los residuos producidos por las operaciones mineras se dividen en las siguientes categorías:

- Rocas residuales: las rocas residuales son materiales que se extraen para llegar hasta la veta metálica o el mineral. Esta categoría incluye la sobrecarga, que consiste en las capas superiores del suelo, rocas ubicadas sobre el depósito en cuestión así como los desperdicios (mena de baja calidad) que se extraen durante la perforación o la explosión.
- Colas: las colas son los desperdicios que se generan principalmente durante el procesamiento inicial y el beneficio. El beneficio consiste por lo general en desmenuzar finamente la roca, su inmersión en agua y sustancias químicas, o la lixiviación de la roca desmenuzada mediante sustancias químicas (como cianuro y ácido). Las colas suelen componerse de finas partículas o fragmentos del tamaño de un guijarro que no poseen cantidades apreciables del metal o mineral que se está buscando; habitualmente dichas colas contienen las sustancias químicas empleadas en las fases iniciales.

- Residuos del procesamiento: los residuos del procesamiento son los que se generan después de la primera etapa del proceso (molienda) y también los que se originan de procesos tales como la fundición. Entre ellos, algunos de los más peligrosos son los residuos del control de la contaminación atmosférica, provenientes del proceso de fundición, pues captan nocivos contaminantes que de otro modo se emitirán al aire (la fundición consiste en el calentamiento de una mena para separar la parte metálica). Algunos de los residuos del control de la contaminación atmosférica contienen metales pesados peligrosos, entre los que se cuentan arsénico, plomo, cinc, cadmio, cobre, níquel, colbato y aluminio.
- Aguas de las minas: se componen de las aguas subterráneas o de las precipitaciones que se infiltran en las minas durante y después de la extracción. En muchos casos, estas aguas se vuelven ácidas debido a que entran en contacto con minerales sulfurosos, lo cual ocasiona el drenaje ácido de las minas.

Desechos generados por las agroindustrias: los residuos agroindustriales comprenden todo tipo de contaminante que se relacione directa o indirectamente con esta actividad, por ejemplo, los pesticidas y contaminantes que se generan en su aplicación, desechos sólidos generados por corte o poda de material vegetal, desechos generados por cualquier clase de ganado mayor o menor.

Desechos generados por las industrias manufactureras o fabriles: los residuos fabriles abarcan una amplia gama de desechos generados por los procesos del sector manufacturero, entre estos se cuentan los desechos aceitosos y de pintura, raeduras de plástico, madera, algunas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas y de aguas residuales.

Desechos generados por las industrias comerciales: los residuos generados por la actividad comercial difieren entre ellos, estos dependen en gran medida del lugar donde se realice la actividad, volumen de mercadería que se esté movilizandando, si el producto que se negocia es un producto o un servicio. Dentro de estos desechos podemos mencionar los siguientes: papeles, plásticos, cartones, maderas, materia vegetal, etc.

Desechos generados por la industria del transporte: los desechos generados por esta industria comprenden todos los relacionados con el consumo de combustibles, embalaje, neumáticos, etc. Por la naturaleza de esta industria existen diferentes vías o formas de transporte, por ejemplo, en carreteras, vías férreas, transporte marítimo aéreo, etc.

Desechos generados por las industrias químicas: los desechos de la industria química son todos los que tienen relación con cualquier proceso productivo, ya que en ellos intervienen directa o indirectamente productos de esta naturaleza, los cuales no se aprovechan en su totalidad, dando origen a pequeñas cantidades de contaminantes, por ejemplo: pinturas, solventes, metales, aceites, grasas, etc.

Desechos generados por la industria de generación de energía: el petróleo y el gas natural se extraen de pozos perforados en el subsuelo. Además de los pozos de extracción de ambos productos, hay que abrir pozos de exploración y de desarrollo para localizar el petróleo y el gas y como apoyo para su obtención.

La generación de residuos de la perforación de los pozos de exploración y desarrollo (cuya profundidad media es de 1700 metros, aproximadamente) y de la producción de petróleo y gas (sin incluir la refinación del petróleo, que se

consideran residuos fabriles o peligrosos). Estos residuos se dividen en las siguientes categorías:

- Aguas de la extracción: son una mezcla de agua que existe naturalmente (la cual suele ser salina y se conoce como salmuera) en la formación geológica que se perfora, componentes derivados de dichos productos, como benceno, metales pesados y radionúclidos, así como sustancias químicas y pesticidas que se añaden para el tratamiento, por ejemplo los usados para impedir la corrosión. Las aguas de la extracción y los pesticidas deben separarse de los productos del petróleo y el gas antes de que entren en los ductos.
- Líquidos de la perforación: se componen de esquirlas (material rocoso extraído durante la perforación) y cienos (líquidos acuosos o aceitosos con aditivos) que se inyectan al taladro para lubricar la roca, mantener la presión en el hoyo y quitar las esquirlas de la perforación.
- Residuos conexos: son los que se generan sobre todo a partir de la producción y el almacenaje (en el centro productivo) del petróleo y el gas; entre ellos se cuentan el fango del fondo de los tanques de almacenamiento, los residuos aceitosos, los suelos contaminados y los solventes.

El petróleo, desde las operaciones de estudio geológico, hasta la refinación, el almacenaje y su combustión para la generación produce los siguientes contaminantes: óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, cieno, anticorrosivos, ácidos o bases, antiespumantes, pesticidas, benceno, arsénico, plomo, bario, flúor, antimonio, solventes usados, aceites de motores, sedimentos de los tanques, detritos

aceitosos, agua refrigerante, fluidos hidráulicos, metanol usado como descongelante.

Durante la fase de producción, el principal residuo generado son las aguas de extracción. Estas aguas son los líquidos que suben del subsuelo junto con el petróleo. Se componen esencialmente de agua, pero pueden contener otros elementos, como hidrocarburos, metales disueltos, sólidos suspendidos y algunas sustancias químicas que caen al pozo durante las operaciones productivas normales. El contenido de la sal de las aguas es de especial preocupación ya que varía de 5,000 a 180,000 partes de cloruro por millón (el agua de mar contiene 35,000 partes por millón de cloruros).

Una importante consecuencia directa de la exploración y la producción de petróleo y gas ha sido la degradación y la pérdida de pantanos. Cuando el petróleo crudo se refina para fabricar diferentes productos, algunos de sus componentes (hidrocarburos) se transforman en contaminantes diversos. La mayoría de estos contaminantes tiene su origen en el propio petróleo crudo y son parte de éste. Las refinerías contaminan el agua cuando ésta entra en contacto con el petróleo crudo y sus derivados. Se emplea agua para enfriar los productos líquidos calientes, para limpiar el crudo de sus derivados los materiales solubles y para generar el vapor que necesita el proceso de destilación. Las aguas residuales de las refinerías, se vierten en las de superficie (incluidos los mares), después de ser tratadas, contienen materia orgánica, petróleo y grasa, fenol, amoníaco, sólidos en suspensión, cromo, plomo y cinc.

Durante la construcción de las hidroeléctricas, se producen desechos como lodos, ripios, combustibles, CO₂ por la fabricación de los diferentes elementos que intervienen en la construcción del proyecto.

3.2.2. Métodos para el control de la contaminación

“Como los residuos peligrosos se deberían encontrar sujetos a reglamentos y leyes especiales, su eliminación final debería ser estrictamente controlada.”

Métodos para el control de la contaminación: una vez que se ha adoptado una norma o estándar para el control de la contaminación, se pueden usar dos enfoques generales para evitar que los niveles excedan a la norma. Uno es la prevención de la contaminación (control de entrada), que evita o reduce la severidad del problema. El otro es la eliminación de la contaminación (control de salida), que trata los síntomas. Los métodos de salida como los limpiadores o filtros en las chimeneas pueden reducir notablemente las emisiones, pero no son soluciones últimas. Eventualmente, son sobrepasados por los aumentos en la población y la industrialización. Además crean problemas ambientales propios, como la necesidad de disponer de las cenizas retenidas por los limpiadores, que son un desecho peligroso.

La prevención de la contaminación, generalmente, es más fácil y menos costosa en el largo plazo, que los métodos de eliminación de la contaminación. Los mejores métodos para evitar o reducir el grado total de la contaminación de cualquier tipo de alcance al ambiente son:

- Regular el crecimiento de la población.
- Reducir el desecho innecesario de metales, papel y otros recursos mediante un incremento en el reciclado y el reuso, y diseñar productos que duren más y sean fáciles de reparar.

- Reducir el uso de energía.
- Utilizar la energía más eficientemente.
- Cambiar de la leña y el carbón al gas natural, que produce menos contaminación cuando se quema.
- Cambiar la combustión fósil y energía nuclear a energía solar, eólica e hidráulica.
- Identificar la fuente de contaminación en un proceso de producción, eliminándola del proceso, y encontrando un sustituto más benigno ambientalmente.

Recomendaciones para el control de la contaminación del agua freática o subterránea:

La contaminación del agua freática es mucho más difícil de detectar y controlar que la contaminación del agua de superficie. El monitoreo de la contaminación del agua subterránea es caro y muchos manantiales de los que proviene el agua potable para su consumo deberían de ser vigilados.

Debido a su localización bajo la superficie de la tierra, bombear el agua subterránea contaminada sacándola a la superficie, limpiarla y regresarla al acuífero, generalmente es demasiado costoso. Recientes intentos para bombear y tratar acuíferos contaminados con flujo lento, muestran que se pueden tardar décadas, incluso cientos de años de bombeo antes de que toda la contaminación aflore a la superficie.

Por lo tanto, evitar la contaminación es la única manera efectiva para proteger los recursos de agua subterránea. Esto requerirá:

- Prohibir virtualmente toda la disposición de desechos peligrosos en rellenos sanitarios por inyección de pozos profundos.
- Monitoreo de los acuíferos cercanos a rellenos sanitarios y de desechos peligrosos, tanques subterráneos y otras fuentes potenciales de contaminación subterránea.
- Disponer controles mucho más estrictos sobre la aplicación de plaguicidas y fertilizantes por los agricultores y propietarios de casas.
- Requerir que las personas que usen pozos privados para obtener agua para beber hagan que se analice el líquido una vez al año en busca de contaminantes.
- Establecer estándares para toda la República que rijan la presencia de contaminantes del agua subterránea.

Para controlar la contaminación se sugieren los siguientes lineamientos: prevenir la contaminación antes que se genere (que abarca la reducción de las fuentes, la mayor eficiencia industrial, la reducción de los desperdicios y el reciclaje), se está convirtiendo así en el nuevo y principal método de control.

La prevención de la contaminación se entreteje con elementos económicos: al ofrecer incentivos (costos menores por una mayor eficiencia, reciclaje) y disuasivos económicos (el costo de deshacerse de los residuos, impuestos sobre la generación de residuos), la prevención puede proteger al

ambiente y, al mismo tiempo, garantizar la vitalidad económica. La prevención de la contaminación incluye los siguientes factores:

- Reducción de las fuentes: consiste en tecnologías que permitirán disminuir el volumen de la contaminación antes que se genere. Puede implicar modificaciones de los procesos (como hacer recircular los refrigerantes en lugar de desecharlos) o la sustitución de materiales (como el uso de tinta a base de soya, en lugar de la fabricación de solventes).
- Reciclaje/reutilización: con este método se pretende recuperar los materiales útiles de los desechos (por ejemplo, el papel reciclado) o volver a utilizar un desecho con propósitos benéficos (por ejemplo, aprovechar el aceite usado, para quemarlo como combustible).
- Tratamiento: cuando la reducción de las fuentes o el reciclaje y la reutilización ya se han empleado hasta sus últimas posibilidades o no son aplicables, resulta conveniente usar métodos de tratamiento químico, físico o biológico para reducir el volumen y/o la toxicidad de la contaminación.
- Liberación/descarga: para los casos en que ninguno de los procedimientos mencionados resulta aplicable o si ya se los ha empleado al máximo posible, debe liberarse o descargarse cierta cantidad de contaminación.

A medida que la industria se percate de sus beneficios económicos, no se necesitará de la intervención del gobierno para exigir que se pongan en práctica todos los programas que todas las instituciones han estudiado, el tema de cómo hacer más eficaz un proceso respecto de su costo.

Limpieza de las aguas subterráneas: después de evaluar la situación, la purificación de las aguas subterráneas se realiza en tres etapas básicas. La primera empieza con la eliminación de la fuente de contaminación, como extraer un tanque de almacenamiento subterráneo con fugas. La segunda etapa consiste en la extracción o la limpieza del suelo contaminado. Esto es necesario porque el suelo contaminado se parece a una esponja. En otras palabras, si la contaminación no se elimina, puede liberar contaminantes continuamente y durante muchos años en las aguas subterráneas. La tercera fase, y la más fácil, es la auténtica limpieza del agua. Es importante observar que estas no son necesariamente secuenciales; es decir, en muchos casos se las puede poner en práctica simultáneamente.

Antes de iniciar cualquier medida de limpieza, debe realizarse un detallado estudio sobre el alcance de la contaminación. Según los resultados del estudio, los métodos básicos de limpieza son:

1. Contención: bloqueo o contención de las secciones contaminadas de las aguas subterráneas.
2. Extracción: retiro de las aguas subterráneas contaminadas para su tratamiento.
3. Tratamiento *in situ*: inyección de sustancias en las aguas subterráneas contaminadas para tratarlas en el mismo lugar.
4. Inacción: hay contaminantes que, por razones económicas o técnicas, no es factible limpiarlos, además, puede ocurrir que la corriente subterránea no se utilice para beber ni para riego, por lo que no representa un peligro para los seres humanos.

Estudio de las aguas subterráneas: estos estudios determinan la estructura geológica subyacente y el comportamiento de las aguas subterráneas, así como los tipos de contaminantes y el alcance de la contaminación (que se conoce como pluma de contaminación). La información necesaria para el estudio comprende: profundidad hasta las aguas subterráneas, deformación del manto acuífero, grosor del manto acuífero, dirección y velocidad de la corriente subterránea. Esta información ayuda a identificar la localización de los contaminantes, hacia donde migran y las posibles opciones para extraerlos.

Contención de las aguas subterráneas: este es un método para bloquear o alterar la migración de los contaminantes en las aguas subterráneas. Sus objetivos primordiales son: prevenir la expansión de la pluma hacia zonas vulnerables (como un pozo de agua potable), impedir el movimiento de la pluma para poder tratar la contaminación con mayor facilidad o evitar que las aguas subterráneas puras entren en contacto con una fuente de contaminación, como puede ser un terreno de relleno.

Extracción de las aguas subterráneas: retirar las aguas subterráneas constituye una medida relativamente eficaz, en relación a su costo, para impedir que la contaminación continúe migrando. Conocida más comúnmente como bombeo y tratamiento, la extracción es el método que se usa con mayor frecuencia para limpiar las aguas subterráneas contaminadas.

Tratamiento *in situ* de las aguas subterráneas: el tratamiento *in situ* de las aguas subterráneas (es decir, en su lugar original) suele resultar mucho menos costoso que otras técnicas porque no se necesita extraer el agua y/o el suelo. Sin embargo, su aplicación se limita a ciertas clases específicas de contaminantes (deben ser orgánicos).

Control y manejo de desechos peligrosos: las opciones básicas para los desechos peligrosos son:

1. Esconderlos, colocándolos en un pozo profundo, un estanque. Un foso o un relleno, o bien arrojándolos al mar.
2. Quemarlos en un incinerador o un horno de cemento en la tierra.
3. Destoxificarlos
4. Reciclarlos o reutilizarlos, y
5. No generarlos o no hacerlos, en primer lugar.

La mayoría de desechos peligrosos producidos son depositados en terrenos por inyección en pozos profundos, anegamientos superficiales y rellenos sanitarios. Con el depósito en pozos profundos, estos se usan para inyectar desechos líquidos en las formaciones geológicas, muy por debajo de los acuíferos utilizados para surtir de agua potable o para irrigación, así como en zonas de fractura de roca, donde se espera que los desechos permanezcan.

Gran parte de los desechos peligrosos son depositados en estanques, fosos, lagunas y lagos, cuyo interior y fondo se supone que están sellados con un revestimiento natural. Los materiales sólidos de estos desechos se sedimentan y acumulan en el fondo, mientras que el agua y otros compuestos volátiles se evaporan en la atmósfera. Las grandes tormentas pueden causar fugas intensas. Los compuestos volátiles, como los disolventes orgánicos nocivos, pueden evaporarse a la atmósfera y, eventualmente, regresar a la superficie y contaminarla, así como al agua subterránea en otras localidades.

Idealmente dichos rellenos sanitarios deben estar localizados en un lugar geológica y ambientalmente seguro, que sea monitoreado o vigilado cuidadosamente en busca de fugas.

Hay tres modos básicos de manejar tales desechos, (1) evitar los desechos por reducción, reciclado y reuso de los mismos; (2) conversión en material menos peligroso o inocuo, y (3) almacenamiento a perpetuidad. El primero y más deseable método es uno de entrada, o prevención de los desechos. Su meta es reducir la cantidad de desechos peligrosos producidos, modificando los procesos industriales u otros, y reutilizando o reciclando los desechos peligrosos producidos.

Métodos de limpieza de la contaminación marina con petróleo:

- Tratar el petróleo derramado con sustancias químicas dispersantes, rociadas desde aviones un día después de un derrame, de modo que el petróleo se disperse, disuelva o hunda; no es efectivo después de uno o dos días; algunos biólogos sostienen que los dispersantes matan más vida marina que el mismo petróleo.
- Usar helicópteros equipados para producir la ignición y quemar gran parte del petróleo, especialmente los compuestos tóxicos más volátiles; más baratos y más efectivos que los dispersantes por derrames pequeños.
- Usar barreras mecánicas (botalones inflables) para evitar que el petróleo llegue a la playa; esto es ineficaz en alta mar y malas condiciones tempéricas (o de mal tiempo), en aguas congestionadas o para derrames grandes.

- Bombear la mezcla petróleo-agua a botes pequeños llamados espumadeiras, donde máquinas especiales separan el petróleo y lo bombean a tanques de almacenaje, también se pueden usar cojines que contengan plumas de pollo para absorber petróleo de derrames pequeños; esto no es eficaz en alta mar y para derrames grandes.
- Usar técnicas de ingeniería genética para desarrollar cepas bacterianas que puedan degradar los compuestos de petróleo más rápido y más eficientemente que las cepas bacterianas naturales, los posibles efectos ecológicos colaterales de tales superbichos deberán ser investigados antes de usarlos ampliamente.
- Limpiar las playas contaminadas con jergas, detergentes y mangueras de agua a alta presión, esparciendo fertilizantes con nitrógeno y fósforo para acelerar el crecimiento de las bacterias naturales que degradan el petróleo y por otros métodos, consume mucho tiempo; demasiado caro para limpiar grandes áreas, los detergentes y mangueras de alta presión son nocivos para la vida silvestre.
- Aumentar grandemente la investigación de las compañías petroleras sobre los métodos para contener y limpiar los derrames de petróleo.

Métodos de prevención de la contaminación marina con petróleo:

- Usar y desperdiciar menos petróleo.
- Colectar aceites y grasas usadas en las estaciones de servicio para automóviles y en otros sitios y reprocesarlos para el reuso.

- Prohibir la perforación petrolera en áreas ecológicamente sensibles en la costa y cerca de ella.
- Reglamentar estrictamente la construcción y operación de buques-tanque, equipos petroleros fuera de la costa, y refinerías de petróleo.
- Aumentar la responsabilidad financiera de las compañías petroleras para limpiar los derrames de petróleo, para alentar la prevención de la contaminación.
- Hacer que la ruta de los buques-tanque petroleros esté tan lejos como sea posible de las áreas costeras sensibles y hacer que las embarcaciones guarda-costas los guíen hacia fuera de todos los puertos y de bahías encerradas.
- Requerir que las compañías petroleras pongan a prueba rutinariamente a sus empleados, para detectar consumo de drogas o de alcohol.
- Requerir planes de limpieza de derrames de petróleo actualizados y estrictos, con sanciones severas y estrictas para el no cumplimiento.
- Prohibir el lavado y retiro de sedimentos de los barcos petroleros vacíos, y el vaciamiento de este desecho en el mar.
- Reglamentar estrictamente los procedimientos de seguridad, operación y disposición , de las refinerías de petróleo y las plantas industriales

Un productor de residuos peligrosos puede optar por uno de los siguientes métodos para deshacerse de ellos:

- 1.- Regeneración
- 2.- Procesamiento
- 3.- Incineración
- 4.- Almacenamiento
- 5.- Eliminación

El método escogido depende de las características físicas del residuo, el costo y la disponibilidad del método mismo.

Regeneración: la regeneración, es el proceso usado para obtener un producto útil a partir de un desperdicio. Posteriormente, el producto se usa o se vende, y la parte inutilizable del tipo de desperdicio original se trata o se elimina. Entre los ejemplos de regeneración figuran la recuperación del plomo de las baterías de los automóviles, la recuperación de la plata de los químicos fotográficos y la destilación del solvente usado para obtener solvente limpio.

El reciclaje, que es una fuente de regeneración, consiste por lo general en la reutilización de materiales que en otras circunstancias se desecharían. El reciclaje puede implicar la incorporación del residuo en el proceso de producción de otro artículo (como en el caso del refinamiento del petróleo), la reutilización de aguas residuales como refrigerante o la reutilización de un desperdicio como combustible para recuperar energía

Procesamiento: el procesamiento se refiere a cualquier proceso o método destinado a modificar las características físicas, químicas o biológicas de los residuos peligrosos, a fin de volverlos más inocuos o de reducir su volumen. Los métodos específicos de tratamiento dependen de las propiedades físicas (como el contenido de humedad) y químicas (como el pH) de los desperdicios. Entre los métodos comunes se cuentan la filtración, la solidificación, la

degradación biológica, la eliminación química del cloro, la evaporación, la neutralización (ajuste del pH), la fijación química y la consolidación (incorporación de materiales con cemento). El tratamiento (que incluye el previo almacenaje temporal) se realiza ante todo en depósitos superficiales, que son depresiones o zonas represadas utilizadas para tratar, almacenar y eliminar desperdicios.

Los depósitos superficiales (conocidos también como pozos, estanques o lagunas) siempre están abiertos a nivel del suelo y se los diseña de forma que puedan contener residuos líquidos o semisólidos. Aunque se hallan abiertos, se debería exigir que los depósitos superficiales donde se almacenan desperdicios peligrosos cuenten con un revestimiento (contención de fabricación humana o barrera natural de arcilla que sirve para impedir que los residuos escurran hacia las capas inferiores del suelo), además de pozos de monitoreo de las aguas subterráneas.

Incineración: la incineración es la destrucción térmica de desperdicios primordialmente orgánicos, mediante una llama controlada que quema los residuos peligrosos a altas temperaturas, por lo general de 870° C o más. Un importante beneficio de la incineración consiste en que destruye casi todos los residuos, por lo que su volumen se reduce en enorme medida (si bien no deshace los metales pesados). Uno de los inconvenientes más grandes es su alto costo.

Existen distintos tipos de incineradores para las diversas clases de residuos peligrosos, como los de horno giratorio para desperdicios sólidos y envasados en tambores, los de inyección líquida para desperdicios líquidos, y los hornos de explosión para explosivos y pertrechos militares que no sean nucleares.

La incineración de desechos orgánicos simples, no halogenados (los compuestos halogenados son los que contienen elementos como flúor, cloro, yodo, bromo o estaño) implica la oxidación de las moléculas de carbono e hidrógeno para formar dióxido de carbono y agua. Si no se cumplen las condiciones para una combustión completa, también se origina monóxido de carbono, pero la formación de este último puede reducirse si se controlan cuidadosamente la temperatura, la turbulencia y el oxígeno durante la combustión. Debido a esta característica del proceso, la presencia de una cantidad excesiva de monóxido de carbono en el gas que emite la chimenea se utiliza por lo común para evaluar el funcionamiento del incinerador.

Almacenamiento: el almacenaje es un método para guardar y acumular residuos antes de tratarlos o eliminarlos. Este puede realizarse en depósitos superficiales, amontonamientos sobre el suelo, tanques o tambores. El tiempo de almacenaje varía mucho, dependiendo del tipo de desperdicios. Otra forma de almacenamiento es el de las fosas geológicas (sobre todo para residuos radiactivos solos o mezclados con desechos peligrosos), que son cavernas excavadas en lo profundo de la tierra, el propósito de las fosas geológicas es aislar los residuos del contacto humano hasta que dejen de ser peligrosos.

Eliminación: la eliminación es el método mediante el cual se sepultan en la tierra los residuos peligrosos. Entre las prácticas de eliminación más comúnmente usadas se cuentan la inyección en pozos profundos, el cultivo de suelos y el relleno de terrenos.

La inyección en pozos profundos es un método para inyectar desperdicios peligrosos, en forma de líquidos diluidos, dentro de hoyos hondos, por debajo de las fuentes subterráneas de agua potable.

El cultivo o tratamiento del suelo es un método de eliminación biológica. Los desperdicios (sobre todo los procedentes del refinamiento del petróleo) se extienden bajo la superficie del suelo. La mezcla de éste con aquellos se cultiva de suerte que los desperdicios queden expuestos al oxígeno, y se añaden nutrientes y microorganismos para facilitar la descomposición biológica.

En el método de rellenado de terrenos se colocan los residuos peligrosos en pozos rectangulares, revestidos, bajo la superficie del suelo. Aunque se lo considera una forma de eliminación, constituye esencialmente un método de almacenamiento perpetuo. Se exige que los terrenos de rellenado modernos cuenten con revestimiento, sistemas de recolección y extracción de los productos de lixiviación y pozos de monitoreo de las aguas subterráneas. El rellenado ha sido el medio preferido de desechos de los residuos peligrosos debido a su bajo costo.

Residuos de la producción de petróleo y gas: el petróleo y el gas natural se extraen de pozos perforados en el subsuelo. Además de los pozos de extracción de ambos productos, hay que abrir pozos de exploración y de desarrollo para localizar el petróleo y el gas y como apoyo para su obtención.

La generación de residuos de la perforación de los pozos de exploración y desarrollo (cuya profundidad media es de 1700 metros, aproximadamente) y de la producción de petróleo y gas (sin incluir la refinación del petróleo, que se consideran residuos fabriles o peligrosos). Estos residuos se dividen en las siguientes categorías:

- Aguas de la extracción: son una mezcla de agua que existe naturalmente (la cual suele ser salina y se conoce como salmuera) en la formación geológica que se perfora, componentes derivados de dichos productos,

como benceno, metales pesados y radionúclidos, así como sustancias químicas y pesticidas que se añaden para el tratamiento, por ejemplo los usados para impedir la corrosión. Las aguas de la extracción y los pesticidas deben separarse de los productos del petróleo y el gas antes de que entren en los ductos.

- Líquidos de la perforación: se componen de esquilas (material rocoso extraído durante la perforación) y cienos (líquidos acuosos o aceitosos con aditivos) que se inyectan al taladro para lubricar la roca, mantener la presión en el hoyo y quitar las esquilas de la perforación.
- Residuos conexos: son los que se generan sobre todo a partir de la producción y el almacenaje (en el centro productivo) del petróleo y el gas; entre ellos se cuentan el fango del fondo de los tanques de almacenamiento, los residuos aceitosos, los suelos contaminados y los solventes.

La mayoría de los desperdicios que se generan como resultado de la exploración, el desarrollo y la extracción del petróleo y gas se desechan en el mismo lugar de su producción. Cuando se quiere eliminar, las aguas de la extracción se inyectan en formaciones de agua salina, en la formación original o en formaciones en las que se ha agotado el petróleo. A los residuos, sobre todo las aguas de la extracción, se les suele quitar los restos de petróleo y gas y practicar los otros métodos de tratamiento secundarios antes de inyectarlas a las aguas subterráneas para eliminar la posibilidad de que se contaminen las aguas subyacentes que se utilizan para beber.

Administración de los residuos mineros: la mayor parte de los residuos mineros generados se eliminan en el lugar de origen. Sin embargo, existen diferentes métodos para cada uno de los principales tipos de desperdicios: los del beneficio, los de la molienda, los del procesamiento del mineral y las aguas de las minas. Las rocas residuales de la extracción son descargadas amontonándolas *in situ*, o sea, en simples almacenajes sobre el suelo, estas rocas a veces se utilizan como relleno de zonas excavadas con anterioridad y como material para construcción.

Las colas son el principal componente de los residuos del beneficio y consisten en una mezcla de agua, sustancias químicas y rocas pulverizadas. Normalmente las colas se mezclan con agua en el taller de preparación de minerales, para formar una lechada y luego se vierten en un depósito para eliminarlas. La mayoría de los desperdicios del procesamiento corresponde a aguas residuales que se vierten en depósitos superficiales *in situ*. Parte de esta agua se reutiliza en el mismo lugar para otros procesamientos del mineral, y luego de tratarla, se descarga en las aguas de superficie, se inyectan al subsuelo, o se las envía fuera del centro de producción para darles otros usos, como por ejemplo el riego.

Las aguas de las minas en gran parte, se utilizan para propósitos benéficos, incluido su reciclaje para emplearlas como aguas de procesamiento, también sirven para eliminar el polvo y, si satisfacen ciertos criterios, se usa para el riego, para la construcción y recuperación de pantanos. La mayor parte de las aguas mineras se vierten en las aguas de superficie o se descarga al ambiente a través del drenaje y los escurrimientos de fuentes dispersas.

Purificación del agua para beber: el tratamiento del agua para uso doméstico por los habitantes urbanos, es muy parecido al tratamiento de las aguas de desecho. Las áreas que dependen del agua superficial, generalmente la almacenan en un depósito durante varios días para mejorar su claridad y sabor, permitiendo que el oxígeno disuelto aumente, y la materia suspendida se asiente o sedimente. Luego el agua es bombeada a una planta de purificación. Allí se le da el grado de tratamiento necesario para cumplir con los estándares nacionales para el agua potable. Generalmente, pasa a través de filtros de arena, después por capas de carbón vegetal activado, y luego es desinfectada. En áreas con fuentes muy puras de agua freática, se necesita poco tratamiento, si es que fuera necesario. Solamente para mantener una cantidad mínima de cloro residual para la prevención de la contaminación en las redes de distribución.

Protección de las aguas costeras: las sugerencias más importantes para evitar la contaminación excesiva de las aguas costeras incluyen las siguientes:

Métodos de prevención de las aguas costeras:

- Eliminar la descarga de contaminantes tóxicos a las aguas costeras, desde instalaciones industriales y plantas de tratamiento de aguas negras, si las hubiere.
- Eliminar todas las descargas de aguas negras crudas provenientes de desbordes de los sistemas de alcantarillado, utilizando sistemas separados de eliminación y conducción de aguas pluviales y aguas negras, en las ciudades.
- Promover la conservación del agua potable de servicio en las casas e industrias para reducir su descarga y flujo a las plantas de tratamiento de aguas negras y, por tanto, el peligro de desbordes.

- Prohibir totalmente que se tiren al mar los sedimentos de las aguas negras y materiales peligrosos de dragado.
- Hacer cumplir las leyes y prácticas del uso de la tierra para reducir drásticamente el escurrimiento desde fuentes no puntuales en las áreas costeras.
- Proteger las áreas de la costa que ya están limpias, no permitiendo formas nocivas de desarrollos urbanos.
- Proteger áreas marinas sensibles de todo asentamiento o desarrollo urbano, designándolas como refugios naturales oceánicos, del mismo modo que las áreas silvestres protegidas en tierra.
- Prohibir las perforaciones petroleras en áreas fuera de la costa y cercanas a las playas, ecológicamente sensibles.
- Prohibir el arrojar artículos de plástico y basura desde las embarcaciones de transporte marítimo.
- Reducir drásticamente el uso de artículos desechables de plástico.

4. DESECHOS SÓLIDOS

El desarrollo de una sociedad tecnológica, ha incrementado los problemas de evacuación de los residuos sólidos, junto a este desarrollo y la tecnología se examina el flujo de materiales y la generación de residuos asociados, considerando el impacto directo de los adelantos tecnológicos en el diseño de las instalaciones de residuos sólidos.

4.1. Definición de los desechos sólidos

Los residuos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos. El residuo sólido comprende tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad urbana como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y mineros.

4.2. Generalidades de los desechos sólidos

Los problemas asociados a la gestión de residuos sólidos en la sociedad actual son complejos, por la cantidad y la naturaleza diversa de los residuos, por el desarrollo de las zonas urbanas dispersas, por las limitaciones de fondos para los servicios públicos en las ciudades grandes, por los impactos de la tecnología y por las limitaciones emergentes de energía y de materia prima. En consecuencia, si la gestión de residuos sólidos hay que realizarla en una

forma eficaz y ordenada, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados deben ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y comprendidos claramente.

4.2.1. Orígenes

Los orígenes de los residuos sólidos en una comunidad están, en general, relacionados con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, las siguientes categorías son útiles:

1. Doméstica: que comprende viviendas aisladas y bloque de baja, mediana y elevada altura, unifamiliares y multifamiliares.
2. Comercial: esta fuente comprende tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos.
3. Institucional: dentro de este elemento tenemos a las escuelas, hospitales, cárceles y centros comerciales.
4. Construcción y demolición: dentro de esta categoría se tiene a los lugares nuevos de construcción, lugares de reparación, renovación de carreteras, derribos de edificios y pavimentos rotos.
5. Servicios municipales (excluyendo plantas de tratamiento): aquí se tiene limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo.
6. Plantas de tratamiento e incineradoras municipales: aquí se generan aguas residuales, agua, procesos de tratamiento industrial.
7. Residuos sólidos urbanos: dentro de esta fuente tenemos todos los anteriormente descritos.

8. Industrial: de esta fuente se generan los residuos de la construcción, fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas y demolición.
9. Agrícolas: dentro de estos tenemos árboles frutales, cosechas de campo, viñedos, ganadería intensiva, demolición.

Los problemas de evacuación de los residuos pueden ser trazados desde los tiempos en que los seres humanos comenzaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades, y la acumulación de residuos llegó a ser una consecuencia de la vida. El hecho de arrojar comida y otros residuos sólidos en las ciudades medievales, llevó a la producción de ratas, con sus pulgas respectivas, portando estas la plaga bubónica. La falta de un plan para la gestión de residuos sólidos llevó a la epidemia, la plaga, la muerte negra, que mató a la mitad de los europeos del siglo XIV, causando muchas epidemias subsiguientes con altos índices de mortalidad. No fue sino hasta el siglo XIX cuando las medidas de control de la salud pública llegaron a ser una consideración vital para los funcionarios públicos, quienes empezaron a darse cuenta que los residuos de comida tenían que ser recogidos y evacuados de una forma sanitaria para controlar roedores y las moscas, los vectores sanitarios.

La relación entre la salud pública y el almacenamiento, recogida y evacuación inapropiados de residuos sólidos está muy clara. Las autoridades de la salud pública han demostrado que las ratas, las moscas y otros transmisores de enfermedades se reproducen en vertederos incontrolados, tanto como en viviendas mal construidas o mal mantenidas, en instalaciones de almacenamiento de comida, y en otros muchos lugares donde hay comida y cobijo para las ratas y los otros insectos asociados a ellas.

Fenómenos ecológicos, tales como la contaminación del aire y del agua, han sido atribuidos también a la gestión inapropiada de los residuos sólidos. Por ejemplo, el líquido de basureros y vertederos mal diseñados, desde el ámbito de la ingeniería, ha contaminado las aguas superficiales y subterráneas. En zonas de minería, el líquido lixiviado de los vertederos puede contener elementos tóxicos como cobre, arsénico y uranio, o puede contaminar los suministros subterráneos de aguas con sales de calcio y magnesio, no deseadas. Aunque la naturaleza tiene la capacidad de diluir, extender, degradar, absorber, de otra forma, reducir el impacto de los residuos no deseados en la atmósfera, en las vías fluviales y en la tierra, han existido desequilibrios ecológicos allí donde se ha excedido la capacidad de asimilación natural.

Los residuos sólidos, escombros, se generan al principio del proceso, empezando con la minería de materias primas, los escombros dejados después de las operaciones de minería abierta son conocidos por todo el mundo. De allí, en adelante, los residuos se generan en cada paso del proceso mientras que las materias primas son convertidas en bienes para el consumo. Una de las mejores maneras de reducir la cantidad de residuos sólidos que tienen que ser evacuados es limitar el consumo de materias primas e incrementar la tasa de recuperación y reutilización de materiales residuales. A diferencia de los residuos vertidos a cursos fluviales o a la atmósfera, los residuos sólidos no desaparecen. Donde se tiran es donde se encontrarán en el futuro.

De especial importancia es el incremento del uso de plásticos y el consumo de comidas congeladas, que reduce la contaminación de residuos de comida en la casa, pero incrementan las cantidades en los vertederos y basureros. El uso de comidas envasadas, por ejemplo, casi no origina residuos en casa excepto por los materiales de los envases. Estos cambios constantes

presentan problemas para el diseñador de instalaciones porque las estructuras de ingeniería para el procesamiento de residuos sólidos implican inversiones tan grandes de capital que tienen que ser diseñadas para funcionar durante aproximadamente 25 años. Idealmente una instalación debería ser funcional y eficaz a través de toda su vida útil.

4.2.2. Tipos

Doméstico y comercial: los residuos sólidos domésticos, excluyendo los residuos especiales y peligrosos, consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. Típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales férricos, suciedad. Si los componentes de los residuos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como residuos sólidos urbanos domésticos y comerciales no seleccionados.

Los residuos que se descomponen rápidamente, especialmente en un clima templado, también se conocen como residuos putrefactibles. La fuente principal de residuos putrefactibles es la manipulación, la preparación, la cocción y la ingestión de comida. Frecuentemente, la descomposición conducirá al desarrollo de olores molestos y a la reproducción de moscas. El papel residual encontrado en los residuos sólidos urbanos está típicamente compuesto de periódicos, libros y revistas, impresos comerciales, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, otros papeles no destinados al embalaje, pañuelos y toallas de papel y cartón ondulado.

Los materiales plásticos encontrados en los residuos sólidos urbanos se sitúan dentro de las siete categorías siguientes:

- 1.- Polietileno tereftalato (PET- 1)
- 2.- Polietileno alta densidad (PE-HD-2)
- 3.- Policloruro de vinilo (PVC-3)
- 4.- Polietileno baja densidad (PE-LD-4)
- 5.- Polipropileno (PP-5)
- 6.- Poliestireno (PS-6)
- 7.- Otros materiales plásticos laminados (7)

El tipo de recipiente plástico puede identificarse por el número de código (de 1 a 7, ambos incluidos) moldeado al fondo del recipiente.

Residuos especiales: los residuos especiales de origen doméstico y comercial incluyen artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, productos de línea blanca, residuos de jardín que son recogidos por separado, baterías, aceites y neumáticos. Estos residuos normalmente deberían de separarse de los otros residuos domésticos y comerciales.

Los artículos voluminosos son artículos domésticos comerciales e industriales grandes, gastados o rotos, tales como muebles, lámparas, libreros, gabinetes de archivo y otros artículos similares. Los electrodomésticos de consumo incluyen artículos gastados o rotos ya no queridos, tales como radios, estéreos y televisores. Productos de línea blanca, son grandes electrodomésticos comerciales e industriales, gastados o rotos, tales como cocinas, refrigeradores, lavavajillas. Lavadoras y secadoras. Cuando se recogen los productos de línea blanca normalmente se desmontan para la recuperación de materiales específicos (por ejemplo cobre, aluminio, Etc.). Las

principales fuentes de pilas y baterías son las viviendas y las instalaciones de revisión de vehículos. Los automóviles utilizan baterías plomo-ácido, cada una contiene aproximadamente 8 kilos de plomo y 4 litros de ácido sulfúrico. Ambos materiales son peligrosos.

Como los neumáticos no se compactan bien, su evacuación en los vertederos es un proceso costoso y derrochador de espacio. El almacenamiento de neumáticos también provoca grandes problemas estéticos y ambientales, además, los neumáticos almacenados en pilas configuran un lugar de reproducción perfecta para los mosquitos.

Institucionales: las fuentes institucionales de residuos sólidos incluyen centros gubernamentales, escuelas, cárceles y hospitales. Excluyendo a los residuos de fabricación de las cárceles y los residuos sanitarios de hospitales.

Construcción y demolición: los residuos de la construcción y remodelación como los arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras. Son clasificados como residuos de construcción. Las cantidades generadas son difíciles de estimar. La composición es variable, pero puede incluir suciedad, piedra hormigón, ladrillos, escayola, madera, grava, piezas de fontanería, calefacción y electricidad. Los residuos de los edificios demolidos, calles levantadas, aceras, puentes y otras estructuras, son clasificados como residuos de demolición. La composición de los residuos de demolición es similar a la de los residuos de la construcción, pero puede incluir vidrios rotos, plásticos y acero de reforzamiento.

Servicios municipales: otros residuos de la comunidad, que se derivan de la operación y del mantenimiento de las instalaciones municipales y de la provisión de otros servicios municipales, incluyen barraduras de la calle,

basuras en la calle, residuos de los depósitos de basura municipales, recortes de servicio de jardín, residuos de sumideros, animales muertos y vehículos abandonados.

Residuos de plantas de tratamiento y otros residuos: los residuos sólidos y semisólidos de agua, aguas sucias en instalaciones de tratamiento de residuos industriales son llamados residuos de plantas de tratamiento. Las características específicas de estos materiales varían, según la naturaleza del proceso de tratamiento. Los materiales restantes de la incineración de madera, carbón, coque y otros residuos combustibles son caracterizados como cenizas y rechazos. Estos rechazos normalmente están compuestos por materiales finos y pulverulentos, cenizas, escorias de hulla y pequeñas cantidades de los materiales quemados y parcialmente quemados.

Residuos sólidos industriales excluyendo residuos de procesos: dentro de esta clase de residuos se encuentran los siguientes: pertrechos militares y accesorios, comida y productos asociados, productos de fábricas de tejidos, ropa y otros productos elaborados, madera y productos de madera, muebles de madera, muebles de metal, papel y productos asociados, impresión y edición, productos químicos y productos relacionados, refinería de petróleo e industrias relacionadas, goma y diversos productos plásticos, cuero y productos de cuero, productos de piedra arcilla y vidrio, industrias primarias de metal, maquinaria no eléctrica, equipo eléctrico, equipamiento de transporte, instrumentos de utilización profesional y científica.

Residuos agrícolas: son los residuos y rechazos que se obtienen de diversas actividades agrícolas, tales como plantar y cosechar cultivos en hilera, de campo, de árbol y de vid; producción de leche, la crianza de animales para el matadero y la operación de ganadería intensiva. De momento la evacuación de

estos residuos no es responsabilidad de la mayoría de autoridades encargadas de la gestión de residuos sólidos municipales. Sin embargo, en muchas zonas la evacuación del estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, especialmente en la ganadería intensiva y centros lecheros, así como la producción de animales para cualquier fin de especies menores.

4.2.3. Composición

Este término se utiliza para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, usualmente basada en porcentajes de peso. Por su naturaleza heterogénea a los residuos sólidos, cuesta determinar su composición, por lo que los procedimientos estadísticos son difíciles si no imposibles de implantar, por esta razón, unos procedimientos de campo más generalizados, basados en el sentido común y las técnicas de muestreo al azar, se han desarrollado para determinar la composición de estos residuos. La porción doméstica y comercial constituye cerca de un 50 a 75 % del total de los residuos sólidos urbanos generados en una comunidad.

La distribución porcentual actual dependerá de: (1) la extensión de las actividades de construcción y demolición; (2) la extensión de los servicios municipales suministrados; (3) los tipos de proceso de tratamiento de agua y aguas sucias que son utilizados. El porcentaje de residuos de la construcción y demolición varía ampliamente según la parte del país y la salud general de la economía local y nacional.

El procedimiento para los residuos sólidos urbanos domésticos requiere la descarga y el análisis de una cantidad de residuos domésticos en una zona controlada de un lugar de evacuación, que está aislada del viento y separada

de otras operaciones. Un muestreo doméstico representativo podría ser la carga de un camión que procede de una ruta típica de recogida, en un día laborable, en una zona residencial. Un muestreo mezclado de un foso de almacenamiento para una incineradora o del foso de descarga de una trituradora también sería representativo.

Para obtener un muestreo para el análisis, primero se cuartea la carga. Entonces una parte se selecciona para un cuarteamiento adicional hasta llegar a obtener una muestra de unos 90 kilogramos, es importante mantener la integridad de cada cuarto seleccionado, independientemente del olor o de la composición física, para asegurar que todos los componentes son medidos.

El procedimiento de campo para la identificación de los componentes de los residuos sólidos comerciales e industriales (no de proceso) implica el análisis de los muestreos representativos de residuos tomados directamente del origen, y no de una carga mezclada de residuos en un vehículo de recogida.

Los materiales que en la actualidad se separan para el reciclaje son el aluminio, papel de periódico usado (PPU), cartón ondulado, papel de alta calidad, papel mezclado, plásticos como el polietileno tereftalato (PET-1), polietileno de alta densidad (PE-HD-2), polietileno de baja densidad (PE-LD-4), polipropileno (PP-5), poliestireno (PS-6), multilaminados, plásticos mezclados, vidrio, metal férreo, metales no ferrosos, residuos de jardín recogidos separadamente, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, residuos de construcción y demolición, madera, aceite residual, neumáticos, baterías ácidas de plomo y pilas domésticas.

4.3. Características de los residuos sólidos

Las características más importantes de los residuos sólidos son, las físicas, químicas y biológicas, que se describen a continuación.

4.3.1. Físicas

Las características físicas más importantes de los residuos sólidos urbanos incluyen: peso específico, contenido de humedad, tamaño de partícula y distribución del tamaño, capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados.

Peso específico: el peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (por ejemplo, kilogramos por metro cúbico). Como el peso específico de los residuos sólidos urbanos frecuentemente se refiere a residuos sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados y compactados. Los datos sobre el peso específico a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados. Como los pesos específicos de los residuos sólidos varían notablemente con la localización geográfica, se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar los valores.

Contenido de humedad: el contenido de humedad de los residuos sólidos normalmente se expresa de dos formas: (1) el método de medición peso húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo y (2) el método peso seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material. El método peso húmedo se usa más frecuentemente en el campo de la gestión de residuos sólidos. El contenido de humedad variará desde el 15% hasta el 40%, según la composición de los

residuos, la estación del año y las condiciones de humedad y meteorológicas, particularmente la lluvia.

Tamaño de partícula y distribución del tamaño: el tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales especialmente con medios mecánicos, como cribas, tropel y separadores magnéticos.

Capacidad de campo: la capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de una importancia crítica para determinar la formación de la lixiviación en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se permitirá en forma de lixiviación. La capacidad de campo varía con el grado de presión aplicada y el estado de descomposición del residuo.

Permeabilidad de los residuos compactados: La conductividad hidrológica de los residuos compactados es una propiedad física importante que, en gran parte, gobierna el movimiento de líquidos y gases dentro del vertedero.

4.3.2. Químicas

La información sobre la composición química de los componentes que forman los residuos sólidos urbanos es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos sólidos. Normalmente se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos van a

utilizarse como combustibles, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son las siguientes:

- 1.- Análisis físico
- 2.- Punto de fusión de las cenizas
- 3.- Análisis elemental
- 4.- Contenido energético

Cuando la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos se va a compostar o se va a utilizar como alimentación para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solamente será importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos, si no también será importante tener información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentren en los residuos.

Análisis físico: el análisis físico para los componentes combustibles de los residuos sólidos urbanos incluyen los siguientes resultados:

1. Humedad (pérdida de humedad cuando se calienta a 105° C durante una hora).
2. Material volátil combustible (pérdida de peso adicional con la ignición a 950° C en un crisol cubierto).
3. Carbono fijo (rechazo del combustible dejado después de retirar la materia volátil).
4. Ceniza (peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto).

Punto de fusión de la ceniza: el punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y la aglomeración. Las

temperaturas típicas de fusión para la formación de residuos sólidos oscilan entre los 1,100⁰ y 1,200⁰ C.

Análisis elemental de los componentes de los residuos sólidos: el análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y ceniza. Debido a la preocupación acerca de la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye la determinación de halógenos en el análisis elemental. Los resultados del análisis elemental se utilizan para caracterizar la composición química de materia orgánica en los residuos sólidos urbanos.

Contenido energético de los componentes de los residuos sólidos: el contenido energético de los componentes orgánicos en los residuos sólidos urbanos se puede determinar: (1) utilizando una caldera a escala real como calorímetro; (2) utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio y (3) por cálculo, si se conoce la composición elemental.

Nutrientes esenciales y otros elementos: cuando la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos se va a utilizar como alimentación para la elaboración de productos biológicos de conversión, tales como compost, metano y etanol, la información sobre los nutrientes esenciales y los elementos del material residual es importante respecto a la disponibilidad de nutrientes y microbios, y para valorar los usos finales que puedan tener los materiales restantes después de la conversión biológica.

4.3.3. Biológicas

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los residuos sólidos urbanos se clasifica de la siguiente forma:

1. Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos, y diversos ácidos orgánicos.
2. Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos.
3. Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcares con seis carbonos.
4. Grasas, aceites y ceras, que son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
5. Lignina, un material polímero que contiene anillos aromáticos con grupos metoxi (OCH_3), cuya fórmula exacta aún no se conoce (presentes en algunos productos de papel como periódicos y en tablas de aglomerados).
6. Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa.
7. Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos.

Dentro de los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para un mejor estudio de las características biológicas de los residuos sólidos se tienen la biodegradabilidad de los componentes de los residuos orgánicos, la producción de olores, la reproducción de moscas y otros insectos y las diferentes transformaciones físicas, químicas y biológicas de estos residuos.

Normalmente se utilizan las transformaciones físicas, químicas y biológicas (1) para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos sólidos; (2) para recuperar materiales reutilizables y reciclables; y (3) para recuperar productos de conversión y energía.

Dentro de las propiedades relacionadas con la seguridad están: la corrosividad, explosividad, inflamabilidad y reactividad. Dentro de las propiedades relacionadas con la salud están: cancerigenicidad, infecciosidad, irritabilidad (respuesta alérgica), mutagenicidad, toxicidad (venenos): toxicidad aguda o crónica, reactividad, teratogenecidad.

Residuos peligrosos típicos de orígenes domésticos: muchos de los productos utilizados todos los días en la casa tales como productos de limpieza, productos de aseo personal, productos del automóvil, de pintura y de jardín, son tóxicos y pueden ser peligrosos para la salud y el ambiente.

Residuos peligrosos típicos de origen comercial: los residuos peligrosos producidos por establecimientos comerciales (a menudo identificadas como generadores de pequeña cantidad) están relacionados en primer lugar con los servicios suministrados. Como ejemplos típicos se pueden incluir: tintas de imprenta, disolventes de establecimientos de limpieza en seco, disolventes de limpieza de talleres de automóviles y pinturas, disolventes utilizados por pintores.

Transformaciones físicas, químicas y biológicas de los constituyentes de residuos peligrosos encontrados en los residuos sólidos urbanos:

Transformaciones físicas: las principales transformaciones físicas que cambian la forma de los constituyentes peligrosos en los residuos sólidos urbanos son la volatilización y la distribución de fase.

Transformaciones químicas: dentro de las transformaciones mediante reacciones químicas están: reacciones químicas en la incineración, reacciones

químicas en los vertederos (sustitución simple, deshidrogenación, oxidación, reducción).

Transformaciones biológicas: dentro de estas están las que involucran metales, las que involucran compuestos orgánicos biodegradables y las que involucran compuestos orgánicos persistentes.

4.4. Manejo y tratamiento de los desechos sólidos

Gestión de residuos sólidos: es la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responden a las expectativas públicas. Dentro de su ámbito, la gestión de residuos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos, las soluciones que implican relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales.

Dentro de la gestión de residuos sólidos se tienen que describir las características de las distintas clases de residuos, y llamar la atención sobre el hecho siguiente, si un método uniforme de nomenclatura y registro de las cantidades manipuladas pudiere ser realizado por todas las ciudades, entonces los datos obtenidos y la información así obtenida sería un adelanto material hacia la evacuación sanitaria de residuos. La uniformidad no supondría ningún

gasto para las ciudades, y podrían ser realizadas comparaciones directas y conclusiones directas, para el beneficio de otros proyectos.

Los métodos ineficaces e incorrectos del vertido de residuos sólidos acaban en paisajes repulsivos, crean peligros graves a la salud pública, incluyendo la contaminación del aire y de los recursos del agua, peligros de accidentes, y el incremento de roedores e insectos, los vectores sanitarios, tienen unos efectos adversos en las valoraciones de los terrenos, crean molestias públicas, y de otras formas interfieren en la vida y desarrollo de las comunidades. El fracaso o incapacidad para salvar y reciclar tales materiales económicamente da lugar al desperdicio innecesario y al agotamiento de los recursos naturales.

Las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos, desde el punto de generación hasta la evacuación final, han sido agrupadas en seis elementos funcionales: (1) generación de residuos; (2) manipulación y separación de residuos, almacenamiento y procesamiento en origen; (3) recogida; (4) separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos; (5) transferencia y transporte, y (6) evacuación.

La generación de residuos abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional, o bien son tirados o recogidos juntos para la evacuación.

4.4.1. Recolección y transporte

La manipulación y separación de residuos involucra a las actividades asociadas con la gestión de residuos hasta que estos son colocados en contenedores de almacenamiento para la recogida. La manipulación incluye el

movimiento de los contenedores cargados hasta el punto de la recogida. La separación de los componentes de los residuos es un paso importante en la manipulación y el almacenamiento de los residuos sólidos de origen. Desde el punto de vista de las especificaciones de los materiales, y los ingresos de la venta de los materiales recuperados, el mejor lugar para separar los materiales residuales, para la reutilización y el reciclaje, es el punto de generación.

Recogida: el elemento funcional de la recogida, incluye no solamente la recogida de los residuos sólidos y de materiales reciclables, si no también el transporte de estos materiales, después de la recogida, al lugar donde se vacía el vehículo de la recogida.

La razón principal para medir las cantidades de residuos sólidos generados, separados para el reciclaje, y recolectados para su procesamiento adicional o para su evacuación, es obtener datos que se puedan utilizar para desarrollar e implantar programas efectivos de gestión de residuos sólidos. Para cuantificar las cantidades de residuos sólidos utilizamos las medidas de volumen y peso, por lo que para evitar confusiones, las cantidades de residuos sólidos se deberían expresar en términos de peso.

Transferencia y transporte: este elemento funcional comprende dos pasos: (1) la transferencia de residuos desde un vehículo de recogida pequeño hasta un equipo de transporte más grande, y (2) el transporte subsiguiente de los residuos, normalmente a través de grandes distancias, a un lugar de procesamiento o evacuación.

El peso es la única base exacta para los registros de datos, ya que los tonelajes se pueden medir directamente, independientemente del grado de compactación.

Los métodos utilizados para estimar las cantidades de residuos sólidos son: (1) análisis del número de cargas; (2) análisis peso-volumen; y (3) análisis de balance de masas. Los residuos recolectados incluyen los residuos no seleccionados (en comunidades sin programas de reciclaje), residuos no seleccionados y residuos seleccionados en el origen (en las pocas comunidades con programas de reciclaje). La diferencia entre la cantidad generada de los residuos sólidos urbanos domésticos y comerciales y a la cantidad de residuos recolectados para su procesamiento y vertido variará normalmente desde el 4% hasta el 15 %. Las diferencias se pueden justificar por la cantidad del material (1) fermentado; (2) quemado en chimeneas domésticas; (3) arrojado a las alcantarillas; (4) donado a agencias de caridad; (5) vendido a mercados; (6) entregado a estaciones de recolección selectiva y centros de reciclaje; y (7) reciclado directamente. Las cantidades generadas y recolectadas de residuos varían diariamente, semanalmente, mensualmente y estacionalmente.

Existen dos factores importantes en la generación de residuos: (1) localización geográfica: la localización geográfica y los distintos climas pueden influir sobre las cantidades de algunos tipos de residuos sólidos generados y el período de tiempo en que estos fueron generados. Por ejemplo, están relacionadas con el clima las variaciones sustanciales en las cantidades de residuos de jardín generados en distintas regiones del país. (2) época del año: las cantidades de algunos tipos de residuos sólidos también están afectadas por la época del año. Por ejemplo, las cantidades de residuos de comida relacionadas con la época de cultivo de vegetales y frutas. Para valorar las cantidades de residuos que son desviados actualmente, será necesario en primer lugar desarrollar datos sobre la cantidad total de los residuos generados. El total de los residuos generados estará compuesto por la cantidad de

residuos actualmente colocados en un vertedero y la cantidad de residuos actualmente desviados.

En la mayoría de los edificios de oficinas y comerciales, los residuos sólidos que se acumulan en las oficinas individuales o en los lugares de trabajo son recogidos en contenedores relativamente grandes montados sobre rodillos. Una vez llenos, estos contenedores se llevan mediante un ascensor de servicio, si existe, y se vacía en grandes contenedores de almacenamiento.

Como muchos edificios grandes y viejos, de oficinas y comerciales, fueron diseñados sin una previsión adecuada para el almacenamiento *in situ* de residuos sólidos y materiales reciclables, el equipo de almacenamiento y procesamiento actualmente utilizado es a menudo inadecuado debido a las limitaciones de espacio, y tiende a crear problemas de manipulación.

La recolección de residuos sólidos, no seleccionados y separados, en una zona urbana es difícil y compleja, ya que la generación de residuos sólidos comerciales, domésticos e industriales se producen en cada casa, en cada bloque de viviendas, y en cada instalación comercial e industrial, así como en las calles, en los parques, e incluso en zonas vacías. El siempre creciente desarrollo de las afueras de las ciudades a lo largo del país ha complicado todavía más la tarea de recolección.

El término recolección, incluye no solamente la recolección o toma de los residuos sólidos de diversos orígenes, sino también el transporte de estos residuos hasta el lugar donde los vehículos de recolección se vacían.

La recolección de residuos normalmente se lleva a cabo con un equipo de tres hasta seis personas, conformado por un conductor y el resto son

recolectores, que cargan los residuos desde la acera hasta el vehículo de recolección. En la mayoría de operaciones de recolección en el horario de trabajo, el conductor se queda en el vehículo por razones de seguridad.

Transporte: En el campo de la gestión de residuos sólidos, el elemento funcional transporte, se refiere a los medios, instalaciones y accesorios utilizados para efectuar la transferencia de residuos desde un lugar a otro, normalmente más distante.

Se pueden realizar con éxito operaciones de transferencia con todo tipo de vehículos de recogida y sistemas transportadores. Otros factores añadidos que tienden a hacer que el uso de operaciones de transferencia sea atractivo incluyen: (1) el vertido ilegal debido a distancias excesivas de transporte; (2) la localización de las zonas de evacuación, relativamente alejadas de la ruta de recogida; (3) el uso de vehículos de recogida de baja capacidad; (4) la existencia de zonas de servicio de baja densidad; (5) el uso de un sistema de contenedor con contenedores relativamente pequeños para la recogida de residuos de orígenes comerciales. Es más barato transportar un gran volumen de residuos a largas distancias en grandes cantidades, que transportar un gran volumen de residuos a largas distancias en pequeñas cantidades. Los vehículos motorizados ocupan casi la totalidad de los medios y métodos de transporte, dentro de estos vehículos un pequeño porcentaje tienen instalados sistemas neumáticos e hidráulicos.

En general, los vehículos utilizados para transportar residuos en vías públicas deberían satisfacer los siguientes requisitos: (1) transportar los residuos a un costo mínimo; (2) cubrir los residuos durante la operación de transporte; (3) utilizar vehículos diseñados para el tráfico vial; (4) capacidad del vehículo ajustada a los límites de peso permitidos; y (5) utilizar métodos de descarga sencillos y fiables.

4.4.2. Almacenamiento

El almacenamiento *in situ* es de una importancia primordial, debido a la preocupación por la salud pública y a consideraciones estéticas. Los desagradables recipientes improvisados e incluso el almacenamiento al aire libre, ambos indeseables, se ven a menudo en muchos lugares comerciales y residenciales. El coste del equipo para almacenar los residuos sólidos en el origen normalmente corre a cargo del propietario de la casa o apartamento, o de la dirección de las propiedades comerciales e industriales. El procesamiento en el origen incluye actividades como la compactación y el compostaje de los residuos de jardinería.

Cuando se menciona almacenamiento se refiere a almacenamiento temporal que sufren los desechos sólidos en residencias, comercios, industrias, fabricas, complejos habitacionales, construcciones, etc., antes de ser transportados por cualquier clase de vehículo al sitio de tratamiento y disposición final. Para el almacenamiento de este tipo de desechos se puede contar con infinidad de recipientes, ya que dependen de la capacidad de almacenaje, frecuencia de recogida para su transporte, tipo de desechos, si es generador de olores o líquidos. Con todos estos determinantes el productor de estos desechos deberá tener recipientes que se adapten a sus necesidades.

4.4.3. Tratamiento y disposición final

Separación, procesamiento y transformación de los residuos sólidos: la recuperación de materiales separados, la recuperación y el procesamiento de los componentes de los residuos sólidos, y la transformación del residuo sólido, que se produce principalmente en localizaciones fuera de la fuente de generación de residuos, están englobados en este elemento funcional. Los

tipos de medios e instalaciones utilizados en la actualidad para la recuperación de materiales residuales que han sido separados en el origen incluyen la recogida en la acera, los centros de recogida selectivos y los centros de compra. La separación y el procesamiento de residuos que han sido separados en el origen y la separación de residuos no seleccionados normalmente tienen lugar en las instalaciones de recuperación de materiales, estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación. El procesamiento frecuentemente incluye: la separación de objetos voluminosos; la separación de los componentes de los residuos, por tamaño, utilizando cribas; separación manual de los componentes de los residuos; la reducción del tamaño, mediante trituración; separación de metales féreos, utilizando imanes; la reducción del volumen por compactación y la incineración.

Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos que han de evacuarse, y para recuperar productos de conversión y energía. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) puede ser transformada mediante una gran variedad de procesos químicos y biológicos.

El proceso de transformación química más frecuente utilizado es la incineración, que se usa conjuntamente con la recuperación de energía, en forma de calor. El proceso de transformación biológica más comúnmente utilizado es el compostaje aeróbico.

Evacuación: la evacuación de residuos sólidos mediante los vertederos controlados o la extensión en superficie es el destino último de todos los residuos, bien sean los residuos urbanos recogidos o transportados directamente a un lugar de vertido, o materiales residuales de instalaciones de recuperaciones de materiales (IRM), o rechazos de la combustión de residuos

sólidos, o compost, u otras sustancias de diferentes instalaciones de procesamiento de residuos sólidos. Un vertedero controlado moderno no es un basurero; es una instalación de ingeniería utilizada para la evacuación de residuos sólidos en el suelo o dentro del manto de la tierra sin crear incomodidades o peligros para la seguridad o la salud pública, tales como la reproducción de ratas o insectos, y la contaminación de aguas subterráneas.

Cuando todos los elementos funcionales han sido evaluados para su uso, y todos los contactos y conexiones entre elementos han sido agrupados para la mayor eficacia y rentabilidad, entonces la comunidad ha desarrollado un sistema integral de gestión de residuos. Por lo que, la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr las metas y objetivos específicos de gestión de residuos. La gestión integral de residuos sólidos está formada por los siguientes elementos: reducción en origen, reciclaje, incineración de residuos, y vertido.

Reducción en origen: el elemento que tiene la jerarquía más alta dentro de la gestión integral de residuos sólidos es la reducción en origen, el cual implica reducir la cantidad o toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad.

La reducción en el origen está en el primer lugar en la jerarquía, porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuo, el coste asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material y una vida útil más larga.

Reciclaje: en segundo lugar en la jerarquía está el reciclaje, que implica: (1) la separación y la recogida de materiales residuales; (2) la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, y transformación de nuevos productos y (3) la reutilización, reprocesamiento y nueva fabricación de productos.

Transformación de residuos: este elemento implica, la transformación o alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los residuos sólidos urbanos (RSU) son utilizadas (1) para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos; (2) para recuperar materiales reutilizables y reciclables; y (3) para recuperar productos de conversión (por ejemplo, compost), y energía en forma de calor, biogás combustible. La transformación de materiales de los residuos normalmente da lugar a una mayor duración de la capacidad de los vertederos.

Vertido: hay que hacer algo con este último elemento: (1) los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional; (2) la materia residual que se queda después de la separación de residuos sólidos en una instalación de recuperación de materiales y (3) la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía. Para estos tres elementos sólo existen dos opciones disponibles para la manipulación a largo plazo de residuos sólidos y materia residual: evacuación encima o dentro del manto de la tierra y evacuación en el fondo del océano.

El vertido está en la posición más baja de la jerarquía de la gestión integral de residuos sólidos porque representa la forma menos deseada por la sociedad para tratar los residuos.

El residuo sólido urbano es una masa heterogénea compuesta de cada uno de los desechos de casas, negocios e instituciones. Aunque sean pequeños en cantidad, algunos de los desechos son peligrosos. Los residuos sólidos comprenden todos los materiales sólidos o semisólidos que el poseedor ya no considera de suficiente valor como para ser retenidos.

La evacuación segura y fiable, a largo plazo, de los residuos sólidos es componente importante de la gestión integral de residuos. Los rechazos de los residuos sólidos son componentes de los residuos que no se reciclan, que quedan después del procesamiento en una instalación para la recuperación de materiales, o que quedan después de la recuperación de productos de conversión y energía. Se considera que muchos de los residuos depositados actualmente en los vertederos o en el suelo podrían utilizarse como fertilizantes para incrementar la productividad de los suelos.

El vertido en tierra es el método más comúnmente utilizado para la evacuación de residuos. La evacuación de los rechazos procedentes de los residuos sólidos toma en cuenta la planificación, el diseño y la operación de vertederos, así como principios científicos, ingenieriles y económicos. Los vertederos han sido el método más económico y ambientalmente más aceptable para la evacuación de residuos sólidos, por lo que la gestión de vertederos implica la planificación, diseño, explotación, clausura y control postclausura de vertederos.

Vertederos: son las instalaciones físicas utilizadas para la evacuación, en los suelos de la superficie de la tierra, de los rechazos procedentes de los residuos sólidos.

Vertedero sanitario controlado: se refiere a una instalación ingenieril para la evacuación de residuos sólidos urbanos, diseñada y explotada para minimizar

los impactos ambientales y sobre la salud pública. Los vertederos para la evacuación de residuos peligrosos son conocidos como: vertederos de seguridad. Un vertedero sanitario controlado a veces se identifica como una unidad para la gestión de residuos sólidos. Vertido es el proceso mediante el cual se depositan los residuos sólidos en un vertedero. El vertido incluye la supervisión del flujo de residuos entrante, la colocación y compactación, la implantación de instalaciones para el control y la supervisión ambiental.

El término celda se utiliza para describir el volumen de material depositado en un vertedero durante un periodo de explotación, normalmente un día. Una celda incluye: los residuos sólidos depositados y la materia de cubrición. La cubrición diaria consiste normalmente en 15 o hasta 30 centímetros de suelo natural o materiales alternativos, como: compost, que se aplican a los frentes de trabajo del vertedero al final de cada periodo de operación. Los objetivos de la cubrición diaria son: el vuelo de materiales residuales; prevenir la entrada o salida del vertedero de vectores sanitarios tales como ratas, moscas y otros, y controlar durante la operación la entrada de agua en el vertedero.

El nivel es una capa completa de celdas sobre una zona activa del vertedero, por lo que los vertederos se conforman de una serie de niveles. La berma o terraza se utiliza frecuentemente cuando la altura del vertedero excede de 1.25 metros a 2 metros. Las bermas se utilizan para mantener la estabilidad de la pendiente del terreno, para la localización de canales para el drenaje del agua superficial y para localizar las tuberías destinadas a la recuperación del gas del vertedero. El nivel final incluye la capa de cubrición. La capa final de cubrición se aplica a toda la superficie del vertedero después de concluir todas las operaciones de vertido. La cubrición final normalmente consiste en múltiples capas de tierras o materiales como geomembranas diseñadas para

facilitar el drenaje superficial, interceptar aguas filtrantes y soportar la vegetación superficial.

El líquido que se acumula en el fondo de los vertederos se conoce como lixiviado. En vertederos profundos, frecuentemente se recoge el lixiviado en puntos intermedios. En general, el lixiviado es el resultado de la precipitación, la escorrentía no controlada y el agua de irrigación que entra en el vertedero. El lixiviado también puede incluir aguas inicialmente contenidas en los residuos, así como aquellas procedentes de aguas subterráneas que se infiltren. El lixiviado contiene diversos constituyentes derivados de la solubilización de los materiales depositados en el vertedero y de los productos de reacciones químicas y biológicas que se producen dentro del vertedero.

El gas del vertedero es la mezcla de los gases que se encuentran dentro de un vertedero. La mayor parte del gas del vertedero está formado por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), productos principales de la descomposición anaerobia de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos en el vertedero. Otros componentes del vertedero son: el nitrógeno, oxígeno atmosférico, amoníaco y compuestos orgánicos en cantidades traza.

Los recubrimientos de vertedero, están compuestos de materiales (naturales o fabricados) que se utilizan para recubrir el fondo y las superficies laterales del vertedero. Los recubrimientos suelen estar formados por capas de arcilla compactadas o geomembranas diseñadas para prevenir la migración del lixiviado y gas del vertedero. Las instalaciones para el control del vertedero incluyen recubrimientos, sistemas para la recogida y la extracción del lixiviado, sistemas de extracción y recogida de gases del vertedero y capas diarias y finales de cubrición.

La supervisión ambiental implica actividades asociadas con la recogida y el análisis de muestras de agua y de aire, que se utilizan para supervisar el movimiento de los gases y del lixiviado del vertedero en la zona del vertido. La clausura del vertedero describe los pasos que se deben seguir para cerrar y asegurar la zona del vertedero una vez completada la operación de relleno. El mantenimiento postclausura se refiere a las actividades asociadas con la supervisión y mantenimiento a largo plazo del vertedero completado (normalmente de 30 a 50 años).

Para que la disposición final de los residuos sólidos en los vertederos sea efectiva y eficaz se deben tomar los siguientes aspectos:

1. Exposición general de la planificación, diseño y explotación de vertederos
2. Vida de un vertedero moderno
3. Preparación de la zona de vertido
4. Colocación de los residuos
5. Gestión postclausura
6. Reacciones que se producen en los vertederos

Los problemas ambientales en el vertido de residuos sólidos están relacionados con:

1. El escape incontrolado de los gases del vertedero, que pueden migrar fuera del lugar y causar olores y otras condiciones potencialmente peligrosas.
2. El impacto de la descarga de los gases del vertedero sobre el efecto invernadero en la atmósfera.
3. La salida incontrolada del lixiviado, que puede migrar hacia aguas subterráneas o superficiales.

4. La reproducción de vectores sanitarios en vertederos incorrectamente gestionados.
5. Los impactos sobre la salud y el ambiente relacionados con el escape de gases en cantidades traza que surgen a partir de materiales peligrosos, que fueron colocados en el pasado dentro del vertedero.

5. DESECHOS LÍQUIDOS

El agua pura es un recurso renovable; sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas que ya no sea útil para muchos propósitos y sea nociva para los organismos vivos que la usan. La contaminación del agua es un problema local, regional y mundial y está relacionado con la contaminación del aire y con el modo en que se usa el recurso tierra. La mayoría de los desastres en los ríos son causados por la liberación accidental o deliberada de sustancias inorgánicas y orgánicas tóxicas por las industrias, plantas de tratamiento de aguas negras que no funcionan bien, y el vertido no puntual de insecticidas desde las tierras de cultivo. El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara al proyecto y explotación de las infraestructuras tanto de recogida como de tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medioambiental.

5.1. Definición de los desechos líquidos

Los residuos líquidos comprenden todos los residuos que provienen de las actividades animales y humanas, que normalmente son líquidos y que son desechados como inútiles o superfluos. El desecho líquido también comprende el agua superficial y subterránea que de alguna manera ha sido contaminada por residuos líquidos, sólidos o gaseosos originados de las actividades agrícolas, industriales y mineras.

5.2. Generalidades de los desechos líquidos

La contaminación de las aguas de superficie puede deteriorar y destruir la vida acuática, amenazar la salud humana, dañar la vida silvestre y perjudicar las operaciones industriales. Estos contaminantes provienen directamente de hogares, las industrias y las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales, que descargan directamente en estas últimas en las aguas de superficie; o llegan de manera indirecta, por ejemplo a través de la contaminación del aire, los derrames de petróleo y las precipitaciones que lavan las zonas urbanas, industriales y agrícolas, llevando y esparciendo los contaminantes en las aguas de superficie.

5.2.1. Orígenes

El origen de estos desechos es variado, ya que cualquier actividad que el ser humano realice, que tenga como fin la satisfacción de sus necesidades, da como resultado algún grado de contaminación que afecta directa o indirectamente al medio ambiente. Dentro de las actividades que el hombre realiza y que son generadoras de desechos líquidos tenemos las siguientes: industria extractiva, agroindustrias, industrias manufactureras o fabriles, actividades comerciales, de transporte e industria química.

Aunque los contaminantes de las aguas de superficie provienen de muchas fuentes, se clasifican en dos tipos según la forma en que se vierten en ellas: de fuente localizada y de fuente dispersa.

Contaminación de fuentes localizadas: el origen de los contaminantes que llegan al agua desde un punto de descarga fijo y definido, como una planta de tratamiento de aguas residuales, recibe el nombre de contaminación de fuentes

localizadas. Las principales fuentes localizadas de la contaminación de las aguas superficiales son dos:

- Aguas residuales municipales
- Aguas residuales industriales

Aguas residuales municipales: las aguas residuales municipales son las que se desechan de hogares, edificios públicos, establecimientos comerciales, sumideros para aguas pluviales y algunas industrias que desaguan en los sistemas de alcantarillado municipales.

Aguas residuales industriales: la industria usa el agua principalmente para enfriar o limpiar maquinaria, procesar materia prima o alimentos y controlar la contaminación del aire. Todas estas aplicaciones contaminan el agua en diverso grado. Por todo esto cada día se generan y desechan miles de millones de litros de aguas residuales industriales.

En su mayor parte las aguas residuales industriales se descargan directamente (“después de tratarlas”) en las aguas de superficie a través de desagües, los cuales pueden observarse a lo largo de los ríos, lagos, en las costas, por medio de cañerías o alcantarillas grandes o pequeñas. Las aguas residuales se descargan también directamente (cuando se comienzan a instalar) en la planta municipal de tratamiento de la localidad, donde se trata junto con las aguas de alcantarillado antes de arrojarlas a través del desagüe regulado de la propia planta.

Contaminación de fuentes dispersas: los contaminantes que llegan a las aguas de superficie desde zonas amplias, gráficamente disgregadas, como los

escurrimientos de zonas agrícolas o la contaminación del aire, reciben el nombre de contaminación de fuentes dispersas.

Son cinco las principales fuentes de contaminación dispersas de las aguas superficiales:

- Escurrimiento agrícola
- Escurrimiento urbano y suburbano
- Operaciones de dragado y relleno
- Derrames y descargas
- Contaminación del aire

Escurrimiento agrícola: la agricultura constituye la principal fuente de contaminación de las aguas de superficie. La cría de ganado y la producción de alimento y forraje perturban el suelo y el agua, ocasionando encenegamientos. Además, las actividades agrícolas, como el cultivo del suelo, la aplicación de fertilizantes y pesticidas y la operación de campos de forraje, producen contaminantes que las precipitaciones y los escurrimientos recogen y vierten luego en las aguas de superficie.

Escurrimientos urbanos y suburbanos: los escurrimientos urbanos y suburbanos son el agua de lluvia que se escurre directamente a las aguas de superficie, en lugar de filtrarse al subsuelo, ya sea porque el terreno está saturado y no puede absorber más agua o porque está cubierto por una superficie impermeable (como una carretera o un estacionamiento).

Las actividades humanas aumentan el escurrimiento ya que la urbanización perturba la tierra a causa de las construcciones, la deforestación y el desecamiento de pantanos. Como también suprime la vegetación y la

infiltración natural que caracteriza a cada cuenca hidrológica, los escurrimientos de las zonas urbanas tienen un flujo superficial mucho más intenso. Los tejados, carreteras, estacionamientos, aceras y garajes constituyen amplias zonas impermeables a la lluvia, es decir, la lluvia no puede filtrarse a través de esos sitios, lo cual da lugar a un escurrimiento. Cuando éste se vuelve excesivo, el sistema de drenaje no alcanza a absorberlo y el escurrimiento fluye hacia zonas más bajas, llegando generalmente a las aguas de superficie. Como los contaminantes se acumulan con rapidez y escurren fácilmente de los sitios impermeables (sobre todo, carreteras) y como, en general, el proceso urbanizador implica un aumento permanente de terrenos impermeables, la urbanización tiende a incrementar continuamente el volumen del escurrimiento y la carga de contaminantes que se vierten en la masa de agua receptora.

Operaciones de dragado y rellenado: el dragado es un proceso que busca mejorar la navegabilidad de las masas de agua (principalmente, de canales navegables y puertos) extrayendo materiales como limo y grava. Los materiales dragados se utilizan luego para rellenar zonas poco profundas y pantanos (de aquí que se llaman operaciones de dragado y rellenado), aunque el rellenado de pantanos se ha reducido en buena medida. Los desperdicios del dragado, conocidos como despojos, también pueden vertirse en tierra firme o en las islas existentes en las masas de agua.

Derrames y descargas: los derrames y descargas consisten en la liberación, ya sea accidental (como la ruptura de un tanque de petróleo) o intencional (como el desagüe de la sentina de un barco), de petróleo y minerales peligrosos en las aguas de superficie o sus cercanías. Los derrames y descargas de petróleo y materiales peligrosos en tierra firme también pueden llegar a las aguas de superficie debido a escurrimientos, dependiendo de la ubicación y las características del derrame.

Contaminación del aire: gran parte de la contaminación del aire cae en las aguas de superficie y en la tierra, donde finalmente se integra a los escurrimientos pluviales o se infiltra en el subsuelo. Aunque son muchas las formas de contaminación del aire que pueden tener efectos nocivos en las aguas de superficie, como aglomeraciones de partículas, hidrocarburos y metales pesados, se cree que la deposición ácida representa la amenaza más seria.

La descarga en tierra, bajo la forma de depósitos superficiales (pozos sin revestimiento utilizados para desechar residuos líquidos o semilíquidos) o de terrenos de relleno (grandes pozos sin revestimiento utilizados para desechar residuos sólidos).

Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas: la mayor parte de la contaminación de este recurso se produce por actividades que perturban el suelo o el subsuelo, descargas accidentales de materiales peligrosos en la tierra o la aplicación intencional de sustancias químicas en la superficie terrestre.

Las siguientes son fuentes confirmadas de contaminación de las aguas subterráneas:

- Invasión de agua salada
- Tanques o fosas sépticas
- Actividades agrícolas
- Tanques de almacenamiento subterráneo
- Terrenos de relleno municipales
- Terrenos de relleno particulares
- Vaciaderos abandonados

- Vaciaderos de residuos peligrosos
- Pozos de petróleo y gas
- Actividades mineras

Contaminación por la sal: las formas en que la sal contamina a las aguas subterráneas es la intrusión de agua de mar. La intrusión de agua de mar se produce cuando el agua salada o salobre invade un manto acuífero de agua dulce en las regiones costeras.

Sistemas sépticos: los sistemas sépticos constituyen un medio eficaz de tratar y desechar las aguas residuales domésticas en el lugar de origen, siempre que estén diseñados, ubicados, instalados, operados y mantenidos adecuadamente. Sin embargo, el problema más común de las aguas subterráneas que surten a las zonas rurales consiste en la contaminación bacterial (gérmenes patógenos) del afluyente de los tanques sépticos (liberación de aguas residuales en el ambiente). El afluyente es consecuencia del diseño inadecuado o la mala ubicación de los sistemas sépticos. El afluyente líquido de los sistemas sépticos sigue el mismo camino que las precipitaciones al filtrarse hasta el nivel hidrostático. Los impactos potenciales son considerables, dado que se estima que los sistemas sépticos domésticos descargan cuatro billones de litros de afluyente por año.

Actividades agrícolas: las principales fuentes agrícolas de la contaminación de las aguas subterráneas son:

1. Aplicación de pesticidas
2. Aplicación de fertilizantes
3. Riego
4. Estiércol
5. Vaciaderos particulares

El agua potable contaminada con pesticidas, fertilizantes y residuos de estiércol puede ocasionar graves perjuicios para la salud por la naturaleza tóxica de los pesticidas y de los gérmenes patógenos del estiércol. Causa igual preocupación el uso de las aguas subterráneas contaminadas para el riego, ya que podrían aplicarse inadvertidamente tanto a los cultivos como a los alimentos para animales, y luego ser consumida por el ganado y, en última instancia, por los seres humanos.

Cada año, los agricultores guatemaltecos esparcen en los cultivos millones de kilos de fertilizantes químicos (nitrógeno, fósforo y potasio), de los cuales la mitad del total corresponde al nitrógeno. Aunque en pequeñas cantidades los fertilizantes benefician a los cultivos, al igual que ocurre con los pesticidas, su aplicación continua puede producir una acumulación excesiva en el suelo, que se cuela luego hasta las aguas subterráneas como resultado del riego y las precipitaciones atmosféricas.

Ciertos estudios han concluido que los agricultores aplican normalmente una cantidad de fertilizante dos o tres veces mayor de la que requieren los cultivos.

Los fertilizantes de nitrógeno son el único tipo capaz de contaminar seriamente las aguas subterráneas. (Dado que el fósforo y el potasio no son muy solubles en agua, se adsorben (fijan) a las partículas del suelo con facilidad, las cuales evitan que penetren en cantidades significativas hasta las aguas subterráneas). El riego, importante aplicación de las aguas subterráneas, puede ser una significativa causa de contaminación de este recurso, sobre todo por la sal.

El estiércol animal, al igual que los residuos fecales de los seres humanos, contiene colibacilos, virus y otros gérmenes patógenos, que pueden ocasionar al ser humano graves problemas intestinales. Además, el estiércol es una fuente de nitratos, sales y hormonas. La contaminación por estiércol suele producirse en los campos de forraje, donde se concentran los animales. Las precipitaciones atmosféricas arrastran luego estos residuos del estiércol a las profundidades del suelo, hasta las aguas subterráneas.

Muchos agricultores descargan sustancias químicas y otros desperdicios en pozos poco profundos en sus propiedades. Los residuos que comúnmente se arrojan de esta forma incluyen petróleo, gasolinas, pintura, envases de pesticidas, animales muertos, solventes y desperdicios domésticos peligrosos. Por lo general, estos pozos no están diseñados correctamente para contener esos materiales, es decir, no poseen cubiertas para impedir que las precipitaciones lleguen a los residuos y provoquen lixiviación, tampoco cuentan con revestimientos para evitar que dichos residuos se filtren hasta las aguas subterráneas, ni sistemas para recoger y extraer los desechos lixiviados. Como los materiales que se acumulan en los vaciaderos suelen estar más concentrados, su lixiviación puede contaminar con mayor facilidad las aguas subterráneas de la localidad comparada con otras sustancias que se aplican normalmente en el suelo.

El benceno, el tolueno, el etilbenceno y el xileno (a los que en conjunto se conocen como (BTEX) son las sustancias de los combustibles y productos petroleros que contaminan con más frecuencia las reservas de agua potable. Debido a las características particulares de los productos petroleros, basta una mínima cantidad de sustancias para contaminar el agua. Por ejemplo un litro de gasolina es suficiente para volver imbebible un millón de litros de agua.

En Guatemala, el total de los terrenos de relleno carecen de revestimiento (barrera de fabricación humana para impedir que los residuos lixiviados penetren en el suelo). Como estos terrenos están descubiertos, las precipitaciones se introducen en ellos fácilmente y se filtran hasta los residuos, disolviendo algunos de sus componentes (lixiviación). Estos componentes residuales se infiltran luego hasta las aguas subterráneas, provocando así la contaminación de las mismas. Los terrenos de relleno para los desperdicios peligrosos de ahora en adelante deberían estar provistos de doble revestimiento y de un sistema para controlar y extraer las sustancias lixiviadas; además promulgar una ley para que restrinja y controle la descarga de residuos líquidos peligrosos y sin tratar en los terrenos de relleno. Los residuos de estos depósitos varían enormemente, pero la sustancia química más comúnmente observada en las aguas que están bajo ellos es el tricloroetileno, solvente industrial de amplio uso que puede producir cáncer. Entre los otros contaminantes comunes hallados en estos sitios están: plomo, benceno, acetona, bifenil policlorado, tolueno y percloroetileno.

5.2.2. Tipos

Mientras se enfatice sólo en el control de la contaminación en vez de un enfoque integrado a la prevención de la contaminación, se continuarán cambiando los contaminantes potenciales de una parte de la ecósfera a otra. Los siguientes son ocho tipos de agentes contaminadores del agua:

1. **Agentes patógenos:** (o que causan enfermedades), bacterias, virus, protozoarios y gusanos parásitos que entran al agua provenientes del drenaje doméstico y los desechos de los animales.

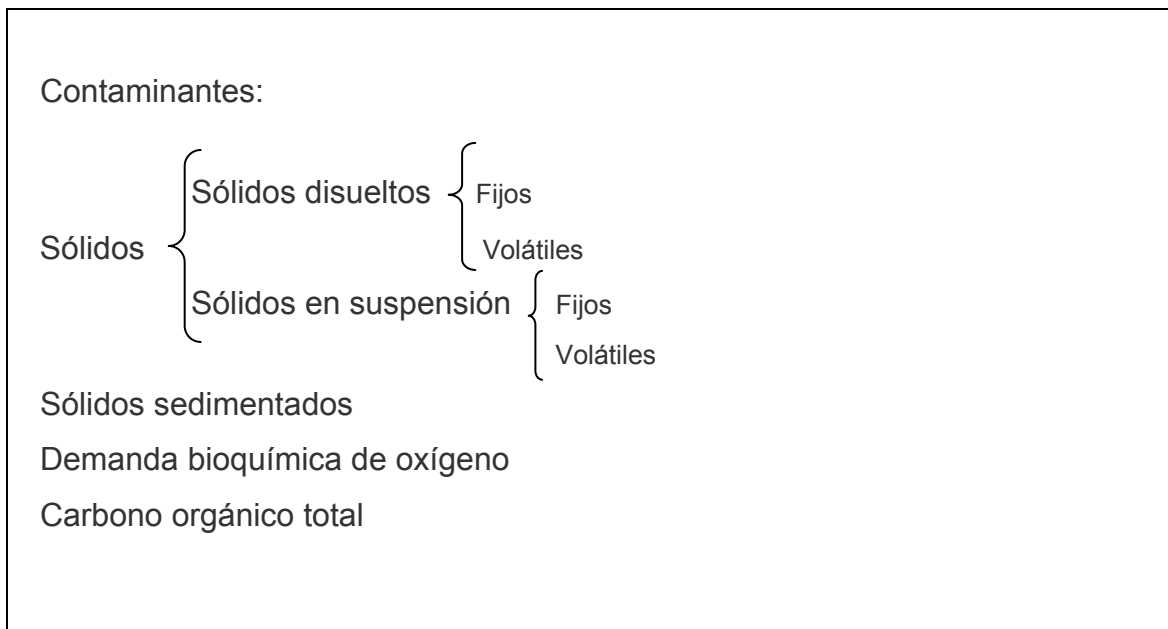
2. **Desechos que requieren oxígeno:** los desechos orgánicos, que pueden ser descompuestos por las bacterias aeróbicas, que a su vez usan oxígeno para biodegradar los desechos orgánicos.
3. **Sustancias químicas inorgánicas solubles en agua:** ácidos, sales y compuestos de metales tóxicos, como mercurio y plomo.
4. **Nutrientes vegetales inorgánicos:** Los nitratos y fosfatos solubles en agua.
5. **Sustancias químicas orgánicas:** petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, solventes limpiadores, detergentes y muchos otros productos químicos hidrosolubles y no hidrosolubles.
6. **Sedimento o materia suspendida:** partículas insolubles de suelo y otros materiales sólidos inorgánicos que llegan a quedar en suspensión en el agua, y que en términos de masa total son la mayor fuente de contaminación del agua.
7. **Sustancias radiactivas:** radioisótopos hidrosolubles o capaces de ser amplificados biológicamente a concentraciones más altas conforme pasan a través de las cadenas y redes alimentarias.
8. **Calor:** ingresos excesivos de agua caliente que proviene del enfriamiento de máquinas en plantas de energía eléctricas.

5.2.3. Composición

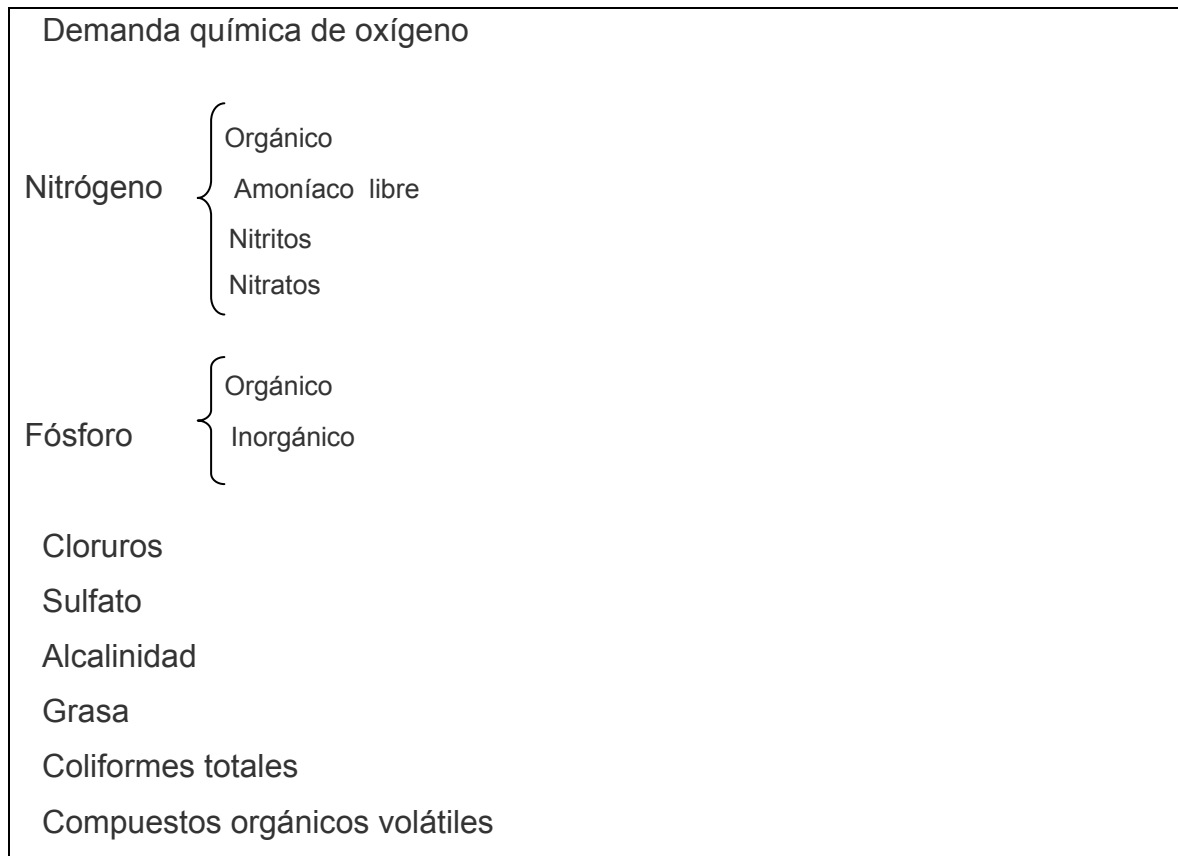
La composición de los desechos líquidos, se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales. Según la función de las concentraciones de estos constituyentes, se pueden clasificar en concentrada, media o débil. Tanto los constituyentes como sus concentraciones presentan variaciones en función de la hora del día, el día de la semana, el mes de año y otras condiciones locales.

El líquido séptico es el fango producido en los sistemas de evacuación de aguas residuales individuales, principalmente fosas sépticas y pozos negros. Las cantidades y constituyentes del fango séptico varían ampliamente. Las mayores variaciones se producen en comunidades en las que no existe un control adecuado sobre la recogida y la evacuación de los residuos.

Figura núm. 1 Composición típica del agua residual doméstica



Continuación de la figura núm. 1



5.3. Características de los desechos líquidos

Las normas que regulan los tratamientos secundarios están basadas en las tasas de eliminación de la materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos presentes en el agua residual. Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las exigencias normativas deberían incluir también la eliminación de compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y, en algunos casos, sólidos inorgánicos disueltos, así como de la eliminación de nutrientes y de los contaminantes prioritarios. Para la caracterización del agua residual se emplean tanto métodos de análisis cuantitativos, como de la determinación

precisa de la composición química del agua residual, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Los métodos cuantitativos pueden ser gravimétricos, volumétricos y fisicoquímicos. Estos últimos se utilizan para determinar parámetros no relacionados con las propiedades másicas o volumétricas del agua, e incluyen métodos instrumentales como la turbidimetría, calorimetría, potenciometría, palorografía, espectrometría de adsorción, fluorimetría, espectroscopia y radiación nuclear.

Características del agua residual y su procedencia:

Constituyentes físicos: color: procede de aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural y de materia orgánica. Olor: procede del agua residual en descomposición y residuos industriales. Sólidos: proceden del agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas. Temperatura: procede de aguas domésticas e industriales.

Constituyentes químicos: **Orgánicos:** carbohidratos, grasas animales, aceites y grasas, proteínas, contaminantes prioritarios, agentes tensoactivos, compuestos orgánicos volátiles, proceden de aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. Pesticidas: proceden de residuos agrícolas. Fenoles: procede de vertidos industriales. Compuestos de menor grado: están presentes en la degradación natural de materia orgánica. **Inorgánicos:** alcalinidad, cloruros, están en aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea. Metales pesados: están en los vertidos industriales. Nitrógeno: están presentes en los residuos agrícolas y aguas residuales domésticas. pH, fósforo, contaminantes prioritarios: están en aguas residuales domésticas, industriales y comerciales y aguas de escorrentía.

Azufre: está presente en aguas de suministro, aguas residuales domésticas, comerciales e industriales. Gases: sulfuro de hidrógeno, se genera a partir de la descomposición de residuos domésticos, al igual que el metano y el oxígeno surgen del agua de suministro y la infiltración del agua superficial.

Constituyentes biológicos: animales: proceden de cursos de agua y plantas de tratamiento, al igual que las plantas. Protistas: eubacterias y las arqueobacterias, proceden de aguas residuales domésticas, infiltración del agua superficial y plantas de tratamiento. Virus: proceden de aguas residuales domésticas.

Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual:

Sólidos en suspensión: los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.

Materia orgánica biodegradable: compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de la DQO (demanda química de oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Patógenos: pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.

Nutrientes: tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.

Contaminantes prioritarios: son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.

Materia orgánica refractaria: esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.

Metales pesados: los metales pesados son frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.

Sólidos inorgánicos disueltos: los constituyentes inorgánicos disueltos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

5.3.1. Físicas

Las características físicas más importantes de los desechos que contaminan el agua son: el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

Sólidos totales: analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre los 103° y 105° C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el

transcurso de un período de 60 minutos. Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de mililitros por litro, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. Los sólidos totales, o residuos de la evaporación, pueden clasificarse en filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas así como iones en disolución en el agua. No es posible eliminar la fracción coloidal por sedimentación. Normalmente, para eliminar la fracción coloidal es necesaria la oxidación biológica o la coagulación complementadas con la sedimentación.

Olores: normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es él debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por la acción de los microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento. La problemática de los olores está considerada como la principal causa del rechazo a la implantación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. En los últimos años, con el fin de mejorar la opinión pública respecto a la implantación de sistemas de tratamiento, el control y la limitación de los olores han pasado a ser factores de gran importancia en el diseño y proyecto de las redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales. En muchos lugares el temor al desarrollo potencial de olores ha sido causa del rechazo de proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales. A la vista de la importancia de los olores

dentro del campo de la gestión de las aguas residuales, resulta conveniente estudiar los efectos que producen, cómo se detectan, cómo caracterizarlos y medirlos.

A bajas concentraciones, el influjo de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan por el daño que puedan producir al organismo. Los olores molestos pueden reducir el apetito, inducir a menores consumos de agua, producir desequilibrios respiratorios, náuseas y vómitos y crear perturbaciones mentales. En condiciones extremas, los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, interferir con las relaciones humanas, desanimar la inversión de capital, hacer descender el nivel socioeconómico y reducir el crecimiento. Estos problemas pueden dar lugar al descenso de las rentas y el mercado de propiedades, los ingresos por impuestos y las ventas.

Tabla núm. III Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta

Compuestos olorosos	Fórmula química	Calidad del olor
Aminas	$\text{CH}_3\text{NH}_2, (\text{CH}_3)_3\text{H}$	a pescado
Amoniaco	NH_3	amoniacal
Diamina	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2, \text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	huevos podridos
Mercaptanos (p.e. metilo y etilo)	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_3)\text{SH}$	coles descompuestas
Mercaptanos (p.e. butilo y crotilo)	$(\text{CH}_3)_3\text{CSH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	mofeta
Sulfuros Orgánicos	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	coles podridas
Eskatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	materia fecal

Temperatura: la temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que las del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos de verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10⁰ y 21⁰ C, pudiéndose tomar 15.6⁰ C como valor representativo. La temperatura del agua es un parámetro muy importante dado su influjo, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y las velocidades de reacción, así como de la aptitud del agua para ciertos usos útiles. Por ejemplo, el aumento de la temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas, también es importante para las industrias que emplean el agua para refrigeración, por ejemplo, donde es fundamental la temperatura de captación del agua.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente del agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos se ven amplificados cuando se vierten cantidades considerables de agua caliente a las aguas naturales receptoras. Es preciso tener en cuenta que un cambio brusco en la temperatura puede producir un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas normalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.

Densidad: se define densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en kilogramos por metro cúbico. Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura.

Color: históricamente, para la descripción de un agua residual, se emplea el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir el color negro, llegado ese punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro y negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

Turbiedad: la turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un cuerpo de agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la cantidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las

mismas condiciones. La materia coloidal dispersa absorbe la luz, impidiendo su transmisión.

5.3.2. Químicas

El estudio de las características químicas de los contaminantes de las aguas se describen a continuación así:

1. La materia orgánica
2. La medición del contenido orgánico
3. La materia inorgánica
4. Los gases presentes en el agua residual

Materia orgánica: cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo y hierro. Los principales cuerpos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40% a 60%), grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en las aguas residuales que no sean muy recientes. Junto con las proteínas, los hidratos de carbono, las grasas, los aceites y la urea, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas

sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja.

Proteínas: las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando estos están crudos. El contenido en proteínas varía mucho entre los pequeños porcentajes presentes en frutas con altos contenidos de agua (como los tomates) o en los tejidos grasos de las carnes, y los porcentajes elevados que se dan en alubias o carnes magras.

La composición química de las proteínas es muy compleja e inestable, pudiendo adoptar muchos mecanismos de descomposición diferentes. Algunas son solubles en agua, mientras que otras no la son. Todas las proteínas contienen carbono, común a todas las sustancias orgánicas, oxígeno e hidrógeno. Además, como característica distintiva, contiene una elevada cantidad de nitrógeno, alrededor del 16%. En muchos casos, también contiene azufre, fósforo y hierro. La urea y las proteínas son los principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales. La existencia de grandes cantidades de proteínas en el agua residual puede ser origen de olores fuertemente desagradable debido a los procesos de descomposición.

Hidratos de carbono: ampliamente distribuidos por la naturaleza, los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual. Los hidratos de carbono contienen carbono, oxígeno e hidrógeno. Algunos hidratos de carbonos son solubles en agua, principalmente los azúcares, mientras que otros, como los almidones, son insolubles. Los azúcares tienen tendencia a descomponerse, las

enzimas de determinadas bacterias y fermentos dan lugar a un proceso de fermentación que incluye la producción de alcohol y dióxido de carbono.

Los almidones, por otro lado, son más estables, pero se convierten en azúcares por la actividad bacteriana así como por la acción de ácidos minerales diluidos. Desde el punto de vista del volumen y la resistencia a la descomposición, la celulosa es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es más importante. La destrucción de la celulosa es un proceso que se desarrolla en el terreno, principalmente gracias a la actividad de diversos hongos, cuya acción es especialmente notable en condiciones ácidas.

Grasas, grasas animales y aceites: las grasas animales y los aceites son el tercer componente en importancia de los alimentos. El término grasa, de uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. El contenido de grasa se determina por la extracción con triclorotrifluoroetano, debido a que la grasa es soluble en él. También es posible la extracción de otras sustancias, principalmente aceites minerales como el kerosén, aceites lubricantes y aceites de materiales bituminosos empleados en la construcción de carreteras firmes.

Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol (ésteres) o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los glicéridos de ácidos grasos que se presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites, mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre de grasas. Químicamente son muy parecidos, y están compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno en diferentes proporciones. Las grasas y aceites animales alcanzan las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, margarina y grasas vegetales. Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas.

Las grasas se hallan entre los compuestos orgánicos de mayor estabilidad y su descomposición por acción bacteriana no resulta sencilla. No obstante, sufren el ataque de ácidos minerales, lo cual conduce a la formación de glicerina y ácidos grasos. En presencia de determinadas sustancias alcalinas, como el hidróxido de sodio, se libera la glicerina dando paso a la formación de sales alcalinas y ácidos grasos. Las sales alcalinas que se producen se conocen como jabones, sustancias que, como las grasas son estables.

Los jabones comunes se obtienen mediante la saponificación de grasas con hidróxido de sodio. Son solubles en agua, pero en presencia de constituyentes de dureza, las sales sódicas se transforman en sales cálcicas y magnésicas, de ácidos grasos, compuestos también conocidos como jabones minerales que son insolubles y precipitan.

El kerosén, los aceites lubricantes y los procedentes de materiales bituminosos son derivados del petróleo y del alquitrán, y sus componentes principales son el carbono e hidrógeno. En ocasiones puede alcanzar la red de alcantarillado en grandes cantidades procedentes de tiendas, garajes, talleres y calles. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incrementa al fango por los sólidos sedimentables. Los aceites minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, los aceites y los jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento de las plantas de tratamiento.

Agentes tensoactivos: los agentes tensoactivos están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, y que son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en las superficies de los

cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual. Tienden a concentrarse en la interfase aire-agua. Durante el proceso de aireación del agua residual se concentran en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable. La determinación de la presencia de estos elementos tensoactivos se realiza analizando el cambio de color en una muestra normalizada de azul de metileno. Los agentes tensoactivos también reciben el nombre de sustancias activas al azul de metileno (MBAS).

Contaminantes prioritarios: en las redes de alcantarillado y las plantas de tratamiento se pueden eliminar, transformar, generar, o simplemente transportar sin cambio alguno, los contaminantes prioritarios de origen orgánico. En estos procesos intervienen cinco mecanismos básicos:

- Volatilización (junto con liberación de gases)
- Degradación
- Absorción en partículas o en el fango
- Circulación (p.e. transporte a través de todo el sistema)
- Generación como consecuencia de la cloración o de la degradación de otros compuestos.

Es importante señalar que estos mecanismos no son mutuamente excluyentes, puesto que puede ser importante la acción simultánea de varios de ellos.

Compuestos orgánicos volátiles (COV): normalmente se consideran como compuestos orgánicos volátiles aquellos compuestos orgánicos que tienen su punto de ebullición por debajo de los 100⁰ C, y una presión de vapor mayor que 1 mm de Hg a 25⁰ C. El cloruro de vinilo, con un punto de ebullición de – 13.9⁰ C y una presión de vapor de 2.548 mm de Hg a 20⁰ C, es un ejemplo de

compuesto orgánico extremadamente volátil. Los compuestos orgánicos volátiles son de gran importancia por una serie de razones: (1) una vez dichos compuestos se hallan en estado gaseoso, su movilidad es mucho mayor, con lo que aumenta la posibilidad de su liberación al medio ambiente; (2) la presencia de alguno de estos compuestos en la atmósfera puede conllevar a riesgos para la salud pública; y (3) contribuyen al aumento de hidrocarburos reactivos en la atmósfera, lo cual puede conducir a la formación de oxidantes fotoquímicos. El vertido de estos compuestos a la red de alcantarillado y las plantas de tratamiento, especialmente a las horas pico de la planta, tiene especial importancia por cuanto puede afectar directamente la salud de los trabajadores como la red de alcantarillado y las plantas de tratamiento.

Pesticidas y productos químicos de uso agrícola: los compuestos orgánicos que se hallan a nivel de traza, tales como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola, son tóxicos para la mayor parte de formas de vida y, por lo tanto, pueden constituir peligrosos contaminantes de las aguas superficiales. Estos productos no son constituyentes comunes de las aguas residuales, sino que suelen incorporarse a las mismas, fundamentalmente, como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Las concentraciones de estos productos químicos pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de la carne de pescado (con lo que reduce su valor nutritivo), y el empeoramiento de la calidad del agua suministrada. Muchos de estos compuestos químicos están catalogados como contaminantes prioritarios.

Materia inorgánica: son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y el control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ellas se

descargan. Las aguas naturales disuelven parte de las rocas y minerales con los que entran en contacto. Las concentraciones de constituyentes aumentan, igualmente, debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua.

pH: la concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de agua natural como residual. El intervalo de concentraciones ideal para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuada presenta dificultad de tratamiento con procesos biológicos, y el afluyente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

Cloruros: otro parámetro de calidad importante es la concentración de cloruros. Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. En el caso de aguas costeras, su presencia también es debida a la intrusión de aguas saladas. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales. Las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6 gramos de cloruros por persona y por día. La infiltración del agua subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituye también una potencial fuente de cloruros y sulfatos.

Alcalinidad: la alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda a regular los cambios del pH producidos por la adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos. La concentración de alcalinidad en el agua residual es importante en aquellos casos en los que se emplean

tratamientos químicos, en la eliminación biológica de nutrientes y cuando hay que eliminar el amoníaco mediante arrastre de aire.

Nitrógeno: los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la que reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico. No obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos, puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno es insuficiente, es preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual.

Fósforo: el fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limpiar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales. Como ejemplo, se puede citar el caso de las aguas residuales municipales, cuyo contenido en fósforo puede variar entre 4 y 15 miligramos por litro.

Azufre: el ion sulfato se encuentra de forma natural, tanto en la mayoría de las aguas de abastecimiento como en el agua residual. Para la síntesis de proteínas, es necesario disponer de azufre, elemento que posteriormente será liberado en el proceso de degradación de las mismas. El sulfuro de hidrógeno liberado a la atmósfera en redes de alcantarillado que no circulan a presión, tiende a acumularse en la clave de las tuberías. El sulfuro de hidrógeno acumulado puede sufrir entonces oxidación biológica para pasar a formar ácido sulfúrico, corrosivo para las tuberías de alcantarillado.

Compuestos tóxicos inorgánicos: algunos cationes son de gran importancia de cara al tratamiento y evacuación de aguas residuales. Muchos de dichos compuestos están clasificados como contaminantes prioritarios (p.e. el cobre, plomo, plata, cromo, arsénico y el boro son tóxicos en mayor o menor grado para los microorganismos, razón por la cual deben ser considerados en cualquier proyecto de plantas de tratamiento biológico).

Metales pesados: como constituyentes importantes de muchas aguas, también se encuentran cantidades, a nivel de traza, de muchos metales. Entre ellos se pueden destacar el níquel (Ni), el manganeso (Mn), el plomo (Pb), el cromo (Cr), el cadmio (Cd), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el hierro (Fe), y el mercurio (Hg). Debido a su toxicidad, la presencia de cualquiera de ellos en cantidades excesivas interferirá con gran número de usos de agua. Es por ello que, a menudo, resulta conveniente medir y controlar las concentraciones de dichas sustancias.

Gases: los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4), otros gases que se deben tomar en cuenta también para el proceso de desinfección de olores es el cloro (Cl_2), el ozono, los óxidos de azufre y nitrógeno en los procesos de combustión.

Oxígeno disuelto: el oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aeróbicos, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es solo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que pueden estar presentes en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: (1) solubilidad del gas; (2) presión parcial de gas en la atmósfera; (3) temperatura; y (4) pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión).

Sulfuro de hidrógeno: el sulfuro de hidrógeno se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción

de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno.

Metano: es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual. El metano es un hidrocarburo combustible de alto valor energético, incoloro e inodoro.

5.3.3. Biológicas

El ingeniero debe tener un conocimiento exhaustivo de las características biológicas de las aguas residuales, por lo que debe estar familiarizado con los siguientes temas:

- Principales grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas superficiales residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos.
- Organismos patógenos presentes en las aguas residuales.
- Organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia.
- Métodos empleados para determinar los organismos indicadores.
- Métodos empleados para determinar la toxicidad de las aguas de tratamiento.

Microorganismos: los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en: eucariotas: sus miembros representativos son las plantas (plantas de semilla, musgos, helechos), animales (vertebrados e invertebrados), protistas (algas, hongos, protozoos). eubacterias: dentro de estas están la mayoría de las bacterias. arqueobacterias: dentro de este grupo están los metanógenos, halófilos, termacidófilos.

Bacterias: las bacterias se pueden clasificar como eubacterias procariotas unicelulares. En función de su forma, las bacterias pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- Esferoidales
- Bastón
- Bastón curvado
- Filamentosas

Hongos: los hongos son protistas eucariotas aeróbicos, multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterótrofos, muchos de los hongos son saprofitos; basan su alimentación en materia orgánica muerta. Junto con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera.

Algas: las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Este fenómeno, que se conoce con el nombre de crecimiento explosivo, puede conducir a que ríos, lagos y embalses sean cubiertos por grandes colonias flotantes de agua. Los crecimientos explosivos son característicos de los llamados lagos eutróficos, que son lagos con gran contenido en compuestos necesarios para el crecimiento biológico. La presencia de algas afecta el valor del agua de abastecimiento, ya que puede originar problemas de olor y de sabor.

Protozoos: los protozoos son microorganismos eucariotas cuya estructura está formada por una sola célula abierta. En el agua de suministro es importante controlar la presencia de la giarda lamblia (responsable de la giardiasis o enfermedad de Hikers) y del cryptosporidium, como agente causante de infecciones potencialmente mortales para pacientes con síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

Plantas y animales: las diferentes plantas y animales que tienen importancia para el ingeniero tienen tamaños muy variados: desde los gusanos y rotíferos

microscópicos hasta crustáceos macroscópicos. El conocimiento de estos organismos resulta útil a la hora de valorar el estado de lagos y corrientes, al determinar la toxicidad de las aguas residuales evacuadas al medio ambiente. Las formas parasíticas de mayor importancia son la triquinela, causante de triquinosis; necator, que origina anquilostomiasis; áscaris, causante de infecciones por ascárides; y la filaria, que provoca filiarosis.

Virus: los virus son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético (ADN, ácido desoxirribonucleico o ARN, ácido ribonucleico), con una capa de recubrimiento proteínico. Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública. Por ejemplo, a partir de datos experimentales, se ha podido comprobar que cada gramo de heces de un paciente con hepatitis contiene entre 10,000 y 100,000 dosis de virus hepático. Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta cuarenta y un días, tanto en aguas limpias como residuales a la temperatura de 20° C, y hasta seis días en un río normal. Se ha atribuido al agua de abastecimiento ciertos brotes de hepatitis infecciosa.

Organismos patógenos: los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera, debido a la alta infecciosidad de estos organismos, cada año son responsables de gran número de muertes en países con escasos recursos sanitarios, especialmente en zonas tropicales.

Aparte de otras clases de bacterias, cada ser humano excreta de 100,000 a 400,000 millones de organismos coliformes cada día. Por ello, se considera que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un

indicador de que las aguas están libres de organismos que pueden causar enfermedades.

5.4. Manejo de los desechos líquidos

Una vez establecidos los objetivos de tratamiento para un proyecto específico, y revisadas las normas a las que se debe ajustar, el grado de tratamiento necesario puede determinarse comparando las características del agua residual cruda con las exigencias del afluente correspondiente. A continuación, debe procederse al desarrollo y evaluación de las diferentes opciones de evacuación o reutilización aplicables para luego determinar la combinación óptima de métodos para el manejo de estos desechos.

5.4.1. Recolección y transporte

Debido a lo fácil que resulta eliminar los desechos líquidos originados a partir de cualquier proceso industrial o doméstico, cabe mencionar que no existe una recolección y transporte adecuado en países subdesarrollados para esta clase de desechos, ya que es más fácil tirarlo a la red de alcantarillado público municipal o a cualquier fuente de agua superficial o algún río de aguas negras o residuales, que darle un tratamiento efectivo dentro de la fábrica o darle un tratamiento en una planta municipal de aguas servidas o residuales. Exceptuando los derivados de petróleo que en algún momento de su etapa de reciclaje pueden servir como combustible de bajo costo en cualquier proceso térmico de una planta industrial, por lo que su recolección y transporte se hace en toneles o contenedores. En el caso de que se ubicara una planta de tratamiento de aguas residuales su recolección sería por la red de alcantarillado que las transportaría hacia las instalaciones de la planta para su tratamiento y posteriormente servida a las aguas de superficie.

5.4.2. Almacenamiento

El almacenamiento de las aguas residuales radica únicamente en el proceso de tratamiento, en el cual el agua residual pasa de una fase de tratamiento a otra (de un tanque a otro), donde pasa cierto tiempo almacenada aplicándoles diferentes métodos de tratamiento para su desinfección y posterior servida a las aguas superficiales.

5.4.3. Tratamiento y disposición final

Una vez establecidos los objetivos de tratamiento para un proyecto específico y revisadas las leyes y normativas a las que se debe ajustar, el grado de tratamiento necesario puede determinarse comparando las características del agua residual cruda con las exigencias del afluente correspondiente. A continuación, debe procederse al desarrollo y evaluación de las diferentes formas de evacuación o reutilización aplicables para luego determinar la combinación óptima. Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos.

Operaciones unitarias físicas: los métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias. El desbaste, el mezclado, la floculación, la sedimentación, la flotación, transferencia de gases y filtración.

Procesos químicos unitarios: los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación,

adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más común en el tratamiento de las aguas residuales.

En la precipitación química, el tratamiento se lleva a cabo produciendo un precipitado que se recoge por sedimentación. En la mayoría de los casos, el precipitado sedimentado no solo contendrá los constituyentes que pueden haber reaccionado con los productos químicos añadidos, sino que también estará compuesto por algunas sustancias arrastradas al fondo durante la sedimentación del precipitado. La adsorción es un proceso mediante el cual se eliminan compuestos específicos de las aguas residuales sobre superficies sólidas basándose en las fuerzas de atracción entre cuerpos.

Procesos biológicos unitarios: los procesos de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica, se conocen como procesos biológicos unitarios. La principal aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución. A continuación aparecen los contaminantes más importantes de las aguas residuales junto con las operaciones y procesos unitarios que se pueden emplear para eliminarlos:

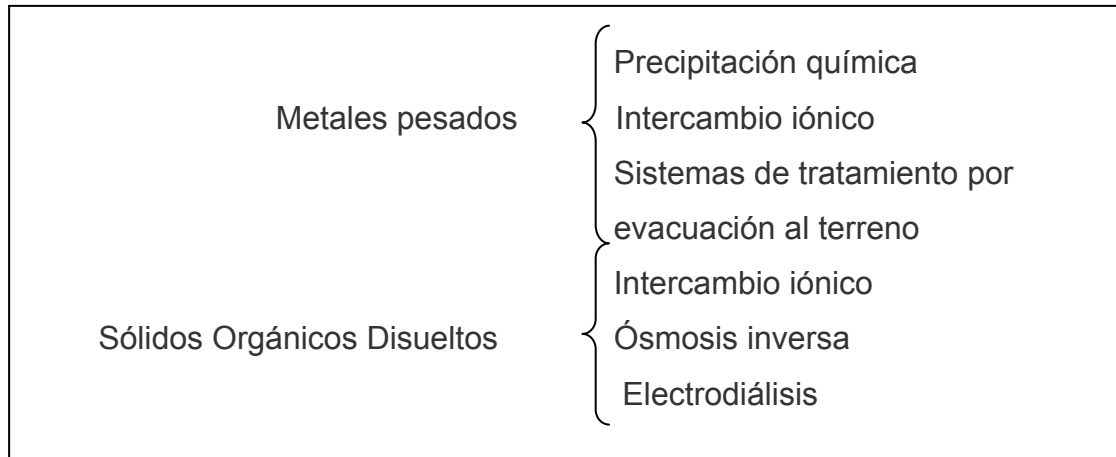
Figura núm. 2 Contaminantes y tratamientos de los desechos

Contaminante	Operación unitaria, proceso unitario, o sistema de tratamiento
Sólidos en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> Desbaste y dilaceración Desarenado Sedimentación Filtración Flotación Adición de polímeros Coagulación, sedimentación Sistemas naturales (tratamiento por evacuación de terreno)
Materia orgánica biodegradable	<ul style="list-style-type: none"> Variantes de fangos activados Película fija: filtros percoladores Película fija: biodiscos (RBC) Variantes de lagunaje Filtración intermitente de arena Sistemas físico-químicos Sistemas naturales
Compuestos orgánicos volátiles	<ul style="list-style-type: none"> Arrastre por aire Tratamiento de gases Adsorción en carbón

Continuación de figura núm. 2

Nutrientes	Patógenos	<ul style="list-style-type: none"> Cloración Hipocloración Cloruro de bromo Ozonación Radiación UV Sistemas naturales
	Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> Variantes de sistemas de cultivo en suspensión con nitrificación y desnitrificación Variantes de sistemas de película fija con nitrificación y desnitrificación Arrastre de amoníaco Intercambio iónico Cloración al <i>breakpoint</i> Sistemas naturales
	Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> Adición de sales metálicas Coagulación y sedimentación con cal Eliminación biológica del fósforo Eliminación biológica-química del fósforo Sistemas naturales
	Nitrógeno y fósforo	<ul style="list-style-type: none"> Eliminación biológica de nutrientes
Materia orgánica refractaria		<ul style="list-style-type: none"> Adsorción en carbón Ozonación terciaria Sistemas naturales

Continuación de figura núm. 2



Pretratamiento de las aguas residuales: el pretratamiento de las aguas residuales, se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Como ejemplos de pretratamiento se pueden citar el desbaste y dilaceración para la eliminación de sólidos gruesos y trapos, la flotación para la eliminación de grasas y aceites, el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

Tratamiento primario de las aguas residuales: cuando las aguas negras llegan a una planta de tratamiento, pueden tener hasta tres niveles de purificación, dependiendo del tipo de planta y el grado de pureza deseado. El tratamiento primario de las aguas negras es un proceso mecánico en el que se usan cribas para separar desechos como palos piedras y trapos. Después los sólidos suspendidos se sedimentan como cieno en un tanque de sedimentación. El tratamiento primario mejorado que utiliza polímeros tratados químicamente hacen un mejor trabajo de remoción de los sólidos suspendidos. El tratamiento secundario de aguas negras es un proceso biológico que utiliza

bacterias aerobias como primer paso para remover hasta el 90% de los desechos biodegradables que requieren oxígeno. Algunas plantas usan filtros trampa, donde las bacterias y protozoarios actúan. Otro usa un proceso de lodo activado en el que las aguas negras son bombeadas a un tanque de gran extensión y mezcladas durante varias horas como lodo rico en bacterias y burbujas de aire para incrementar la degradación por microorganismos. Después, el agua va a un tanque de sedimentación, donde la mayoría de los sólidos suspendidos y los microorganismos se asientan como sedimento. Este lodo es removido y después degradado en un digestor anaeróbico; posteriormente se incinera, se arroja al mar o a un relleno sanitario, o bien se aplica a la tierra como fertilizante.

El tratamiento avanzado de aguas negras es una serie de procesos químicos y físicos especializados, que disminuye la cantidad de contaminantes específicos que quedan después del tratamiento primario y secundario. Los tipos de tratamientos avanzados varían, dependiendo de los contaminantes en comunidades e industrias específicas. Antes de que el agua sea descargada desde una planta de tratamiento de aguas negras, se desinfecta para remover la coloración del agua y matar las bacterias patógenas y algunos, pero no todos los virus. El método usado es la cloración. Sin embargo, el cloro reacciona con los materiales orgánicos en el agua de desecho y en el agua superficial, formando pequeñas cantidades de hidrocarburos, algunos de los cuales ocasionan cáncer en los animales de laboratorio. Otros desinfectantes, como ozono, peróxido de hidrógeno y luz ultravioleta, son utilizados en algunos lugares, pero son más caros que la cloración. El tratamiento común de las aguas negras ha ayudado a reducir la contaminación del agua de la superficie; pero los ambientalistas señalan que es un método de salida limitado e imperfecto, que eventualmente es sobrepasado por más personas que producen más desechos.

Las plantas de tratamiento a gran escala, son plantas compactas de tratamiento de aguas de desecho a pequeña escala, se usan a veces para el tratamiento secundario de cantidades pequeñas de desecho desde centros comerciales, unidades habitacionales o de apartamentos, poblados o asentamientos humanos pequeños; Sin embargo, muchos de estos no trabajan adecuadamente y requieren atención y mantenimiento considerable. Con frecuencia, son instalados por los desarrolladores urbanos y después abandonados, o mal operados y con mantenimiento inadecuado.

Algunos poblados rurales pequeños y desarrollos suburbanos en los que el agua subterránea de uso para beber está siendo contaminada por gran número de fosas sépticas, han instalado un sistema de alcantarillado con diámetro pequeño de tuberías y flujo por gravedad para conectar las fosas sépticas en todas las viviendas y transportar el aguas de desecho a grandes campos de absorción en el suelo o a lechos de arena. Dichos sistemas cuestan cerca de un tercio a un medio del costo de las plantas ordinarias de tratamiento de aguas negras empleadas en las ciudades grandes, pero se debe disponer de suficiente terreno para los campos de absorción.

Disposición en tierra de efluentes y sedimentos de aguas negras: el tratamiento de aguas negras produce un lodo viscoso tóxico, que se debe disponer o reciclar como fertilizante para el terreno. Una opción mejor es regresar los nutrientes vegetales nitráticos y fosfáticos del efluente y lodos de la planta de tratamiento de aguas negras, directamente a las tierras como fertilizante, o someterlos a composta y usarlos como acondicionadores del suelo. El lodo y los efluentes también pueden ser tratados para remover metales tóxicos y sustancias químicas orgánicas antes de su aplicación. El lodo no tratado se puede aplicar a la tierra no usada para la agricultura o ganadería, o a tierras donde el agua subterránea ya está contaminada o no se usa como fuente de líquido potable. Son ejemplos, bosques, tierra con minado superficial,

campos de golf, prados, cementerios y las medianas o camellones de autopistas.

Purificación del agua para beber: el tratamiento del agua para uso doméstico por los habitantes urbanos, es muy parecido al tratamiento de las aguas de desecho. Las áreas que dependen del agua superficial, generalmente la almacenan en un depósito durante varios días para mejorar su claridad y sabor, esto permite que el oxígeno disuelto aumente, y la materia suspendida se asiente o sedimente. Luego el agua es bombeada a una planta de purificación. Allí se le da el grado de tratamiento necesario para cumplir con los estándares nacionales para el agua potable. Generalmente, pasa a través de filtros de arena, después por capas de carbón vegetal activado y luego es desinfectada. En áreas con fuentes muy puras de agua freática, se necesita poco tratamiento, si es que fuera necesario. Solamente para mantener una cantidad mínima de cloro residual para la prevención de la contaminación en las redes de distribución.

Protección de las aguas costeras: las sugerencias más importantes para evitar la contaminación excesiva de las aguas costeras incluyen los siguientes métodos:

- Eliminar la descarga de contaminantes tóxicos a las aguas costeras, desde instalaciones industriales y plantas de tratamiento de aguas negras, si las hubiere.
- Eliminar todas las descargas de aguas negras crudas provenientes de desbordes de los sistemas de alcantarillado, utilizando sistemas separados de eliminación y conducción de aguas pluviales y aguas negras, en las ciudades.
- Promover la conservación del agua potable de servicio en las casas e industrias para reducir su descarga y flujo a las plantas de tratamiento de aguas negras y, por tanto, el peligro de desbordes.

- Prohibir totalmente que se tiren al mar los sedimentos de las aguas negras y materiales peligrosos de dragado.
- Hacer cumplir las leyes y prácticas del uso de la tierra para reducir drásticamente el escurrimiento desde fuentes no puntuales en las áreas costeras.
- Proteger las áreas de la costa que ya están limpias, no permitiendo formas nocivas de desarrollos urbanos.
- Proteger áreas marinas sensibles de todo asentamiento o desarrollo urbano, designándolas como refugios naturales oceánicos, del mismo modo que las áreas silvestres protegidas en tierra.
- Prohibir las perforaciones petroleras en áreas fuera de la costa y cercanas a las playas, ecológicamente sensibles.
- Prohibir el arrojar artículos de plástico y basura desde las embarcaciones de transporte marítimo.
- Reducir drásticamente el uso de artículos desechables de plástico.

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación.

Tratamiento secundario convencional: el tratamiento secundario de las aguas residuales está principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación.

Control y eliminación de nutrientes: la eliminación y control de los nutrientes presentes en el agua residual es importante por diversas razones. Normalmente, es necesaria debido a (1) vertido a cuerpos de agua receptores confinados, en los que se puede crear o acelerar los procesos de eutrofización; (2) vertidos a cursos de agua en los que la nitrificación puede limitar los recursos de oxígeno o en los que pueda proliferar el arraigamiento de plantas acuáticas; y (3) recarga de aguas subterráneas que pueden ser usadas, indirectamente, para el abastecimiento público de agua. Los principales nutrientes contenidos en las aguas residuales son el nitrógeno y el fósforo, y su eliminación puede llevarse a cabo por procesos químicos, biológicos o una combinación de ambos.

Tratamiento avanzado (recuperación de agua residual): se define como tratamiento avanzado el nivel de tratamiento necesario, más allá del tratamiento secundario convencional, para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen especial atención, como los nutrientes, los compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión. Además de los procesos de eliminación de nutrientes, otros procesos u operaciones unitarias habitualmente empleados en los tratamientos avanzados son la coagulación química, floculación, y sedimentación seguida de filtración y carbono activado.

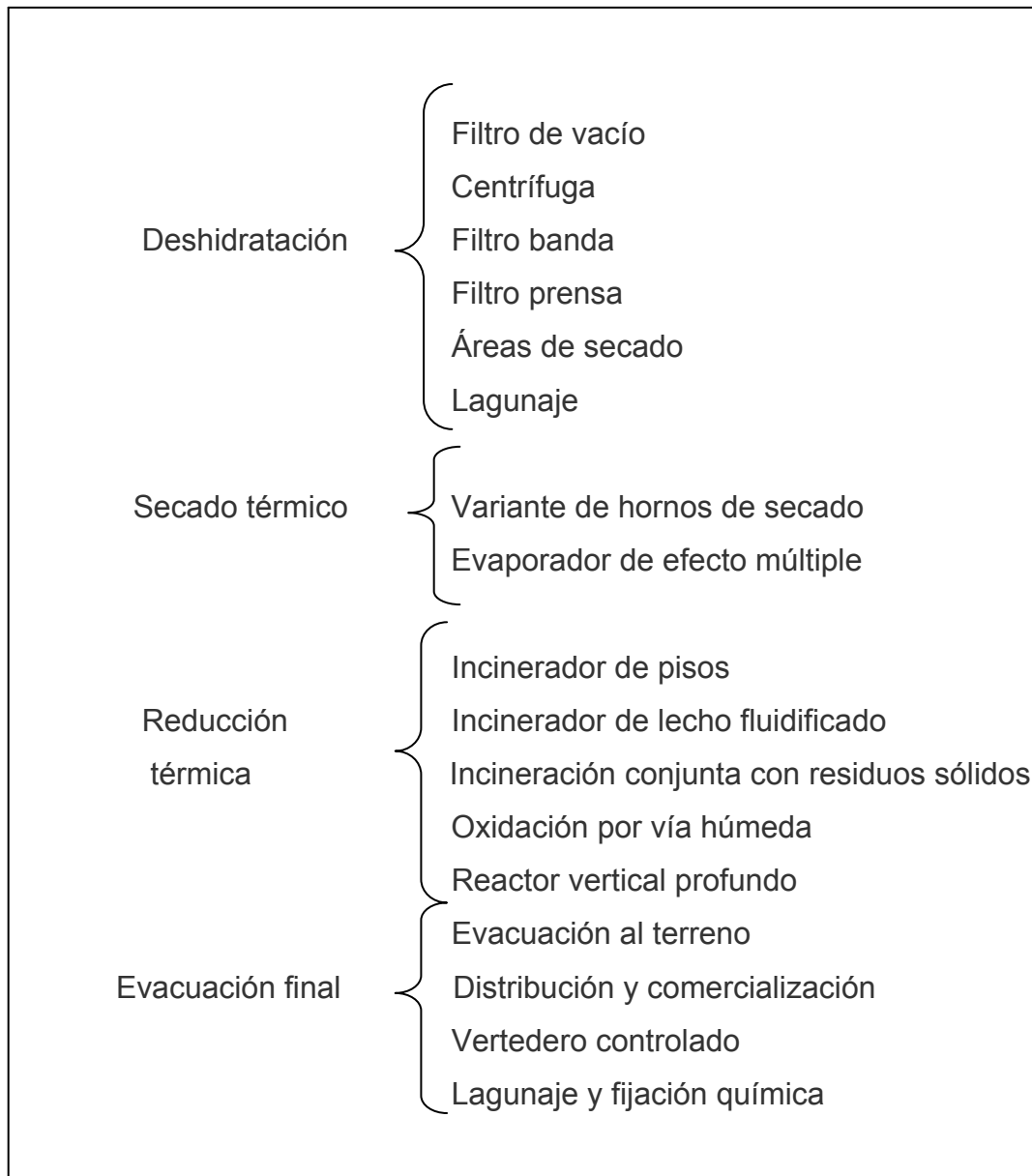
Tratamiento de residuos tóxicos (eliminación de contaminantes específicos): En los vertidos industriales a las redes de alcantarillado municipales, las concentraciones de contaminantes tóxicos deberían controlarse mediante pretratamientos específicos antes de su vertido a la red. Muchas de las sustancias tóxicas, como los metales pesados, se eliminan mediante algún tratamiento físico-químico como la coagulación química, floculación, sedimentación o filtración.

Tratamiento de fangos: los principales métodos que se emplean, hoy en día para esta fracción líquida del agua residual son los siguientes:

Figura núm. 3 Tratamiento de fangos

Proceso o evacuación	Operación unitaria, proceso unitario o método de tratamiento	
Operaciones preliminares	Bombeo de fangos Trituración de fangos Almacenamiento y homogeneización de fangos	
	Desarenado de fangos Espesamiento por gravedad Espesamiento por flotación	
	Espesamiento	Centrifugación Espesamiento con filtros de banda Espesamiento con tambor giratorio
		Estabilización
Acondicionamiento		
	Desinfección	

Continuación de la figura núm. 3



6.- DESECHOS GASEOSOS

Hay exposición a los contaminantes de la atmósfera dentro y fuera del sitio donde se habite o trabaje. La exposición repetida a indicios o trazas de muchas de estas sustancias químicas puede dañar el tejido pulmonar, a las plantas, peces y otros animales, edificios, a los metales y otros materiales. Los contaminantes del aire emitidos por diversas actividades también están aumentando la cantidad de radiación ultravioleta nociva del Sol que llega a la superficie de la Tierra, la cual altera el clima local, regional y mundial por un efecto invernadero intensificado.

6.1. Definición de los desechos gaseosos

Los desechos gaseosos comprenden todos los residuos que provienen de actividades humanas y de la naturaleza, que son gaseosos y son desechados por el hombre, dentro de estos están el polvo, humos industriales, partículas líquidas y los gases propiamente dichos.

6.2. Generalidades de los desechos gaseosos

Los contaminantes atmosféricos primarios provienen de muy diversas fuentes, por lo que su naturaleza física y su composición química es muy variada. Los contaminantes más frecuente emitidos a la atmósfera, que son causa de alteraciones ambientales son:

- Aerosoles, en los que se incluye el polvo con partículas sedimentables y en suspensión y los humos
- Óxidos de azufre, SO_x (SO_2 y SO_3 , fundamentalmente)
- Monóxido de carbono, CO
- Óxidos de nitrógeno, NO_x (NO y NO_2 , fundamentalmente)
- Hidrocarburos, H_nC_m
- Ozono, O_3

Además de estas sustancias, hay una serie de contaminantes que se presentan más raramente pero que pueden afectar determinadas zonas por ser muy perjudiciales, estos son:

- Otros derivados del azufre y del nitrógeno
- Halógenos y sus derivados
- Arsénico y sus derivados
- Componentes orgánicos
- Partículas de metales pesados y ligeros, como el plomo, mercurio, cobre, zinc
- Partículas de sustancias minerales, como el amianto y los asbestos.

Otro tipo de contaminantes presentes en la atmósfera son los denominados secundarios, estos tienen la característica de que no se emiten directamente a la atmósfera. Estas son sustancias producidas a través de reacciones atmosféricas que tienen lugar entre contaminantes primarios y favorecidos por una serie de factores ambientales, como es el caso de la reacción entre los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno (precursores) en presencia de una fuerte radiación solar (reacciones fotoquímicas) en la que se forman una serie de sustancias complejas, tales como el ozono, aldehídos, peróxido de hidrógeno, peroxiacetilnitrilo, radicales

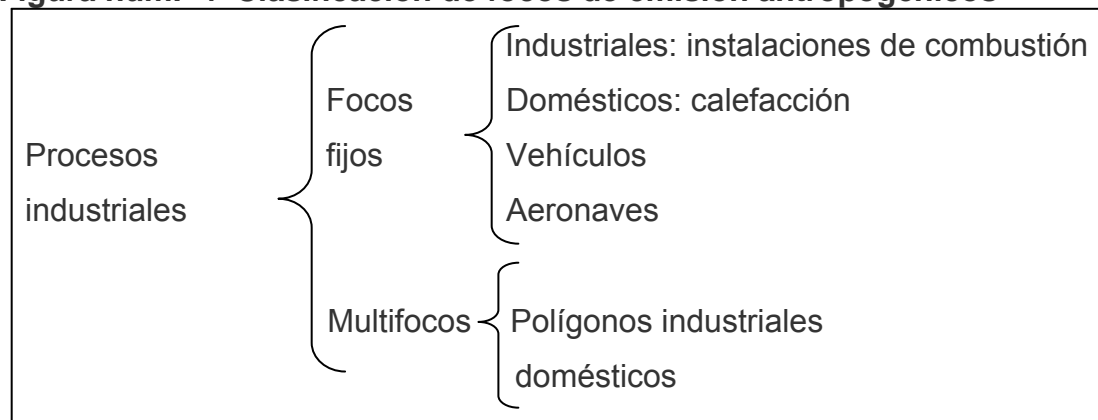
libres, partículas sólidas, todos estos denominados oxidantes y que dan lugar a la contaminación fotoquímica.

Otro tipo de contaminantes secundarios son los sulfatos y los nitratos formados a partir de la emisiones de óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Existen además otros tipos de contaminantes atmosféricos, tales como las radiaciones ionizantes procedentes de los elementos radioactivos presentes en la atmósfera, que dan lugar a la contaminación radioactiva, así como los ruidos que produce la contaminación sonora.

6.2.1. Orígenes

Estos desechos tienen su origen en procesos naturales y por las diferentes actividades humanas. Los principales focos naturales son: los volcanes que emiten grandes cantidades de partículas y gases, los incendios forestales y la descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos. Los principales focos de emisión antropogénicos se pueden clasificar de la siguiente forma:

Figura núm. 4 Clasificación de focos de emisión antropogénicos



Las emisiones que producen las actividades humanas, por lo general se concentran en las tierras urbanas o en sus proximidades, acercando los contaminantes a los receptores.

La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos y por la gran diversidad de los mismos.

Focos de emisión de tipo industrial: los principales focos industriales de emisión de contaminantes a la atmósfera son las chimeneas de las instalaciones de combustión para la generación de energía eléctrica, calor industrial de los procesos industriales propiamente dichos.

Los tipos de contaminantes producidos por los focos industriales dependen fundamentalmente de las calidades de los combustibles y de materias primas empleadas, del tipo de proceso y de la tecnología utilizada. Los sectores que tienen mayor potencial contaminante son:

- Industrias energéticas: centrales térmicas, refinamiento de petróleo
- Siderurgia: siderurgia integral, fundiciones de hierro y acero, ferroaleaciones
- Metalurgia no férrea: aluminio, cobre, plomo, zinc
- Industria de cemento
- Química inorgánica: ácido sulfúrico, ácido nítrico
- Química orgánica
- Industria paraquímica: abonos complejos
- Industria de papel
- Industria alimentaria

Focos de emisión por automóviles: en los últimos años el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de la emisión de gases de escape. Los principales contaminantes emitidos por los vehículos son: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, partículas y compuestos de plomo. Las emisiones de un vehículo dependerán del tipo de motor que utilice, de la cilindrada, y de las condiciones de uso.

Focos de emisión tipo área (multifocos): a este tipo de focos corresponden las zonas industriales y/o las áreas urbanas. Estas se caracterizan por contener todos los tipos vistos y las calefacciones domésticas.

Las calefacciones domésticas son una de las principales fuentes de contaminación en las grandes áreas urbanas. Su contribución al problema de la contaminación atmosférica en estas áreas puede alcanzar entre un 20% y un 30% de las emisiones totales. Las emisiones dependen del número de focos individuales que existan, del tamaño de estos y del tipo y calidad de los combustibles utilizados.

6.2.2. Tipos

Los contaminantes presentes en la atmósfera, proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: la naturaleza y las antropogénicas.

Compuestos halogenados: dentro de estos compuestos están: el cloro, el fluoruro de hidrógeno, el cloruro de hidrógeno y ciertos haluros.

Metales tóxicos (pesados): estos quizá sean más peligrosos para el medio ambiente que los anteriormente definidos. Los metales son elementos químicos

que generalmente se hallan presentes en la atmósfera en muy bajas concentraciones. Durante cada una de las operaciones de extracción de minerales, fundición y refinado y uso de los metales se liberan éstos al medio ambiente, además del uso directo como la combustión de combustibles fósiles.

Una de las consecuencias más graves de la presencia de metales tóxicos en el ambiente es que no son degradados ni química ni biológicamente por la naturaleza, causa de su persistencia en ella. Esta presencia lleva a la amplificación biológica de los metales en las cadenas tróficas. Como consecuencia de este proceso, los niveles de metales en los miembros superiores de la cadena pueden alcanzar valores muy superiores a los que se encuentran en la atmósfera.

Contaminación fotoquímica: se denomina contaminación fotoquímica la originada por aquellos contaminantes secundarios oxidantes formados al interaccionar en la atmósfera los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos, el oxígeno y la radiación ultravioleta de los rayos de sol, a la mezcla resultante se le denomina comúnmente contaminación (smog) fotoquímica.

Compuestos órgano halogenados (clorofluorocarbonos): los clorofluorocarbonos como el CFCl_3 y el CF_2Cl_2 , en particular y la implicación de NO y NO_2 , son sustancias lo suficientemente estables en la baja atmósfera, donde como resultado de reacciones fotoquímicas con radicales libres se producen átomos de cloro libres. Estos átomos de cloro forman parte de una serie de complicados procesos químicos con los constituyentes de la atmósfera, de los cuales resultará un decrecimiento importante del contenido de ozono en la atmósfera. Las causas posibles de la alteración de la capa de ozono son:

1. La utilización de clorofluorometanos (parece ser la causa fundamental).
2. El empleo masivo de fertilizantes en las actividades agrícolas.
3. Las emisiones de grandes cantidades de óxidos de nitrógeno a gran altura por los aviones supersónicos.

6.2.3. Composición

La composición de los gases se refiere a las cantidades de constituyentes físicos y químicos presentes en la atmósfera. Según la función de las concentraciones de estos constituyentes, se pueden clasificar en concentrada, media o débil. Tanto los constituyentes como sus concentraciones presentan variaciones en función de la hora del día, el día de la semana, el mes de año, zonas industriales, clima, etc. Las cantidades y constituyentes de los gases varían ampliamente. Las mayores variaciones se producen en comunidades en las que no existe un control adecuado sobre la recogida y la evacuación de los residuos.

6.3. Características de los desechos gaseosos

A continuación se describen brevemente las características físicas y químicas de los desechos gaseosos, los contaminantes importantes de cara al tratamiento del aire, los métodos de análisis, las unidades que se emplean para caracterizar la presencia de cada uno de los contaminantes del aire.

6.3.1. Físicas

Tamaño: en la atmósfera las partículas de tamaño inferior a 0.1 micrón tienen un comportamiento similar al de las moléculas. En su movimiento al azar se

producen choques entre ellas formando agregados de mayor tamaño en un proceso denominado de coagulación.

Las partículas mayores de 1 micrón tienen un comportamiento muy diferente al sufrir una significativa deposición gravitacional, por otra parte su tasa de coagulación es baja.

Las partículas menores de 10 micrones tienden a formar suspensiones mecánicamente estables en el aire que reciben el nombre de materia en suspensión, permanecen en la atmósfera durante prolongados períodos de tiempo, pudiendo ser trasladados a grandes distancias por la acción del viento.

Las partículas mayores de 10 micrones permanecen en suspensión en el aire durante períodos de tiempo relativamente cortos como consecuencia de elevadas tasas de deposición gravitacional, por lo que se las conoce como materia sedimentable.

El tamaño de las partículas es un factor muy importante en la determinación de los efectos que producen y de los lugares que afectan, ya que de él depende tanto el tiempo de permanencia en la atmósfera, como la facilidad de introducirse en las vías respiratorias.

Forma de las partículas: la forma de las partículas líquidas es esférica en la inmensa mayoría de los casos, adoptando las sólidas formas muy variables como rectangular (cuarzo y polvos minerales), astillada (polvo de cemento), laminar (mica, bronce) y esférica (negro de humo, polen).

Los óxidos de azufre son gases incoloros, de olor picante e irritante en concentraciones superiores a 3 ppm. es 2.2 veces más pesado que el aire, a

pasar de lo cual se desplaza rápidamente en la atmósfera. Es un gas bastante estable.

6.3.2. Químicas

La composición química de las partículas varía mucho, dependiendo fundamentalmente de su origen. Así, las partículas de polvo procedentes del suelo contienen primariamente compuestos de calcio, aluminio y silicio. El humo procedente de la combustión de carbón, petróleo, madera y residuos domésticos, contienen muchos compuestos orgánicos, hallándose estos también presentes en los polvos de insecticidas, así como en algunos productos procedentes de la fabricación de alimentos y de la industria química.

En la combustión del carbón se liberan los elementos traza contenidos en el mismo, entran a formar parte de las partículas liberadas a la atmósfera, generalmente en forma de óxidos. Actualmente se presta mucha atención a la presencia de metales traza en las partículas procedentes de combustiones, ya que muchos de ellos son tóxicos y podrían producir serios riesgos para la salud si aumentaran sus concentraciones en la atmósfera.

El dióxido de azufre (SO_2) y el anhídrido sulfúrico (SO_3) son muy reactivos y se condensan muy fácilmente. En condiciones normales no se encuentra anhídrido sulfúrico (SO_3) en la atmósfera en cantidades significativas, debido a que reacciona rápidamente en presencia de humedad, formando el ácido sulfúrico (H_2SO_4).

La combustión de cualquier sustancia que contenga azufre produce emisiones de dióxido de azufre (SO_2) y anhídrido sulfúrico (SO_3), la cantidad de anhídrido sulfúrico (SO_3) producida depende de las condiciones de la reacción,

especialmente de la temperatura y oscila entre 1% y 10% de los SO_x producidos.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insípido, es un gas muy ligero no apreciablemente soluble en agua. Es inflamable y se caracteriza por su gran capacidad de dispersión.

La formación del monóxido de carbono es generalmente el resultado de algunos de los siguientes procesos químicos:

- Combustión incompleta del carbono.
- Reacción a elevada temperatura entre el dióxido de carbono (CO_2) y materiales que tienen carbono.
- Disociación del dióxido de carbono (CO_2) a altas temperaturas.
- Oxidación atmosférica del metano (CH_4) procedente de la fermentación anaerobia (sin aire) de la materia orgánica.
- Procesos de producción y degradación de la clorofila en las plantas .

El óxido nítrico (NO) es un gas incoloro y no inflamable, pero inodoro y tóxico. El dióxido de nitrógeno (NO_2) es un gas pardo rojizo, no es inflamable pero sí tóxico y se caracteriza por un olor muy asfixiante. La mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión a temperaturas elevadas.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) vertidos a la atmósfera sufren una serie de reacciones fotoquímicas transformando el óxido nítrico (NO) en dióxido de nitrógeno (NO_2). Dichas reacciones se conocen con el nombre de ciclo fotolítico del dióxido de nitrógeno (NO_2) y se producen por la interacción entre la luz solar y el dióxido de nitrógeno (NO_2).

6.3.3. Biológicas

Por la naturaleza de los gases y la imposibilidad de que en estos intervengan seres vivos como insectos, bacterias, etc., que contribuyan directa o indirectamente en su biodegradabilidad, no existe esta clase de características para estos desechos.

6.4. Manejo de los desechos gaseosos

La atmósfera posee un mecanismo natural de descontaminación, sin el cual, el aire a través de los tiempos se hubiera vuelto irrespirable. Sin embargo dichos mecanismos son limitados, por lo que la industrializada sociedad debe evitar por todos los medios las emisiones masivas a la atmósfera.

Dentro de los procesos naturales de limpieza de la atmósfera se puede citar la dispersión, que aunque no es estrictamente un mecanismo de limpieza disminuye la concentración de contaminantes en un punto determinado, la sedimentación gravitacional, la floculación, la absorción, la sedimentación húmeda y la adsorción.

6.4.1. Recolección y transporte

Muchas veces el mayor problema en el control de la contaminación lo constituye la recogida de los contaminantes sin la cual no se puede someterlos a ningún tipo de tratamiento. El buen diseño del flujo de aire en toda planta de producción es lo más importante para la recolección de contaminantes y su posterior presurización para su traslado con seguridad a plantas de tratamiento o reciclaje.

Normalmente los gases que necesitan ser tratados, están lo suficientemente calientes como para que antes de ser sometidos a los procedimientos de recolección, almacenamiento y transporte, deban ser enfriados. La forma de hacerlo puede ser mediante dilución, intercambio de calor o apagado utilizando un líquido.

La dilución resulta conveniente si la cantidad de gases calientes es pequeña. El apagado tiene la ventaja adicional de eliminar parte de las partículas, pero da lugar a un líquido sucio y caliente que a su vez plantea un nuevo problema, el tratamiento de esas aguas. Los intercambiadores de calor se utilizan ampliamente y resultan especialmente indicados cuando se desea conservar el calor.

6.4.2. Almacenamiento

El almacenamiento de los desechos gaseosos es temporal, ya que por sus condiciones de volatilidad se deben someter a presiones extremas para su posterior utilización en otro proceso productivo, donde pasa cierto tiempo almacenado para su liberación en áreas donde no causen tanto daño al medio ambiente.

6.4.3. Tratamiento y disposición final

Tradicionalmente se han planteado dos enfoques distintos a la hora de formular estrategias de control de la contaminación atmosférica:

- La gestión de los recursos atmosféricos.
- La aplicación de la mejor tecnología de control de emisiones disponible que no encierre costos excesivos.

El primer enfoque se basa en la fijación de unas normas de calidad del aire (estándar) que no deben sobrepasarse con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente y que corresponde a la figura legal de los niveles límite de emisión.

Al segundo enfoque corresponde el control de las emisiones mediante la aplicación de una mejor tecnología en los focos de emisión reflejados en unos valores límite.

Acciones preventivas: las acciones preventivas son aquellas dirigidas a evitar la aparición de los problemas ambientales. Entre las acciones posibles destacan: la planificación de los usos del suelo, las evaluaciones de impacto ambiental, y la tecnología de baja emisión de residuos.

Acciones correctivas: cuando las medidas preventivas no son viables por diferentes causas, tales como cuando se dan situaciones de hecho, o se dispone de tecnologías limpias, o su aplicación no es posible desde el punto de vista económico, se recurre a las acciones correctivas para evitar la descarga de contaminantes a la atmósfera. Para ello se recurre a dos tipos de medida:

- Concentrar y retener los contaminantes con equipos adecuados de depuración.
- Expulsar los contaminantes por medio de chimeneas adecuadas de tal forma que la dilución sea suficiente para evitar concentraciones elevadas a nivel del suelo.

El primer tipo de medidas tiene el inconveniente de que transfiere la contaminación de un medio a otro, es decir, que al evitar la contaminación atmosférica se producen residuos sólidos o líquidos que contaminan los suelos

y el agua. Por otra parte como todos los equipos depuradores consumen recursos naturales y energía, se necesita aumentar su producción incrementándose la contaminación por ese motivo.

En cuanto el segundo procedimiento, si bien atenúa los problemas de contaminación desde el punto de vista local, pueden producir contaminación en lugares alejados de las fuentes de emisión.

La mayoría de los mecanismos para el control de la contaminación del aire a los que se referirá a continuación, hacen uso de algunos de los principios que intervienen en los procesos naturales de limpieza de la atmósfera.

El saneamiento de los focos del tipo área (multifocos) es una tarea muy compleja por la gran cantidad y diversidad de focos implicados. Por lo general, para este tipo de contaminación se deben elaborar planes de saneamiento atmosférico en los que se contemple la naturaleza y el origen de la contaminación, se identifiquen los principales focos de emisión, y se proponga un programa de medidas correctivas por ejecutar, distinguiendo entre los sectores transporte, industria y doméstico.

Desde el punto de vista del diseño del sistema de control de contaminantes, es básico el conocimiento en profundidad del proceso productivo, con el fin de poder evaluar todos los parámetros que afectan al mismo, como lo son: contaminantes, concentraciones, caudales, temperaturas, humedad, presión, densidad, viscosidad, conductividad térmica, es decir, el conocimiento de las características físicas y químicas del efluente, así como las condiciones de su generación, si el flujo de gases es continuo o discontinuo, si se trata de un proceso cerrado o abierto.

En los sistemas de control de la contaminación atmosférica se analizan los siguientes tipos de contaminantes:

- Partículas y/o aerosoles: polvo, humos industriales y de combustión
- Gases

Procesos de depuración de partículas

Los tipos de equipos de depuración son los siguientes:

- Cámaras de sedimentación
- Colectores de inercia y fuerza centrífuga
- Precipitadores electrostáticos
- Filtros de mangas
- Lavadores y absorbedores húmedos
- Aglomeradores sónicos

Los procesos de depuración de gases son los siguientes:

- Procesos de absorción
- Procesos de adsorción
- Procesos de combustión, catalítica o no
- Procesos de reducción catalítica

Dilución: la dilución de contaminantes es una de las formas de control y puede realizarse mediante la utilización de chimeneas. Cuanto más altas son, más diluirán los contaminantes. Sin embargo, todo lo que se libera a la atmósfera tiene que, eventualmente, volver a la superficie terrestre. La dilución tiene la ventaja de ser un método de control a corto plazo y puntual.

Control *in situ* (en origen): el control de contaminantes en origen, se puede llevar a cabo de diferentes formas. La más obvia de ellas es impedir que se produzcan. El otro método de control de contaminantes, consiste en mantener a punto todo el equipamiento que intervenga en el proceso de producción, en especial el que tenga que ver con la combustión. Un cambio en el proceso de producción puede ser otra forma de controlar las emisiones en origen, por último, instalar equipos de control designados para destruir, transformar, o recoger los contaminantes.

Los sistemas de control de la contaminación atmosférica pueden dividirse en primer lugar según sean aplicables al control de partículas o al de gases. En todos los casos se utiliza para medir la eficiencia del sistema la siguiente relación:

$$\pi = (M_r / M_p) \times 100$$

Donde M_r representa la cantidad de contaminante recogida, expresada en kilogramos por segundo, y M_p la cantidad de contaminante producida expresada en iguales unidades.

Si llamamos M_e a la cantidad de contaminante que escapa, se cumplirá que:

$$M_p = M_e + M_r$$

Y la eficiencia podrá expresarse así:

$$M = \left[M_r / (M_e + M_r) \right] \times 100$$

CONCLUSIONES

1. Ningún control de plagas o plaguicida conocido cumple con todos los criterios que se recomiendan para que sea el ideal.
2. Los aspectos principales a la hora de abordar el problema del control de la emisión de contaminantes en los procesos industriales son: los condicionamientos ambientales y las consideraciones económicas. Los primeros imponen las condiciones de emisión y serán por tanto datos de partida en la resolución del problema de control, mientras los aspectos económicos determinan los parámetros de optimización del sistema, dentro de las distintas opciones.
3. El tratamiento de cualquier clase de desechos se debe adecuar a las necesidades del propietario por ejemplo: razones de costo, facilidades de financiamiento del proyecto, posibilidades de explotación que requieran personal, preferencias en el tipo de procesos basadas en la experiencia personal, el desarrollo de procesos y equipos de contrastada eficacia o por la innovación en los procesos y el posible impacto ambiental.
4. Un programa de desarrollo de un proyecto de tratamiento de aguas residuales consta de diversas fases: (1) anteproyecto; (2) proyecto; (3) optimización económica; (4) construcción; (5) puesta en marcha y explotación. Todos los proyectos siguen todos y cada uno de los pasos anteriormente descritos. Los proyectos pequeños pueden no incluir el

apartado de la optimización económica, aunque siempre es altamente recomendable llevarla a cabo aunque sea de forma simplificada.

5. El consumo de productos es una actividad natural. Una sociedad cambia el nivel de vida mediante el cambio de la cantidad y la calidad de los productos que consume. Los residuos sólidos, líquidos y gaseosos, los desechos del consumo de productos varía en cantidad y calidad mientras se producen cambios en el nivel de vida. Los hábitos de consumo deberán de cambiarse, si hay que reducir las cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos procedentes de las actividades de consumo. Todo como resultado de la presión publicitaria que idealiza el alto consumo.
6. Los vertederos siempre serán el último lugar de evacuación para los residuos que no pueden ser recuperados, por lo que el diseño de los vertederos deberá mejorarse para suministrar la localización más segura posible para el almacenamiento a largo plazo de los materiales residuales.
7. Hay numerosas oportunidades para introducir nuevas tecnologías en el sistema de gestión de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. El desafío es animar al desarrollo de tecnologías que sean más conservadoras de los recursos naturales y que sean viables económicamente. El ensayo y la implantación de nuevas tecnologías será una parte importante de la gestión integral de residuos en el futuro.
8. El vertido en aguas subterráneas de fertilizantes, residuos peligrosos, gasolinas, aguas negras y otros materiales hechos por el ser humano han obligado a promover cambios en el control de la contaminación. Una

vez que las aguas subterráneas están contaminadas, limpiarlas puede llevar muchos años y en algunos casos, no es factible por razones técnicas o económicas.

9. La contaminación del aire continúa siendo una de las amenazas más importantes para la salud pública y el medio ambiente. El aire representa el mayor potencial de exposición a los contaminantes, ya que a diferencia de lo que ocurre con el agua y los alimentos, se consume aire de manera constante.
10. Los residuos son un subproducto del uso ineficiente de los recursos. Esa ineficiencia económica no solo malgasta los recursos, sino que también puede tener graves efectos sobre la salud humana y el ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Que el contenido de este documento sirva como base para la implementación de un curso que forme parte integral del pensum de estudios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Tratar de que la industria instituya el concepto de la minimización de residuos. Al reducir el volumen o la toxicidad de los desperdicios generados, se obtienen ahorros económicos, ya que disminuye el volumen de las materias primas, también puede evitarse la elevada inversión necesaria para limpiar los residuos manejados inadecuadamente, que constituyen una amenaza para la salud pública o el ambiente.
3. El plaguicida ideal debe llenar las expectativas siguientes:
 - Exterminar sólo a la plaga objetivo.
 - No tener efectos, a corto plazo, sobre la salud de seres vivos que no son problema, inclusive a los humanos.
 - Degradarse originando sustancias inocuas en un periodo breve.
 - Impedir el desarrollo de resistencia genética en los organismos problema.
 - Ahorrar dinero, en comparación con el no hacer nada por controlar la especie problema.
4. Reducir el volumen de residuos en origen. Hay que hacer esfuerzos para reducir la cantidad de materiales utilizados en el envasado y en

los bienes obsoletos, y empezar el proceso de reciclaje en el origen – la casa, la oficina, la fábrica -, para que cada vez menos materiales se conviertan en parte de los residuos sólidos evacuables de una comunidad. La reducción en origen es una opción que ayudará a conservar los recursos y que también tiene viabilidad económica.

5. Usar fertilizantes inorgánicos comerciales, plaguicidas, detergentes, blanqueadores y otras sustancias químicas, solo si es necesario y, en tal caso, en las cantidades más pequeñas posibles.
6. No usar refrescadores del agua en los retretes o sanitarios.
7. Usar estiércol o composta en vez de fertilizantes inorgánicos comerciales para fertilizar jardines y plantas.
8. Prohibir la producción y uso de los clorofluorocarburos y halones y usar sustitutos de estos.
9. Mejorar en gran escala la eficiencia de energía, cambiar el consumo de la leña y el carbón por gas natural a nivel mundial.
10. Detención de la deforestación no sustentable a nivel mundial, así como el cambio de la agricultura no sustentable a la sustentable.
11. Prevenir que la lixiviación de los depósitos de residuos peligrosos, los terrenos municipales de relleno y los tanques de almacenamiento subterráneo contaminen las aguas del subsuelo. Además, conferirle autoridad a las personas encargadas para obligar a los responsables a que limpien las aguas subterráneas contaminadas por esas fuentes.

REFERENCIAS

1. CONAMA. **Ley de protección y mejoramiento del medio Ambiente.** Decreto No. 68-86 del Congreso de la República.
2. CONAMA. **Reglamento sobre estudios de evaluación de impacto ambiental.** Julio 1,998.
3. Ministerios de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala. **Términos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de impacto ambiental.**

BIBLIOGRAFÍA

1. Canter, Larry W. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Madrid. Ed. McGraw-Hill. 1,998.
2. Vásquez Torres, Guadalupe Ana Maria. **Ecología y formación ambiental.** México. Ed. McGraw-Hill. 1,993.
3. Wark, Kenneth. **Contaminación del aire. Origen y control.** México. Ed. Limusa. 1,990.
4. Turk, Amos. **Ecología, contaminación, medio ambiente.** México. Nueva Editorial Interamericana. 1,985.
5. Toledo Ordóñez, José. **Control de la contaminación del aire.** Guatemala, 1,996.
6. T. R. Dickson. **Química, enfoque ecológico.** Hortencia Corona Rodríguez. Ed. Limusa. 1,986.
7. Miller, G. Tyler Jr. **Ecología y medio ambiente.** México. Ed. Grupo Iberoamericana. 1,994.
8. Tchobanoglous, G.; Theisen, H. & Virgil S. **Gestión integral de Residuos sólidos.** Ed. McWraw Hill. 1.998.
9. Mirick Freeman III. **Control de la contaminación del agua y del aire.** Ed. Limusa. 1,987.
10. Rebollo, Christian Lic. M. Sc. & Mingo, Cecilio Ing. **Generación y gestión de emisiones.** Seminario gestión ambiental en la industria. Proyecto ODUDAIS. Unión Europea.
11. Ekerline. "et al". **Ciencia ambiental y desarrollo sostenible.** México. Thompson Editores. 1,997.

ANEXOS

Figura núm. 5

Opciones para tratar y disponer de los desechos peligrosos

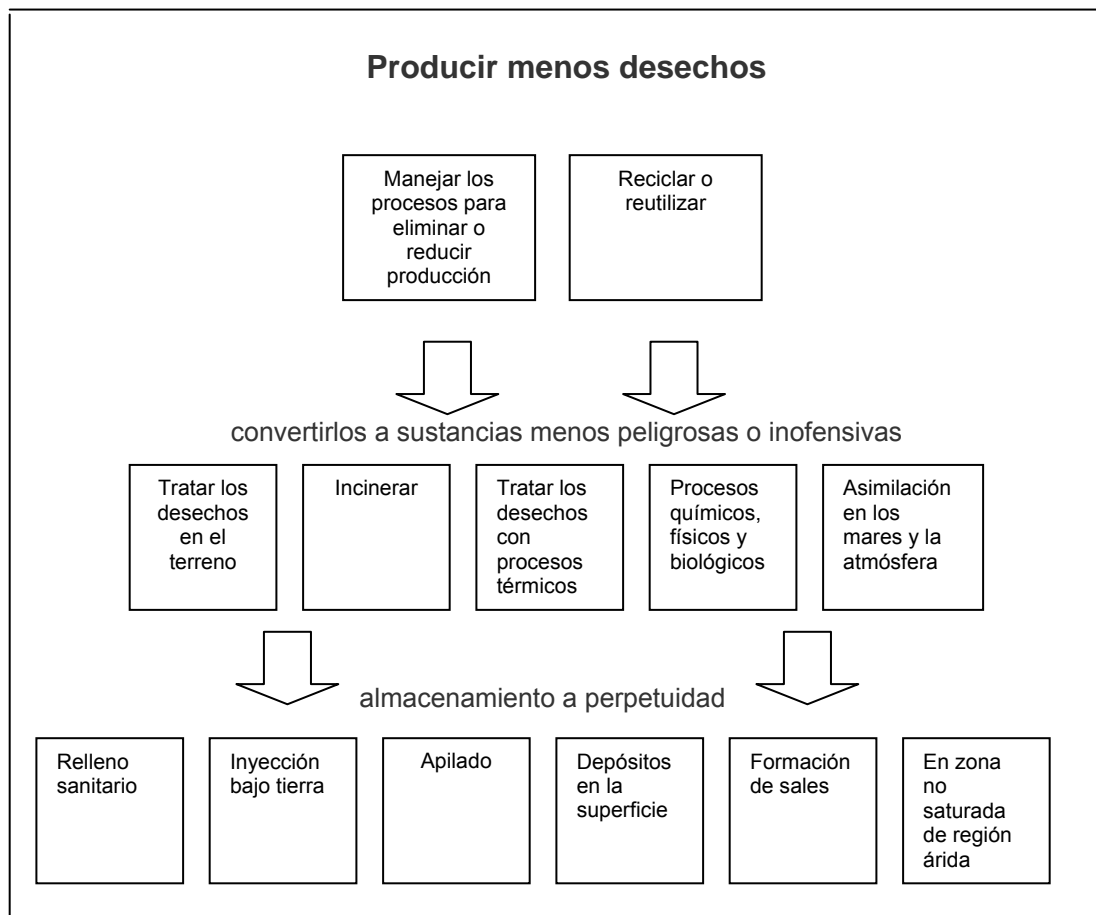


Figura num. 6

Prioridades para reducir los riesgos de los desechos peligrosos y los contaminantes

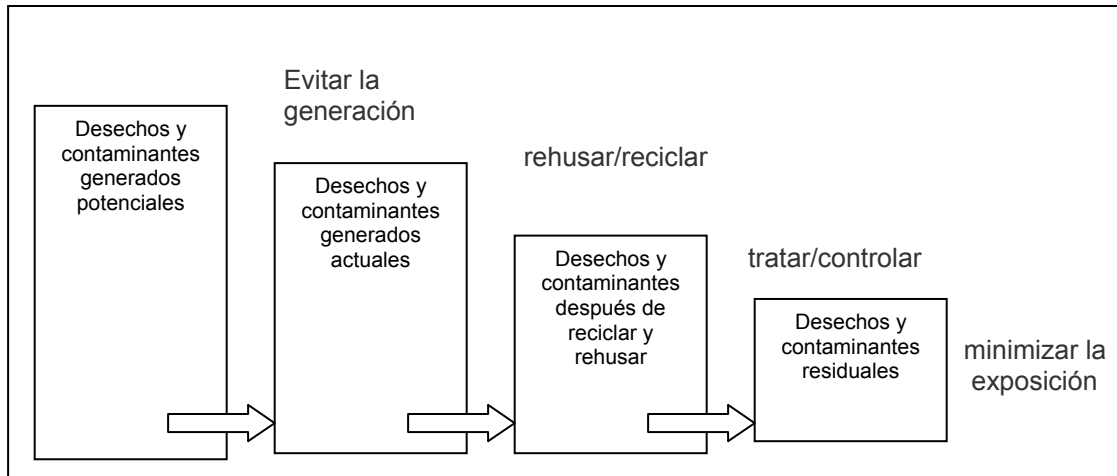


Figura núm. 7

Flujo de materiales y la generación de residuos sólidos en una sociedad tecnológica

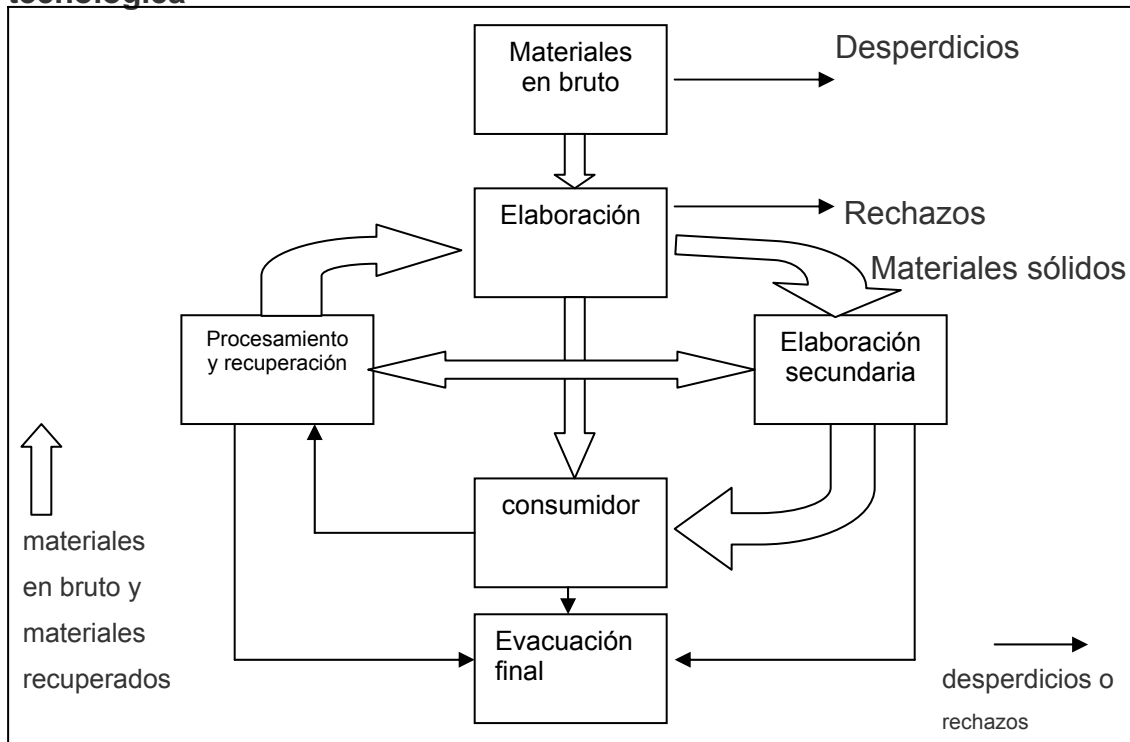


Figura núm. 8

Interrelaciones entre los elementos funcionales en un sistema de gestión de residuos sólidos

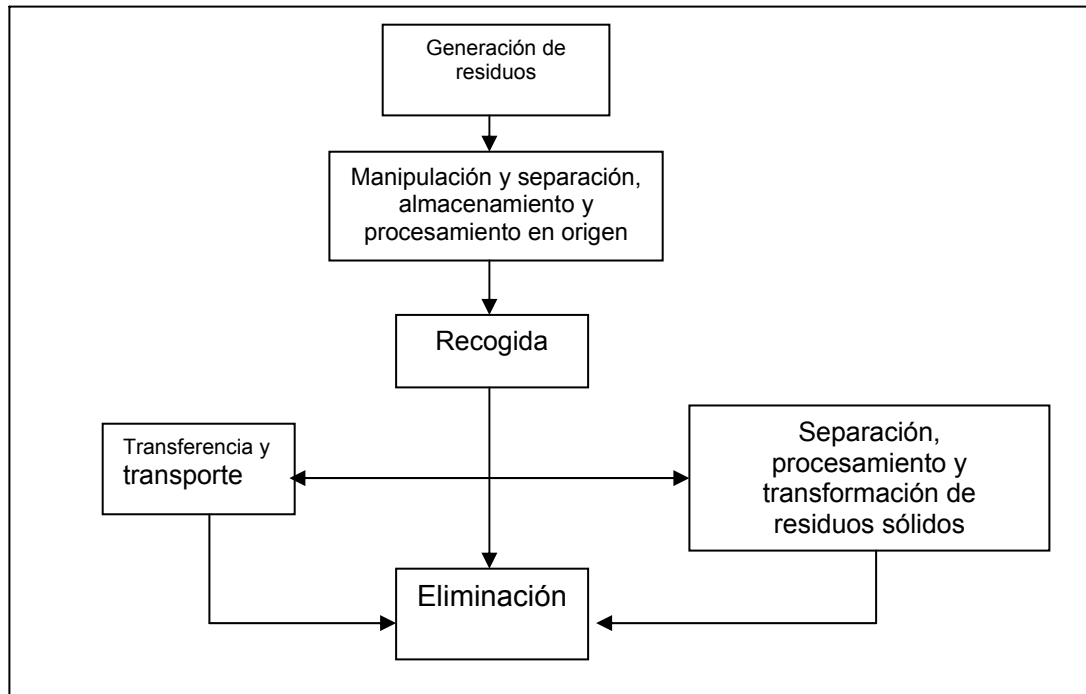


Figura núm. 9

Principales fuentes de sobrecarga, o eutrofización por cultivos en lagos, estanques, corrientes de flujo lento y estuarios.

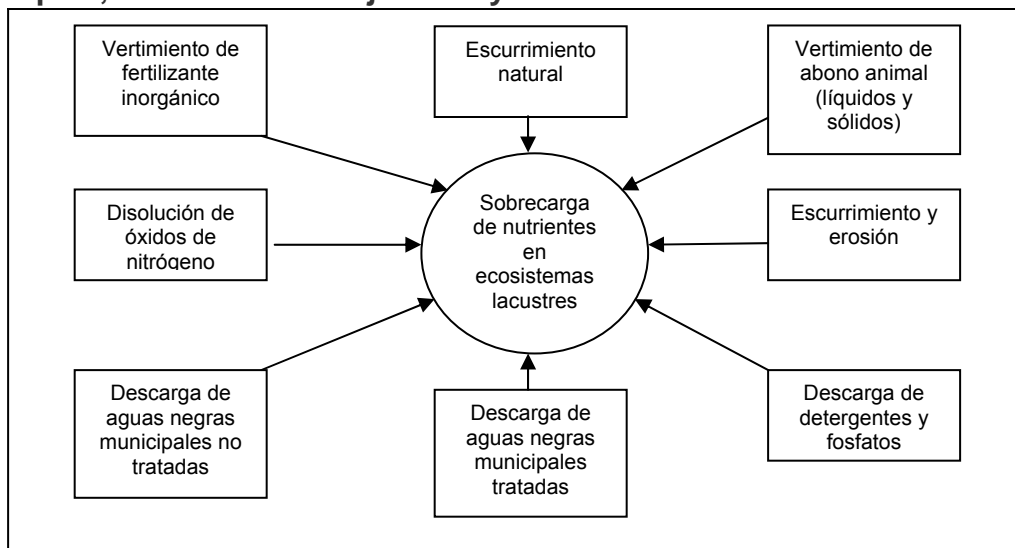
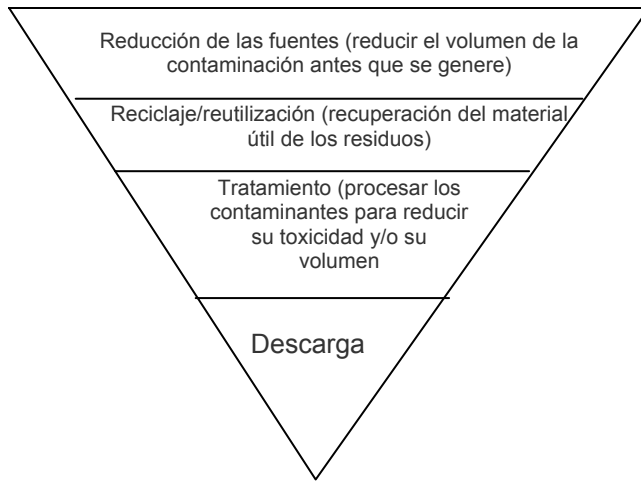


Figura núm. 10

Jerarquía de los métodos para prevenir la contaminación



2.1 Tipos de desechos

Los desechos se clasifican así: por su efecto en el medio ambiente, por su efecto en la salud, según el estado de la materia y según su origen.

2.2 Clasificación por su efecto en el medio ambiente y la salud

Tabla I Efecto de los desechos en el medio ambiente

DESECHO O SUSTANCIA	Flora	Aguas subterráneas	Agua de superficie	Peces	Aves	Microorganismos E insectos	Materiales	Mamíferos
Aceite usado		X	X	X	X	X		X
Deposición ácida	X			X		X	X	
Dióxido de azufre	X						X	
Pesticidas domésticos	X	X	X	X	X	X		X
Plomo		X	X	X	X	X		X
Petróleo y gas	X	X	X	X	X	X		X
Residuos fabriles	X	X	X	X		X		
Residuos médicos		X		X	X	X		
Residuos mineros	X	X	X	X	X			X
Residuos radiactivos		X	X	X	X	X		X
* R. S. M.			X	X	X	X		X
Smog fotoquímico	X		X		X	X	X	

* R.S.M. = Residuos sólidos municipales

Tabla II Efectos de los desechos en la salud

DESECHO O SUSTANCIA	Cancerígeno	Vías respiratorias	Daños hepáticos, renales o mutágeno	Piel	Ojos	Daños gástricos	Narcótico	Membranas mucosas
Acetaldehído	X			X	X		X	
Acetona		X				X	X	
Ácido fosfórico				X	X	X		X
Ácido hidroc্লórico				X	X	X		X
Ácido nítrico				X	X	X		X
Ácido oxálico				X	X	X		
Ácido sulfúrico				X	X	X		
Alaclor				X		X		
Aluminio								X
Amoniaco					X	X		X
Antimonio	X							
Arsénico	X		X			X		
Arseniuro de galio	X							
Asbesto	X	X						X
Atracina		X		X	X	X		
Azufre					X	X		X
Bario						X		X
Benceno	X	X		X	X			
Berilio	X	X	X			X		X
Bifenilos policlorados	X			X		X		
1,3 – Butadieno	X				X		X	X
Cadmio	X	X				X		
Cianuro de sodio		X				X		
Cinc		X			X	X		
Clorato de sodio				X	X	X		X
Cloro		X			X			X

Continuación tabla II

DESECHO O SUSTANCIA	Cancerígeno	Vías respiratorias	Daños hepáticos, renales o mutágeno	Piel	Ojos	Daños gástricos	Narcótico	Membranas Mucosas
Cloruro de calcio	X					X		
Cloruro de vinilo	X		X	X	X	X		X
Cobalto	X			X		X		
Cobre	X		X					X
**COV		X	X	X	X	X		X
Cresol		X		X				X
Cromo	X	X		X				
2,4 – D	X		X	X	X	X		
Deposición ácida				X	X			
Destilado de petróleo				X	X	X		
Dióxido de azufre		X			X	X		X
Dióxido de uranio	X		X	X	X	X		X
Dioxina	X	X				X		
Estaño	X							
Etanol	X		X		X	X		X
Etilbenceno		X		X	X	X		
Fenol			X	X	X	X		
Fluor		X		X	X			X
Fluoruro		X				X		X
Formaldehído	X	X		X	X			
Fosfato				X	X			X
Gasolina	X	X		X	X	X	X	
Hexafluoruro de uranio	X		X	X	X			X
Hidrógeno		X						X
Hidróxido de sodio				X	X	X		X

Continuación tabla II

DESECHO O SUSTANCIA	Cancerígeno	Vías respiratorias	Daños hepáticos, renales o mutágeno	Piel	Ojos	Daños gástricos	Narcótico	Membranas mucosas
Hipoclorito de calcio		X		X		X		X
Humo de tabaco	X	X	X		X			X
Manganeso	X	X	X	X	X			X
Mercurio	X	X	X	X	X	X		X
Metanol		X		X	X	X	X	
Metil etil cetona		X		X	X			
Molibdeno		X	X			X		
Monóxido de carbono		X				X		X
Naftaleno	X	X		X	X			
Níquel	X			X	X	X		X
Nitrobenceno				X	X	X		
Oxido de aluminio	X	X						X
Oxido de calcio				X	X			
Oxido de hierro	X				X	X		X
Oxido de nitrógeno		X						X
Partículas suspendidas	X	X	X		X			X
Pesticidas domésticos	X	X	X		X	X	X	X
Percloroetileno	X	X		X	X	X		
Peróxido de hidrógeno		X		X	X	X		X
Plata	X			X		X		
Plomo		X	X	X	X	X		X
Potasa		X		X	X	X		
Radón	X	X	X					X

Continuación tabla II

DESECHO O SUSTANCIA	Cancerígeno	Vías respiratorias	Daños hepáticos, renales o mutágeno	Piel	Ojos	Daños gástricos	Narcótico	Membranas Mucosas
Residuos médicos	X	X				X		
Residuos mineros	X	X	X	X	X	X		X
Residuos radiactivos	X		X					X
R. S. M.				X				
Selenio	X	X	X					
Smog fotoquímico		X			X			X
Sulfato de amonio		X		X	X	X		X
Sulfuro de cadmio	X	X				X		
Sulfuro de hidrogeno		X			X		X	X
Talio		X				X		X
Tetraetilo de plomo	X	X		X				
Tiol		X						
Tolueno		X		X	X	X		
Tricloroetileno	X	X	X	X	X	X		
Uranio	X	X	X	X	X	X		X
Xileno		X			X	X		

** C.O.V. = Compuestos orgánicos volátiles

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. GUÍA ESTRUCTURADA PARA ELABORAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	1
1.1 Valoración de inventario	16
1.2 Métodos para la elaboración de estudios de impacto ambiental	19
1.3 Legislación y normatividad relacionada al medio ambiente	27
2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	29
2.1 Tipos de desechos	31
2.2 Clasificación por su efecto en el medio ambiente y la salud	31
2.3 Clasificación según el estado de la materia	36
2.4 Clasificación según su origen	36

2.4.1	Industriales	37
2.4.2	Agrícolas	38
2.4.3	Tóxicos	38
2.4.4	Domésticos	39
2.4.5	Radiactivos	40
2.5	Contaminación ambiental	40
2.6	Efectos en el medio ambiente	51
3.	TIPOS DE INDUSTRIA	89
3.1	Definición de cada industria	89
3.1.1	Extractivas o mineras	89
3.1.2	Agroindustrias	90
3.1.3	Manufactureras o fabriles	93
3.1.4	Comerciales	93
3.1.5	De transporte	93
3.1.6	Químicas	94
3.1.7	De generación de energía	94
3.2	Desechos generados por cada industria y métodos de control	94
3.2.1	Desechos generados	95
3.2.2	Métodos para el control de la contaminación	100
4.	DESECHOS SÓLIDOS	119
4.1	Definición de los desechos sólidos	119
4.2	Generalidades de los desechos sólidos	119
4.2.1	Orígenes	120
4.2.2	Tipos	123
4.2.3	Composición	127
4.3	Características de los desechos sólidos	129
4.3.1	Físicas	129

4.3.2	Químicas	130
4.3.3	Biológicas	133
4.4	Manejo y tratamiento de los desechos sólidos	135
4.4.1	Recolección y transporte	136
4.4.2	Almacenamiento	141
4.4.3	Tratamiento y disposición final	141
5.	DESECHOS LÍQUIDOS	151
5.1	Definición de los desechos líquidos	151
5.2	Generalidades de los desechos líquidos	152
5.2.1	Orígenes	152
5.2.2	Tipos	160
5.2.3	Composición	161
5.3	Características de los desechos líquidos	163
5.3.1	Físicas	166
5.3.2	Químicas	171
5.3.3	Biológicas	180
5.4	Manejo de los desechos líquidos	183
5.4.1	Recolección y transporte	183
5.4.2	Almacenamiento	184
5.4.3	Tratamiento y disposición final	184
6.	DESECHOS GASEOSOS	197
6.1	Definición de los desechos gaseosos	197
6.2	Generalidades de los desechos gaseosos	197
6.2.1	Orígenes	199
6.2.2	Tipos	201
6.2.3	Composición	203
6.3	Características de los desechos gaseosos	203
6.3.1	Físicas	203
6.3.2	Químicas	205

6.3.3	Biológicas	207
6.4	Manejo de los desechos gaseosos	207
6.4.1	Recolección y transporte	207
6.4.2	Almacenamiento	208
6.4.3	Tratamiento y disposición final	208
CONCLUSIONES		213
RECOMENDACIONES		217
REFERENCIAS		219
BIBLIOGRAFÍA		221
ANEXOS		223

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Composición típica del agua residual doméstica	162
2	Contaminantes y tratamientos de los desechos	186
3	Tratamiento de fangos	194
4	Clasificación de focos de emisiones antropogénicas	199
5	Opciones para tratar y disponer de los desechos peligrosos	223
6	Prioridades para reducir los riesgos de los desechos peligrosos y los contaminantes	224
7	Flujo de materiales y la generación de residuos sólidos en una sociedad tecnológica	224
8	Interrelaciones entre los elementos funcionales en un sistema de gestión de residuos sólidos	225
9	Principales fuentes de sobre carga, o eutrofización por cultivos en lagos, estanques, corrientes de flujo lento y estuarios	225
10	Jerarquía de los métodos para prevenir la contaminación	226

TABLAS

I	Ventajas y desventajas de los métodos para hacer una EIA	20
II	Modelo de matriz normal para una EIA	21
III	Modelos de matriz interactiva para una EIA	22
IV	Efecto de los desechos en el medio ambiente	31
V	Efecto de los desechos en la salud	32
VI	Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta	168

GLOSARIO

Aerosoles	Dispersiones de sustancias sólidas o líquidas en el aire.
Aguas subterráneas	Son las aguas que saturan el subsuelo y llenan los poros o grietas de las rocas subyacentes.
Argamasa	Mezcla de cal, arena y agua.
Atmósfera	La atmósfera es la capa de gases que envuelven a la Tierra.
Bauxita	Roca sedimentaria rojiza formada por hidratos de aluminio, óxidos de hierro y silicatos de aluminio.
Composta	Es el resultado de un proceso por el que los microorganismos descomponen biológicamente los materiales orgánicos sólidos.
Contaminación	Es básicamente un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural.
Coque	Materia carbonosa sólida y de color gris, resultante de la destilación del carbón.
Ecosistema terrestre	Es el ambiente físico y biológico total, junto con las relaciones y conexiones entre sus diversos componentes.

Energía geotérmica	Energía generada a partir del calor del interior de la Tierra.
Estuarios	Son las zonas que rodean la desembocadura de los ríos, donde al agua fluvial se mezcla con al agua receptora, que suele ser el mar.
Floculación	Fenómeno presentado por las disoluciones coloidales, consistente en la precipitación en forma de pequeños copos.
Galvanoplastia	Técnica de reproducción de objetos, por electrodeposición, a partir de moldes.
Gas natural	Combustible fósil, que se forma como subproducto de la descomposición de materia orgánica.
Hidrocarburos	Son las sustancias que contienen hidrógeno y carbono.
Mena	Mineral metalífero tal como se extrae del criadero, y del que puede obtenerse económicamente un metal.
Monóxido de carbono (CO)	Contaminante del aire más abundante en la capa inferior de la atmósfera, sobre todo en el entorno de las grandes ciudades.

**Óxidos de
azufre (SO_x)**

El óxido de azufre que se emite a la atmósfera en mayores cantidades es el anhídrido sulfuroso (SO₂) y en menor proporción, que no rebasa el 1% ó 2 % del anterior, al anhídrido sulfúrico (SO₃).

Óxidos de nitrógeno Se clasifican en tres grupos diferentes: formas orgánicas, formas oxidadas y formas reducidas. Los óxidos como contaminantes son: el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂).

Ozono (O₃)

Forma alotrópica del oxígeno. Su fórmula química es O₃.

Vertiente

Es la zona de la que un río o un arroyo recibe agua.

RESUMEN

Este trabajo de graduación da a conocer los tipos de desechos así como su clasificación según su efecto en el medio ambiente y la salud humana, el estado de la materia y según su origen. Aspectos generales de estos contaminantes y sus efectos en el medio ambiente, leyes y normas que rigen los diferentes tipos de desechos para su control tanto nacional como internacionalmente.

Cualquier industria por pequeña que sea, contamina. En este estudio se dan a conocer las más importantes, tanto por su tamaño, como por la cantidad de contaminantes o desechos que aportan al medio ambiente. Estas industrias son: extractivas o mineras, agroindustrias, manufactureras o fabriles, comerciales, de transporte, químicas y de generación de energía; se dan a conocer también, las clases de contaminante o desechos generados por cada una de ellas y sus métodos de control. Se da una guía estructurada para la elaboración de un proyecto de evaluación de impacto ambiental.

Se dan a conocer las definiciones de los desechos sólidos, líquidos y gaseosos, sus generalidades, origen, tipos que existen y su composición. Sus características físicas, químicas y biológicas; su manejo y tratamiento, que comprende su recolección y transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de cada desecho generado.

OBJETIVOS

GENERAL

Dar a conocer las implicaciones y consecuencias que tiene la ineficiencia en el aprovechamiento de los recursos naturales, a través, del inadecuado manejo de las máquinas-herramientas de que dispone el ingeniero para realizar su trabajo y las diferentes formas de manejar los desechos generados durante la puesta en marcha de diferentes proyectos realizados por él. Concientizar al profesional del daño hecho al medio ambiente cuando se generan desechos sólidos, líquidos y gaseosos, para la conservación del medio ambiente y hacer que el resultado del trabajo profesional sea más calificado y reconocido a nivel mundial.

ESPECÍFICOS

1. Proteger el medio ambiente desde la óptica del control de las emisiones, las cuales se han basado en la adopción de medidas curativas cuando el daño sobre el medio ya se ha causado.
2. Tomar medidas que se anticipen la contaminación a través del convencimiento de las personas para que sea más eficiente, efectivo y también más económica la protección del medio ambiente, es decir adoptar medidas preventivas.
3. Establecer los conocimientos, para que el profesional de ingeniería, sepa la relación existente entre su respectiva carrera y el medio ambiente en el cual se desenvolverá.
4. Adquirir todos los elementos para que el ingeniero haga una evaluación de impacto ambiental acorde a las necesidades del sector productivo afectando al mínimo al medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

El movimiento ecologista ha experimentado una increíble transformación, temas como las mortandades de peces, los incendios en los pocos bosques que quedan en la República, las aves cubiertas de petróleo, las chimeneas humeantes, los barriles oxidados, los pájaros y reptiles deformes a causa de los pesticidas tóxicos han incitado la indignación de la población en general.

Los guatemaltecos utilizan grandes cantidades de energía, ya sea para impulsar sus automóviles, mantener su elevado nivel de vida o para producir miles de sustancias químicas que se utilizan en la industria y la agricultura y que consume el público en general. Desafortunadamente, todas estas actividades liberan contaminantes químicos a la atmósfera, muchos de los cuales son peligrosos para la salud humana y el ambiente, dando como resultado una gestión integral de las tres clases de desechos más importantes y la aplicación de una mejor tecnología de control de emisiones que no aumente los costos de producción . Existen bastantes pruebas de que el uso excesivo de pesticidas puede reducir el rendimiento de las cosechas y ocasionar el resurgimiento de las enfermedades y plagas que se suponen deben ser controladas.

La contaminación es el resultado de la ineficiencia de los procesos desarrollados por el hombre, la extracción de materias primas, la fabricación de un producto, la energía necesaria para el proceso de fabricación y el producto mismo poseen ineficiencias esenciales que generan una considerable cantidad de desperdicios (contaminación) ya que no son útiles. Estos desperdicios deben entonces desecharse. En un sistema perfectamente eficiente, no habría contaminación (aunque esto no es posible debido a la segunda ley de la termodinámica, según la cual la conversión de energía nunca es perfectamente eficiente). Sin embargo, los pocos incentivos para esforzarse siquiera por alcanzar una eficiencia casi perfecta, por la aparente abundancia de recursos y, también, porque deshacerse de los desperdicios ha resultado siempre menos

costoso que mejorar la eficiencia de un sistema, pero a medida que disminuyen los recursos, es inevitable avanzar hacia procesos más eficientes y, por lo tanto, hacia una menor contaminación.

El agua, recurso esencial de la vida, es el más conocido y ubicuo de todos los compuestos. En términos de peso, el cuerpo humano consiste en casi 70% de agua, las plantas y animales contienen entre 50 y 95%. Dos tercios de la Tierra están cubiertos de agua, la mayor parte oceánica (el agua dulce del mundo, se encuentra en lagos, arroyos, ríos y pantanos, lo que representa menos de un décimo del 1% del agua total del planeta).

El agua por sus excelentes propiedades solventes, puede disolver otras sustancias en grandes cantidades, lo mismo que transporta nutrientes esenciales a través de los tejidos de las plantas, animales y seres humanos, también disuelve y dispersa los contaminantes del suelo a través del ambiente. Los océanos que contienen aproximadamente el 99% del agua terrestre, contribuyen a distribuir el calor de la energía solar por medio de las corrientes y la evaporación. También son una importante fuente de oxígeno, de alimento (crustáceos, peces y algas), minerales, petróleo, gas natural y arena. Por desgracia, los océanos han sido tradicionalmente el receptáculo final de los desechos.

Las aguas de superficie (ríos, arroyos, lagos y estuarios) también se han usado para descargar desechos humanos e industriales de todas las clases concebibles, algunos de ellos altamente tóxicos. Pese a que las aguas de superficie han sido y continúan siendo la fuente primaria de agua, las actividades humanas siguen afectando adversamente este recurso sin que las autoridades gubernamentales tomen en serio este problema. El agua no se crea ni se destruye.

La prevención de la contaminación consiste en cualquier actividad que elimine o reduzca el problema en su fuente de origen, antes de que los desechos

se vuelvan contaminantes. Por lo que las personas encargadas tienen la obligación de darle mayor importancia a todos los procesos de producción para que el porcentaje de recursos perdidos sea la mínima, modernizar los procesos productivos obsoletos, mejorar las fuentes de energía ineficientes, darle al empleado que está involucrado de cualquier manera una mejor capacitación para minimizar los desperdicios. Además la educación de la población en general tiene que ser orientada a que las compras realizadas sean las mínimas necesarias. Todos estos factores han contribuido a la generación de una mayor cantidad de desechos industriales, que los ingenieros deben disminuir, a través de la reducción de los costos del tratamiento, el transporte y el manejo de la contaminación, disminución de la necesidad de materias primas y sustancias químicas, incrementar la eficiencia energética y mejorar la eficiencia productiva, que armonice la protección ambiental con la eficiencia económica.